UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

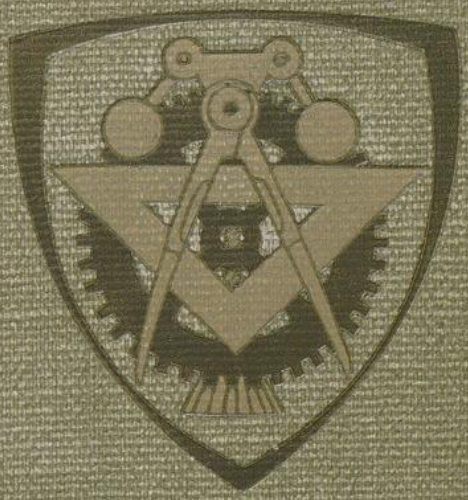
Lexikon der gesamten Technik und ihrer Hilfswissenschaften

Lueger, Otto

Stuttgart [u.a.], [1905]

urn:nbn:de:hbz:466:1-83151

Visual Library



STUTTGART UND LEIPZIG
DEUTSCHE VERLAGS-ANSTALT

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

MAX MOHR
ARCHITEKTUR-
BUCHHANDLUNG
BERLIN-
WILMERSDORF

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

LEXIKON DER GESAMTEN TECHNIK

UND IHRER HILFSWISSENSCHAFTEN

ZWEITER BAND

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Holzfreies Papier

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

EK 3592
HK 1614

LEXIKON
DER GESAMTEN TECHNIK
UND IHRER HILFSWISSENSCHAFTEN

IM VEREIN MIT FACHGENOSSEN
HERAUSGEGEBEN VON

OTTO LUEGER

BÜCHEREI DER KÖNIGLICHEN BAUGEWERKSCHULE HÖXTER

MIT ZAHLREICHEN ABBILDUNGEN

ZWEITE, VOLLSTÄNDIG NEU BEARBEITETE AUFLAGE

03
M
24131

ZWEITER BAND

BIEGUNGSACHSE BIS DOLLIEREN

Staatsbauschule Höxter a. d. Diemel
Fachschule für Hoch- und Tiefbau
Bücherei

STUTTGART UND LEIPZIG
DEUTSCHE VERLAGS-ANSTALT

EK 2523
K AVI/L15

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Alle Rechte, besonders die der Ueberfetzung, vorbehalten

Druck der Deutschen Verlags-Anstalt in Stuttgart
Papier von der Papierfabrik Salach in Salach, Württemberg

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

B

Biegungsachſe wird von manchen (Grashof, Keck u. ſ. w.) jede Senkrechte zur Biegungsfläche (ſ. d.) in Punkten der elaſtiſchen Linie (Stabachſe nach der Biegung) genannt. Der Ort aller Biegungsachſen heißt die elaſtiſche Fläche. Dieſe fällt bei einfach gekrümmter elaſtiſcher Linie mit der Achsſchicht (ſ. d.) zuſammen. Stimmt letztere mit der neutralen Schicht überein (ſ. Achſe, neutrale), ſo iſt die Biegungsachſe zugleich die neutrale Achſe ihres Querſchnitts. *Weyrauch.*

Biegungsarbeit. Der Name kommt in zweierlei Bedeutung vor. Werden bei gewöhnlichen Biegungsverſuchen (nach Fig. 1, ſ. a. Biegungselaſtizität, Biegungsfeſtigkeit) die Einſenkungen f als Abſziſſen, die zugehörigen ruhenden Belaſtungen P als Ordinaten aufgetragen, ſo ſtellt die Fläche unterhalb der Kurve, welche die Endpunkte der Ordinaten verbindet (Fig. 2), die Arbeit der Belaſtungen während der Biegung dar. Bis zu irgend einer Belaſtung P iſt dieſe Biegungsarbeit:

$$A = \int P\,df = \eta f P, \qquad 1.$$

unter η das Verhältnis der Arbeitsflächen zum umſchriebenen Rechteck, den ſogenannten Völligkeitsgrad, verſtanden, der wie A gewöhnlich nur für den Eintritt des Bruchs intereſſiert.

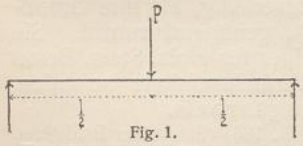


Fig. 1.

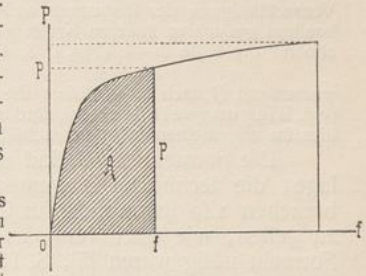


Fig. 2.

Die Biegungsarbeit bis zum Bruche (mitunter auch Arbeitskapazität oder Deformationsarbeit der Biegung genannt) hat z. B. Tetmajer als charakteriſtiſch für die Zähigkeit des Holzes angenommen und das Bauholz nach ihr und der Biegungsfeſtigkeit oder Druckfeſtigkeit beurteilt [1] II, S. 19, [8], S. 448, ſelbſtverſtändlich unter Verwendung einheitlicher Verſuchsſtücke. Zur Beurteilung des Gußeiſens ſollten die Zugfeſtigkeit und Biegungsarbeit maßgebend ſein [8], S. 448. Auch für Schweißeiſen, Flußeiſen und Stahl wurde die obige Biegungsarbeit vielfach beſtimmt und zur Beurteilung des Materials herangezogen. Siehe z. B. [1] III, IV, [7], S. 63, 82, 91 mit Tafel XIX, XXI, XXII.

Häufiger wird als Biegungsarbeit die Arbeit zur Ueberwindung der inneren Kräfte bei elaſtiſcher Biegung, d. h. auch die Verſchiebungsarbeit (ſ. d.) während der letzteren bezeichnet. Dieſe Biegungsarbeit, mit der die obige unter Umſtänden gleichwertig iſt, pflegt auf Grund der techniſchen Biegungstheorie (ſ. Biegung) ausgedrückt zu werden. Es ergibt ſich für den lediglich in der Mitte durch eine Einzellaſt P ergriffenen horizontalen Balken von konſtantem Querſchnitt F bei frei drehbaren Enden (Fig. 1):

$$B = \frac{P^2 l^3}{96 EJ}\left(1 + \frac{12k}{l^2}\frac{EJ}{GF}\right), \qquad 2.$$

bei abſolut feſtgeſpannten Enden (Fig. 3):

$$B = \frac{P^2 l^3}{384 EJ}\left(1 + \frac{48k}{l^2}\frac{EJ}{GF}\right), \qquad 3.$$

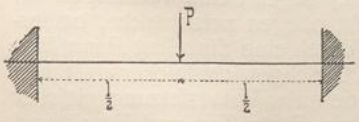


Fig. 3.

ferner für den einerſeits feſtgeſpannten, anderſeits frei ſchwebenden horizontalen Balken (Fig. 4) konſtanten Querſchnitts F mit nur einer Laſt P am freien Ende:

$$B = \frac{P^2 l^3}{6EJ}\left(1 + \frac{3k}{l^2}\frac{EJ}{GF}\right). \qquad 4.$$

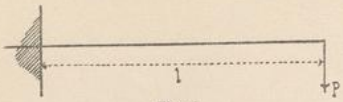


Fig. 4.

Ueber die Bezeichnungen ſ. Biegung. Für beliebig belaſtete horizontale Balken (ſ. d.) jeder Art erhält man:

$$B = \frac{1}{2}\int\left(\frac{M_x^2}{EJ} + \frac{k V_x^2}{GF}\right) dx, \qquad 5.$$

wobei auch gleichmäßige Temperaturänderungen τ für je einen ganzen Querſchnitt zugelaſſen ſind, während ſonſtigen beliebig belaſteten Balken und ebenſolchen Bogen entſpricht:

$$B = \frac{1}{2}\int\left(\frac{M_x^2}{EJ} + \frac{N_x^2}{EF} + \frac{k T_x^2}{GF} + 2\int_0^\tau N_x d\tau\right) ds, \qquad 6.$$

vorausgeſetzt, daß die gebräuchlichen einfachſten Ausdrücke für die Normalſpannung σ und Schubſpannung τ (ſ. Biegung, Formeln 25) als zuläſſig erachtet werden. Die Integrale ohne angeſetzte Grenzen ſind auf den ganzen Stab bezw. auf denjenigen Teil desſelben zu erſtrecken, für den man die Biegungsarbeit ausdrücken will. Die mit k behafteten Glieder ſtellen den Einfluß der Schubkraft V_x oder T_x dar, der für viele Ermittlungen unberückſichtigt bleiben kann.

Virtuelle Biegungsarbeit iſt die Biegungsarbeit, die ſich ergeben würde, wenn die Spannungen während elaſtiſcher Biegungen konſtant wie am Ende derſelben wären. Für die Fälle der Gleichungen 2.—5. drückt ſich dieſelbe aus [4]:

$$\mathfrak{B} = 2B, \qquad 7.$$

während im Falle von Gleichung 6.:

$$\mathfrak{B} = \int\left(\frac{M_x^2}{EJ} + \frac{N_x^2}{EF} + \frac{k T_x^2}{GF} + \alpha\tau N_x\right) ds, \qquad 8.$$

ſo daß dann nur für $\tau = 0$ oder $N_x = 0$ die Beziehung 7. beſteht.

Nach dem Prinzip der virtuellen Verrückungen iſt fürs Gleichgewicht unter der üblichen Vernachläſſigung der Reibungen an Auflagern und Gelenken die Arbeit der mit ihren Endwerten konſtant gedachten äußeren Kräfte gleich der virtuellen Biegungsarbeit. Beiſpielsweiſe hat man alſo für die Fälle 2.—4. (Fig. 1, 3, 4):

$$Pf = \mathfrak{B} = 2B,$$

woraus mit B nach 2.—4. ſofort die Einſenkung f unter der Laſt P entnommen werden kann (vgl. Biegungselaſtizität), und zwar mit Rückſicht auf den Einfluß der Schubkraft V_x, der hier im allgemeinen nicht vernachläſſigt werden darf. Vgl. Clapeyrons Theorem.

Die Formeln 2.—8. ſind natürlich nur ſo lange zuverläſſig, als ihre Grundlage, die techniſche Biegungstheorie (ſ. Biegung I), genügend zutrifft. Sie brauchen alſo ſchon nicht für Gußeiſen und noch weniger für Holz, Stein, Beton zu gelten, wie auch für Glas zur Wiedergabe der Verſuchsreſultate beſondere Formeln nötig waren [5], S. 109. S. a. Verſchiebungsarbeit.

Literatur: [1] Tetmajer, Mitteilungen u. ſ. w., Zürich, Heft II, 1884 (Schweizer Bauhölzer, S. 5, 17, 29, 46, Tab. 50), Heft III, 1886 (I-Träger aus Schweißeiſen und Flußeiſen, S. 104, 117, 135; Schienen, S. 239, 248), Heft IV, 1890 (Blechträger, S. 91, 94, 210, 223; I-Träger, S. 183; Zoreseiſen, S. 191). — [2] Conſidère, Mémoire sur l'emploi du fer et de l'acier, Paris 1885–86, p. 58 etc. — [3] Caſtigliano, Théorie de l'équilibre des systèmes élastiques, Cap. 6—9, Turin 1880 (deutſche Ausgabe Wien 1886). — [4] Weyrauch, Aufgaben zur Theorie elaſtiſcher Körper, A 83—85, Leipzig 1885. — [5] Connert, Ueber die Biegungsfeſtigkeit des Glaſes, Civilingenieur 1888, S. 1, 109, 621. — [6] Biſchoff, Bericht des Brückenmaterialkomitees, und Brik, Fachwiſſenſchaftliche Erörterungen dazu, Zeitſchr. d. öſterr. Ing.- u. Arch.-Vereins 1891, S. 63, 73. — [7] Müller-Breslau, Die neueren Methoden der Feſtigkeitslehre, II. Abſchnitt, Berlin 1893. — [8] Tetmajer, Die angewandte Elaſtizitäts- und Feſtigkeitslehre, Leipzig und Wien 1904. — In bezug auf die Arbeit B liefern die meiſten Lehrbücher der Feſtigkeitslehre Ableitungen für einzelne Fälle.

Weyrauch.

Biegungsarbeit, virtuelle, ſ. Biegungsarbeit.

Biegungsebene, ſ. Biegung, Biegungsfläche.

Biegungselaſtizität wird die Elaſtizität (ſ. d.) gegen Beanſpruchungen auf Biegung genannt. Bei Verſuchen in dieſer Hinſicht pflegen prismatiſche, beiderſeits frei aufliegende Stäbe mit horizontaler Achſe durch eine Einzellaſt P inmitten ihrer Spannweite l belaſtet zu werden (Fig. 1). Fürs Gleichgewicht ſolcher einfachen Balken (ſ. d.) liefert die techniſche Biegungstheorie unter Vorausſetzung gleicher und konſtanter, eventuell mittlerer Elaſtizitätsmoduln E für Zug und Druck und

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

eines konſtanten Schubelaſtizitätsmoduls G die Einſenkung unter P infolge dieſer Laſt:

$$f = \frac{P l^3}{48 E J} + \frac{k P l}{4 G F} = \frac{P l^3}{48 E J}\left(1 + \frac{12 k}{l^2}\frac{E J}{G F}\right), \qquad 1.$$

wonach ſpeziell für rechteckige Stäbe von der Breite b und Höhe h (Querſchnitt $F = bh$, Trägheitsmoment $J = \frac{b h^3}{12}$, Koeffizient der Schubwirkung $k = \frac{6}{5}$, ſ. Biegung I):

$$f = \frac{P l^3}{4 E b h^3}\left(1 + \frac{6 E h^2}{5 G l^2}\right). \qquad 2.$$

Bei Verſuchen in phyſikaliſchen Laboratorien hat man auch den einerſeits horizontal eingeſpannten, anderſeits frei ſchwebenden geraden Stab mit einer Laſt P am freien Ende verwendet (Fig. 2), für den unter Vorausſetzung konſtanter E, G und abſoluter Feſtſpannung (ſ. Einſpannung) die rechnungsmäßige Einſenkung unter P beträgt:

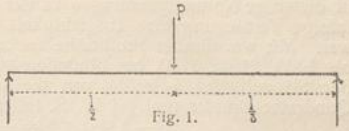


Fig. 1.

$$f = \frac{P l^3}{3 E J} + \frac{k P l}{G F} = \frac{P l^3}{3 E J}\left(1 + \frac{3 k}{l^2}\frac{E J}{G F}\right), \qquad 3.$$

und ſpeziell bei rechteckigem Querſchnitte der Dimenſionen b, h:

$$f = \frac{4 P l^3}{E b h^3}\left(1 + \frac{3 E h^2}{10 G l^2}\right). \qquad 4.$$

Entſprechende Formeln für andre Fälle enthält die Tabelle Bd. 1, S. 520, 521, über die F, J, k verſchiedener Querſchnitte ſ. Biegung I.

Die Gleichungen 1.—4. für die von P herrührenden Einſenkungen, die ſich den vom Eigengewicht erzeugten zufügen, gelten auch bei wachſendem P, wenn die Zunahme ganz allmählich, ohne Erzeugung lebendiger Kraft erfolgt. Bei plötzlich mit voller Größe einwirkender Laſt P würden die Einſenkungen theoretiſch zunächſt doppelt ſo groß ſein, worauf Schwingungen um die Gleichgewichtslagen 1.—4. ſtattfänden, die infolge Abgabe lebendiger Kraft nach außen, Umwandlung in Wärme u. ſ. w. bald erreicht würden. Vgl. [1] A 38, 109, 110, 131—134. Durch Vergleichung obiger Ausdrücke mit Verſuchsreſultaten können Schlüſſe auf darin vorkommende Größen, z. B. auf E bei bekanntem $E : G$ gezogen werden (ſ. Elaſtizitätsmodul). Das mit k behaftete Glied in 1.—4. ſtellt den Einfluß der vertikalen Schubkraft V_x dar. Ohne Rückſicht auf dieſen früher vernachläſſigten Einfluß (vgl. Biegung I) würde die rechnungsmäßige Einſenkung im zweiten der obigen Fälle gerade 16mal ſo groß als im erſten, wogegen das Verhältnis des Beitrags von V_x zu f zur ſonſtigen Einſenkung im erſten Falle viermal ſo groß als im zweiten iſt. Bei rechteckigem Querſchnitte erhält man mit $E : G = 5 : 2$ (vgl. Elaſtizitätsquotient) in 2.:

Fig. 2.

für $\frac{l}{h} =$	1	2	4	6	8	10	12	16	20
$\frac{6 E h^2}{5 G l^2} =$	3,000	0,750	0,188	0,083	0,047	0,030	0,021	0,012	0,007.

Die obigen Gleichungen ſind nur ſo lange zuverläſſig, als ihre Vorausſetzungen genügend gelten, was wohl für elaſtiſche Biegungen von Schweißeiſen und Flußeiſen, nicht aber beiſpielsweiſe für Gußeiſen zutrifft. Sie ergeben die Einſenkungen f proportional den Belaſtungen P, wie dies bei Annahme gleicher und konſtanter Elaſtizitätsmoduln für Zug und Druck ſelbſtverſtändlich iſt. Die Grenze, bis zu der genügende Proportionalität zwiſchen P und f beſteht, ſpeziell die entſprechende größte Normalſpannung $\sigma = \frac{M_x}{W}$ (M_x Angriffsmoment, W Widerſtandsmoment, ſ. Biegung I) wird Proportionalitätsgrenze und noch häufig Elaſtizitätsgrenze für Biegung genannt, wobei jedoch letzterer Ausdruck im Sinne des erſteren aufzufaſſen iſt. Eine Proportionalität zwiſchen P und f kann auch dann beſtehen, wenn die obigen ſpeziellen Beziehungen nicht eintreten, wie ſich dies bei Glas bis nahe zum Bruche gezeigt hat [2], S. 10, 22. Die Proportionalitätsgrenze für Biegung braucht für kein Material genau mit derjenigen für abſoluten Zug oder Druck zuſammenzufallen, Conſidère fand ſie für Eiſen und Stahl, Konſtruktionsmaterial, um mehr als ein Drittel höher [3], S. 81. Wird die Biegungsbeanſpruchung von Flußeiſen, Schweißeiſen u. ſ. w. über die Proportionalitätsgrenze getrieben, ſo gelangt man an eine Stelle, von Tetmajer Bieggrenze genannt, der bei abſolutem Zug die Streckgrenze, bei abſolutem Druck die Stauchgrenze oder Quetſchgrenze entſpricht, indem von nun an die Einſenkungen für gleiche Zunahmen von P weit raſcher wachſen als zuvor. Siehe z. B. die Diagramme [4] III, Taf. IV, und [5], Taf. XXII und S. 92. Bezeichnen E, p, s, b den Elaſtizitätsmodul und die aus $\sigma = \frac{M_x}{W}$ berechnete Proportionalitätsgrenze, Streckgrenze und Feſtigkeit für Biegung, E_z, p_z, s_z, z die entſprechenden Werte für abſoluten Zug, ſo lieferten vergleichende Verſuche von Tetmajer mit 15 deutſchen Normalprofilen (I-Eiſen

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Nr. 10—24) von Gebr. Stumm in Neunkirchen die Mittelwerte in Kilogramm pro Quadratzentimeter (vgl. [4] III, S. 95, 104, 116, 134, 144, bezüglich E auch [6], S. 100):

für Schweißeiſen		für Thomasflußeiſen	
$E = 2012000$	$= 0{,}99\, E_z$	$E = 2132000$	$= 1{,}01\, E_z$
$p = 1560$	$= 1{,}08\, p_z$	$p = 2520$	$= 1{,}09\, p_z$
$s = 2410$	$= 0{,}99\, s_z$	$s = 3000$	$= 1{,}07\, s_z$
$b = 3700$	$= 0{,}98\, z$,	$b = 4040$	$= 0{,}95\, z$.

Bei Berechnung von E nach 1. iſt $E : G = 5/2$ angenommen, während ſich mit $8/3$ die Mittelwerte 2030000 und 2149000 ergeben hätten, ſo daß die Wahl zwiſchen dieſen Grenzen ohne großen Einfluß iſt (vgl. Elaſtizitätsquotient). Die E_z ſind Mittelwerte für Flanſche und Steg, p_z, s_z, z beziehen ſich auf Flanſchenmaterial allein. Als Biegungsfeſtigkeit b (ſ. d.) iſt diejenige Normalſpannung σ in der äußerſten Faſer unter P angenommen, bei der die Träger infolge Verbiegung ihre Tragfähigkeit verloren, da eine Trennung der Teile nicht zu erreichen war. Mit wachſender Profilhöhe ſanken p, s, b bei Schweißeiſen von etwa 1700, 2600, 4050 bis 1400, 2150, 3150, bei Flußeiſen von 2700, 3500, 4500 bis 2000, 2500, 3500 [4] III, S. 145. Für Schweißeiſen I-Profile von de Wendel in Hayingen fand Tetmajer im Mittel pro Quadratzentimeter (vgl. [4] IV, S. 186):

$$E = 1\,960\,000 \text{ kg} = 0{,}98\, E_z, \qquad s = 2230 \text{ kg} = 0{,}91\, s_z,$$
$$p = 1\,570 \text{ kg} = 0{,}97\, p_z, \qquad b = 3860 \text{ kg} = 1{,}04\, z,$$

und ſpeziell für die Trägerhöhe

$h =$	10	15	20	24	30	34	40 cm:
$s : s_z =$	0,83	0,91	0,97	0,90	0,98	0,83	0,95
$b : z =$	1,10	1,06	1,04	1,01	1,01	1,01	1,04.

Ueber Verſuche mit genieteten Blechträgern ſ. [4] IV, S. 82, 211, 220, und [5], S. 68, 81, 84, 86, 91, 109, vgl. Blechträger.

Um den Einfluß der Zuſammenſetzung des Materials auf die Elaſtizitäts- und Feſtigkeitsverhältniſſe an einem Beiſpiele zu zeigen, laſſen wir einige Reſultate von Bauſchinger mit Ternitzer Beſſemerſtahl von verſchiedenem Kohlenſtoffgehalt folgen (vgl. [7] III, S. 8). Die Verſuchsſtücke waren ſpeziell für die Proben von gleicher Gattierung, aber verſchiedenem Spiegeleiſenzuſatze hergeſtellt. Die Zugverſuche wurden mit Stäben von 7—1,2 cm Querſchnitt und 44 cm freier Länge, die Biegungsverſuche mit Stäben von $l = 100$, $h = 14$, $b = 5{,}5$ cm vorgenommen, die Elaſtizitätsgrenze iſt jedoch etwas höher als bei ſpäteren Verſuchen Bauſchingers (wo ſie die Proportionalitätsgrenze bedeutet), etwa in der Mitte zwiſchen Proportionalitätsgrenze und Streckgrenze angenommen, während für den Elaſtizitätsmodul deſſen Mittelwert bis zu dieſer Grenze geſetzt iſt. Die Werte für Biegung ſind im folgenden abſolut und im Verhältnis zu den entſprechenden Zahlen für Zug angegeben. Die angeführten Abſolutwerte ſind Kilogramm pro Quadratzentimeter. Zwei für Biegung in Klammer geſetzte Zahlen bedeuten keine Bruchſpannungen, da die betreffenden Stäbe äußerer Verhältniſſe halber nicht zum Bruche kamen.

Kohlenſtoff %	Elaſtizitätsmodul		Elaſtizitätsgrenze		Feſtigkeit		Bruchpfeil cm
	für Zug	für Biegung	für Zug	für Biegung	für Zug	für Biegung	
0,14	2 265 000	2 118 000 = 0,93	2950	3750 = 1,27	4430	(7920) = (1,79)	24,15
0,19	2 170 000	2 171 000 = 1,00	3310	4170 = 1,26	4785	(8600) = (1,80)	17,20
0,46	2 255 000	2 181 000 = 0,97	3450	4030 = 1,17	5330	8340 = 1,56	16,60
0,51	2 210 000	2 213 000 = 1,00	3405	4170 = 1,22	5600	9300 = 1,66	12,60
0,54	2 165 000	2 149 000 = 0,99	3490	4030 = 1,15	5560	8550 = 1,54	7,75
0,55	2 220 000	2 255 000 = 1,02	3300	4240 = 1,28	5650	8825 = 1,56	9,30
0,57	2 160 000	2 181 000 = 1,01	3310	4450 = 1,34	5605	9600 = 1,71	16,30
0,66	2 280 000	2 393 000 = 1,05	3745	4380 = 1,17	6295	8600 = 1,37	5,75
0,78	2 360 000	2 245 000 = 0,95	3750	4650 = 1,24	6470	8750 = 1,35	5,00
0,80	2 150 000	2 456 000 = 1,14	4005	4725 = 1,18	7230	7645 = 1,06	1,60
0,87	2 185 000	2 266 000 = 1,04	4290	4700 = 1,10	7335	7650 = 1,04	1,30
0,96	2 175 000	2 181 000 = 1,00	4870	6950 = 1,43	8305	8480 = 1,02	*)
*) Nicht meßbar.		Mittel 1,01		1,23		1,45	

Während die Elaſtizitätsgrenze und Feſtigkeit für Biegung wie in andern Fällen durch Ueberſchreiten der Elaſtizitätsgrenze, mechaniſche Behandlung, Härten u. ſ. w. weſentlich beeinflußt werden können [8], iſt der Elaſtizitätsmodul von Schweißeiſen und Flußeiſen im allgemeinen nur wenig veränderlich. So ergaben die umfaſſenden Verſuche, die der öſterreichiſche Ingenieur- und Architektenverein mit zehn genieteten Fachwerk- und Blechträgern aus Flußeiſen und Schweißeiſen verſchiedener öſterreichiſcher Werke vornehmen ließ: „Die Biegungselaſtizität der Träger bleibt während aller Belaſtungsſtufen bis nahe zur Bruchgrenze unverändert erhalten, die elaſtiſchen Formänderungen ſind auch nach Ueberſchreitung der Elaſtizitäts- bezw. Proportionalitätsgrenze proportional der Belaſtung.“ [5], S. 84, 103. Dabei konnten bleibende Einſenkungen mehrfach ſchon bei 600 kg pro Quadratzentimeter größter Beanſpruchung wahrgenommen werden.

Die Behandlung von Biegungsproblemen auf Grund der allgemeinen Elaſtizitätstheorie iſt häufig in Angriff genommen worden; doch mußten infolge auftretender Schwierigkeiten derartige Beſchränkungen oder Vernachläſſigungen

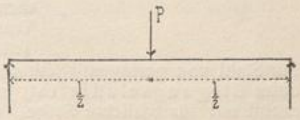
UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

vorgenommen werden, daß die Reſultate entweder ohne praktiſche Bedeutung waren oder einfacher aus der techniſchen Biegungstheorie abgeleitet werden konnten. So hat Saint-Venant für prismatiſche Stäbe von endlichen Querdimenſionen ohne Kräfte auf die Mantelfläche bei Vernachläſſigung des Eigengewichts diejenigen Kräfte auf die zur Achſe ſenkrechten Endquerſchnitte beſtimmt, die gewiſſen im voraus angenommenen verſchwindend kleinen Formänderungen entſprechen (ſ. Saint-Venantſches Problem und [9]). Kirchhoff unterſuchte endliche Biegungen prismatiſcher Stäbe von unendlich kleiner Querhöhe, bei denen unter gewiſſen Beſchränkungen auch Drücke auf die Mantelfläche wirken durften [10]. Am nächſten den Verhältniſſen der Praxis kam Pochhammer [11], der ſich wie Saint-Venant auf kleine Formänderungen beſchränkte, aber bei endlichen und ſelbſt veränderlichen Querdimenſionen beliebige Kräfte auf die Mantelfläche zuließ. Indem er die Querdimenſionen c als klein gegenüber der Stablänge l annahm, betrachtete er $\left(\frac{c}{l}\right)^n$ gegen 1 als kleine Größe $n$ter Ordnung, klaſſifizierte die auftretenden Größen dieſen Ordnungen entſprechend, und konnte ſo je nach der Anzahl berückſichtigter Ordnungen verſchiedene Grade der Annäherung erreichen. Hierbei ergab ſich, daß die Grundannahme der Navierſchen Biegungstheorie (ſ. Biegung), wonach die Elemente eines vor der Biegung geführten Querſchnittes auch nach der Biegung auf einer Ebene ſenkrecht der Stabachſe liegen, in erſter Annäherung richtig iſt. Dies ſteht im Einklang mit Verſuchsreſultaten (ſ. Biegung I). Caſtigliano iſt ebenfalls von den allgemeinen Elaſtizitätsgleichungen ausgegangen [12], hat dieſelben aber mit Berufung auf die Erfahrung ſo weit ſpezialiſiert, [12], S. 141, daß ſchließlich die üblichen Beziehungen, jedoch mit Berückſichtigung des Einfluſſes der Transverſalkraft V_x oder T_x auf die Formänderungen, reſultierten, dem er damit zuerſt konſequent Rechnung trug.

Literatur: [1] Weyrauch, Aufgaben zur Theorie elaſtiſcher Körper, Leipzig 1885. — [2] Connert, Ueber die Biegungsfeſtigkeit des Glaſes, Civilingenieur 1888, S. 1, 109, 621. — [3] Conſidère, Mémoire sur l'emploi du fer et de l'acier, Paris 1885–86. — [4] Tetmajer, Mitteilungen u. ſ. w., Zürich, Heft III, 1886, Heft IV, 1890. — [5] Biſchoff und Brik, Zeitſchr. d. öſterr. Ing.- und Arch.-Ver. 1891, S. 63, 73. — [6] Mantel, Zum Einfluß der Schubſpannungen u. ſ. w., Schweizeriſche Bauztg. 1889, I, S. 99. — [7] Bauſchinger, Mitteilungen u. ſ. w., Heft III, München 1874. — [8] Weyrauch, Die Feſtigkeitseigenſchaften und Methoden der Dimenſionenberechnung u. ſ. w., Leipzig 1889, II. Abſchn. — [9] De Saint-Venant, Mémoire sur la flexion des prismes, Liouvilles Journal, I, 1856; Clebſch, Theorie der Elaſtizität feſter Körper, Leipzig 1862, S. 70 u. a. — [10] Kirchhoff, Ueber das Gleichgewicht und die Bewegung eines unendlich dünnen elaſtiſchen Stabes, Crelles Journal 1859, LVI, S. 285; Geſammelte Abhandlungen, Leipzig 1882, S. 285. — [11] Pochhammer, Unterſuchungen über das Gleichgewicht des elaſtiſchen Stabes, Kiel 1879. — [12] Caſtigliano, Théorie de l'équilibre des systèmes élastiques etc., Turin 1880 (deutſch von Hauff, Wien 1886). — [13] Bach, Elaſtizität und Feſtigkeit, Berlin 1902. — [14] Tetmajer, Die angewandte Elaſtizitäts- und Feſtigkeitslehre, Leipzig und Wien 1904. *Weyrauch.*

Biegungsfeſtigkeit wird die Feſtigkeit (ſ. d.) gegen Beanſpruchung auf Biegung (ſ. d.) genannt. Bei Verſuchen in dieſer Hinſicht werden meiſt beiderſeits frei aufliegende prismatiſche Stäbe mit horizontaler Achſe durch eine Einzellaſt P in der Mitte ihrer Spannweite l belaſtet (vgl. Biegungselaſtizität). Man hat dann unter den Vorausſetzungen der techniſchen Biegungstheorie horizontaler Balken (ſ. Balken, Biegung I) den größten Zug und Druck pro Quadrateinheit eines Querſchnittelements in der Stabmitte (Zug poſitiv):

$$\sigma_z = \frac{Pl}{4J} e_u, \qquad \sigma_d = -\frac{Pl}{4J} e_o, \qquad 1.$$



unter e_u, e_o die abſoluten Entfernungen des unterſten und oberſten Querſchnittselements von der Achsſchicht verſtanden (in denen die Grenzwerte der Normalſpannungen σ eintreten). In 1. iſt der gewöhnlich ſehr geringe Einfluß des Eigengewichts vernachläſſigt. Soll letzteres mit g pro Längeneinheit berückſichtigt werden, dann finden ſich:

$$\sigma_z = \left(P + \frac{gl}{2}\right)\frac{l e_u}{4J}, \qquad \sigma_d = -\left(P + \frac{gl}{2}\right)\frac{l e_o}{4J}. \qquad 2.$$

Für beliebige horizontale Balken hat man die größte Normalſpannung in einem Querſchnitt x:

$$\sigma = \pm \frac{M_x}{W}, \qquad 3.$$

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

worin M_x das Angriffsmoment, W das Widerſtandsmoment (ſ. Balken, Biegung) und das obere oder untere Vorzeichen zu wählen, je nachdem $e = e_u$ oder $e = -e_o$ die abſolut größte Entfernung von der Achsſchicht iſt.

Obſchon die obigen Formeln ſelbſt unter den Vorausſetzungen der Biegungstheorie nur unterhalb der Proportionalitätsgrenze Gültigkeit beanſpruchen, pflegt man doch die aus ihnen folgende größte Normalſpannung b beim Bruche als Biegungsfeſtigkeit zu bezeichnen. Da aber bei zähem, dehnbarem Material vielfach überhaupt kein Bruch eintritt, weil die Träger ſchon vorher ihre Tragfähigkeit durch Strecken und Ausbiegen verlieren, ſo hat man in ſolchen Fällen die größte aus 1.—3. folgende Normalſpannung im Augenblicke dieſes Nachgebens an Stelle der Biegungsfeſtigkeit angegeben (vgl. Biegungselaſtizität). Mitunter jedoch wurde bei der Beurteilung der Tragfähigkeit belaſteter Balken die Biegungsfeſtigkeit überhaupt aus dem Spiele gelaſſen, indem man die zuläſſige Belaſtung als Teil der unter gleichen Verhältniſſen ermittelten Bruchlaſt P feſtſetzte, ohne eine Verwertung der Verſuchsergebniſſe für andre Trägerarten, Spannweiten und Querſchnitte anzuſtreben. Dies kann für häufig vorkommende Träger von beſtimmter Belaſtung beſonders dann vorzuziehen ſein, wenn es ſich um Material handelt, für das die Vorausſetzungen der Biegungstheorie (insbeſondere gleiche und konſtante Elaſtizitätsmoduln für Zug und Druck) nicht wenigſtens annähernd erfüllt ſind.

Bei Verſuchen mit den wichtigſten Konſtruktionsmaterialien begann der Bruch meiſt auf der Zugſeite, wie auch das Strecken weſentlich auf Zugbeanſpruchungen zurückzuführen iſt. Demgemäß wird die Biegungsfeſtigkeit b häufig im Verhältnis zu der durch Zerreißverſuche ermittelten abſoluten Zugfeſtigkeit z angegeben, die am meiſten bekannt iſt. Setzt man nun

$$b = \beta z, \qquad 4.$$

ſo läßt ſich auf Grund neuerer Verſuche für Dimenſionierungszwecke vorläufig annehmen: Für gewalzte Träger aus Schweißeiſen und Flußeiſen

$$\beta = 1$$

(vgl. Biegungselaſtizität und [6], S. 257); für genietete Blechträger aus Schweißeiſen von genügender Stehblechſtärke und Querverſteifung

$$\beta = 0{,}9,$$

für ebenſolche aus weichem Flußeiſen, insbeſondere Martinflußeiſen,

$$\beta = 0{,}8$$

(vgl. Blechträger). Bei den Verſuchen, aus denen dieſe für gutes Material und gute Arbeit nicht zu günſtigen Mittelzahlen entnommen ſind, wurde bei Ermittlung von b die Nietverſchwächung in J, W berückſichtigt. z hat dem Material der äußerſten Fafern (Deckplatten, Flanſchen u. ſ. w.) zu entſprechen. Für Gußeiſenbalken kann man nach Verſuchen Bachs ([5], 1888, S. 1094, [14], S. 237) im Falle $e_u = e$ ſetzen:

$$\beta = \mu \sqrt{\frac{e}{c}},$$

worin c die Entfernung des Schwerpunktes des zwiſchen äußerſter Zugfaſer und Achsſchicht gelegenen Querſchnittsteils von der letzteren, μ ein Erfahrungskoeffizient, der für quadratiſche und rechteckige Querſchnitte mit vertikalen Seiten ſowie für den ſymmetriſchen I-Querſchnitt mit vertikalem oder horizontalem Steg etwa 6/5, für das Quadrat mit vertikaler Diagonale und den Kreis etwa 4/3 zu wählen iſt, bei Stäben mit Gußhaut jedoch um $^1/_6$ dieſer Werte kleiner. Für Laub- und Nadelbauholz hat man nach Tetmajer [15], S. 440:

$$\beta = 0{,}7—0{,}75.$$

Die letztere Zahl kann auch nach Winkler ([9], S. 24) als Mittel gelten. Mit Rückſicht auf die Verſuche von Durand-Claye [12] und Haniſch [13] empfiehlt Tetmajer ([15], S. 439) vorläufig zu ſetzen:

Für granitartige Geſteine	$\beta = 1{,}7$,
„ kriſtalliniſche Kalkſteine	$\beta = 1{,}5$,
„ dichte und poröſe Kalkſteine	$\beta = 1{,}2$,
„ Trümmergeſteine, hart	$\beta = 1{,}5$,
„ Trümmergeſteine, weich	$\beta = 1{,}1$.

Für Stahl von geringem Kohlenſtoffgehalt kann β weſentlich höher als 1 liegen (vgl. die Tabelle unter Biegungselaſtizität) und ſelbſt über 2 hinausgehen ([4], S. 49, 60), doch gilt dies zunächſt nur für ſchlichte Stäbe, während für Blechträger (ſ. d.) die Verhältniſſe ungünſtiger liegen. Wie für Zug und Schub, ſo fand Wöhler auch für Biegung die Feſtigkeit bei zahlreichen Wiederholungen weſentlich geringer als bei einmaliger ruhender Belaſtung (ſ. Arbeitsfeſtigkeit). Für Glas hat ſich die Biegungsfeſtigkeit als abhängig von der Dicke erwieſen und ſind beſondere Formeln für Weichglas und Hartglas aufgeſtellt worden ([8], S. 109). Im übrigen iſt beſonders auf die Veröffentlichungen der verſchiedenen Verſuchsanſtalten, z. B. [1], [2], hinzuweiſen. Ueber einheitliche Prüfungsmethoden ſ. [3].

Literatur: [1] Mitteilungen aus dem mechaniſch-techniſchen Laboratorium u. ſ. w., München, Heft I, 1873 (Zementmörtel), III, 1874 (Ternitzer Beſſemerſtahl), IV, 1874 (Bauſteine), VIII, 1879 (Portlandzement), IX, 1883 (Fichten- und Kiefernbauholz), X, 1884 (Bauſteine Bayerns), XVI, 1888

(verſchiedene Nadelhölzer), XVIII, 1889 (verſchiedene Steinmaterialien), XXIV, 1896 (Steinbalken), XXVI, 1898 (gekrümmte Stäbe). — [2] Tetmajer, Mitteilungen u. f. w., Zürich, II, 1884 (Schweizer Bauhölzer, S. 46), III, 1886 (I-Träger in Schweißeiſen und Flußeiſen, S. 95, 104, 116, 134, 144; Schienen, S. 238, 248), IV, 1890 (Zoreseifen, I-Träger, Blechträger in Schweißeifen und Flußeifen, S. 82, 91, 94, 183, 193, 210, 223), VII, 1894 (Betongewölbe, S. 195). — [3] Feſtſtellung einheitlicher Prüfungsmethoden: Beſchlüſſe der Konferenzen zu München, Dresden, Berlin und Wien, München 1893. Verhandlungen in München (1884—85): Bauſchingers Mitteilungen u. f. w., XIV, 1886; in Dresden (1886) und Berlin (1890): Ebend., XXII, 1894; in Wien (1893): Zeitſchr. d. öſterr. Ing.- u. Arch.-Vereins 1893, S. 321, 327. — [4] Conſidère, Mémoire sur l'emploi du fer et de l'acier, Paris 1885, p. 38 (Schmiedeeiſen, Stahl, Gußeiſen). — [5] Bach, Die Biegungslehre und das Gußeiſen, Zeitſchr. d. Vereins deutſcher Ingenieure 1888, S. 193, 221, 1089; 1889, S. 137. — [6] Biſchoff, Bericht des Brückenmaterialkomitees, und Brik, Fachwiſſenſchaftliche Erörterungen dazu: Zeitſchr. d. öſterr. Ing.- u. Arch.-Vereins 1891, S. 63, 73 (verbundene Blechträger). — [7] Schwering, Ueber die Biegungsfeſtigkeit des Glaſes mit Rückſicht auf die Konſtruktion von Glasbedachungen, Zeitſchr. d. Arch.- u. Ing.-Vereins zu Hannover 1880, S. 69. — [8] Connert, Ueber die Biegungsfeſtigkeit des Glaſes, Civilingenieur 1888, S. 1, 119, 621. — [9] Winkler, Die hölzernen Balkenbrücken, Wien 1887, S. 24. — [10] Forchheimer, Verſuche über das Verhältnis der Biegungsfeſtigkeit zur Scherfeſtigkeit des Holzes, Zeitſchr. d. öſterr. Ing.- u. Arch.-Vereins 1891, S. 157. — [11] Bericht des Gewölbeausſchuſſes, Zeitſchr. d. öſterr. Ing.- u. Arch.-Vereins 1895 (Gewölbe). — [12] Durand-Claye, Essai sur la limite de la résistance à la rupture par traction des ciments et autres matériaux analogues, Annales des ponts et chaussées 1895, t. 1, p. 604. — [13] Haniſch, Beſtimmung der Biegungs-, Zug-, Druck- und Schubfeſtigkeit der Bauſteine der öſterreichiſch-ungariſchen Monarchie, Wien 1901. — [14] Bach, Elaſtizität und Feſtigkeit, Berlin 1902. — [15] v. Tetmajer, Die angewandte Elaſtizitäts- und Feſtigkeitslehre, Leipzig und Wien 1904.

Weyrauch.

Biegungsfläche wird mitunter (ſo von Grashof [1] und Keck [2]) der Ort aller Tangenten an die elaſtiſche Linie (Stabachſe nach der Biegung) genannt. Sie ſtimmt bei einfach gekrümmter elaſtiſcher Linie mit der Biegungsebene (ſ. Biegung) überein.

Literatur: [1] Grashof, Theorie der Elaſtizität und Feſtigkeit, Berlin 1878, S. 54. — [2] Keck, Vorträge über Elaſtizitätslehre, Hannover 1893, S. 17.

Weyrauch.

Biegungsformeln werden mitunter die Grundbeziehungen zwiſchen Größen, welche die Biegung beſtimmen, und den die letztere erzeugenden Momenten und Kräften genannt. Beiſpiel: Navierſche Biegungsformel (ſ. Biegung).

Biegungslinie, auch Durchbiegungslinie, elaſtiſche Linie, Biegungspolygon genannt, heißt in der Statik der Bauwerke die Linie, in die infolge der Elaſtizität des Bauſtoffes die Achſe eines urſprünglich geradlinigen Balkenträgers unter dem Einfluß von belaſtenden Kräften übergeht. Die größte Abweichung der Biegungslinie von der urſprünglichen Trägerachſe heißt Biegungspfeil. Auch bei krummlinigen oder Bogenträgern kann man von Biegungslinie ſprechen. Man verſteht darunter die Kurve, die man erhält, wenn man die elaſtiſchen Verſchiebungen, welche die Trägerachſe in irgend einer Richtung ausführt, von einer auf dieſer Richtung ſenkrecht ſtehenden Linie aus aufträgt. Die Biegungslinie iſt teils von den Biegungsmomenten, teils von den Querkräften abhängig. Man beſtimmt am einfachſten beide Einflüſſe geſondert und addiert ſie nachher.

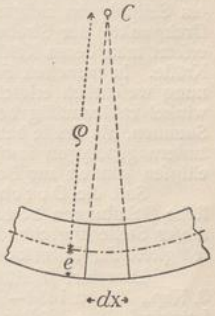


Fig. 1.

Einfluß der Biegungsmomente: Steht ein urſprünglich rechteckiges Balkenelement unter dem Einfluß eines Biegungsmomentes M, ſo nimmt es eine trapezförmige Geſtalt an (vgl. Fig. 1). Die urſprünglich parallel zueinander laufenden Querſchnitte ſchneiden ſich jetzt im Punkte C. Die Entfernung ϱ dieſes Punktes von der Balkenachſe iſt der Krümmungshalbmeſſer der Biegungslinie. Nach der Biegungstheorie iſt die Spannung in der äußerſten (unterſten) Faſer $\sigma = \frac{eM}{J}$, wenn J das Trägheitsmoment des Querſchnitts bedeutet. Die Verlängerung dieſer Faſer iſt nach der Theorie der Elaſtizität gleich $\frac{\sigma}{E} dx$, wenn E den Elaſtizitätsmodul bedeutet. Dieſe Verlängerung verhält ſich aus geometriſchen Gründen zu e wie dx zu ϱ; folglich iſt

$$\varrho = \frac{eE}{\sigma} = \frac{EJ}{M}.$$

Da die Biegungslinie eine ſehr flache Kurve iſt, ſo darf man $\frac{1}{\varrho}$ durch $\frac{d^2y}{dx^2}$ erſetzen und findet dadurch die Differentialgleichung der Biegungslinie

$$\frac{d^2y}{dx^2} = \frac{M}{EJ}.$$

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Sind M und J als Funktionen von x gegeben, so kann man hiernach die Gleichung der Biegungslinie und daraus den Biegungspfeil berechnen.

Die Differentialgleichung eines Seilpolygons für verteilte Belastung lautet:

$$\frac{d^2y}{dx^2} = \frac{p}{h},$$

wenn p die Belastungsgröße und h die Polweite bezeichnet. Hieraus folgt, daß man die Biegungslinie auch als Seilpolygon auffassen und zeichnen kann: Man betrachtet die Biegungsmomente als Belastungen, mit andern Worten, die Momentenfläche als Belastungsfläche, und wählt das Produkt EJ als Polweite. Bei veränderlichem J bekommt man ein Kräftepolygon mit veränderlichem Pole (s. Summationspolygon). Zeichnet man die Momentenfläche mit der Polweite H und verwandelt sie, um das zweite Kräftepolygon zu erhalten, auf die Basis a, so ist $p = M : Ha$. Man muß daher $h = EJ : Ha$ machen, wenn man die Biegungslinie in richtiger Größe erhalten will. Da jedoch die Biegungslinie, um deutlich zu werden, verzerrt gezeichnet werden muß, so nimmt man h stets viel kleiner an. Das Verzerrungsverhältnis ist alsdann gleich: $EJ : Hah$.

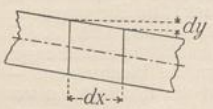


Fig. 2.

Einfluß der Querkräfte. Unter dem Einfluß der Querkräfte Q gehen die ursprünglich rechteckigen Balkenelemente in parallelogrammförmige über (Fig. 2). Zwei um dx voneinander entfernte Querschnitte verschieben sich gegenseitig um die Strecke $dy = Qdx : GF'$, worin G den Gleitmodul und F' eine Fläche bedeutet, die stets kleiner ist als die Querschnittsfläche F des Balkens. (Bei rechteckigem Querschnitt ist $F' = {}^5/_6 F$, bei kreisförmigem $= {}^{27}/_{32} F$, bei I-Querschnitten gleich der Fläche des Steges). Daraus folgt als Gleichung der Biegungslinie

$$\frac{dy}{dx} = \frac{Q}{GF'} \text{ oder da } Q = \frac{dM}{dx}, \qquad y = \frac{M}{GF'}.$$

Ist die Momentenfläche mit der Polweite H gezeichnet, so hat man demnach ihre Ordinaten einfach mit $H : GF'$ zu multiplizieren, um den Einfluß der Querkräfte auf die Biegungslinie zu erhalten. Handelt es sich nicht darum, die wirklichen Durchbiegungen eines Balkens zu berechnen (wie es z. B. bei Belastungsproben geschieht), sondern dient die Biegungslinie als Hilfsmittel zur statischen Berechnung von Bauwerken (z. B. von durchlaufenden Balken), so kann der Einfluß der Querkräfte in der Regel vernachlässigt werden.

Soll die Biegungslinie eines Fachwerkträgers berechnet werden, so ersetzt man bei parallelen Gurtungen und einfachem Strebenzuge J durch ${}^1/_2 F_g h^2$ und GF' durch $EF_s \cos\alpha \sin g^2\alpha$, worin F_g den Querschnitt der Gurtung, h die Fachwerkshöhe, F_s den Querschnitt der Strebe und α ihren Neigungswinkel bezeichnet. Bei veränderlichen Querschnitten werden passende Mittelwerte eingeführt. Bei mehrfachem Strebenzug ist F_s entsprechend zu multiplizieren. Ist die Fachwerkshöhe veränderlich, so ist in der Regel ein zeichnerisches Verfahren vorzuziehen. Der Formänderungswinkel für einen einzelnen Fachwerksstab ist $Ms : EFa^2$ (M = Drehpunktsmoment, s = Stablänge, F = Stabquerschnitt, a = Abstand des Stabes vom Drehpunkte). Man betrachtet am besten die M als Kräfte, die in den Drehpunkten angreifen, und setzt sie durch ein Seilpolygon zusammen, wobei man die Größen $EFa^2 : s$ als Polweiten verwendet. Da die Drehpunkte der Streben meist außerhalb der Spannweite oder gar unendlich fern liegen, so ersetzt man deren Kräfte gewöhnlich durch je zwei in der Nähe des betreffenden Faches liegende Kräfte. In manchen Fällen darf der Einfluß der Streben vernachlässigt werden, was die Zeichnung wesentlich erleichtert. Ein andres Verfahren besteht darin, daß man die Formänderungswinkel zahlenmäßig berechnet, für jeden Knotenpunkt der geradlinigen Gurtung addiert und die Summen, als Kräfte betrachtet, durch ein Seilpolygon zusammensetzt. Auch das Williotsche Formänderungspolygon sowie die Sätze von den virtuellen Verschiebungen und von den Elastizitätsellipsen können zur Bestimmung der Biegungslinie eines Fachwerkträgers benutzt werden.

Soll die Durchbiegung eines Balkens an einer bestimmten Stelle für veränderliche Belastungen berechnet werden, so zeichnet man am besten die Biegungslinie für eine an dieser Stelle angreifende Einzellast. Dann stellt diese Linie nach dem Gesetze von der Gegenseitigkeit der Formänderungen die Einflußlinie für die Durchbiegung des Balkens dar.

Literatur: [1] Ritter, W., Anwendungen der graphischen Statik, 1. Teil, 4. Kap., und 2. Teil, 3. Kap., Zürich 1888—90. — [2] Müller-Breslau, Graphische Statik der Baukonstruktionen, 2. Bd., Leipzig 1892. — [3] Bach, C., Elastizität und Festigkeit, 4. Aufl., Berlin 1902. — [4] Land, R., Zeitschr. für Bauwesen 1894, S. 611. — [5] Föppl, A., Vorlesungen über technische Mechanik, Bd. 2 und 3, Leipzig 1900.

(W. Ritter) Roth.

Biegungsmoment, s. Angriffsmoment, Biegung, Balken, Bogen (M_x), Momente, statische.

Biegungspfeil wird häufig die größte Einsenkung (Durchbiegung) f der Achse eines gebogenen Stabes genannt. Der Biegungspfeil im Augenblicke des Bruchs heißt auch Bruchpfeil (s. Biegungselastizität, Biegungsarbeit, Biegungslinie, Einsenkung, Balken, einfache). *Weyrauch.*

Biegungspolygon, s. Biegungslinie.

Biegungsspannungen werden meist die vom Biegungsmoment (s. Angriffsmoment M_x, Biegung, Balken, Bogen) allein herrührenden Spannungen in den Querschnitten gebogener Stäbe genannt, z. B. die infolge Vernietung der Knotenpunkte von Fachwerken entstehenden Nebenspannungen (s. d.) im Gegensatze zu den von den Axialkräften erzeugten Grundspannungen.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

In allgemeinerer Auffaſſung kommt der Ausdruck auch für andre mit der Biegung verbundene Spannungen zur Verwendung. *Weyrauch.*

Bierbrauerei (kurz Brauerei), der ſich mit Herſtellung von Bier befaſſende Induſtriezweig. Mit Bier bezeichnet man ein alkoholiſches, noch in langſamer Nachgärung begriffenes Getränk, das im weſentlichen aus Waſſer, Malz und Hopfen durch Gärung hergeſtellt wird. Nur ſelten wird ein Teil des Malzes (meiſt Gerſte-, ſeltener Weizenmalz) durch ungemälztes Getreide oder durch Kartoffelſtärke, Sirup, Stärkezucker u. dergl. erſetzt. In Bayern ſind alle Zuſätze ſolcher Art bei ſtrengen Strafen verboten.

I. Die Rohmaterialien.

1. Das Waſſer (ſ. Waſſer für Bierbrauerei); 2. das Malz (ſ. Malz); 3. der Hopfen. Der Hopfen des Brauers iſt der reife Fruchtſtand der weiblichen Blüten der Hopfenpflanze (Humulus lupulus *L.*), auch Hopfenkätzchen, Zäpfchen genannt. Kultiviert wird nur die weibliche Pflanze. Männliche Pflanzen werden ſorgfältig ferngehalten, um die Befruchtung der weiblichen Blüte zu verhüten, da reife Samen Beſtandteile von unangenehmem, kratzendem Geſchmack enthalten. Man unterſcheidet im weſentlichen zwei Arten: roten und grünen Hopfen. Der rote Hopfen iſt der edlere; er hat verhältnismäßig kleine, beim Trocknen oft gelb werdende Zapfen, mit zarten Blättern, angenehmem Geruch und kleinen Früchten, während die Zapfen des grünen Hopfens meiſt dick ſind, mit groben Blättern, unangenehmem, an Knoblauch erinnernden Geruch und großen Früchten. Die Blätter, die an der unteren Seite des inneren Randes umgebogen ſind, und ebenſo die Früchte, die ſie einſchließen, ſind von einem feinen, gelblichen, harzigen Mehl, dem Hopfenmehl oder Lupulin, bedeckt, das faſt alle die Stoffe enthält, die den Hopfen für die Brauerei wertvoll machen, mit Ausnahme des Hopfengerbſtoffes, der in den Blättern enthalten iſt. — Die Kultur des Hopfens erfordert neben einem tiefgründigen, nahrhaften Boden in einer gegen Nord- und Oſtwinde geſchützten Lage ungemein viel Sorgfalt und Aufmerkſamkeit. Für das Düngerbedürfnis der Hopfenböden hat man in der Analyſe namentlich der unteren Blätter einen guten Anhaltspunkt gefunden. Man darf ſich beim Einkauf nicht nur auf einen renommierten Urſprungsort verlaſſen. Als feinſter Hopfen gilt der aus Saaz und Auſcha in Böhmen und aus der Gegend von Spalt in Bayern. Die Unterſuchungen über die wirkſamen Beſtandteile des Hopfens weiſen noch viele Lücken auf; auch die Rolle, die dieſe Stoffe in der Brauerei ſpielen, iſt vielfach noch nicht genügend erklärt. Dem Hopfengerbſtoff kommt nach Etti die Formel $C_{25}H_{24}O_{13}$ zu. Er hält ihn für einen zuſammengeſetzten Aether. Der Gerbſtoffgehalt des Hopfens ſchwankt zwiſchen 1,38 und 5,13 % und beträgt durchſchnittlich 3—3,5 %. Mit dem Alter geht der Gerbſtoffgehalt des Hopfens zurück, ſelbſt bis auf 0,5 %. Dieſer Gerbſtoff gibt, und darin liegt ſeine Bedeutung für die Brauerei, auch mit den Eiweißſtoffen, die durch die Hitze nicht ausgefällt werden, einen in der Kälte teilweiſe unlöslichen Niederſchlag. Ein Teil dieſer Verbindung bleibt jedoch, wie Hayduck gezeigt hat, in Löſung. Außer dieſem Gerbſtoff wies Etti im Hopfen noch einen gerbſtoffähnlichen Körper nach, den er als Phlobaphen bezeichnete. Die Eiweißverbindung des Phlobaphens iſt in Waſſer ganz unlöslich. Das Hopfenöl, das in den Drüſen neben den Harzen vorkommt und davon durch Deſtillation mit Waſſerdämpfen getrennt werden kann, beſteht aus einem Terpen $C_{10}H_{16}$ und einer dem Borneokampfer iſomeren Verbindung $C_{10}H_{18}O$. Hopfen enthält zwiſchen 0,15 und 0,48 %, durchſchnittlich 0,25 % Oel. Das friſche Oel iſt hellgelb, von aromatiſchem Geruch und würzigem Geſchmack. Es wird allmählich dunkler und verliert ſeinen angenehmen Geruch. Da das Oel mit Waſſerdämpfen flüchtig iſt, geht es beim Kochen der Würze mit Hopfen größtenteils fort; dennoch bleibt noch genügend davon zurück, um dem Biere ein angenehmes Aroma zu erteilen. Engliſchen Bieren wird vielfach noch Hopfen auf dem Faß zugegeben oder er kommt in die Hopfenpfanne vor dem Ausſchlagen. Dadurch erhalten dieſe Biere ein beſonders kräftiges Aroma. Hopfenharze ſind nach Hayduck drei zu unterſcheiden. Das α-Harz iſt ein Weichharz von ſtark bitterem Geſchmack; es hemmt die Milchſäuregärung und gibt Veranlaſſung zur Entſtehung von Kräuſen. Das β-Harz, ebenfalls ein Weichharz, jedoch im Gegenſatz zum α-Harz durch Bleiacetat nicht fällbar, hat auch ſtark bitteren Geſchmack, hemmt die Milchſäuregärung nur in beſchränktem Maße, bildet Kräuſen. Das γ-Harz hat einen unangenehmen, nur ſchwach bitteren Geſchmack, wirkt nicht hemmend auf Milchſäuregärung und hat für die Bierbrauerei gar keinen Wert. Heiß filtrierte klare Löſungen der Harze trüben ſich beim Erkalten. Dieſe Harztrübung wird jedoch durch den Hopfengerbſtoff beſeitigt. Von den Harzen wurden in friſchem Hopfen gefunden 17,8 %, und zwar 4,8 % α-Harz, 8,0 % β-Harz und 5,0 % γ-Harz. — Hopfenbitterſäuren ſind im Hopfen zwei nachgewieſen. Beide haben ſtark bitteren Geſchmack und wirken auf Milchſäuregärung ſtark hemmend. Nach Hayduck entſtehen aus den Hopfenbitterſäuren durch Oxydation die beiden als α und β bezeichneten Hopfenharze. Ueber etwaige im Hopfen vorkommende Alkaloide iſt nichts Sicheres bekannt. Andre im Hopfen vorkommende Stoffe, wie Zucker, Gummi, Faſerſtoff u. ſ. w., haben für die Bierbrauerei keine Bedeutung. Ein Senföl bildendes Glykoſid, das vielfach angenommen wurde und den zuweilen auftretenden Knoblauchgeruch veranlaſſen ſollte, iſt nicht vorhanden.

Die Bedeutung des Hopfens für das Bier iſt eine mehrfache: er erteilt dem Bier einen charakteriſtiſchen Geſchmack und Geruch, erhöht die Haltbarkeit des Bieres ſowohl durch die antiſeptiſchen Eigenſchaften einiger Hopfenbeſtandteile als auch dadurch, daß er gewiſſe Eiweißkörper aus der Würze entfernt, und trägt zur Klärung der Würze bei, teils durch Ausſcheidung der Eiweißſtoffe, teils auf mechaniſchem Wege. Für die Beurteilung des Hopfens gibt es nur wenige für die Praxis brauchbare chemiſche Unterſuchungsmethoden. Für die Beſtimmung des

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Gerbſtoffes kann man die für Gerbſtoffbeſtimmungen üblichen Methoden anwenden, namentlich eignet ſich die von v. Schröder modifizierte Löwenthalſche Methode [9]. Im übrigen iſt man auf empiriſche Merkmale angewieſen. Fruwirth [1] hat dieſe Merkmale zuſammengeſtellt: 1. Die Pflücke muß gut ſein; ſchimmelige (vom Mehltau befallene), verlaubte Fruchtſtände, Blätter, Fruchtſtände mit zu langem Stiel oder mit keinem Stiel ebenſo wie ſehr große Fruchtſtände ſind minderwertig. 2. Die Fruchtſtände müſſen gut erhalten ſein und dürfen nicht durch Erhitzen gelitten haben, was ſich durch braune und mißfarbige Fruchtſtände äußert. 3. Der einzelne Fruchtſtand ſoll gut gebaut ſein, die Blätter ſollen gut ſchließend übereinander greifen, nicht unten offen ſtehen. Die Spindel ſoll dünn ſein, die Rippen fein. Die Perigonblätter ſollen klein und verſchrumpft ſein und keine oder doch nur wenige von ihnen ſollen einen Samen umhüllen. 4. Die Fruchtſtände ſollen gelblichgrün gefärbt und glänzend ſein. Ganz grüner Hopfen iſt zu früh gepflückt. Sich rot färbender Hopfen iſt entweder ſchlecht getrocknet oder zu ſpät gepflückt. 5. Der Geruch ſoll ein tadellos feiner, weder zu ſchwach noch zu ſtark, niemals aber unrein ſein. 6. Das Hopfenmehl ſoll reichlich vorhanden ſein. Hiervon überzeugt man ſich durch das Aufbrechen einiger Fruchtſtände und Reiben derſelben auf Papier. Ein dicker, fetter, lichtgelber Strich zeigt viel und gutes Mehl an; je mehr der Strich ins Braune übergeht, deſto älter iſt der Hopfen, je weniger fett und dünner der Strich, deſto geringer iſt der Gehalt der Probe an Hopfenmehl.

Wichtig für die Beurteilung des Hopfens iſt ferner die Frage, ob er geſchwefelt iſt oder nicht. Dies läßt ſich leicht erkennen, indem man etwas wäſſerigen Hopfenauszug mit einem Stückchen Zink und etwas Salzſäure verſetzt. Die ſchweflige Säure wird durch den entſtehenden Waſſerſtoff zu Schwefelwaſſerſtoff reduziert, der durch die Bräunung von Papier, das mit Bleiſalzen getränkt iſt, erkannt wird. Das Schwefeln des Hopfens, d. h. das Behandeln des Hopfens mit den Dämpfen brennenden Schwefels, hat den Zweck, den Hopfen haltbarer zu machen. In der Tat wird durch das Schwefeln das Hopfenöl und das Hopfenbitter gegen die oxydierende Einwirkung der Luft geſchützt, und es werden die im Hopfen vorhandenen Mikroorganismen getötet. Auch eine geringe Bleichung des Hopfens findet beim Schwefeln ſtatt, was namentlich für die Herſtellung ſehr lichter Biere nicht unwichtig iſt. Die Unſchädlichkeit des geſchwefelten Hopfens iſt ſchon von Liebig nachgewieſen. Trotz alledem hegt der Brauer gegen geſchwefelten Hopfen ein gewiſſes Mißtrauen, und meiſtens mit Recht. Es ſind gewöhnlich die ſchlecht ausſehenden Hopfen, die geſchwefelt werden, um ihnen ein beſſeres Ausſehen zu geben. Es wird dann der Hopfen höher geſchätzt und bezahlt, als ſeinem wahren Wert entſpricht.

II. Das Herſtellen der Würze.

Die Herſtellung der Würze läßt ſich in folgende Perioden zerlegen: 1. das Schroten des Malzes, 2. das Maiſchen, 3. das Abläutern, 4. das Hopfenkochen, 5. das Kühlen.

1. Das **Schroten** des Malzes, auch Brechen genannt, geſchieht jetzt faſt nur auf beſonderen Apparaten, die Schrotmühlen genannt werden. Es iſt beim Schroten darauf zu achten, daß alle Körner zerkleinert werden, daß dabei der Mehlkörper zu einem möglichſt feinen Mehl, die Hülſen aber nicht zu fein zerteilt werden. Ganze Körner geben gar keinen Extrakt, der um ſo größer ausfällt, je feiner der Mehlkörper zerkleinert iſt. Zu fein zerteilte Hülſen würden das Abläutern beeinträchtigen. Namentlich bei ganz friſchem Darrmalz werden die Hülſen leicht zu fein zerkleinert. Doch kann man durch Befeuchten des Malzes dem Uebelſtand abhelfen. Die Walzen der Schrotmühlen ſind entweder glatt oder fein geriffelt. Im erſteren Fall erfordern ſie etwas mehr Kraft als im letzteren, geben aber ein brauchbareres Produkt.

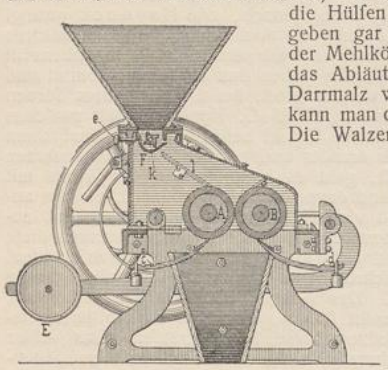


Fig. 1.

Fig. 1 zeigt die Malzſchrotmaſchine der Maſchinenfabrik „Germania“ in Chemnitz im Querſchnitt. Die beiden gußeiſernen Quetſchwalzen *A* und *B* ſind glatt abgedreht, von gleichem Durchmeſſer. Sie werden durch Zahnräder an einem Ende gegeneinander bewegt. *A* iſt feſt eingeſtellt, *B* durch Stellſchrauben verſchiebbar. Außerdem drücken die Gewichte *E* an einem Hebel die Walzen zuſammen und geben nach, wenn Eiſenſtücke, Steine oder dergl. zwiſchen die Walzen kommen, ſo daß dieſe keinen Schaden dadurch leiden. In dem Zuführtrichter befindet ſich eine Walze *K* mit vier vorſpringenden Blechſtreifen. Die Mulde *F*, in der ſie ſich bewegt, läßt ſich durch die Stellſchraube *e* ſo bewegen, daß die Ausflußöffnung, durch die das Malz auf die ſchiefe Ebene *l* fällt, enger oder weiter wird.

2. Das **Maiſchen**. Der Zweck dieſer Operation beſteht darin, die im Malz enthaltenen löslichen Stoffe in Löſung zu bringen und zwar ſo, wie es für den Verlauf der ferneren Prozeſſe am zweckdienlichſten iſt (ſ. Malz). Es haben ſich beſonders zwei Methoden herausgebildet, nach denen der Maiſchprozeß meiſtens ausgeführt wird, die jedoch vielfach abgeändert und zum Teil ineinander übergehend in Anwendung kommen. Nach der einen Methode wird die zu erreichende höchſte Temperatur, die Abmaiſchtemperatur, dadurch erzielt, daß man beſtimmte Mengen der Maiſche kocht und zu dem ungekochten Reſt hinzufügt. Dieſes Verfahren heißt das Dekoktions- oder Kochverfahren. Nach der andern Methode findet ein Kochen nicht ſtatt, ſondern die geſamte Malz- und Waſſermenge wird gleichmäßig auf die Abmaiſchtemperatur gebracht. Dieſes Verfahren heißt das Infuſions- oder Aufgußverfahren.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

a) Beim Dekoktionsverfahren, das in Deutschland, Oesterreich und Frankreich zur Herstellung untergäriger Biere am meisten in Anwendung ist, wird das zur Herstellung einer gewissen Menge Würze nötige Gewicht Malzschrot, die Schüttung, mit einer gewissen Wassermenge, dem Guß, vermischt, eine Operation, die Einteigen genannt wird. Das Einteigen geschieht mit kaltem Wasser, die nötige Wassermenge richtet sich nach der Temperatur des Wassers und des Malzes. Die Gesamtwassermenge, die zur Erzeugung von 1 hl Bier erforderlich ist, kann man zu 1,5 hl annehmen, da durch Kochen von Maische und Würze sowie beim Abkühlen viel verdunstet und von Trebern und Hopfen viel zurückgehalten wird. Von der Gesamtmenge rechnet man 0,5 hl auf den Nachguß, d. h. auf das Ausfüßen der Treber. Von dem 1 hl nimmt man zum Einteigen so viel, daß das Uebrigbleibende, zum Sieden erhitzt, bei langsamem Zufließenlassen, dem Zubrühen, die Maische auf ca. 35° bringt. Man kann im Durchschnitt zum Einteigen $^2/_3$, zum Zubrühen $^1/_3$ der Wassermenge rechnen. Zur Schüttung rechnet man, je nach der Konzentration der Würze, die man erzielen will, und je nach dem Extraktgehalt des Malzes 17—28 kg Malz. Das Einteigen geschieht im Maischbottich (s. unten). Jedoch ist, um ein Verstäuben des Malzes zu verhüten und ein recht inniges, klumpenfreies Mischen von Malz und Wasser zu erzielen, gewöhnlich noch ein Vormaischapparat (s. unten) angebracht. Das zum Zubrühen nötige Wasser wird im Maischkessel erhitzt, in dem später auch die einzelnen Maischteile gekocht werden. Etwas Wasser muß im Maischkessel noch zurückbleiben, damit der Boden nicht durchbrennt. Zu diesem Wasser kommt nun etwa $^1/_3$ bis $^1/_2$ der Maische aus dem Maischbottich, die durch das vorhandene heiße Wasser nicht über 50° steigen darf. Auch das nun folgende Erhitzen, das Kochen der ersten Dickmaische, muß namentlich, bevor die Temperatur auf 75° gestiegen ist, möglichst langsam erfolgen. Die Zeit pflegt zwischen 15 und 30 Minuten zu schwanken. Solange die Maische noch nicht kocht, muß, um das Anbrennen zu vermeiden, entweder mit Krücken gerührt oder das mechanische Rührwerk in Bewegung gehalten werden. Auch das Zurückbringen der gekochten Maische in den Maischbottich, das Aufschöpfen, muß langsam vor sich gehen, und auch dabei wird das Rührwerk fortwährend in Bewegung gehalten, es wird gemaischt. Die Endtemperatur der gesamten Maische, der ersten Maische, soll 50—52° erreichen. Das Feuer unter dem Maischkessel wird, sowie die Maische genügend gekocht hat, gemäßigt, doch bleibt wieder etwas Maische im Kessel zurück. Hierzu wird, nachdem einige Minuten im Maischbottich gemaischt worden ist, wieder etwa $^1/_3$ der dicken Maische abgelassen, wobei die Temperatur derselben nicht über 62° steigen soll. Das Kochen der zweiten Dickmaische geschieht ebenso wie das der ersten, und nach dem Aufschöpfen derselben soll die Gesamtmaische, die zweite Maische, eine Temperatur von 62—65° erreichen. Ist auch die zweite Maische gut durchgemaischt, so läßt man sie einige Minuten ruhig stehen, damit sich die festen Bestandteile absetzen, und zieht die klare Maische, die Läutermaische, ab. Das Mitfließen der dicken Teile wird durch ein vor die Oeffnung gelegtes Gitter oder einfacher durch einen Besen verhindert. Das Kochen dieser Läutermaische dauert gewöhnlich 30—45 Minuten. Die Menge wird so gewählt, daß nach dem Aufschöpfen derselben die Gesamtmaische, die dritte Maische, eine Endtemperatur (Abmaischtemperatur) von 70—75° erreicht. Nimmt man aus der kochenden Läutermaische eine Probe in einem Schauglase heraus, so kann man daran beobachten, ob die koagulierenden Eiweißstoffe sich in großen Flocken ausscheiden und sich mit den übrigen festen Stoffen schnell absetzen. Geschieht dies, so sagt man, der Bruch der Läutermaische ist gut, und deutet dies auf normalen Verlauf des ganzen Prozesses, während schlechter Bruch auf mangelhaften Verlauf des Maischens oder auf schlechtes Rohmaterial hinweist. Ist die Läutermaische genügend gekocht und auf den Maischbottich unter stetigem Maischen zurückgebracht, so maischt man nach 20—30 Minuten wieder und bringt die Maische auf den Läuterbottich. Der Maischbottich wird, wie auch schon vorher die Maischpfanne, mit heißem Wasser mehrmals ausgespült. Dient der Maischbottich gleichzeitig als Läuterbottich, so stellt man das Rührwerk ab und sorgt für eine gleichmäßige Verteilung der Treber durch Bearbeiten mit der Krücke oder durch Ingangsetzen einer besonderen Maschine, der Aufhackemaschine. Man bezeichnet dieses als das Aufziehen der Maische. Hiernach läßt man die Maische $^1/_2$—1 Stunde „auf der Ruhe“ stehen. Auf der Ruhe soll sich die Maische sehr bald durch Abscheidung der Treberteile von der Würze zerteilen oder „brechen“. Die Oberfläche nimmt eine ganz dunkle Farbe an. Bleibt die Oberfläche jedoch fuchsig und setzen sich die Treberteile nicht ab, sondern kommen fortwährend an die Oberfläche, so ist entweder beim Maischen ein grober Fehler begangen worden, oder das angewendete Malz war schlecht. Die häufigsten Fehler bestehen in zu großem Beeilen der einzelnen Operationen oder in ungenügender Innehaltung der einzelnen Temperaturen, namentlich der Abmaischtemperatur. Als ein Beispiel für die normalen Verhältnisse diene folgende Maischordnung nach Thausing [2]:

Einteigen: Beginn 8 Uhr, Ende 8 Uhr 20 Minuten,
Zubrühen: „ 8 „ 20 Minuten, Ende 8 Uhr 50 Minuten,
Temperatur 35°.
1. Maische kochte von 9 Uhr 35 Minuten bis 10 Uhr 5 Minuten,
Maischen von . . . 10 „ 5 „ „ 10 „ 25 „
Temperatur 50°.
2. Maische kochte von 11 Uhr bis 11 Uhr 30 Minuten,
Maischen von . . . 11 Uhr 30 Minuten bis 11 Uhr 50 Minuten,
Temperatur 65°.
3. Maische kochte von 12 Uhr 5 Minuten bis 12 Uhr 35 Minuten.
Fertig abgemaischt um 1 Uhr.
Temperatur 73,75°.

Ueber richtige Maischtemperatur und Theorie des Maischprozesses s. Malz.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Das Maiſchen nach dem Dekoktionsverfahren wird da und dort anders gehandhabt als vorſtehend beſchrieben. So wird vielfach nur eine Dickmaiſche und eine Läutermaiſche gekocht; manchmal wird auch, namentlich wo man ſehr helle Biere herſtellen will, nur mit zwei Dickmaiſchen gearbeitet. Von den ſonſtigen mancherlei abweichenden Verfahren ſei die ſogenannte Satzbrauerei noch angeführt, wie ſie zur Herſtellung der Nürnberger, Augsburger und andrer Biere, ſowie der Weißbiere, allerdings in vielfachen Modifikationen ausgeführt wird.

Das Malz wird trocken in dem Maiſchbottich ausgebreitet und mit etwa $^1/_4$ des Guſſes übergoſſen. Nach etwa dreiſtündiger Ruhe öffnet man die Hähne und läßt die Würze langſam in ein Sammelgefäß, den Grand, fließen; dieſe Würze bezeichnet man als den kalten Satz. Inzwiſchen iſt in der Pfanne der Reſt des Guſſes zum Sieden erhitzt und wird davon auf das Malz von untenher, meiſtens durch einen ſogenannten Pfaffen (ſ. unten), ſo lange gebracht, bis die Temperatur etwa 50—55° erreicht hat, immer unter tüchtigem Maiſchen. Der kalte Satz wird dann in die Pfanne gebracht und von neuem durch Oeffnen der Hähne Würze abgelaſſen, der ſogenannte warme Satz. Von dieſem wird ein Teil ebenfalls in die Pfanne gebracht, der letzte, beſonders klare Teil kommt ſofort auf die Kühle. Die in der Pfanne befindliche Läutermaiſche wird gekocht und damit der Maiſche eine Temperatur von 68—70° gegeben. Dann kommt der größte Teil der geſamten Dickmaiſche in den Keſſel, wird $^3/_4$ bis 1 Stunde gekocht, in den Maiſchbottich zurückgebracht und abgemaiſcht. Iſt die Pfanne wieder rein, ſo kommt der inzwiſchen abgekühlte warme Satz hinein, wird mit dem Hopfen und der Würze zuſammen aufgekocht. Vorder- und Nachwürze (ſ. unten) werden meiſt getrennt. Das aus der Nachwürze hergeſtellte Bier (Hansle) wird entweder für ſich getrunken oder zum Verſchneiden des ſtarken Bieres verwendet. Ueber die in bezug auf die bei den einzelnen Maiſchmethoden innezuhaltenden Temperaturen und Zeiten finden ſich viele Verſchiedenheiten; ſ. Näheres darüber [2], [3], [4], [13].

b) Das Infuſionsverfahren, nach dem hauptſächlich in England und Holland, auch in Belgien und Frankreich gearbeitet wird, wird meiſtens nach zwei Methoden ausgeführt. Nach der einen, der abwärts maiſchenden, wird das Malzſchrot mit der ganzen Menge des Maiſchwaſſers, das 75—78° warm iſt, unter gutem Rühren gemiſcht. Man erzielt dadurch gewöhnlich die Abmaiſchtemperatur von 68—70°, bei der man die Maiſche 1—2 Stunden zur Verzuckerung ſtehen läßt. Bei dieſer Methode wird dadurch, daß das Malz ſofort mit Waſſer von hoher Temperatur zuſammenkommt, die Diaſtaſe ſehr geſchwächt. Beſſere Reſultate gibt daher die zweite Methode, die aufwärts maiſchende. Nach dieſer wird das Malzſchrot mit kaltem oder angewärmtem Waſſer eingeteigt und dann durch langſames Zugeben von heißem Waſſer unter fortwährendem Maiſchen auf die Abmaiſchtemperatur gebracht. Das Zuſetzen des heißen Waſſers geſchieht häufig von unten durch den Siebboden; es läßt ſich ſo leichter gleichmäßig verteilen und kann keine ungünſtige lokale Wirkung ausüben. Häufig wird aber auch nach dieſer Methode das Malzſchrot mit der geſamten Waſſermenge meiſt im Vormaiſchapparat gemiſcht und dann durch direkte Feuerung oder durch direkten oder indirekten Dampf langſam auf die gewünſchte Temperatur gebracht. Da man dieſe Operation vielfach direkt im Maiſchkeſſel vornimmt, heißt ſie das Keſſelmaiſchen. Man muß hierbei beſonders darauf achten, daß die Maiſche bei 65—68° einige Zeit gehalten wird, nämlich ſo lange, bis die Zuckerbildung vollendet iſt, und daß dann erſt auf die Endtemperatur erhitzt wird. Während das Infuſionsverfahren eine viel einfachere und daher billigere Einrichtung zuläßt als das Dekoktionsverfahren, und ferner weniger Zeit, Arbeit und Brennmaterial beanſprucht zur Herſtellung des gleichen Quantums Bier, beſteht der Nachteil desſelben darin, daß ſich im Verhältnis zum Dextrin und zur Iſomaltoſe (ſ. Malz) leicht mehr Maltoſe bildet als beim Dekoktionsverfahren, daß man daher leicht zu ſtark vergärende Würzen erhält, die dann ein nicht genügend vollmundiges und weniger haltbares Bier geben. Auch die Eiweißſtoffe werden wohl beim Dekoktionsverfahren durch das Kochen für die Ernährung der Hefe geeigneter. Da Malz mehr Diaſtaſe enthält, als zur Verzuckerung der Stärke des Malzes notwendig iſt, ſo wird häufig ein Teil des Malzes durch ſtärkemehlhaltige Stoffe, wie Gerſte, Mais, Reis, Kartoffeln erſetzt. Die Menge des erſetzten Malzes ſchwankt gewöhnlich von 20 bis 50%. — Bei der Verarbeitung von Gerſte pflegt man dieſelbe mehrere Stunden mit Waſſer von 10° einzuweichen und das Waſſer dabei mehreremal zu wechſeln. Ohne dies würde das Bier einen unangenehmen Geſchmack erhalten. Die eingeweichte Gerſte wird langſam gedarrt und gut zerkleinert oder ungedarrt durch eng geſtellte Quetſchwalzen geführt. Gewöhnlich wird erſt das Malz mit kaltem Waſſer eingeteigt und dann die Gerſte hinzugefügt und gut durchgemaiſcht. Das Erhitzen der Maiſche im Maiſchkeſſel muß beſonders langſam geſchehen und das Maiſchen möglichſt lange andauern, da die Stärke der Gerſte wie auch der übrigen angeführten Materialien ſchwerer verzuckert als die des Malzes. Letzteres iſt ganz beſonders beim Mais der Fall. Dieſes wird deshalb ſehr fein zerkleinert und in einem beſonderen Gefäß auf 70—75°, häufig unter Zuſatz von etwas Malzmehl, erhitzt, dann auf die richtige Temperatur abgekühlt und der Malzmaiſche zugeſetzt. — Reis wird entweder wie Mais behandelt, braucht jedoch nicht ſo lange erhitzt zu werden, oder er wird fein zerkleinert den Malzmaiſchen zugegeben. Im letzteren Falle verzuckert er ſehr langſam, die Maiſchen dürfen deshalb auch nur ſehr langſam erhitzt werden. — Kartoffeln müſſen vor der Verarbeitung vom Fruchtwaſſer befreit werden. Sie werden zu feinem Brei zerrieben und mit vielem Waſſer durchgerührt; das Waſſer läßt man ſehr ſchnell in ein zweites Gefäß laufen, in dem ſich die noch mitgeriſſene Stärke abſetzt, die ebenfalls gewonnen wird. Der im erſten Gefäß zurückbleibende Brei wird ſo oft mit Waſſer gewaſchen, bis das Waſſer ungefärbt abläuft. Von der anzuwendenden Menge, oft bis zu 40%, werden am beſten $^2/_3$ beim Kochen der erſten Dickmaiſche und $^1/_3$ beim Kochen der zweiten Dickmaiſche zugeſetzt. Die Dickmaiſchen werden dadurch zu einer ſchleimigen Maſſe, die, um Anbrennen zu vermeiden, gut gerührt werden muß. Nach 11—20 Minuten wird die Maiſche wieder dünnflüſſig; dann

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

ist die Stärke verzuckert. — Auch Sirup oder Stärkezucker wird öfters als Malzsurrogat in Anwendung gebracht. Diese Substanzen werden erst der fertigen Würze, meistens beim Hopfenkochen, zugesetzt. Da namentlich Sirup dem Bier einen eignen Geschmack erteilt, wird es sich empfehlen, nicht mehr als 15 % davon anzuwenden. Um nicht zu stark vergärende Würzen mit diesen Stoffen zu erzielen, pflegt man die Maischen schnell auf 65° zu erhitzen, um sie reicher an Dextrin zu erhalten. Bei der Verwendung der angeführten Surrogate würde das Bier an Aroma verlieren in dem Maße, als man weniger Malz zugibt. Um diesem Uebelstand abzuhelfen, wendet man gewöhnlich einen Teil des Malzes höher gedarrt — und damit aromatischer — an.

3. Das **Abläutern** beginnt, nachdem die Maische lange genug auf Ruhe gestanden hat, und hat den Zweck, den gelösten Teil, die Würze, von den festen Bestandteilen, den Trebern, zu trennen. Es sind die auf dem oberen, durchlochten Boden (Seihboden) des Läuterbottichs abgesetzten Treber, die filtrierend wirken. Dieselben dürfen deshalb weder zu dicht noch zu locker sein. Die Maische, die sich unter dem Seihboden angesammelt hat, wird zunächst dadurch entfernt, daß man die Hähne an den Saugröhren unter dem Seihboden ganz öffnet. Nach dieser Operation, dem Aufziehen, werden die Hähne etwa auf ein Drittel bis ein Viertel gestellt. Bis die Würze klar läuft, wird sie, ebenso die beim Aufziehen gewonnene, vorsichtig auf die Treber zurückgebracht, die dadurch nicht aufgewühlt werden dürfen. Je langsamer man abläutert, desto klarer wird die Würze. Sobald diese gegen Ende des Abläuterns wieder trübe wird, werden die Hähne geschlossen. Man soll nicht zu viel Gewicht darauf legen, daß die Würze absolut blank läuft, kleine, mitgerissene Treberteilchen schaden gar nichts; sie können sich später noch genügend abscheiden. Ist die Würze jedoch durchweg trübe oder hört sie zu laufen auf, solange noch Würze auf den Trebern steht, so liegt ein Fehler vor. Das Malz kann zu fein geschrotet, es kann beim Maischen anfangs zu schnell erhitzt worden sein, so daß die Verzuckerung ungenügend war; doch kann auch der Läuterbottich zu klein sein. Ist die Würze vollständig abgelaufen, so zeigt sich auf der Oberfläche der Treber eine graue, schmierige Masse, der Oberteig, im wesentlichen aus koaguliertem Eiweiß bestehend. Da er jedoch ebenso wie die Treber von Würze durchtränkt ist, ist es fehlerhaft, wie es häufig geschieht, ihn abzunehmen und für sich zum Viehfutter zu verwenden. Die Treber werden dann durch zwei bis drei Nachgüsse ausgesüßt, eine Operation, die als Anschwänzen bezeichnet wird. Wenn das Wasser auf die Treber gebracht wird, müssen diese gelockert oder aufgehackt werden, um sich mit dem Wasser gut durchzumischen. Dies geschieht entweder durch Handarbeit oder durch die Aufhackmaschine. Geschieht das Abläutern im Maischbottich, so empfiehlt sich sogar ein kräftiges Durchmaischen mit dem Anschwänzwasser namentlich dann, wenn nicht der ganze Boden durchlocht ist. Ueber den nicht durchlochten Stellen findet sonst nur eine ungenügende Auslaugung der Treber statt. Vielfach werden Schaufeln in die Treber gesteckt, um ein schnelleres Ablaufen zu erzielen. Dies ist zu verwerfen, weil es immer auf Kosten einer guten Ausfüßung geschieht. Aus demselben Grunde wirken auch Aufhackmaschinen und Maischwerk im Läuterbottich nachteilig; sie sollten nach dem Gebrauch leicht zu entfernen sein. Das Anschwänzen bezweckt nicht nur eine einfache Auslaugung der noch in den Trebern enthaltenen Würze. Da in den Trebern noch unaufgeschlossene Stärke, aber auch noch Diastase vorhanden ist, so soll die Stärke möglichst noch verzuckert und so nutzbar gemacht werden. Danach ist die Temperatur des Anschwänzwassers so zu nehmen, daß man die Treber zunächst auf 68—69° und dann langsam auf ca. 72° bringt. Da die oberste Treberschicht während des Abläuterns sich bedeutend abkühlt, so ist besonders das erste Anschwänzwasser noch etwas heißer zu geben als das folgende. Die ursprüngliche oder Vorderwürze wird gewöhnlich mit den durch das Anschwänzen gewonnenen oder Nachwürzen vereinigt. Doch wird auch mehrfach aus der Vorderwürze ein stärkeres, aus der Nachwürze dann ein leichteres Bier erzeugt. Solche Biere führen verschiedene Namen, wie Dünnbier, Coventbier, petite bière u. s. w. In München nennt man sie „Scheps" u. dergl. Sind die Treber so weit ausgelaugt, als es für die Würzegewinnung dienlich ist, so gibt meist noch ein Nachguß mit kaltem oder warmem Wasser das sogenannte Glattwasser, das als Viehfutter oder zur Spiritusfabrikation Verwendung findet. Die Treber werden nach beendeter Auslaugung möglichst bald aus dem Bottich entfernt. Sie finden meistens frisch als Viehfutter Verwendung, doch werden sie auch, wenn die Umstände es fordern, aufbewahrt, indem sie in gemauerte Gruben gestampft werden, oder besser in getrocknetem Zustand. Die folgende Tabelle gibt die Zusammensetzung von Trebern aus dunkelm (bayerischen) und hellem (Pilsener) Malz gleichzeitig mit der Zusammensetzung des Malzes nach Behrend [6].

Zusammensetzung:	Wasser	Roh-protein	Roh-fett	Stickstofffreie Extraktstoffe	Roh-faser	Asche	Phosphor-säure	Kali
des dunkeln Malzes	5,3	9,71	1,96	75,47	5,23	2,33	0,915	0,459
der Treber daraus .	80,37	4,56	0,99	9,69	3,93	0,97	0,336	0,028
des hellen Malzes .	6,02	9,38	1,95	75,08	5,25	2,32	0,914	0,467
der Treber daraus .	79,7	4,81	1,06	9,36	4,00	1,07	0,357	0,023
				In der Trockensubstanz:				
des dunkeln Malzes	—	10,25	2,07	79,69	5,52	2,46	0,97	0,48
der Treber daraus .	—	23,24	5,06	49,2	17,51	4,92	1,71	0,14
des hellen Malzes .	—	9,98	2,08	79,87	5,59	2,47	0,97	0,50
der Treber daraus .	—	23,7	5,18	46,11	19,72	5,29	1,76	0,11

Von den vielen Apparaten zum Trebertrocknen erwähnen wir den nach Patent Hencke von der Aktien-Maschinenbauanstalt in Darmstadt, vorm. Venuleth & Ellenberger, gebauten.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

In manchen Brauereien beginnt man das Abläutern ſtatt im Läuterbottich in Maiſchfiltern vorzunehmen, die nach Art der Filterpreſſen (ſ. d.) konſtruiert ſind. Nach Beendigung des Maiſchprozeſſes pumpt man die Maiſche in die Maiſchefilter, die am beſten in gleicher Höhe mit dem Maiſchbottich ſtehen, ſo daß die Würzen und Nachgüſſe direkt in die Pfanne laufen können. Nach Schifferer [14] zeigen ſich bei dieſem Verfahren: a) Nachteile: 1. Erhöhung der Unkoſten durch Verſchleiß der Filtertücher; 2. Aufſtellung einer beſonderen Waſchmaſchine für die Filtertücher und Verbrauch von Kraft für dieſe Maſchine; 3. der Bedarf an Betriebskraft der Schroterei ſtellt ſich höher, da die Anwendung ſehr feinen Schrotes nicht nur möglich, ſondern geradezu erforderlich iſt; 4. die Treber haben, wenigſtens bis ſich die Käufer an das andre Ausſehen gewöhnt haben, einen geringeren Verkaufswert; b) Vorteile: 1. mit demſelben Sudwerk laſſen ſich doppelt ſo viel Sude als bei Anwendung des Läuterbottichs ausführen; hierdurch wird in vielen Fällen der Wegfall der Nachtarbeit ermöglicht; 2. der Kraftbedarf für die Aufhackmaſchine kommt in Wegfall; 3. die Würzen läutern blanker, die Trubmengen werden um ein Drittel reduziert, die Gärungen werden reiner und ſchöner; 4. die Ausbeuten werden erhöht. Die Einführung der Maiſchefilter empfiehlt ſich daher ganz beſonders da, wo eine Vergrößerung durch Mangel an Ausdehnungsfähigkeit ausgeſchloſſen iſt.

4. Das **Hopfenkochen.** Die vom Läuterbottich kommenden Würzen fließen entweder direkt in die Hopfenpfanne oder, wenn dieſe nicht tief genug liegt, erſt in ein Sammelgefäß, den Grand, von dem aus ſie in die Pfanne gepumpt werden. Sowie der Boden der Pfanne bedeckt iſt, wird unter derſelben ein Feuer unterhalten; wenn die geſamten Nachgüſſe in der Pfanne beiſammen ſind, wird gekocht. Schon durch das Kochen gehen verſchiedene Veränderungen in der Würze vor. Bevor die Würze anfängt zu kochen, iſt die Diaſtaſe bereits unwirkſam gemacht. Die koagulierbaren Eiweißſtoffe werden durch das Kochen ausgeſchieden. Nach beendetem Kochen müſſen ſich die Eiweißſtoffe in dichten Flocken raſch zu Boden ſetzen, ſo daß die Würze in einem Schaugläschen ſchnell klar und glänzend erſcheint, wie man es nennt, einen ſchönen „Bruch“ zeigt. Ferner wird durch das Kochen die Konzentration der Würze weſentlich erhöht. Die gewünſchte Konzentration bedingt hauptſächlich die Dauer des Kochens. Doch ſind hierbei auch noch andre Punkte zu berückſichtigen. So wird die Farbe, die Haltbarkeit und der Geſchmack durch die Kochdauer beeinflußt. Je länger das Bier kocht, deſto dunkler wird es; lichte Biere dürfen daher nicht ſo lange kochen wie dunkle. Je länger die Würze kocht, deſto haltbarer wird das Bier. Die Würzen der Schank- oder Winterbiere, die ſchon nach 3—4 Wochen zum Ausſchank kommen, werden gewöhnlich nur 1—1½ Stunden gekocht, die Würzen der Lagerbiere dagegen oft 2—3 Stunden. Hierbei entſpricht die erſtrebte größere Haltbarkeit allerdings zugleich der höheren Konzentration dieſer Biere. Durch längeres Kochen geht der reine Malzgeſchmack zum Teil verloren. Die nach dem Infuſionsverfahren hergeſtellten, meiſt ziemlich verdünnten Würzen müſſen länger kochen als die Dekoktionswürzen. Da bei ihnen nicht wie bei letzteren ſchon beim Maiſchen ein Teil der Eiweißſtoffe ausgeſchieden iſt, iſt dieſe Ausſcheidung hier viel bedeutender. Es bildet ſich daher auf der Würze ein Schaum, der abgeſchöpft werden muß. Das Kochen dauert hier meiſtens 5—6 Stunden. Eine Wirkung des Kochens iſt ſchließlich auch, daß die Würze ſterilisiert wird. Hierdurch darf man ſich jedoch nicht verleiten laſſen, auf die Auswahl der Rohmaterialien und auf die peinlichſte Sauberkeit bei den vorhergehenden Operationen weniger Sorgfalt zu verwenden.

Die Zugabe des Hopfens erfolgt ſelten auf einmal, dann gewöhnlich noch vor Beginn des Kochens; häufiger ſetzt man anfangs nur die Hälfte zu, die andre Hälfte erſt, wenn die Würze anfängt zu brechen. Auch in drei Teilen wird der Hopfen zugeſetzt; in dieſem Falle kommt der letzte Teil kurz vor Beendigung des Kochens in die Würze. Die Menge des zu verwendenden Hopfens richtet ſich vor allem nach dem zu erzielenden Geſchmack, wobei man die Ausgiebigkeit des Hopfens gehörig berückſichtigen muß. Würzen aus ſchwach gedarrtem Malz ſollen ſtärker gehopft werden als ſolche aus hoch gedarrtem Malz. Biere, die länger lagern ſollen, können mehr Hopfen vertragen als ſolche, die nur kurze Zeit lagern. Mit dem Alter des Bieres verliert der Hopfengeſchmack an Schärfe, er rundet ſich ab. Aus dem Angeführten geht hervor, daß man beſtimmte Vorſchriften über die Hopfengabe nicht machen kann; die folgenden Angaben ſollen daher nur Anhaltspunkte bieten. Thauſing [2] gibt für Wiener Biere pro 1 hl Würze im Gärbottich die Hopfengabe bei einer Saccharometeranzeige von

10,5 %	(gewöhnliches Abzugbier)	zu	0,18—0,22—0,25 kg,
13,5 „	(„ Lagerbier)	„	0,33—0,36—0,38 „
14,5 „	(Exportbier)	„	0,36—0,38—0,40 „
15,5 „	(Bockbier)	„	0,40—0,50—0,60 „

an. Für böhmiſche Biere gibt er an für

10,5 %	0,30—0,35—0,45 kg,
11,5 „	0,35—0,40—0,43 „
12,5 „	0,40—0,42—0,45 „
15,5 „	0,45—0,48—0,60 „

Bei bayriſchen Bieren rechnet man auf den Zentner Malz bei einer Saccharometeranzeige von

11 %	(Schankbier)	0,38—0,50 kg,
13 „	(Lagerbier)	0,62—0,75 „
14 „	(Doppelbier)	1,00 „
16 „	(Bockbier)	0,62 „
18 „	(Salvator)	0,62—0,75 „

Iſt beim Hopfenkochen die Würze nicht ſchön gebrochen, ſo ſetzt man als Klärmittel gerbſtoffhaltige Materialien zu, die eine Eiweißausſcheidung und damit eine Klärung bewirken. Am beſten nimmt man direkt Tannin, etwa 10—20 g auf den Hektoliter Würze. Nach beendetem

Hopfenkochen wird die Würze ausgeschlagen, d. h. sie wird auf die Kühle befördert, indem man sie durch den sogenannten Hopfenseiher fließen läßt. In diesem werden der Hopfen und die ausgeschiedenen Stoffe zurückgehalten; der Hopfen dient gleichzeitig als Filtriermaterial. Nach dem Ablaufen der Würze wird der Hopfen mit heißem Wasser ausgewaschen und ausgepreßt, um die noch darin zurückgehaltene Würze zu gewinnen. Der ausgekochte Hopfen wird meist zur Kompostbereitung, doch auch als Futtermittel verwendet.

5. Das **Kühlen.** Das Kühlen hat hauptsächlich den Zweck, der heißen Würze die für die Gärung erwünschte Temperatur zu erteilen, nämlich für Obergärung 12—20°, für Untergärung 5—6°. Es geschah dies früher ausschließlich auf flachen, eisernen oder kupfernen Gefäßen, den Kühlschiffen, auf denen die Würze mit Krücken gerührt oder mit über der Würze rotierenden Windflügeln bearbeitet wurde. Da durch die innige Berührung mit der Luft, namentlich wenn die Würze schon etwas kühler geworden ist, leicht Infektion derselben mit schädlichen Mikroorganismen eintritt, so muß das Kühlen, um diese Gefahr möglichst zu vermindern, so schnell als tunlich ausgeführt werden. Deshalb wird das Kühlen mit besonders konstruierten Kühlapparaten (s. unten) beendet. Zum Teil hat man die Kühlschiffe ganz abgeschafft. Beim Kühlen ist in erster Linie zu beachten, daß die Würze genügend Sauerstoff aus der Luft aufnehmen kann, da dies für den Verlauf der Gärung (s. Hefe) von Bedeutung ist. Auf dem Kühlschiff ist zur Sauerstoffaufnahme reichlich Gelegenheit. Arbeitet man ohne Kühlschiff, so wird besonders Luft, und zwar keimfrei hergestellte, zugeführt. — Auf dem Kühlschiff setzen sich die noch in der Würze suspendierten Teilchen, Hopfen- und Eiweißpartikelchen, mit den beim Abkühlen sich noch ausscheidenden Eiweißstoffen ab und bilden das Kühlgeläger oder den Trub. Das Kühlgeläger soll sich schnell und dicht (fest) absetzen; die Würze hat dann ein schwarzes Aussehen und läuft ab, ohne etwas vom Trub mitzunehmen. Sieht die Würze rot oder, wie man es nennt, „fuchsig" aus und ist sie trübe und lehmig, so ist schlecht gearbeitet worden. Das Kühlgeläger, das eine bräunlich-schmierige Masse bildet, wird in große Filtrierbeutel, Trubsäcke genannt, gebracht; das in den Trubsäcken zurückbleibende Kühlgeläger enthält nach Lermer 14% Trockensubstanz mit folgender Zusammensetzung:

Zucker . . .	16,37	38,25 in Wasser löslich,	Harz u. s. w.	16,62	61,82 in Wasser unlöslich.
Dextrin . . .	20,73		Proteinstoffe	34,60	
Sonstige Stoffe	1,15		Cellulose .	6,30	
			Asche . .	4,30	

Das Trubgeläger wird entweder als Futtermittel oder als Material für Spiritusfabrikation verwertet. — Auf den Wänden der Kühlschiffe setzt sich allmählich ein fester grauer oder brauner Ueberzug ab, der ungemein fest haftet und als Bierstein bezeichnet wird. Er besteht nach Lermer aus 7% Wasser, 29,2% Asche, die hauptsächlich Kalk enthält, und 63,8% organischen Stoffen mit nur geringem Proteingehalt. Bei eisernen Kühlschiffen ist die Bildung des Biersteines erwünscht, da er die Berührung der Würze mit dem Eisen, die leicht Dunkelfärbung veranlaßt, verhindert und das Reinigen des Kühlschiffes sehr erleichtert. Die Bildung des Biersteines in den Würzeleitungen ist dagegen oft störend, da dieselben mit der Zeit zu stark zugesetzt werden. Hier ist daher von Zeit zu Zeit eine Entfernung des Biersteines erforderlich. Zu beachten ist noch, daß durch das Kühlen die Konzentration der Würze erhöht wird, und zwar je nach der Stärke der Würze von 0,5 bis 1,5%. Von Untersuchungen der Würze findet in der Praxis fast ausschließlich eine Bestimmung der Konzentration durch Aräometer statt, und zwar ist am meisten das Ballingsche Saccharometer verbreitet, das die Gewichtsteile Rohzucker in 100 Teilen einer Lösung bei 17,5° angibt. Die Angaben stimmen mit dem Extraktgehalt der Bierwürzen für die Praxis hinlänglich überein. Die für Beobachtungen bei andern Temperaturen nötige Korrektur ist meist auf den Instrumenten angegeben. Ueber die Bestimmung der einzelnen Bestandteile der Würze s. Näheres unten und Malz.

Technische Einrichtungen.

Der Raum, in dem die für Herstellung der Würze erforderlichen Operationen bis auf das Kühlen vorgenommen werden, heißt das Sudhaus. Die in demselben nötigen Apparate, deren Funktionen im vorhergehenden erläutert sind, sind folgende:

Der Vormaischapparat oder Vormaischer kann mit oder ohne Rührwerk eingerichtet werden. Bei einem Apparat ersterer Art spritzt aus einer Brause dem herabfallenden Schrot kaltes oder warmes Wasser entgegen; das Gemisch wird durch das in dem Gehäuse sich bewegende Rührwerk bearbeitet und ausgeworfen. Ein Apparat ohne Rührwerk von Pröbdorf & Koch Nachf. in Leipzig besteht aus einem kupfernen Gefäße, das oben einen durch Schieber abschließbaren Trichter zum Anschluß an die Malzgasse trägt, und dessen unterer, halbkugelförmiger Teil doppelwandig ist. Im Innern des Apparats sitzt eine kegelförmige Brause, die mit der Doppelwand des Unterteils und der Wasserleitung verbunden ist. Das Malzschrot fällt über den im Apparat sitzenden Kegel gleichmäßig herab und wird einerseits von den feinen Wasserstrahlen der Brause, anderseits von denen der durchlochten Doppelwand getroffen. Wir verweisen wegen weiterer Apparate auf die Kataloge der Fabriken für Brauereieinrichtungen.

Der Maischbottich stellt ein geräumiges zylindrisches, mehr weites als hohes Gefäß vor, das einen ganzen Sud aufzunehmen vermag und mit einer Rührvorrichtung versehen ist. Während man Maischbottiche früher meist aus Holz herstellte, ist man jetzt mehr und mehr zum Eisen übergegangen, das, abgesehen von größerer Dauerhaftigkeit, hauptsächlich deshalb vorgezogen zu werden verdient, weil es leichter rein zu halten ist. Der Nachteil der leichteren Abkühlung läßt sich dadurch vermeiden, daß man den Bottich mit einem schlechten Wärmeleiter, z. B. mit einem Holzmantel umgibt. In bezug auf das Rührwerk und sonstige Einzelheiten

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

weichen die Konſtruktionen der einzelnen Fabrikanten ungemein voneinander ab. Zu beachten iſt namentlich beim Dickmaiſchverfahren, daß die Maſchine ſtark und kräftig gebaut und nicht zu kompliziert iſt. Fig. 2 zeigt die Konſtruktion der Maiſchmaſchine von A. Neubecker in Offenbach a. M. Sie wird durch ein koniſches Triebrad in Bewegung geſetzt, das vermittelſt einer Friktionskupplung mitgenommen werden kann oder leer läuft. Das Aus- und Einrücken geſchieht von dem den Bottich umgebenden Perron aus. Auf der Maiſchmaſchinenwelle ſind die Arme befeſtigt, welche die horizontale und vertikale Meſſerwelle tragen. Dieſelben werden durch eine von der ſtehenden Hauptwelle ausgehende Räderüberſetzung in Bewegung geſetzt, und zwar durch ein großes Stirnrad, mit deſſen äußerer Verzahnung die vertikale, mit deſſen innerer die horizontale Meſſerwelle in Verbindung ſteht. Das Stirnrad iſt nicht feſt mit der Welle verbunden, ſondern wird durch eine Bandbremſe gehalten, die vom Bottichrand aus gelöſt und geſchloſſen werden kann. Schließt man die Bremſe, ſo werden die Meſſerwellen in rotierende Bewegung geſetzt; löſt man die Bremſe, ſo wird das Stirnrad durch die Ueberſetzungsräder mitgenommen und die Maiſchmaſchine rotiert, ohne daß die Meſſerwellen ſich drehen. Hierdurch iſt man imſtande, kräftig oder langſam zu maiſchen. Am Boden iſt das Abmaiſchventil angebracht, das gleichfalls vom Perron aus bewegt wird.

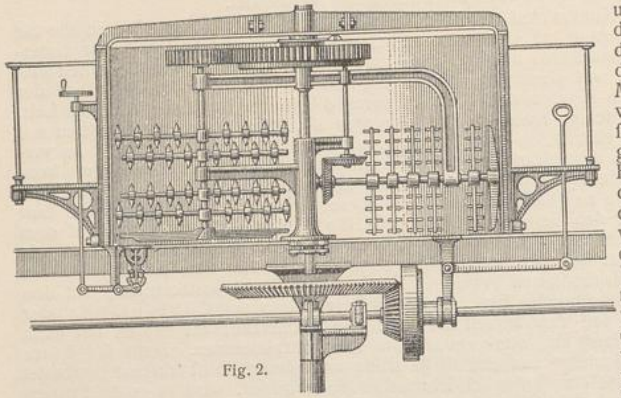


Fig. 2.

Der Maiſchkeſſel oder die Maiſchpfanne wird jetzt, im Gegenſatz zu früher, meiſt völlig verſchließbar, von runder Form, mehr tief als weit hergeſtellt. Als Material dient entweder Kupfer oder Eiſen; erſteres iſt haltbarer, letzteres billiger. Vielfach werden auch der Boden aus Kupfer, die übrigen Teile aus Eiſen genommen. Der Dampf wird entweder durch einen Schlot ins Freie geleitet oder zum Vorwärmen von Waſſer benutzt. Um das Anbrennen zu vermeiden, iſt meiſt ein Rührwerk vorhanden, das eine Kette den Boden entlang ſchleift. Vorteilhaft iſt es, oben an der Innenſeite einen ſogenannten Spritzkranz anzubringen, d. h. ein Rohr mit feinen Oeffnungen, durch die man die Wände des Keſſels nach dem Entleeren mit kaltem Waſſer anſpritzen kann. Das Heizen des Maiſchkeſſels geſchieht entweder durch eine direkte Feuerungsanlage oder durch Dampf. Die Verwendung von Dampf bringt mancherlei Vorteile mit ſich. Abgeſehen von Erſparnis an Brennmaterial und koſtſpieligen Reparaturen geſtattet die Anwendung von Dampfheizung namentlich bequeme Regulierung, verlangt keinen geſchulten Heizer und ſchließt das Anbrennen der Maiſche aus. Wenn dennoch Dampfkochkeſſel noch verhältnismäßig wenig eingeführt ſind, ſo iſt dies der verbreiteten, aber wohl irrigen Annahme [7] zuzuſchreiben, daß ſie kein ſo vollmundiges und haltbares Bier geben wie das Kochen mit direktem Feuer. In kleinen Brauereien dienen die Maiſchkeſſel gleichzeitig zum Hopfenkochen. Eine Maiſchkeſſelanlage für direkte Feuerung, wie ſie von Neubecker in Offenbach a. M. gebaut wird, zeigen im Vertikal- und Horizontalſchnitt die Fig. 3 und 3a, in dem *A* Sudhaus, *B* Schürraum, *C* Sudhausmauer, *D* Maiſchpfanne mit *G* Rührwerk und über Dach gehendem Dunſtrohr *I*, *a* Roſt, *b* Feuertür und *c* Aſchenfall bedeuten. Die Pfanne ruht auf gemauerten Pfeilern *d*, hinter denen ſich Oeffnungen *e* befinden, deren Geſamtquerſchnitt der freien Roſtfläche entſpricht. Durch dieſe Oeffnungen fallen die Feuergaſe in den Sammelkanal *f*, gelangen durch die Drehklappe *r* in den ringförmigen Kanal *g*, der den zylindriſchen Vorwärmer *K* umgibt, und münden in den Schornſtein *L*. Der Vorwärmer aus Eiſenblech wird aus einem höherſtehenden Reſervoir mit kaltem Waſſer gefüllt, das bei *m* eintritt; das Waſſer kann auch durch Dampf, der bei *n* eintritt,

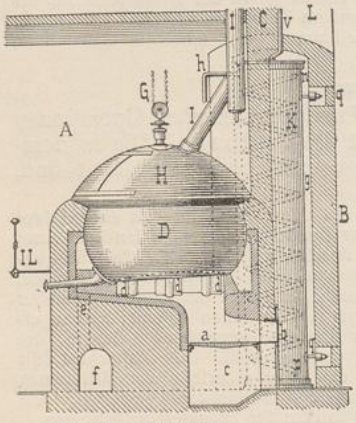


Fig. 3.

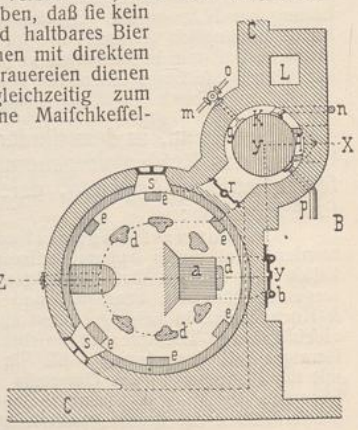


Fig. 3a.

mittels einer Kupferſchlange *p* erhitzt werden. *v* iſt ein Steigrohr, das als Sicherheitsventil gegen Dampfbildung dient, *o* dient zum Entleeren des Vorwärmers, *q* ſind Mannlöcher und *s* Putzöffnungen (Fig. 3). — Die Güte eines Maiſchkeſſels mit direkter Feuerung hängt weſentlich von der Art der Einmauerung und der Feuerungsanlage ab. Dieſe muß ſich auf das engſte dem zur Verfügung ſtehenden Brennmaterial anpaſſen und leicht zu regulieren ſein.

Eine Anlage zum Kochen mit Dampf nach F. W. Peſt in Berlin zeigt Fig. 4. Die untere Schale iſt doppelwandig und bildet den Dampfraum. Im mittleren Teil iſt ein Würzeſtandanzeiger, im oberen, der Haube, ein Thermometer und ein Spritzkranz für kaltes und warmes Waſſer

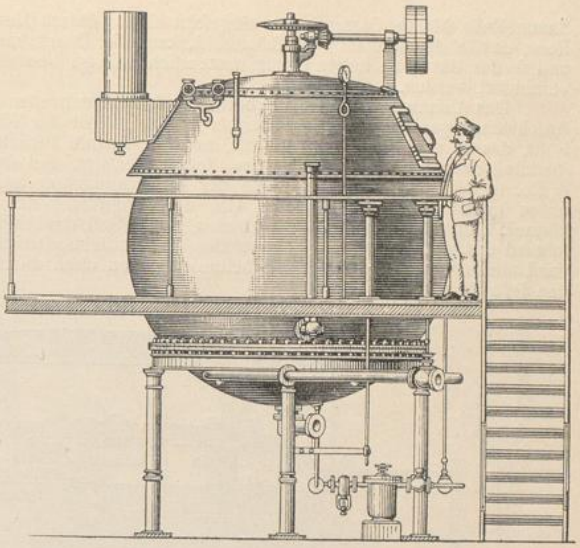


Fig. 4.

Der Läuterbottich iſt, um eine möglichſt große Filterfläche zu erzielen, meiſtens etwas flacher als der Maiſchbottich. Er hat einen doppelten Boden. Der obere, der Läuterboden, auch Seih- oder Senkboden genannt, iſt auf der ganzen Fläche durchlocht, um die Würze möglichſt vollſtändig und ſchnell zu ziehen. Fig. 5 zeigt die Art, wie die einzelnen Bleche, die aus Kupfer oder Eiſen angefertigt werden und von denen eines einen Griff zum Herausnehmen hat, zuſammengelegt werden. Kleine Füßchen an der Unterſeite verhindern das Durchbiegen. Die Art der üblichen Durchlochungen zeigen Fig. 6 und 7 in Zweidrittel der natürlichen Größe. Die koniſche Erweiterung nach unten ſoll Verſtopfungen verhindern. Die einzelnen Stücke müſſen an den Fugen gut zuſammenpaſſen und mit Schienchen untereinander greifen. In den unteren Boden des Läuterbottichs münden eine Anzahl Rohre, welche die Würze durch die Läuterhahnen entweder in eine offene Sammelrinne oder in ein geſchloſſenes Sammelrohr führen. Erſtere Anordnung, wie ſie von A. Rack & Co. in Wien konſtruiert wird, zeigt Fig. 9. Solange die Würze trübe läuft, wird ſie durch die an der rechten Seite angebrachte Pumpe in den Bottich zurückgebracht; läuft die Würze klar, wird ſie durch den links angebrachten Ablaufhahn zur Pfanne geleitet. Bei den Läuterbatterien mit geſchloſſenem Sammelrohr mußte an jedem Rohr noch ein beſonderer Hahn angebracht werden, um an herausgenommenen Proben feſtſtellen zu können, ob die Würze klar läuft. Dies iſt bei der Konſtruktion von A. Rack & Co. (Fig. 9) vermieden, indem zwiſchen Läuterhahn und

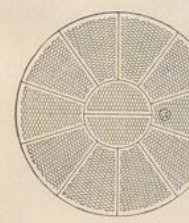


Fig. 5.

Fig. 6.

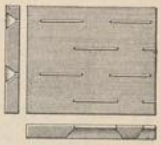


Fig. 7.

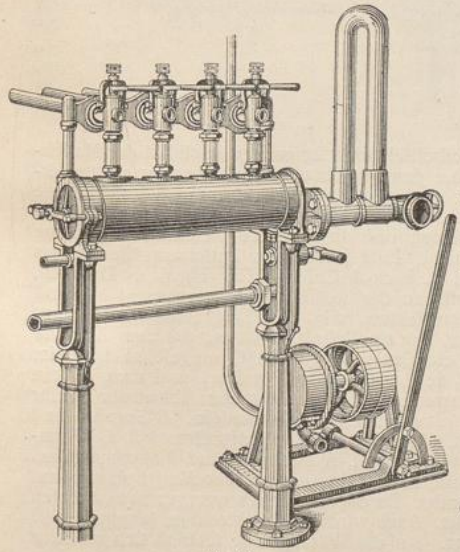


Fig. 9.

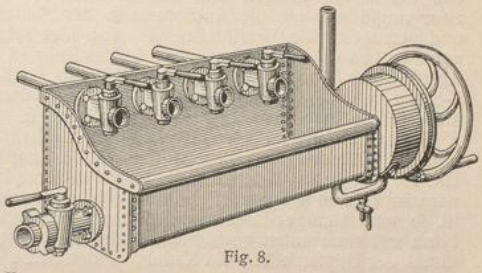


Fig. 8.

Sammelrohr kleine Glaszylinder eingefetzt find. Durch das U-förmig gebogene, umlegbare Rohr, das in den Auslauf eingefchaltet ift, kann der Druck, mit dem die Würze abläuft, reguliert und fo das durch zu hohen Druck namentlich anfangs bewirkte Mitreißen kleiner Treberteilchen verhindert werden.

Das Anfchwänzen im Läuterbottich gefchieht entweder von oben oder von unten. Bei den Anfchwänzapparaten, die von obenher wirken, fließt das Waffer meift aus einem horizontalen Rohr, das in der Mitte unterftützt ift, zu einer Anzahl feitlicher Oeffnungen aus, fo daß durch Rückftoß nach Art der Turbinen eine Rotation erfolgt. Bei dem Anfchwänzapparat von A. Rack & Co. in Wien, der um die Welle der Aufhackmafchine angeordnet ift, tritt das Waffer von unten in das Apparatengehäufe. Um die Temperatur des Anfchwänzwaffers gut regeln zu können, empfiehlt fich ein Mifchhahn (f. d.). Soll das Anfchwänzen von untenher gefchehen, fo wird das Waffer zwifchen Läuterboden und Bottichboden eingeführt, häufig durch die Röhren der Läuterbatterie oder durch ein befonderes, von oben durch den Läuterboden geführtes Rohr, den Pfaffen.

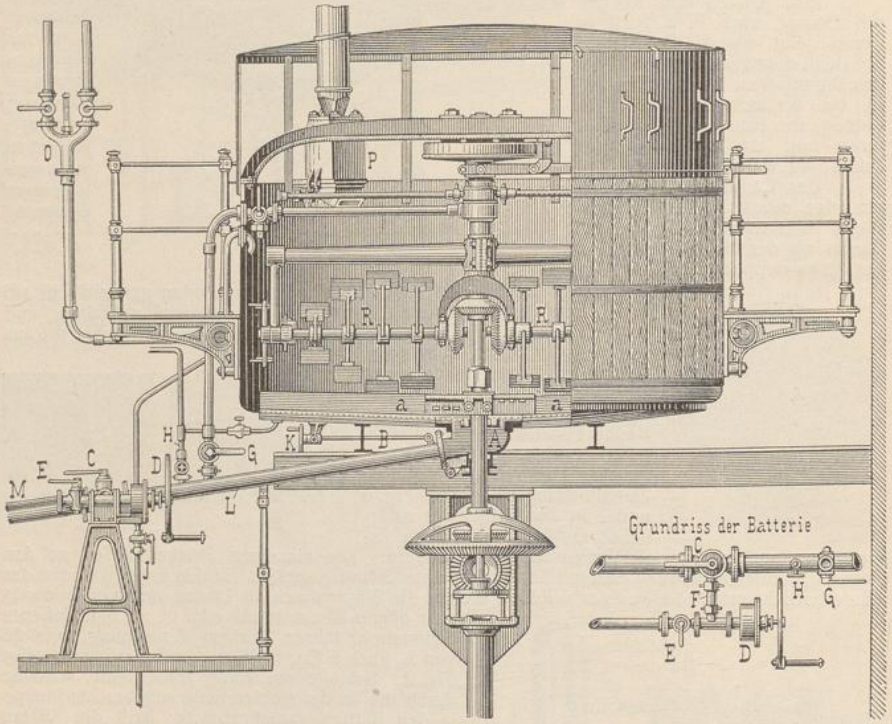


Fig. 10.

Die Treberaufhackmafchine im Läuterbottich wirkt im ganzen nach Art der Maifchmafchine. In kleinen Brauereien richtet man daher den Maifchbottich gleichzeitig als Läuterbottich ein. Zwifchen den beiden Böden fetzt fich in diefem Falle ftets etwas unaufgefchloffene Stärke und andre Malzteilchen, der fogenannte Unterteig, ab, den man durch möglichfte Verringerung des Zwifchenraumes tunlichft zu vermeiden und durch ftarke Oeffnung der Hähne beim Ablaffen fo viel wie möglich zu entfernen fucht. Eine fehr leichte Entfernung des Teiges geftattet der Maifch- und Läuterbottich der Firma A. Rack & Co. in Wien (Fig. 10). Dadurch, daß der Boden konifch und das Maifchablaßventil an der tiefften Stelle angebracht ift, und zwar ringförmig um die Antriebswelle der Maifchmafchine, wird der Teig felbfttätig entfernt und gelangt in die Ventilmulde *A*. Von hier führt nur ein Rohr *L* abwärts, das zum Ablaffen von Maifche in die Pfanne dient. In das Rohr ift ein Drainierungshahn *C* eingefchaltet. Beim Ablaffen der Würze ftellt man den Hahn fo, daß fie das Glasrohr *F* paffiert und dann in ein T-Stück gelangt, an das einerfeits die Treibwürzepumpe *D*, anderfeits das Ablaufrohr *M* für klare Würze anfchließt mit dem Läuterhahn *E*. *a* bedeutet Maifchefchaufeln, *B* Spindel und *K* Handrad für das Maifchventil, *G* Heißwafferhahn, *H* Dampfventil, *J* Glattwafferablaß, *O* Warm- und Kaltwaffermifchvorrichtung (f. oben), *P* Vormaifchapparat, *R* Aufhack- und Maifchmafchine. Die Hopfen- oder Würzpfanne gleicht in ihrer Einrichtung im ganzen der Maifchpfanne und wird in kleinen Brauereien auch als folche verwendet. Da ein Anbrennen weniger zu befürchten ift, fo wird häufiger Eifen zur Herftellung verwendet. Auch wird eine rechteckige, langgeftreckte Form mit nach unten gewölbtem Boden bevorzugt. An die Würzepfanne fchließt fich meiftens direkt der Hopfenfeiher, ein Kaften, in den Siebe aus Draht oder durchlochten Platten eingefetzt

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

werden, die sich zur Reinigung leicht entfernen lassen. Ueber die Pumpen, die zum Befördern der Maische und Würze erforderlich sind, s. Pumpen. Die Art der Anordnung der Apparate ist entweder so, daß die Bottiche hoch, die Pfannen tief stehen oder umgekehrt. Die Größenverhältnisse des Sudwerkes gibt Thaufing [2] pro 1 hl und pro Gebräu an:

	für 10—11gradige Würze	für 13—15gradige Würze
Maischbottichraum	1,20 hl	1,44 hl
Maischkesselraum	0,55 „	0,66 „
Läuterbottichraum	1,40 „	1,68 „
Würzekesselraum	1,30 „	1,30 „

Bei den Angaben für den Würzekessel ist angenommen, daß er die gesamte Vorder- und Nachwürze aufnehmen kann. Wird die Würze schon gekocht, während der Nachguß zufließt, so kann die Pfanne kleiner sein. Ueber Filterpressen s. d. Ganz besondere Sorgfalt ist auf die Reinigung der Filtertücher zu verwenden. Es ist unmöglich, mit Handarbeit zum Ziele zu gelangen; Waschmaschinen leisten jedoch gute Dienste. — Während die bisher angeführten Apparate, die zur Herstellung von Würze verwendet werden, sich im Sudhaus befinden, wird das Kühlen in einem besonderen Raume, dem Kühlhaus, vorgenommen. Das Kühlhaus liegt gewöhnlich über dem Gärkeller; es muß besonders frei, luftig, aber dabei staubfrei sein und sauber gehalten werden. Die Kühlschiffe (s. oben) werden meist aus Eisenblech von 3—4 mm Dicke, seltener aus dünnerem Kupfer- oder Stahlblech hergestellt. Hölzerne Kühlschiffe sind ganz zu verwerfen, da eine Infektion der Würze bei ihnen kaum zu vermeiden ist. Die Kühlschiffe müssen ganz glatt, die Ecken kugelartig gestaltet sein. Am Auslauf bringt man meist eine schüsselartige Vertiefung an, in der sich ein Ventil zum Ablassen der Würze und eins für das Schmutzwasser befindet. Ersteres ist durch Schraube verstellbar und zum Abhalten des Kühlgelägers mit einem Ring von feingelochtem Kupferblech umgeben. Um ein Mitreißen des Kühlgelägers gänzlich zu vermeiden, hat man auch Ventile mit Ueberlauf konstruiert. Bei einer Höhe der Würze von 5 cm rechnet man für den Hektoliter etwa 2 qm Größe der Kühlschiffsfläche. Zur Gewinnung der im sogenannten Trub noch enthaltenen Würze wird der erstere durch Tropfsäcke, die mittels Klemmringen an den Ablaufhähnen befestigt werden, filtriert. Die Kühlapparate, die zur Anwendung gelangen, wenn die Kühlung mittels Wasser oder Eis schneller zu Ende geführt werden soll (s. oben), lassen sich in zwei Gruppen einteilen, in geschlossene und in offene. Fig. 11 und 11a

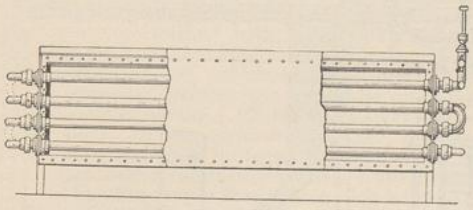


Fig. 11.

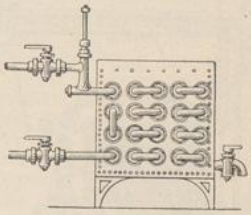


Fig. 11a.

führen eine der einfachsten Konstruktionen der ersten Art vor, einen Kühler von der Maschinenfabrik Germania in Chemnitz, bestehend aus einem eisernen Kasten, in dessen Innerm der Länge nach Röhren von ovalem Querschnitt liegen. Sie sind durch Verschraubungen in den Stirnwänden des Kastens befestigt und durch Knierstücke in der Weise verbunden, daß sie eine einzige Schlange bilden, durch welche die Würze fließt. Der Kasten wird mit Wasser und Eis gefüllt, das von Zeit zu Zeit durchgerührt wird. Andre Apparate dieser Art sind nach dem Prinzip der Gegenstromkühler konstruiert. — Die geschlossenen Kühlapparate werden immer mehr durch offene, sogenannte Berieselungskühler verdrängt, die den Vorteil einer besseren Durchlüftung und damit verbundenen Sauerstoffaufnahme vor jenen haben. Außer diesem Vorteil, der sich in dem Verlauf der Gärung günstig bemerkbar macht, haben diese Kühler einen geringen Wasser- und Eisverbrauch und sind sehr leicht zu reinigen. Sie bestehen entweder aus zwei gewellten Blechen aus Kupfer, zwischen denen sich Kühlwasser bewegt, während auf den äußeren Flächen die Würze herabfließt, oder aus horizontalen Fassonröhren, in denen das Wasser nach Art der Gegenstromkühler von unten nach oben strömt. Die Würze fließt zunächst oben in eine Rinne und wird von hier aus durch eine Anzahl feiner Oeffnungen gleichmäßig auf die Außenflächen verteilt. Durch die oberen Röhren fließt Brunnenwasser, durch die unteren Eiswasser. Diese Art Kühler werden auch vielfach in runder Form ausgeführt. Als Hilfsapparate für diese sowie für Gegenstromkühler werden Eiswasserkasten zur Bereitung von Eiswasser gebraucht. Eine Anlage zum Kühlen der Würze unter Vermeidung von Kühlschiffen und jeder Berührung mit andrer als keimfreier Luft zeigt Fig. 12 nach dem Patent Hoffmann-Ebert, wie sie in der Maschinenfabrik Germania in Chemnitz ausgeführt wird. Die fertig gekochte Würze wird mit dem Hopfen durch *a* in das luftdicht verschließbare Sterilisiergefäß *b* geleitet; sterilisierte Luft wird durch *c* eingeblasen, die Ausdünstung durch die Schlote *d* und *s* reguliert. Durch die auf dem Seiherboden *e* und *f* abgesetzte Hopfenschicht wird die Würze heiß filtriert und durch die Abläuterungsvorrichtung *g* über den luftdicht ummantelten Kühlapparat *h* gelassen. Auf dem Kühlapparat strömt ihr aus *k k* keimfreie Luft entgegen, und so kommt sie gut durchlüftet und doch keimfrei durch *l* in die Gärbottiche. *m, n, o, t, u, v* und *i* dienen zur Herstellung und Zuführung keimfreier Luft. Das Sterilisiergefäß und der Kühler mit der Ummantelung werden vor dem Gebrauch durch Einlassen von Dampf von 120° sterilisiert.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

III. Die Gärung.

Die Verwandlung der Würze in Bier geſchieht durch den Prozeß der Gärung. Die Gärung wird verurſacht durch Enzyme, hauptſächlich Zymaſe, die in Pilzen, beſonders Saccharomyces-arten, der Hefe, vorkommen. Die Hefe wird techniſch der „Zeug“ oder „Satz“ genannt. Ueber die Theorie der Gärung ſ. Hefe. In der Praxis unterſcheidet man drei Arten der Gärung: 1. die Untergärung, 2. die Obergärung, 3. die freiwillige Gärung.

1. Die Untergärung iſt die in Deutſchland bei weitem verbreitetſte Art. Für den normalen Verlauf derſelben iſt einer der wichtigſten Faktoren die Anwendung einer geeigneten Hefe. Nachdem Hanſen feſtſtellte, daß auf ein ſtets gleichmäßiges Produkt nur zu rechnen iſt, wenn man ſtets mit derſelben Hefe arbeitet, und daß man dieſes Reſultat nur durch Rein-

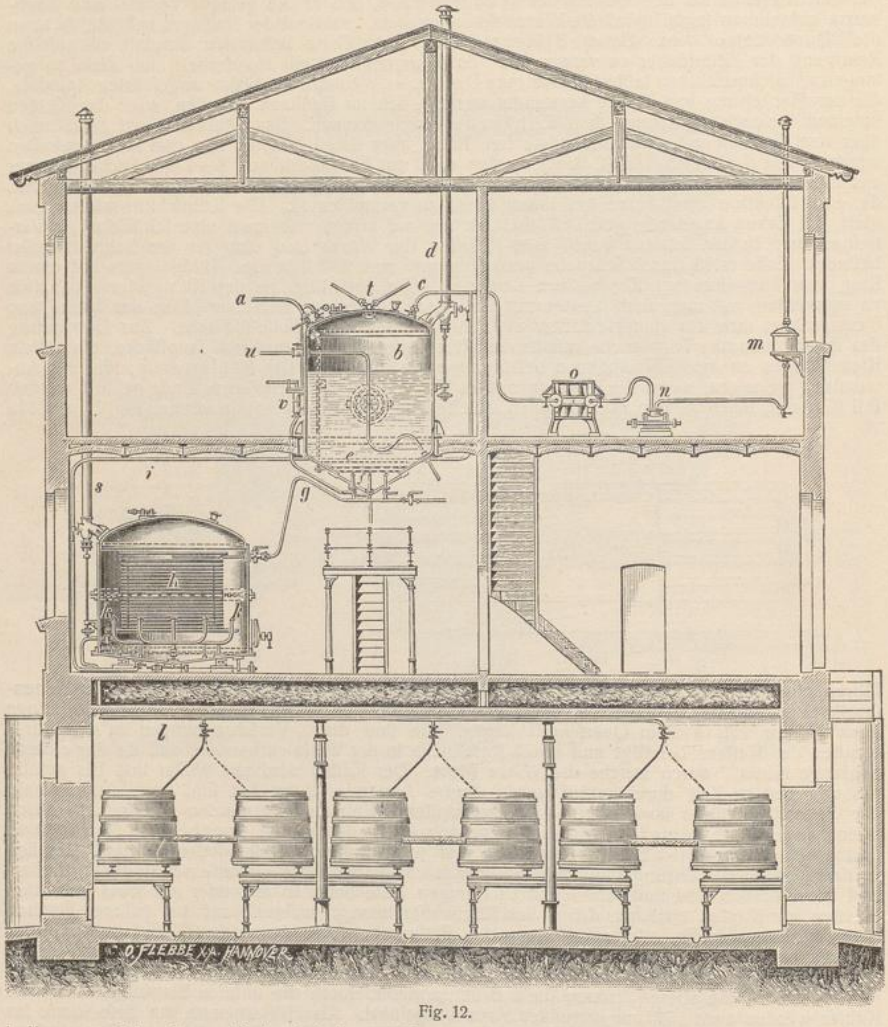


Fig. 12.

kulturen erreichen kann, iſt das Arbeiten mit Reinzuchthefe zur Notwendigkeit geworden (Näheres ſ. Hefe). Da jedoch auch eine Reinzuchthefe im Betrieb, je nach der Führung desſelben, früher oder ſpäter durch Spaltpilze oder andre zum Teil geradezu Krankheiten des Bieres verurſachende ſogenannte wilde Hefenarten verunreinigt wird, ſo muß immer wieder in gewiſſen Zwiſchenräumen in Reinzuchtapparaten rein gezüchtete Hefe zur Anwendung gelangen. Der Hauptherd für Infektion der Würze mit Spaltpilzen und wilden Hefenarten iſt das Kühlſchiff, deſſen Erſetzung durch einen Kühlapparat nach Art der oben beſchriebenen für Erhaltung reiner Hefe daher ungemein vorteilhaft iſt. Als praktiſche Merkmale für die Güte der Hefe gelten ein ſchnelles und feſtes Ablagern in der Zeugwanne (ſ. unten), ein rein bitterer Geſchmack und ein angenehmer Geruch. Die mikroſkopiſche Prüfung zeigt vor allem die Anweſenheit von Spaltpilzen; ein körniger Zellinhalt deutet auf alte, abgearbeitete, ein gleichmäßig lichter auf junge, friſche Zellen. Näheres ſ. [15], [16]. Bei Abmeſſung der erforderlichen Menge Hefe muß man

berückfichtigen, daß der Gehalt von 1 l dicker, breiiger Hefe an trocken gepreßter Hefe von 400 bis 600 g fchwanken kann, daß man um fo mehr Hefe geben muß, je konzentriertere Würzen man vergären und je kälter man die Gärung führen will, und daß kleine Gärbottiche mehr Hefe erfordern als große. Gewöhnlich wird pro Hektoliter Würze 0,3—0,5 l angewendet. Thaufing [2] rät, nie unter 0,5 l zu gehen, für Erzeugung ftarker Biere fogar auf 0,6—0,7 l zu fteigen, um fo mehr, als die Menge der Stellhefe auf den Vergärungsgrad keinen Einfluß hat. Das Anftellen der Würze mit Hefe, das fogenannte Zeuggeben, kann auf zwei Arten gefchehen, die man als Trockengeben und als Naßgeben oder „Herführen" bezeichnet. — Beim Trockengeben wird ein Gefäß von ca. 15—25 l, das Zeugfchaffel, etwa bis zur Hälfte mit abgekühlter Würze gefüllt. Hierzu bringt man mit einem geftielten Löffel, dem Zeuglöffel von 1—2 l Inhalt, die nötige Hefe, die mit der Würze gut durchgemifcht wird. Dann beginnt das fogenannte Aufziehen, d. h. die Flüffigkeit wird in ein zweites Zeugfchaffel gegoffen, von dort wieder in das erfte und fo fort, bis durch die eintretende Schaumbildung beide Gefäße voll find. Man erzielt auf diefe Weife eine gute Durchlüftung der Hefe. Je beffer „der Zeug zieht", für defto beffer hält der Praktiker die Hefe. Das Aufziehen erfordert einige Gefchicklichkeit. Einfacher läßt fich dasfelbe Ziel durch einen der vielfach konftruierten Aufziehapparate erreichen. Fig. 13 zeigt einen folchen nach Prößdorff & Koch Nachfolger in Leipzig. Das rechts angebrachte Luftfilter wird mit Baumwolle gefüllt. Zieht man den mit eigentümlichen Schlitzen verfehenen Kolben mit einiger Schnelligkeit in die Höhe, fo wird Luft durch die Filter eingefaugt und während des Niederdrückens des Kolbens beim Durchgehen durch die Schlitze mit der Flüffigkeit gut durchgemifcht. Die durch das Aufziehen erhaltene fchaumige Maffe wird der Würze auf den Bottichen zugefetzt und gut damit durchgekrückt oder aufgezogen. — Beim Naßgeben wird eine größere Menge Würze, etwa 2—3 hl, von noch 12—20° von der Kühle in ein befonderes Gefäß im Gärkeller abgelaffen und pro Hektoliter mit 1—2 l Hefe gut durchgerührt. Bis die gefamte Würze auf die Anftelltemperatur abgekühlt ift, ift fchon eine lebhafte Gärung eingetreten. Mit diefer gärenden Würze werden dann die Bottiche angeftellt. Das Naßgeben wird vielfach angewendet, wenn wenig Hefe zum Anftellen zur Verfügung fteht. Im allgemeinen ift jedoch vom Naßgeben abzuraten, da hierbei leicht wegen der höheren Temperatur der Hefe beigemengte fremde Arten, befonders Oberhefe, fich ftärker entwickeln und fo den Verlauf der Gärung ungünftig beeinfluffen können. — Dem Naßgeben fteht ein Verfahren nahe, das man als das „Darauflaffen" der Würze bezeichnet und das darin befteht, daß die Gärbottiche nicht genügend angefüllt werden. Wenn dann die Gärung fchon einen gewiffen Grad erreicht hat, wird kalte Würze von einem folgenden Sud abgegeben.

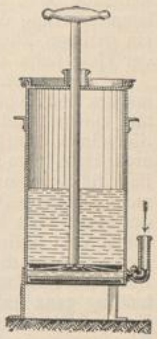


Fig. 13.

Die Temperatur, bei der man die Würze anftellt, liegt gewöhnlich zwifchen 5° und 10°, bei Lagerbier etwas niedriger als bei Schenkbier, nur bei ganz ftarken Bieren wieder etwas höher. Die Dauer der Gärung in den Bottichen, der Hauptgärung, ift 8—10 Tage und bei ganz kalter Anftellung höchftens 14 Tage. Während diefer Hauptgärung kann man eine Anzahl von Perioden unterfcheiden, deren Erfcheinungen mit ziemlicher Regelmäßigkeit aufeinander folgen. Nach 10—12 Stunden fangen Bläschen an, fich an der Oberfläche zu zeigen, befonders am Rand der Bottiche. Nach 20 Stunden ift die ganze Oberfläche von einer dichten weißen Decke bedeckt, die am Rand einen etwas erhobenen Schaumkranz bildet. Diefe erfte Periode nennt man das „Ankommen" des Bieres. Der Brauer fagt auch, das Bier „macht weiß". Ein zu langfames Ankommen deutet auf zu kaltes Anftellen oder auf zu wenig oder zu abgearbeitete Hefe. Wenige Stunden nach dem Ankommen bemerkt man, daß der Schaumkranz anfängt, fich nach der Mitte zu „wegzufchieben", und bald ift die ganze Oberfläche mit eigentümlich gezacktem oder „gekräufeltem" Schaum bedeckt; man nennt diefe zweite Periode die der niederen oder Weißkräufen. Die Kräufen verdanken ihre Form der Abfcheidung von Hopfenharz. Diefe Periode dauert 2—3 Tage. Bisweilen bedecken die „Kreufen" nicht die ganze Oberfläche, es zeigen fich fogenannte „Kahlftellen" oder „kalte Flecken", die jedoch in der nächften Periode wieder verfchwinden und keinen abnormen Verlauf anzeigen. Im Verlauf von ferneren 2—3 Tagen befindet fich das Bier in der Periode der hohen oder Braunkräufen. Die Kräufen werden lockerer, fteigen befonders am Rand höher und nehmen eine gelbliche bis bräunliche Farbe an. Wenn die Kräufen, ftatt zu fteigen, leicht zufammenfallen, fo deutet dies auf fchwach vergärende Hefe, man fagt, die Kräufen liegen fchwer im Bottich. Allmählich färben fich die Kräufen dunkler und fallen zufammen, fo daß fich auf der Oberfläche nur noch eine fchmutzigweiße Schaumdecke befindet; man nennt dies den „Durchbruch". Diefe Periode, die man als das „Zurückgehen" bezeichnet, dauert 2—3 Tage. Zeigt fich in diefer Periode am Rande des Bottichs ein weißer Schaumkranz, alfo ein neues Nachfchieben, fo deutet dies auf eingetretene Nebengärungen. Kleinere oder größere Blafen auf der Oberfläche zeigen fich, wenn infolge ungenügender Ventilation im Gärkeller die Kohlenfäure nicht genügend abgeführt wird.

Mit Beendigung diefer Periode ift die Hauptgärung vorüber, man nennt das Bier „reif". Die Reife beurteilt der Praktiker nach dem Verhalten im Schaugläschen. Hält man das Gläschen gegen ein Licht, fo foll das Bier glänzend, die fuspendierte Hefe in deutlichen, einzelnen Klümpchen erfcheinen, die fich, wenn man das Gläschen ruhig ftehen läßt, fchnell abfetzen follen. Man nennt dies den „Bruch" des Bieres, oder das Bier fei fchön „durchgegangen". Wichtiger für die Beurteilung der Reife des Bieres ift die Beobachtung der Saccharometeranzeige. Die Abnahme derfelben beträgt während der Periode der niederen Kräufen 0,3 bis 0,5 %, während der der hohen Kräufen 1—1,2, ja fogar bis 1,7 % pro Tag. Wenn diefelbe für Schenkbiere nur noch 0,2, für Lagerbier 0,1—0,05 % beträgt, fo ift das Bier zum Faffen reif oder „fäffig". Von befonderer Wichtigkeit ift die Beobachtung der Temperatur während der

Hauptgärung. Je nach der Temperatur des Gärkellers kann die gärende Flüssigkeit sich um 3—8° erwärmen. Für Erzeugung eines wohlschmeckenden Bieres ist es unbedingt erforderlich, daß die Temperatur von 10° nicht überschritten werde. Wenn der Gärkeller (s. unten) nicht künstlich gekühlt wird, erweist es sich als nötig, die Würze zu kühlen. Dies geschieht entweder durch Eisschwimmer oder durch Gärbottichkühler. Erstere sind Gefäße, am besten aus verzinntem Kupferblech, die mit Eis gefüllt in den Gärbottich gesetzt werden. Die Eisschwimmer haben den Nachteil, daß sie die Würze, die direkt mit ihnen in Berührung kommt, zu sehr abkühlen und dadurch die Gärung stören, ferner den eines großen Eiskonsums. Bei den Gärbottichkühlern findet das Kühlen durch abgekühltes Wasser statt. Sie werden in Schlangen- oder Tafchenform verschiedenster Art konstruiert. Der normale Vergärungsgrad (s. unten) bei der Reife soll 55% betragen. Von Einfluß auf denselben ist hauptsächlich die Hefe und die Zusammensetzung der Würze (s. Malz). Hat man mit zu niedriger Vergärung zu kämpfen, so hilft ein geringer Zusatz von feingesiebtem Malzmehl, etwa 5 g auf den Hektoliter Würze, das man der Hefe beim Zeuggeben zusetzt.

Bevor man das Jungbier auf die Lagerfässer bringt, in denen es die Nachgärung durchmachen soll, entfernt man die Decke, die darauf lagert und hauptsächlich Hopfenharz enthält, mit einem feindurchlochten Löffel. Wird die Decke nicht sorgfältig entfernt, so erhält das Bier einen unangenehmen bitteren Geschmack. Im Bier, das für Schenkbier bestimmt ist, muß mehr Hefe beim Abziehen bleiben als in solchem, das für Lagerbier bestimmt ist, da im ersteren Fall die Nachgärung schneller beendet sein soll als bei letzterem. Man nennt das Abziehen mit mehr Hefe das „Grünfassen", mit wenig das „Lauterfassen". — Zum Anzapfen der Bottiche wird der etwas vom Boden entfernte Spund aus dem Zapfloch geschlagen und das Bier entweder direkt vom Bottich weggepumpt oder in ein Gefäß gelassen und von hier fortgepumpt. Ein weites Transportieren nach einem entfernten Lagerkeller geschieht in Fässern, ist aber vom Uebel. Zum Abziehen werden Kautschukschläuche oder kupferne Rohrleitungen benutzt, auf deren Reinhaltung ganz besondere Sorgfalt zu verwenden ist. Es ist wünschenswert, daß das Bier in kurzer Zeit auf die Temperatur des Lagerkellers abgekühlt wird. Dies geschieht vielfach durch Eisschwimmer oder Bottichkühler (s. oben), oder besser durch besondere Kühlapparate. Das Abzapfen des Bieres aus einem Bottich, das sogenannte Abschlauchen, soll nur so lange fortgesetzt werden als das Bier klar läuft. Sowie von der abgesetzten Hefe etwas aufgerührt wird und mit abläuft, fängt man den Rest in einem mehr hohen als breiten Gefäß auf und läßt hierin die mitgerissene Hefe sich wieder absetzen, worauf man das geklärte Bier, das Abseihbier, abziehen kann und für sich die Nachgärung durchmachen läßt oder auf die Lagerfässer verteilt. Nach dem Abschlauchen entfernt man möglichst bald die Hefe durch eine Oeffnung im Boden, durch die meistens auch das Abseihbier entfernt wird. An der abgesetzten Hefe unterscheidet man drei Lagen. Die unterste ist ziemlich dunkel durch beigemengte Maisch- und Hopfenbestandteile. Die mittelste ist die reinste Hefe und wird mit besonderer Sorgfalt von den andern getrennt, während die oberste wieder dunkler und schleimig ist. Nach Abschöpfen der obersten Schicht wird die mittlere in eine gut gereinigte Wanne, die Zeugwanne, gebracht, mehrmals mit kaltem Wasser gewaschen und durch ein feines Haarsieb von Verunreinigungen getrennt. Die so gereinigte Hefe bildet den Zeug oder die Samenhefe für fernere Gärungen und wird bis zum Gebrauch in kaltem Wasser aufbewahrt. Die Menge der sich bildenden Hefe hängt wesentlich von dem Stickstoffgehalt der Würze ab und schwankt zwischen 1,5 und 2 l dicker Hefe. — Die Bottiche sind nach Entfernung der Hefe sofort zu reinigen.

Beim Abziehen des Bieres auf die Lagerfässer verfährt man häufig so, daß man die einzelnen Fässer nur teilweise füllt und dann Bier von späteren Suden allmählich nachgießt. Durch dieses Verteilen des Bieres erzielt man ein sehr gleichmäßiges Produkt. Um ein zu starkes Schäumen zu verhüten, läßt man das Bier durch ein mit einem Hahn versehenes Rohr, den Hundskopf, möglichst an den Wandungen des Fasses entlang einlaufen. Schenkbier bringt man auf kleinere Fässer als Lagerbier, für erstere hat man solche von 10—20 hl, für letztere von 20—40 hl. In kleineren Fässern geht die Nachgärung schneller vor sich; da außerdem Schenkbier grüner gefaßt wird und die Temperatur des Kellers für Schenkbier höher ist als die für Lagerbier, nämlich 2—5°, für dieses 0—3°, so ist das Bier oft schon nach 14 Tagen reif. Wenn die Fässer mit Schenkbier gefüllt sind, so zeigt sich an dem Spundloch ein leichter weißer Schaum, das Bier „sticht" oder „greift an". Der Schaum bildet eine Haube, das Bier „käppelt". Durch sich ausscheidendes Hopfenharz wird der Schaum dunkler, nach einiger Zeit wird er großblasig, das Bier hat „ausgekäppelt" oder „verstochen". Damit hat es das letzte Stadium der Gärung, die stille Nachgärung erreicht, während der es in den Konsum übergeht. Das als Schaum ausfließende Bier muß wieder ersetzt werden; man füllt, und zwar meistens zweimal, entweder mit Brunnenwasser oder mit Bier nach. Man nennt dies das „Nachstechen". Um das Bier an Kohlensäure anzureichern, wird die Spundöffnung eine durch die Erfahrung gegebene Zeit vor dem Gebrauch, die zwischen 3 und 14 Tagen schwankt, fest verschlossen. Spundet man zu früh, so sammelt sich so viel Kohlensäure an, daß beim Oeffnen des Spundes viel Bier ausgetrieben wird. Man nennt dies das Ueberspunden, einen Uebelstand, den man durch geeignet konstruierte Spunde, die nach Art eines Sicherheitsventils sich bei einem bestimmten Druck öffnen, vermeiden kann.

Wenn das Bier mit zu wenig Hefe abgeschlaucht oder auf den Gärbottichen schon zu weit vergoren war, so daß es nicht recht käppelt, wird es „aufgekräuft", d. h. mit Bier aus der Periode der niederen Kräusen versetzt, dessen Menge sich nach dem Grade der Vergärung richtet. — Wird das Bier zur geeigneten Zeit nicht klar, so bewirkt man das Klären künstlich durch das Spänen. Gerade Haselnuß- oder Buchenholzspäne von 2—3 mm Dicke, 0,5 bis 0,6 m Länge und einer Breite, die ein bequemes Einbringen in die Fässer gestattet, gewöhnlich 4—5 cm, werden mit verdünnter Sodalösung (1 : 100) ausgekocht und durch Waschen von der

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Soda befreit. Bringt man die so verarbeiteten Späne, etwa 0,5 kg auf 1 hl Bier, in die Fässer, so setzt sich die Hefe an der rauhen Oberfläche derselben, die durch das Bier noch eine besondere Klebrigkeit erhalten hat, fest. Die Späne müssen vor wiederholtem Gebrauch sorgfältig gereinigt werden. — Beim Lagerbier wird das Verteilen auf mehrere Fässer in ausgedehnterem Maße ausgeübt als beim Schenkbier, so daß es oft mehrere Monate dauert, bis die Fässer spundvoll werden. Es zeigen sich hier dieselben Erscheinungen wie beim Schenkbier, doch kann bei genügend kalten Lagerkellern (0—0,5°) das Spunden ganz unterbleiben, weil bei dieser Temperatur Kohlensäure genug gelöst bleibt.

Einen wesentlich andern Verlauf nimmt die ganze Gärung bei einem Verfahren, das Pfaundler in Amerika eingeführt hat. Wyatt berichtet darüber [7]: Die Würzen werden nicht unter 7,5—10° abgekühlt. Sobald diese Temperatur erreicht ist, werden sie in Gärung gesetzt. Nach 12 Stunden füllt man das Bier in glasierte Stahlfässer, die mit einem Vakuumapparat verbunden sind, durch den sie konstant einem Vakuum von 520 mm unterstellt werden. Anderseits sind die Fässer mit einem Apparat zur regelmäßigen Zuführung von gut filtrierter Luft verbunden. Der Gärraum erhält 4°. Die Temperatur der Würze steigt am vierten Tage bis auf ca. 12°. Durch das Absaugen der Kohlensäure arbeitet die Hefe so rasch, daß am sechsten Tage in den Fässern befindliche Kühlvorrichtungen in Tätigkeit gesetzt werden und nach 10 Tagen die Temperatur 4° erreicht und die Operation beendet ist. Die abgesaugte Kohlensäure wird in einem passenden Gefäß unter Druck aufbewahrt und in das fertige Bier unter Druck eingepumpt. Von einem Sude wurde die eine Hälfte nach alter Methode, die andre im Vakuum vergoren. Es zeigten sich folgende Resultate:

	Im Vakuum	Gewöhnliche Methode
Stammwürze	13,4°	13,4°
Säure	0,13	0,13
Wirklicher Vergärungsgrad nach 10 Tagen . .	61	17
Wirklicher Vergärungsgrad nach 60 Tagen . .	—	60

Dieses Verfahren würde große Ersparnisse an Raum, Fässern und Eis herbeiführen, soll aber besonders vorsichtige Arbeit beim Maischprozeß erfordern.

Der Raum, in dem die Hauptgärung vor sich geht, ist der Gärkeller. Man legt ihn am besten unter das Kühlhaus; er wird gewölbt und ist ca. 4 m hoch. Bei der Anlage ist auf die Ermöglichung der peinlichsten Sauberkeit, einer guten Ventilation und geeigneter Temperatur zu achten. Mit Bezug auf die Reinlichkeit wähle man als Material für Fußböden und Wände ein möglichst wenig poröses, wie Asphalt, Steinplatten u. dergl., und sorge dafür, daß reichlich Wasser zum sofortigen Entfernen von Bier, Würze u. dergl. vom Boden vorhanden ist und daß alles Schmutzwasser leicht abfließen kann. Die Ventilation muß genügen, um die großen Mengen sich entwickelnder Kohlensäure abzuführen. Um im Gärkeller eine möglichst gleichmäßige Temperatur, am besten von ca. 5°, halten zu können, wird derselbe meistens unterirdisch angelegt und in den Mauern ein oder zwei Luftisolierschichten angebracht. Kann man eine genügend niedrige Temperatur nicht erzielen, so muß man sie durch geeignete Lage der Eisvorratsräume oder durch Kältemaschinen herbeiführen. Fig. 14 und 14a zeigen eine Anlage für künstliche Kühlung nach Plänen der Maschinenfabrik Germania in Chemnitz. Aus beiden Plänen ist die Kühlanlage für den Lagerkeller ebenfalls zu ersehen. — Die Gärbottiche werden selten aus Eisen, Glas oder Stein, meistens aus Holz hergestellt. Da die Poren des Holzes leicht Veranlassung zu Bakterieninfektionen geben, werden die Bottiche entweder lackiert, wobei der Lack am besten eingebrannt wird, oder mit Paraffin überzogen. Die Form der Bottiche ist meistens nach oben konisch verjüngt, Verhältnis von Durchmesser zur Höhe wie 1 : 0,6—0,7, mit einem Inhalt von 20—40 hl. Bei 40 hl rechnet man pro Bottich 6 qm Grundfläche. Bei der Aufstellung sind hölzerne Unterlagen möglichst zu vermeiden. Man stellt die Bottiche auf Schienen, die auf 0,5—0,6 m hohen gemauerten oder eisernen Pfeilern ruhen, mit einer geringen Neigung gegen die Ablaßöffnungen. — Die Nachgärung geht im Lagerkeller vor sich, für den in bezug auf Reinlichkeit, Ventilation und Temperatur das vom Gärkeller Gesagte ebenfalls gilt, doch muß die Temperatur hier möglichst nahe an 0° gehalten werden. Während der Gärkeller gewöhnlich ein großer Raum ist, wird der Lagerkeller in eine Anzahl kleiner Abteilungen geteilt, die bei einer Länge von 15—20 m 7—8 m Breite und 5—6 m Höhe haben, und von welchen jede röhrenförmig abgeschlossen ist. Vor diesen Abteilungen liegt entweder an einer oder an beiden Seiten ein Vorkeller, der etwas tiefer zu legen ist, um beim Abziehen des Bieres genügend Gefälle zu haben. In die Abteilungen werden die Fässer die Längswände entlang in zwei Reihen gelagert, so daß zwischen den beiden Reihen ein Gang von ca. 1 m frei bleibt. Auf je zwei von den Fässern, den Bodenfässern, legt man ein kleineres, das Sattelfaß. Die Bodenfässer werden besser als auf Unterlagen von Holz auf Eisenschienen gelagert, die auf gemauerten oder eisernen Pfeilern von 0,5—0,8 m Höhe ruhen. Die Fässer liegen mit dem Zapfloch nach dem Gange zu um 10—15 cm tiefer als nach der Wandseite, um das Bier möglichst vollkommen abziehen zu können. Die Lagerfässer werden fast ausschließlich aus Eichenholz hergestellt; ihre Größe richtet sich nach der Größe der Brauerei. Sie schwankt zwischen 5 und 100 hl. Die Fässer werden gut gepicht, d. h. mit einer Schicht sogenannten Brauerpechs überzogen, das meist aus Kolophonium, Harzölen u. dergl. besteht und weder Geruch noch Geschmack des Bieres beeinflussen darf. Außer dem Zapfloch im Boden und dem Spundloch in einer Daube erhalten große Fässer, um das Reinigen zu erleichtern, noch ein Türchen, eine Oeffnung, die einem Mann das Hineinschlüpfen gestattet und durch ein mit einem Bügel festzuhaltendes Brett verschlossen wird.

2. Die Obergärung. Ueber die für die Obergärung anzuwendende Hefe, die Oberhefe, s. Näheres bei Hefe. Auch für die Herstellung der obergärigen Biere kommt reingezüchtete Hefe immer mehr in Anwendung. Völlig verschieden sind die Verhältnisse bei der Herstellung

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

obergäriger Biere in Deutſchland und in England. In Deutſchland werden obergärige Biere leicht eingebraut und ſind deshalb wenig haltbar. Da die Obergärung bei 10—15°, ſelbſt 20° verläuft, ſo ſind einerſeits, ſelbſt in oberirdiſchen Räumen, Kühlvorrichtungen ſelten nötig, und anderſeits verläuft die Gärung ſo ſchnell, daß das Bier ſchon nach wenigen Tagen in den Konſum gelangen kann; die Fabrikation wird hierdurch ſehr billig. Die Hefengabe wird häufig kleiner als bei der Untergärung genommen: 0,3 bis 0,4 l dicke Hefe pro Hektoliter Würze. Das Zeuggeben geſchieht in gleicher Weiſe. Häufig läßt man auch die Hauptgärung ſchon in Fäſſern vor ſich gehen, doch iſt die Bottichgärung vorzuziehen. Bald nach dem Anſtellen bildet ſich auf der Oberfläche ein weißer Schaum, die Würze „tritt an“. Bald ſteigt der Schaum, und zwar höher als bei der Untergärung, ſo daß ein höherer Steigraum erforderlich iſt. Der Schaum erhält ein gekräuſeltes Anſehen und färbt ſich durch Hopfenharz dunkel (Hopfentrieb). Alsdann wird der Schaum großblaſig, ſteigt noch höher, und es ſammelt ſich Hefe darin an (der Hefentrieb). Schließlich ſinkt der Schaum zuſammen und läßt nur die Hefe als breiige Decke zurück. Damit iſt die Hauptgärung nach 48—60 Stunden beendet. Die Hefe wird abgeſchöpft, und das Bier kommt dann meiſt direkt auf kleine Transportfäſſer und wird dem Konſum zugeführt. Bei der Faßgärung wird der zum Spundloch austretende Schaum in einem untergeſtellten Trog aufgefangen und das Bier während des Hefentriebs zum Auffüllen benutzt. — Die Obergärung wird in Deutſchland von der Untergärung mehr und mehr verdrängt. Obergärig werden hauptſächlich noch manche

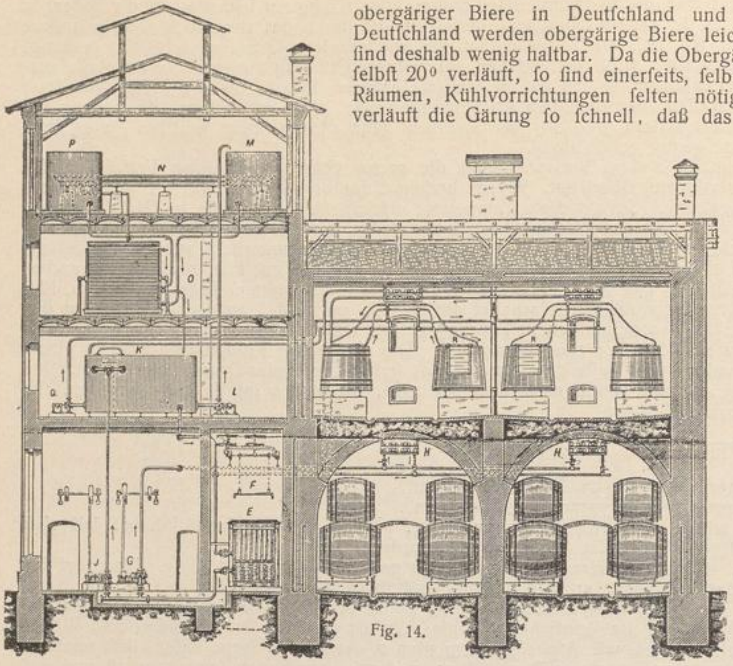
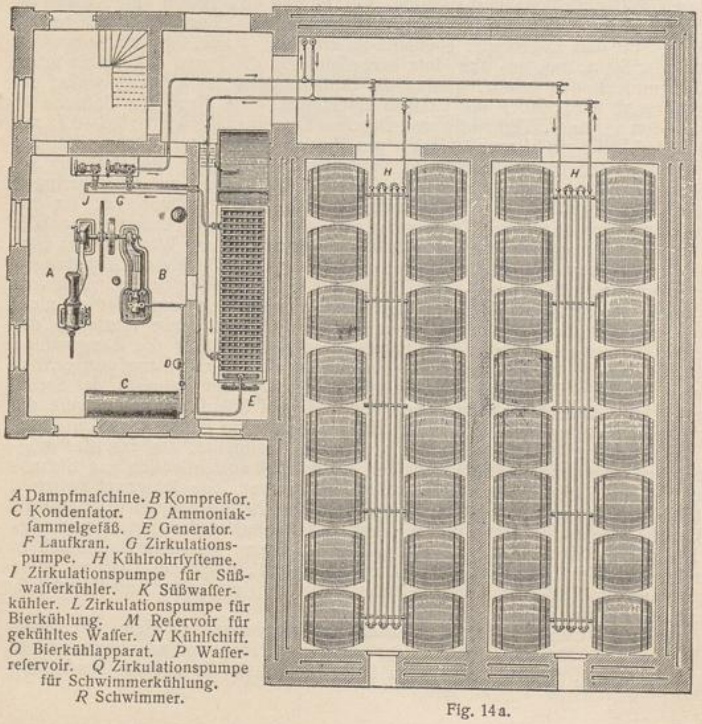


Fig. 14.



A Dampfmaſchine. *B* Kompreſſor. *C* Kondenſator. *D* Ammoniakſammelgefäß. *E* Generator. *F* Laufkran. *G* Zirkulationspumpe. *H* Kühlrohrſyſteme. *I* Zirkulationspumpe für Süßwaſſerkühler. *K* Süßwaſſerkühler. *L* Zirkulationspumpe für Bierkühlung. *M* Reſervoir für gekühltes Waſſer. *N* Kühlſchiff. *O* Bierkühlapparat. *P* Waſſerreſervoir. *Q* Zirkulationspumpe für Schwimmerkühlung. *R* Schwimmer.

Fig. 14a.

Lokalbiere und die ſtark mouſſierenden, weinartigen Weißbiere hergeſtellt. Dieſe Biere haben meiſtens einen ſtark ſauren Geſchmack, weil die höhere Gärtemperatur auch die Milchſäurebildung begünſtigt [17]. In England werden alle Biere obergärig gebraut und die Haltbarkeit durch die hohe Konzentration erreicht. Es werden hellfarbige Biere (Ale) und mit Farbmalz ſehr dunkel gefärbte (Porter) gebraut, und zwar hat die Stammwürze von

gewöhnlichem Porter . .	12—13°,	gewöhnlichem Ale	17—18°,
double „ . .	13—14°,	Bourton Ale, dritte Sorte	18—23°,
brown stout „ . .	15—16°,	„ „ zweite „	23—26°,
bestem brown stout „ . .	17—18°,	„ „ erſte „	26—28°.

Aus den Nachgüſſen wird ein leichtes Dünnbier bereitet. Näheres über die Behandlung der engliſchen Biere ſ. [4] und [8].

3. Die freiwillige Gärung. Dieſe Gärung findet in Deutſchland beim Danziger Joppenbier und bei belgiſchen Bieren ſtatt. Letztere werden aus gleichen Teilen Gerſtenmalz und Weizen nach der Infuſionsmethode gebraut. Die erſten Würzen dienen zur Herſtellung von Lambic, die ſchwächeren zur Herſtellung von Mars. Erſteres wird mit 15—16°, letzteres mit 8° in Fäſſer gebracht und der freiwilligen Gärung überlaſſen. Die Gärung dauert 10—20 Monate; das Bier kommt oft erſt nach 2—3 Jahren zum Ausſchank. Durch Miſchen von Lambic- und Marswürzen ſtellt man die Würze für eine dritte Sorte Bier, Faro genannt, her; doch wird Faro auch durch Miſchen der fertigen Biere hergeſtellt. Bei der Gärung ſpielen hauptſächlich Saccharomyces apiculatus und zwei Raſſen von S. ellipsoideus (ſ. Hefe) eine Rolle.

IV. Das fertige Produkt.

Nach beendeter Nachgärung wird das Bier für den Konſum entweder auf Transportfäſſer oder auf Flaſchen gefüllt. Es iſt beſonders zu beachten, daß nur klares Bier abgezogen wird und daß möglichſt wenig Kohlenſäure verloren geht. Iſt das beim Anſtechen eines Faſſes zuerſt ablaufende Bier nicht ganz klar, ſo wird es als „Vorſchuß“ geſondert aufgefangen. Das als Schaum überlaufende Bier wird in einem untergeſtellten flachen Gefäß, der Schußwanne, aufgefangen. Der nicht mehr von ſelbſt ablaufende Teil, das Abſeihbier, wird mit einer Art Heber abgezogen und meiſtens mit dem Vorſchuß und dem Bier aus der Schußwanne durch Kräuſen und Spänen wieder konſumfähig gemacht. Hat das Bier einen langen Transport vor dem Konſum durchzumachen, ſo muß man es durch Anwendung von Eis konſervieren. Für Flaſchenbier kann man mit Vorteil eine andre Methode anwenden, das Paſteuriſieren. Die zuerſt von Paſteur auf den Wein, von Velten auf Bier angewendete Konſervierungsmethode beſteht darin, daß man die im Bier befindliche Hefe oder Bakterien, die ein Verderben des Bieres veranlaſſen könnten, durch Erhitzen auf 50—60° vernichtet (D.R.P. Nr. 17970, Prößdorf & Koch Nachf., Leipzig). Doch gehen im paſteuriſierten Biere noch chemiſche Prozeſſe vor ſich (Eſterbildungen), die den Geſchmack des Bieres bei längerem Lagern weſentlich verändern. — Chemiſche Konſervierungsmittel wie Salizylſäure, Borſäure u. dergl. ſind unbedingt zu verwerfen.

Normales Bier ſoll vollſtändig klar und glänzend, von erfriſchendem, angenehm bitterem Geſchmack ſein, beim Einſchenken hinreichend ſchäumen und den Schaum längere Zeit halten. Zeigt das Bier von den angeführten abweichende Eigenſchaften, ſo bezeichnet man dieſe als Fehler, wenn ſie den Gebrauch des Bieres nicht ausſchließen, als Krankheiten, wenn ſie das Bier zum Genuß untauglich machen. Ueber die Krankheiten des Bieres, die durch wilde Hefen verurſacht werden, ſ. Hefe. Trübungen des Bieres werden außer durch Hefe auch durch Bakterien (Sarcina, beſonders Pediococcus cerevisiae) verurſacht, die meiſtens den Geſchmack des Bieres ungünſtig beeinfluſſen und zum gänzlichen Verderben des Bieres führen können. Kleiſtertrübung nennt man eine durch lösliche Stärke und ihr naheſtehende Dextrine verurſachte Trübung. Sie wird durch mangelhaftes Malz, Fehler im Maiſchprozeß und beim Anſchwänzen hervorgerufen und kann, wenn man ſie durch violette bis blauviolette Jodreaktion nachgewieſen hat, durch Zuſatz von Malzmehl im Lagerfaß aufgehoben werden. Glutentrübung nennt man die durch Ausſcheidung von Proteinſtoffen namentlich in der Kälte hervorgebrachte; ſie verſchwindet beim Erwärmen und ſoll namentlich bei Verwendung ſehr proteinreicher Gerſte und mangelhaft gedarrten Malzes auftreten. Harztrübungen endlich werden durch Ausſcheidung von Hopfenharzteilchen, namentlich bei Verwendung von unvollkommen ausgereiftem Hopfen, verurſacht. Man findet unter dem Mikroſkop gelbe bis dunkelbraune Klümpchen, die ſich in 10prozentiger Natronlauge löſen. Alle dieſe Trübungen laſſen ſich durch Filtrieren oder durch Schönen beſeitigen. Das Schönen beſteht darin, daß man dem Bier feinverteilte Hauſenblaſe (1 g pro Hektoliter) oder Gelatine (10 g pro Hektoliter) zuſetzt. Dieſe bilden mit den Gerbſäuren Niederſchläge, welche die trübenden Beſtandteile einhüllen und zu Boden reißen. Während die Gelatine hierzu einfach in Waſſer von ca. 50° aufgelöſt wird, wird die Hauſenblaſe zerkleinert, mehrmals in kaltem Waſſer 12 Stunden aufgeweicht, fein zerteilt, mit einer Löſung von Weinſäure (50 g auf 100 Hauſenblaſe) durchgeſchüttelt und, wenn ſie gut aufgequollen iſt, durch Leinwand gedrückt. Abweichungen von dem normalen Geſchmack kommen ebenfalls häufig vor. Ein abnorm bitterer Geſchmack kann durch wilde Hefen (ſ. Hefe) oder dadurch hervorgerufen werden, daß die Decke am Ende der Hauptgärung durchfällt. Durch Verwendung mangelhaften Peches oder durch fehlerhafte Anwendung desſelben kann das Bier Pechgeſchmack erhalten. Zu junges Bier hat einen Geſchmack nach Hefe; ſchlechter Hopfen verurſacht einen rauhen, ungenügende Reinlichkeit in den Gärräumen einen dumpfen Geſchmack. Ungenügende Reinlichkeit führt auch leicht Eſſigſäurebildung mit ſich, ſo daß das Bier ſauer wird. Schal ſchmeckt das Bier bei ungenügendem Kohlenſäuregehalt. Bei Mangel an Kohlenſäure wird das Bier auch ſchlecht ſchäumen. Wenn Bier bei reichlicher Kohlenſäure den Schaum ſchlecht hält, ſo ſchreibt man dies meiſt zu hoch abgedarrtem Malz, zu ſchnellem Erwärmen der Maiſchen oder mangelhafter Beſchaffenheit des Hopfens zu.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Die Beſtandteile des Bieres ſind: Waſſer, Alkohol, Kohlenſäure, Zucker (Maltoſe, Iſomaltoſe), Dextrin, Glyzerin, Stickſtoff haltende Stoffe (Pepton, Amide, Cholin, Bernſteinſäure, Milchſäure, Eſſigſäure, Hopfenextraktivſtoffe und Salze). Folgende Tabelle gibt die Zuſammenſetzung verſchiedener Biere in bezug auf die gewöhnlich beſtimmten Stoffe nach König:

Bierſorte	Spez. Gew.	Waſſer %	Kohlenſäure %	Alkohol. Gew. %	Extrakt %	Stickſtoffhaltige Subſtanzen %	Zucker %	Dextrin %	Säure = Milchſäure %	Glyzerin %	Aſche %	Phosphorſäure %
1. Schenk- oder Winterbier . .	1,0114	91,11	0,197	3,36	5,34	0,74	0,95	3,11	0,156	0,12	0,204	0,055
2. Lager- oder Sommerbier . .	1,0162	90,08	0,196	3,93	5,79	0,71	0,88	3,73	0,151	0,165	0,228	0,077
3. Exportbier	1,0176	89,01	0,209	4,40	6,38	0,74	1,20	3,47	0,161	0,154	0,247	0,074
4. Bock-, Doppel- od. Märzenbier	1,0213	87,87	0,234	4,69	7,21	0,73	1,81	3,97	0,165	0,176	0,263	0,089
5. Weißbier	1,0137	91,63	0,297	2,73	5,34	0,58	1,62	2,42	0,392	0,092	0,149	0,034
6. Sonſtiges obergäriges Bier . .	1,0102	92,92	0,162	2,79	4,13	0,41	0,85	1,75	0,433	0,235	0,174	0,049
7. Reisbier	1,0213	89,21	—	3,86	6,93	0,46	1,45	4,20	0,23	—	0,22	0,077
8. Porter	1,0191	88,49	0,215	4,70	6,59	0,65	2,62	3,08	0,281	—	0,363	0,093
9. Ale	1,0141	89,42	0,201	4,75	5,65	0,61	1,07	1,81	0,278	—	0,31	0,086
10. Lambic	1,0049	—	—	5,02	3,66	0,43	0,56	1,68	0,887	—	—	—

Die Unterſuchung des Bieres erſtreckt ſich auf folgende Punkte (ſ. a. [18], [19]):

1. Farbe. Die Farbe beſtimmt man am beſten mit Lintners Verdünnungskolorimeter [10]. Der Apparat beſteht aus zwei ganz gleichen Glaskäſtchen mit parallelen Wandungen, das eine zur Aufnahme der Normallöſung, das andre für die zu prüfende Flüſſigkeit. Die Käſtchen werden in ein Gehäuſe aus ſchwarzlackiertem Blech geſtellt; das Gehäuſe iſt für die Beobachtung der Färbungen auf der Vorderſeite mit zwei Ausſchnitten, auf der Rückſeite mit einem durchgehenden, mit Milchglas bedeckten Spalt verſehen. Das Bier wird mit einer Pipette abgemeſſen und aus einer Burette bis zur Normalfarbentiefe verdünnt. Als Vergleichslöſung dient Eiſenammoniakalaun, deſſen Löſung, je nachdem das Bier einen mehr gelben oder roten Farbenton hat, mit Schwefelſäure oder mit Eſſigſäure angeſäuert wird.

2. Geruch und Geſchmack. Hierfür laſſen ſich keine Vorſchriften angeben.

3. Kohlenſäure. Die Kohlenſäure beſtimmt man am beſten nach Langer und Schulze. Das Bier wird in einem Kolben erhitzt. Die entweichende Kohlenſäure tritt mit Alkohol- und Waſſerdämpfen zuerſt in einen aufrecht ſtehenden Liebigſchen Kühler, der gut gekühlt wird. Alkohol- und Waſſerdämpfe werden größtenteils kondenſiert und fließen in den Kolben zurück. Die entweichenden Dämpfe werden durch eine Waſchflaſche mit konzentrierter Schwefelſäure und durch ein Chlorcalciumrohr geleitet, die Kohlenſäure wird dann in einem gewogenen Kaliapparat abſorbiert. Zum Schluß wird von Kohlenſäure befreite Luft unter ſtetigem Kochen aſpiriert. Die Gewichtszunahme des Kaliapparates gibt die Menge der Kohlenſäure an.

4. Alkohol. Zur Beſtimmung des Alkohols ſowie für die meiſten folgenden Beſtimmungen wird das Bier durch kräftiges Schütteln, am beſten in einem Kolben, der in Verbindung mit einer Vakuumpumpe ſteht, möglichſt von Kohlenſäure befreit. Ein vollſtändiges Austreiben der Kohlenſäure iſt auf dieſem Wege nicht möglich. Zur Beſtimmung des Alkohols im entkohlenſäuerten Bier wiegt man P Gramm (etwa 70—100) ab, neutraliſiert mit der vorher genau beſtimmten, zur Sättigung der freien Säuren (ſ. unten) nötigen Menge Normalnatronlauge und deſtilliert etwa zwei Drittel der Geſamtmenge ab. In dem Deſtillat, deſſen Gewicht man zu p Gramm ermittelt, beſtimmt man den Alkoholgehalt (ſ. Alkoholometrie) zu a Gewichtsprozenten. Der Alkoholgehalt des Bieres beträgt dann $A = \frac{p \cdot a}{P}$ Gewichtsprozente. Ueber indirekte Beſtimmung des Alkohols ſ. [11] und [12].

5. Extrakt. Beſſer und ſchneller als durch Eindampfen und Austrocknen einer abgewogenen Menge (10—20 g) bei 100° kommt man durch Extraktbeſtimmung auf indirektem Wege zum Ziele. Die Beſtimmung wird mit der Alkoholbeſtimmung verbunden. Man wiegt 100 ccm Bier von 15° in einem Kölbchen mit einer Marke im engen Hals genau ab, deſtilliert den Alkohol ab, füllt auf das urſprüngliche Gewicht auf und beſtimmt das ſpez. Gew. bei 17,5°, wenn man ihn nach Schultze-Oſtermann oder Ellion beſtimmen will [9]. Von dieſen gibt die von Schultze-Oſtermann die Maltoſe noch mit Kriſtallwaſſer, die von Ellion waſſerfreie Trockenſubſtanzen an.

6. Zucker. Die Beſtimmung des Zuckers geſchieht mit Fehlingſcher Löſung. Zur Darſtellung derſelben löſt man 34,630 g Kupfervitriol zu 500 ccm auf; anderſeits werden 163 g Seignettеſalz zu 400 ccm gelöſt und mit einer Natronlauge zu 500 ccm aufgefüllt, die 516 g Natriumhydroxyd im Liter enthält. Beide Löſungen werden getrennt aufbewahrt und vor dem Gebrauch zu gleichen Raumteilen gemiſcht. Von dieſer Fehlingſchen Löſung werden 10 ccm von 0,025 g Maltoſe reduziert. Zur Beſtimmung des Zuckers nach Reiſchauer bringt man in eine Anzahl Reagensgläſer, die man an einem Geſtell zuſammen in ein Waſſerbad tauchen kann, je 10 ccm des entkohlenſäuerten, auf das Zehnfache verdünnten Bieres und fügt den Gläschen der Reihe nach 1,20, 1,15, 1,10 u. ſ. w. Fehlingſcher Löſung zu. Die Gläschen werden 8 Minuten in ſiedendes Waſſer getaucht, ſo daß ſie ſo weit eintauchen, als ſie Flüſſigkeit enthalten. Zieht man ſie nach dieſer Zeit heraus, ſo ſieht man, daß einige noch blau ſind; dieſe

haben einen Ueberſchuß an Fehlingſcher Löſung erhalten. Von den Gläschen, bei denen eine blaue Farbe nicht mehr zu erkennen iſt, filtriert man eine Probe ab und erſetzt dieſe mit Eſſigſäure bis zur ſchwach ſauren Reaktion und mit einigen Tropfen Ferrocyankaliumlöſung. Eine braunrote Färbung reſp. Fällung zeigt einen Ueberſchuß von Kupfer, d. h. von Fehlingſcher Löſung an. Iſt z. B. bei 1 ccm Fehlingſcher Löſung noch unreduziertes Kupfer vorhanden, bei 0,95 dagegen nicht, ſo nimmt man an, daß die 10 ccm des verdünnten reſp. 1 ccm des nicht verdünnten Bieres 0,975 ccm $\left(\frac{1+0{,}95}{2}\right)$ Fehlingſcher Löſung reduzieren. Zur Reduktion von 10 ccm Fehlingſcher Löſung ſind demnach $\frac{1 \cdot 10}{0{,}975} = 10{,}25$ ccm Bier erforderlich, und in dieſen iſt 0,075 g Maltoſe enthalten. Daraus berechnet man durch Diviſion mit dem ſpezifiſchen Gewicht, in wieviel Gramm des Bieres 0,075 g Maltoſe enthalten ſind. Aus der ſo gefundenen Zahl (a) ergibt ſich, daß in 100 g Bier $\frac{0{,}075 \cdot 100}{a}$ g Maltoſe enthalten ſind. Ueber genauere Beſtimmung der Zuckerarten ſ. Malz.

7. Dextrin. Zur Beſtimmung der Dextrine werden 50 ccm Bier mit 20 ccm Salzſäure vom ſpez. Gew. 1,124 3 Stunden im Waſſerbade erhitzt, um die Dextrine in Dextroſe zu verwandeln. Die Flüſſigkeit wird abgekühlt, mit Natronlauge neutraliſiert und auf 1 l verdünnt. Nach dem Filtrieren wird die Dextroſe in derſelben Weiſe beſtimmt, wie oben für die Maltoſe angegeben. Jedoch werden in jedes Gläschen nur 5 ccm gefüllt. Für die Berechnung iſt zu beachten, daß 10 ccm Fehlingſcher Löſung von 0,05 g Dextroſe reduziert werden. Beim Kochen mit Salzſäure wird auch die Maltoſe in Dextroſe verwandelt, und zwar gibt ein Molekül Maltoſe ($C_{12}H_{22}O_{11} = 342$) zwei Moleküle Dextroſe ($2 \cdot C_6H_{12}O_6 = 360$). Es muß deshalb von der gefundenen Dextroſemenge nicht die nach 6 gefundene Maltoſemenge abgezogen werden, ſondern die um $\frac{360}{342} = \frac{20}{19}$ vermehrte. Da jedes Molekül Dextroſe ($C_6H_{12}O_6 = 180$) einem Molekül Dextrin ($C_6H_{10}O_5 = 162$) entſpricht, ſo erhält man aus der nach Abzug des Maltoſewertes übrigbleibenden Dextroſemenge das Dextrin durch Multiplikation mit $\frac{162}{180} = 0{,}9$.

8. Stickſtoffhaltige Subſtanzen. Dieſe werden am zweckmäßigſten nach der Kjeldahlſchen Methode beſtimmt. 20 ccm Bier werden in einem Kolben aus ſchwer ſchmelzbarem Glas von 800 ccm mit 20 ccm konzentrierter Schwefelſäure auf einem Drahtnetz zuerſt mit kleiner Flamme erhitzt, wobei ein Verluſt durch Spritzen durch Schrägſtellung des Kolbens vermieden wird. Wenn das Schäumen vorüber iſt, wird eine Meſſerſpitze Kupferoxyd zugeſetzt und nun ſtark erhitzt und regelmäßig im Sieden erhalten, bis die Flüſſigkeit nur noch ganz ſchwach gefärbt iſt. Dies tritt nach $^3/_4$—$1^1/_2$ Stunden ein. Hierdurch iſt der Stickſtoff in Ammoniak übergeführt. Nach dem Erkalten verdünnt man mit 200 ccm Waſſer, überſättigt mit Natronlauge, deſtilliert das dadurch freiwerdende Ammoniak durch Einleiten von Waſſerdampf in eine Vorlage, in der ſich 20 ccm Normalſchwefelſäure befinden, bis alles Ammoniak übergegangen iſt (ca. 1 Stunde). Dann titriert man die überſchüſſige Schwefelſäure mit Normalnatronlauge zurück. Die Zahl der zur Sättigung des Ammoniaks verbrauchten Kubikzentimeter gibt mit 0,014 multipliziert den Stickſtoffgehalt in 20 ccm, mit $5 \cdot 0{,}014 = 0{,}07$ in 100 ccm Bier. Daraus erhält man durch Diviſion mit dem ſpezifiſchen Gewicht den Stickſtoffgehalt in 100 g. Unter der allerdings nicht ganz zutreffenden Vorausſetzung, daß die ſtickſtoffhaltigen Subſtanzen im Bier aus Eiweißſtoffen beſtehen, berechnet man ſie durch Multiplikation des gefundenen Stickſtoffes mit 6,25.

9. Säuren. Zur Beſtimmung der Geſamtſäuren werden 100 ccm nach Erwärmung auf 40—50° zur Austreibung der Kohlenſäure ſo lange mit $^1/_{10}$ Normalkalilauge verſetzt, bis ein Tropfen weder rotes noch blaues Lackmuspapier verändert. Man drückt den Säuregehalt gewöhnlich als Milchſäure aus, die man erhält, indem man die verbrauchten Kubikzentimeter $^1/_{10}$ Normallauge mit 0,009 multipliziert. Zur Beſtimmung der Eſſigſäure werden 200 ccm mit etwas Phosphorſäure mit Waſſerdampf 2 Stunden deſtilliert. Das Deſtillat wird mit $^1/_{10}$ Normallauge titriert mit Phenolphthaloin als Indikator. Die Zahl der verbrauchten Kubikzentimeter wird mit 0,006 multipliziert.

10. Glyzerin. Zur Beſtimmung des Glyzerins werden 50 ccm Bier in einer Schale auf dem Waſſerbad erwärmt, bis die Kohlenſäure ausgetrieben iſt, dann mit 3 g Aetzkalk verſetzt, zum Sirup eingeengt und mit 10 g Marmor- oder Seeſand angerührt und ſo weit eingetrocknet, daß ſich die Maſſe von den Wandungen abtrennen läßt. Die Maſſe bringt man in eine Papierpatrone und zieht im Soxhletſchen Extraktionsapparat mit Alkohol aus. Der Alkohol wird abdeſtilliert, der Rückſtand mit 10 ccm abſolutem Alkohol aufgenommen, die Löſung in 3 Portionen unter ſtetigem Miſchen mit im ganzen 15 ccm Aether verſetzt, die klare Löſung abgegoſſen und verdampft. Den Rückſtand behandelt man in gleicher Weiſe mit Alkoholäther zum zweiten und dritten Male, verdampft die Löſung ſchließlich in einer tarierten Platinſchale zur Trockene, trocknet 1 Stunde im Waſſertrockenſchrank und wägt. Von der ſo als Glyzerin gewogenen Menge zieht man noch den durch Einäſchern beſtimmten Aſchengehalt ab.

11. Aſche. 50 ccm Bier werden in einer Platinſchale auf dem Waſſerbade verdampft, mit ſchwacher Flamme eingeäſchert und geglüht, bis die Aſche weiß geworden iſt.

12. Phosphorſäure. Zur Beſtimmung der Phosphorſäure wird die nach 11. hergeſtellte Aſche in Salpeterſäure gelöſt und filtriert. Das Filtrat wird mit Ammoniummolybdatlöſung verſetzt und 1—2 Stunden auf dem Waſſerbad auf 80—90° erhitzt. Der ausgeſchiedene gelbe Niederſchlag wird abfiltriert, mit Ammoniumnitratlöſung ausgewaſchen und in verdünntem Ammoniak gelöſt. Das aus der Löſung mit Magneſiamixtur ausgefällte Ammoniummagneſium-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

phosphat wird nach 2 Stunden abfiltriert, mit verdünntem Ammoniak ausgewaſchen und mit dem Filter veraſcht. Aus dem gefundenen Magneſiumpyrophosphat $Mg_2 P_2 O_7$ berechnet man den Gehalt an Phosphorſäure.

13. Urſprünglicher Extraktgehalt der Würze und Vergärungsgrad. In dem Maße, als Würzen vergären und dadurch ärmer an Extrakt und reicher an Alkohol werden, wird ihr ſpezifiſches Gewicht geringer; dieſe Verringerung bezeichnet man als Attenuation. Balling [12] bezeichnet den Extraktgehalt der Würze nach der Saccharometeranzeige bei 17,5° mit p, die Saccharometeranzeige des durch Schütteln möglichſt von Kohlenſäure befreiten Bieres m, die Saccharometeranzeige des entgeiſteten Bieres n und nannte: $p - m$ die ſcheinbare Attenuation, $\frac{p-m}{p}$ den ſcheinbaren Vergärungsgrad, $p - n$ die wirkliche Attenuation und $\frac{p-n}{p}$ den wirklichen Vergärungsgrad. Iſt jedoch der urſprüngliche Extraktgehalt der Würze nicht bekannt, ſo beſtimmt man ihn annähernd, indem man zu dem verdoppelten Alkoholgehalt (A) den Extraktgehalt (E) hinzuzählt. Genauer erhält man den Extraktgehalt der Stammwürze (e) nach der Gleichung: $e = \frac{100\,(E + 2{,}0665\,A)}{100 + 1{,}0665\,A}$. Daraus ergibt ſich dann der Vergärungsgrad: $v = 100\left(1 + \frac{E}{e}\right)$.

Für die Beurteilung von Bier iſt nach [18] folgendes zu beachten: Bier ſoll in der Regel klar ſein; namentlich iſt untergäriges trübes Bier zu beanſtanden, wenn die Trübung aus Bakterien oder wilden Hefen, größeren Mengen Stärke- oder Eiweißſtoffen beſteht. Der Extraktgehalt überſteigt gewöhnlich nicht die doppelte Zahl für den Alkohol. Der wirkliche Vergärungsgrad ſoll ungefähr die Hälfte des urſprünglichen Extraktes betragen. Auf Trockenſubſtanz berechnet iſt meiſt 0,4—0,5 % Stickſtoff und ebenſoviel Phosphorſäure vorhanden, Aſche in der Regel nicht über 0,3 %, ebenſo Glyzerin. Die Geſamtſäure (ausſchließlich Kohlenſäure) überſchreitet ſelten 3 ccm Normalalkali für 100 g Bier, flüchtige Säure iſt nur ſpurenweiſe vorhanden. Mittel zur Haltbarmachung, Hopfenerſatzſtoffe, Neutraliſationsmittel und künſtliche Färbung ſind unzuläſſig. Der Zuſatz von künſtlichen Süßſtoffen iſt verboten (Reichsgeſetz vom 6. Juli 1898). In Bayern, Baden und Württemberg ſind Malzerſatzſtoffe nicht geſtattet. Verfälſchungen kommen beim Bier ſelten vor. Ueber den Nachweis derſelben ſ. [9] und [18].

Literatur: [1] Fruwirth, Hopfenbau und Hopfenbehandlung, Berlin 1888. — [2] Thauſing, Theorie und Praxis der Malzbereitung und Bierfabrikation, Leipzig 1888. — [3] Muspratts Handbuch der techniſchen Chemie von Stohmann und Kerl, Braunſchweig 1888. — [4] Lintner, Lehrbuch der Bierbrauerei, Braunſchweig 1875. — [5] Berret, Die Bierbrauerei, Berlin 1881. — [6] Deutſcher Bierbrauer, Halle ſeit 1859. — [7] Wochenſchrift für Brauerei 1893, S. 823. — [8] Moritz und Morris, Handbuch der Brauwiſſenſchaft, deutſch von W. Windiſch, Berlin 1893. — [9] Koenig, Die menſchlichen Nahrungs- und Genußmittel, Berlin 1903/4. — [10] Zeitſchrift für das geſamte Brauweſen 1891, S. 213. — [11] Reiſchauer, C., Chemie des Bieres, bearbeitet von V. Grießmayer, Augsburg 1879. — [12] Balling, Die Gärungschemie, Prag 1865. — [13] Michel, Lehrbuch der Bierbrauerei, Augsburg 1900. — [14] Jahrbuch der Verſuchs- und Lehranſtalt für Brauerei in Berlin, Berlin 1898 u. f. — [15] Lindner, P., Mikroſkopiſche Betriebskontrolle in den Gärungsgewerben, 3. Aufl., Berlin 1903. — [16] Lindner, P., Atlas der mikroſkopiſchen Grundlagen der Gärungskunde, Berlin 1902. — [17] Schoenfeld, Die Herſtellung obergäriger Biere, Berlin 1901. — [18] Vereinbarungen zur einheitlichen Unterſuchung und Beurteilung von Nahrungs- und Genußmitteln, 3. Heft, Berlin 1902. — [19] Windiſch, Das chemiſche Laboratorium des Brauers, 5. Heft, Berlin 1902.

H. Herzfeld.

Biercouleur iſt eine dextrinhaltige, dicke Löſung von gebranntem Zucker (Caramel), welche wegen dieſes Dextringehaltes nur in Waſſer oder in ſchwach alkoholiſchen Flüſſigkeiten, z. B. Bier, klar löslich, in ſtark alkoholiſchen dagegen nicht vollkommen löslich iſt.

F. Reinitzer.

Bierdruckapparate (Bierpreſſionen) dienen dazu, während des Ausſchanks aus einem Faß einen möglichſt gleichmäßigen Druck auf dem Bier zu erhalten, der verhindert, daß die Kohlenſäure entweicht, eventuell auch dazu, das Bier vermittelſt des im Faß erzeugten Druckes nach einer höher gelegenen Ausſchankſtelle zu befördern. Der Druck wird entweder durch Kompreſſion von atmoſphäriſcher Luft oder Kohlenſäure erzeugt, und zwar wird in letzterem Falle wieder entweder gasförmige Kohlenſäure bereitet oder es wird flüſſige Kohlenſäure in kleinen Quantitäten expandiert.

Ein einfacher und vielfach gebräuchlicher Apparat iſt in Fig. 1 dargeſtellt, die gewöhnliche Bierpumpe zum direkten Zapfen aus dem Faß. Fig. 2 zeigt die Einrichtung einer größeren Luftdruckpreſſion; a iſt die Luftkompreſſionspumpe, befeſtigt an dem Luftkeſſel W, in dem mittels der Pumpe ein Druck von 1—1½ Atmoſphären erzeugt wird. Der Luftkeſſel ſteht durch Rohrleitung in Verbindung mit einem Faß im Keller, von dieſem aus

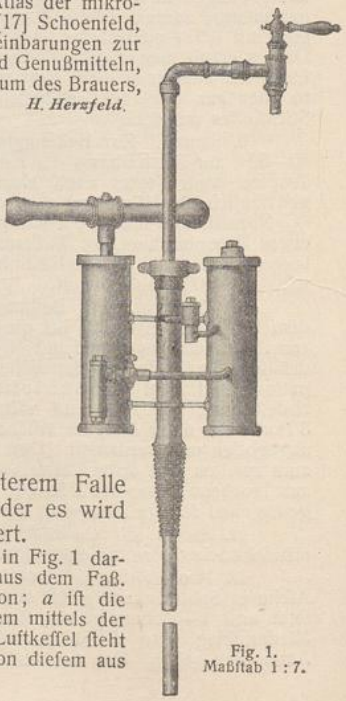


Fig. 1.
Maßſtab 1 : 7.

(an der tiefſten Stelle beginnend) geht eine Rohrleitung nach der Ausſchankſtelle, hier mit einem Zapfhahn verſchloſſen; öffnet man den letzteren, ſo treibt die im Luftkeſſel herrſchende höhere Spannung das Bier aus dem Faß zur Zapfſtelle. Das Saugrohr der Luftpumpe muß — nach polizeilicher Vorſchrift — ins Freie führen, ſo daß nur unverdorbene Luft mit dem Bier in Berührung kommt. Die Bierdruckapparate mit gasförmig erzeugter Kohlenſäure — die Bereitung der Kohlenſäure geſchieht durch Zuſammenbringen von Magneſia oder Kreide mit Salzſäure — haben weniger Verwendung gefunden; der Prozeß iſt umſtändlich, die Kohlenſäure nicht rein genug. Dagegen wird die flüſſige Kohlenſäure zu gleichem Zweck vielfach angewendet, ſeitdem deren Bezug in

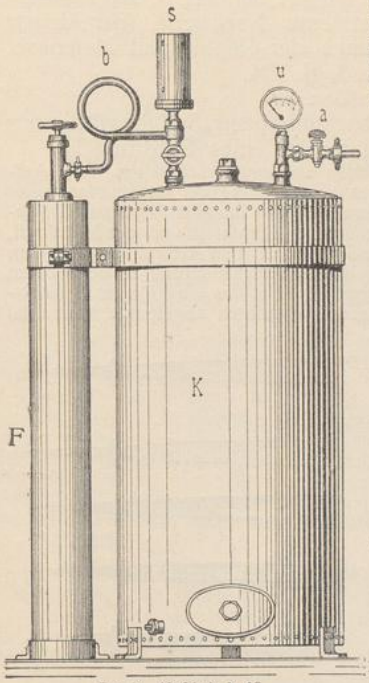


Fig. 3. Maßſtab 1 : 18.

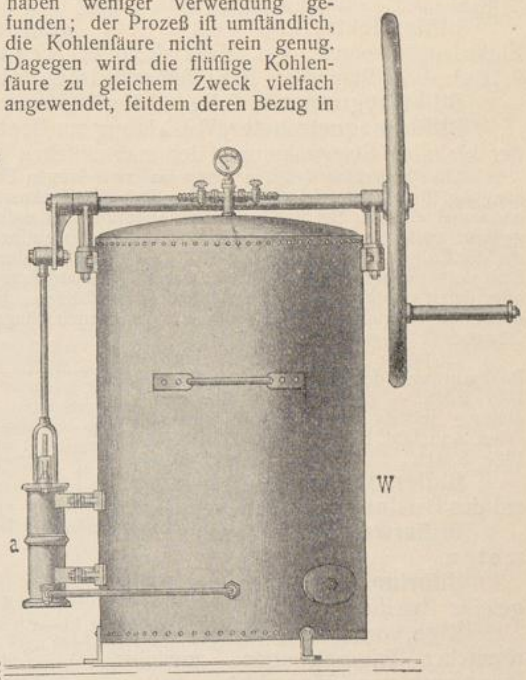


Fig. 2. Maßſtab 1 : 16.

ſtarken eiſernen Flaſchen in gefahrloſer und bequemer Weiſe ermöglicht iſt. Die Erzeugung der flüſſigen Kohlenſäure wird in großem Maßſtabe fabrikmäßig betrieben und zwar hauptſächlich unter Verwendung natürlicher Kohlenſäure, wie ſie z. B. in der Rheingegend vielfach anzutreffen iſt. Die Einrichtung eines Bierdruckapparates unter Verwendung flüſſiger Kohlenſäure iſt in Fig. 3 dargeſtellt; *F* iſt die Kohlenſäureflaſche, in der ſich die flüſſige Kohlenſäure unter einem Druck von ca. 50 Atmoſphären befindet. Die Flaſche hat oben ein beſonders konſtruiertes Ventil ſo eingerichtet, daß die Kohlenſäure tropfenweiſe herausgelaſſen werden kann; durch das Rohr *b* ſteht das Ventil in Verbindung mit dem Druckkeſſel *K*, in dem die Expanſion ſtattfindet; der Druckkeſſel iſt mit einem Sicherheitsventil *s*, Austrittshahn *a* und Manometer *u* verſehen; von *a* geht die Leitung nach dem Faß. Solideſte Ausführung aller Teile iſt bei dieſem Kohlenſäureapparat von größter Wichtigkeit, denn die geringſte Undichtigkeit kann durch Ausſtrömen der Kohlenſäure großen Schaden bringen. Die im Handel erhältlichen Flaſchen enthalten ca. 8 Kilo flüſſige Kohlenſäure und koſten (Flaſche ungerechnet) Mk. 16; es laſſen ſich damit ca. 20—30 hl Bier verſchenken. Zubehörteile zu den Bierdruckapparaten ſind: Keſſellufthähne, Doppelventile, Schenkhähne, Luftregulierungen, Verteiler, Schlammſammler, Stechhähne u. a. — Bezugsquellen: Sürther Maſchinenfabrik in Sürth a. Rh., Otto Fromme in Frankfurt a. M. u. ſ. w. *Blecken.*

Biergallen, ſ. v. w. Kühlgeläger, ſ. Bierbrauerei, S. 15.

Bierlack, ſ. Brauerlacke.

Bierſtein, ſ. Bierbrauerei, S. 15.

Bierwagen (Biertransportwagen), ſ. Eiſenbahnwagen.

Bifilaraufhängung, ſ. Aufhängung.

Bifilardynamometer (Bifilarwage, zweifädig aufgehängter Kraftmeſſer), jede Vorrichtung, die eine auf einen Körper wirkende Kraft ſo mit dem Gewicht des Körpers vergleicht, daß ſie aus dem Winkel, um den die erſtere Kraft den an zwei Fäden aufgehängten Körper aus ſeiner Gleichgewichtslage ablenkt, das Verhältnis der Kraft zum Körpergewicht zu berechnen geſtattet.

Beſonders nennt man Bifilardynamometer das von W. Weber [1] zur Prüfung des elektrodynamiſchen Grundgeſetzes verwendete Elektrodynamometer. Dasſelbe beſteht aus zwei Teilen, einer beweglichen Rolle mit einer großen Zahl Windungen eines dünnen umſponnenen Leitungs-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

drahts und einer feſten Rolle ſolchen Drahts, durch die derſelbe Strom oder verſchiedene Ströme geleitet werden. Die erſtere Rolle, die Bifilarrolle, iſt bifilar ſo aufgehängt, daß der Strom durch die Aufhängung zu- und fortgeleitet wird. Der Strom der letzteren, der Multiplikatorrolle, lenkt die erſtere aus ihrer Gleichgewichtslage (in der Ebene ſenkrecht zur Richtung der Deklinationsnadel) ab. Ueber Gebrauch und Theorie, ſowie über W. Webers Bifilargalvanometer vgl. [2].

Literatur: [1] Weber, W., Elektrodynam. Maßbeſtimmungen, Leipzig 1846, 1. Teil. — [2] Kohlrauſch, Leitfaden d. prakt. Phyſik, Leipzig 1892, S. 269, 271, 301, 323. *Aug. Schmidt.*

Bifilarelektroſkop von Beetz, Apparat zum Nachweiſe ſehr kleiner Elektrizitätsmengen; vgl. Müller-Pouillet, Lehrbuch der Phyſik und Meteorol., 9. Aufl., von Pfaundler, Braunſchweig 1890, Bd. 3, S. 124.

Bifilarhygrometer, ſ. Feuchtigkeitsmeſſer.

Bifilarmagnetometer, Vorrichtung zur Beobachtung bezw. Selbſtregiſtrierung der kleinſten Schwankungen der magnetiſchen Intenſität eines Erdortes [1].

Ein Magnetſtab liegt in einem an zwei langen Fäden hängenden Schiffchen. Die Aufhängung iſt ſo weit gedreht, daß der Stab ſich ſenkrecht zur Richtung der Deklinationsnadel horizontal einſtellt. Bei der kleinſten Aenderung der erdmagnetiſchen Intenſität wird das Gleichgewicht zwiſchen der aus dem Gewicht des Stabes entſpringenden Richtkraft und der Richtkraft, die der Erdmagnetismus auf den Stab ausübt, geſtört, der Stab ändert ſein Azimut, ein mit dem Stab verbundener Spiegel geſtattet, durch Spiegelableſung die Richtungsänderung zu beobachten oder durch photographiſches Verfahren zu regiſtrieren. Jetzt iſt mehr das Unifilarmagnetometer im Gebrauch, eine an tordiertem Quarzfaden hängende, oſtweſtlich abgelenkte horizontal ſchwebende Magnetnadel mit Spiegel.

Literatur: [1] Gauß, Reſultate aus den Beobachtungen des magnet. Vereins, Göttingen 1837, Bd. 2. — [2] Kohlrauſch, F., Abſolute Meſſung mittels bifilarer Aufhängung, in Wied. Ann., Bd. 17, 1882, S. 787, und Bd. 22, 1884, S. 411. *Aug. Schmidt.*

Bifilarrolle, beweglicher Beſtandteil des Bifilardynamometers (ſ. d.).

Bifilarwage, ſ. Bifilardynamometer.

Biforium, das durch eine Säule geteilte Zweilichtenfenſter.

Biga, von zwei Pferden gezogener römiſcher Triumphwagen, zuweilen Bekrönung von Triumphbögen. S. a. Triga und Quadriga.

Bild, ſ. Auge.

Bildebene, ſ. Axonometrie, Projektionslehre.

Bildergalerie, ſ. Gemäldegalerien.

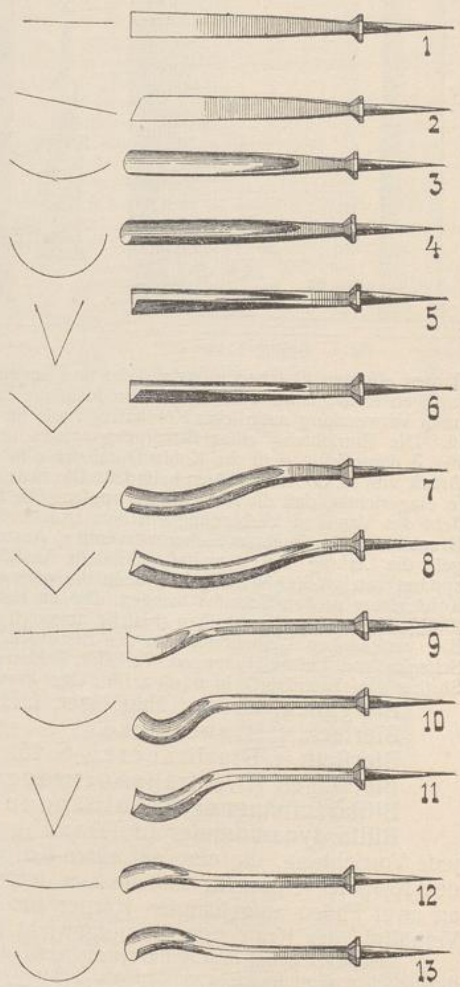
Bilderkapitäl, ein mit figuralen Skulpturen verſehenes Kapitäl, das namentlich im romaniſchen Stil anzutreffen iſt.

Bilderſchrift, Schrift, bei der ſchematiſch gezeichnete Darſtellungen verſchiedenſter Objekte die Stelle von Buchſtaben einnehmen. Die ausgebildetſte Bilderſchrift (Hieroglyphen) des Altertums hatten die Aegypter.

Bildgießerei (Kunſtgießerei), ſ. Statuenguß.

Bildhauerakademie, Lehranſtalt für Ausführung von Kunſtwerken in plaſtiſcher Darſtellung aus weichem oder hartem Stoffe.

Als Lehrmittel dienen: das lebende Modell, ſowie Auswahl erſter Meiſterwerke alter und neuer Zeit in guten Gipsabgüſſen. — Das Gebäude einer ſolchen Anſtalt muß enthalten: im Erdgeſchoſſe Räume für Bildhauer-



Zu: Bildhauereifen. Fig. 1—13.

ateliers mit hohem Seitenlicht (Nordlicht) und die Verwaltung; im Obergeſchoß: Oberlichtſäle zur Aufſtellung von Bildwerken (Sammlungen) und zu Lehrzwecken. Uebrigens wird eine Bildhauerakademie ſelten für ſich allein beſtehen, ſondern Teil einer Kunſtakademie (ſ. d.) ſein.

Literatur: [1] Handbuch der Architektur, IV. Teil, 6. Halbband, Heft 3. — [2] Baukunde des Architekten, Bd. 2, 2. Aufl. *Weinbrenner.*

Bildhauereifen, meißelartige Werkzeuge der Bildhauer zur Holzbearbeitung, werden durch Handdruck zum Stechen oder durch Schlag mit einem Hammer oder Schlegel zum Stemmen verwendet.

Sie unterſcheiden ſich durch die Form der Klinge und Schneide. Fig. 1 und 2 ſind Flacheiſen; dasjenige mit ſchräger Schneide heißt Balleiſen. Fig. 3 und 4 ſind Hohleiſen oder Hohlbohrer, Fig. 5 und 6 Geißfüße, Fig. 7 und 8 gekrümmte Eiſen, Fig. 9—11 aufgeworfene und Fig. 12 und 13 übergeworfene Eiſen; vgl. Beitel. *Dalchow.*

Bildmeßkunſt, ſ. Phototachymetrie.

Bildſäule (Statue, Standbild), eine plaſtiſche Darſtellung der menſchlichen Geſtalt in voller Skulptur. Zuweilen werden auch Tiere in ganzer Plaſtik reproduziert und dann Tierſtatuen genannt.

Das Material der Bildſäule kann ein ſehr verſchiedenes ſein; am gebräuchlichſten ſind: Ton, Gips, Holz, Metall oder Stein. Iſt die betreffende Perſönlichkeit ſtehend dargeſtellt, ſo nennt man die Skulptur eine Pedeſterſtatue, iſt ſie reitend wiedergegeben, eine Equeſterſtatue. Bildſäulen pflegt man nicht unmittelbar auf den Erdboden, ſondern ſtets auf einem Poſtamente aufzuſtellen, wodurch zugleich die zu verewigende Perſon über das Niveau des gewöhnlichen Lebens erhoben und dadurch geehrt wird. Bildſäulen können als ſelbſtändige Kunſtobjekte auftreten, ſo namentlich als Zierde öffentlicher Plätze, und dann erſcheint in der Regel auch das Poſtament beſonders ausgezeichnet und zumeiſt mit weiteren Skulpturen geſchmückt; am häufigſten kommen in dieſer Beziehung allegoriſche Darſtellungen der guten Eigenſchaften der zu ehrenden Perſönlichkeit vor oder Reliefdarſtellungen, die Szenen aus ihrem Leben wiedergeben. Bei allen Bildſäulen iſt eine paſſende Umgebung von großer Wichtigkeit. Sehr große Plätze ſind meiſt recht ungeeignet, da die Statue auf dieſen zu ſehr verſchwindet. Viel günſtiger ſind kleine Plätze, die einen paſſenden Hintergrund bieten. Außerdem kann die Bildſäule in unmittelbarer Verbindung mit der Architektur auftreten, ſo namentlich in Niſchen, auf Poſtamenten, auf einem abſchließenden Brüſtungsgeländer oder auf Konſolen ſtehend u. ſ. w.

Bildſtein, ſ. Talk.

Bildungsenergie, freie, die maximale Arbeit, die bei der Bildung einer Verbindung aus ihren Elementen gewonnen werden kann.

Sie ſteht zu der Bildungswärme (ſ. d.) in demſelben Verhältnis, wie im allgemeinen die „freie Energie“ zur „Geſamtenergie“. Den Meſſungen ſind hier wie dort nur die Aenderungen dieſer Größen zugänglich, wenn man nicht, wie es gewöhnlich geſchieht, als willkürlichen Nullpunkt die freie Bildungsenergie der Elemente annimmt. Die Auswertung der freien Bildungsenergie iſt möglich, wo ſich die Bildung oder Zerlegung einer Verbindung iſotherm und umkehrbar ausführen läßt. Sie ergibt ſich daher z. B. gleich der elektromotoriſchen Kraft, die zur Herbeiführung bezw. Hemmung chemiſcher Reaktionen auf elektriſchem Wege erfordert wird; ſo vollzieht ſich im Daniell-Element die Abſcheidung von Kupfer und gleichzeitige Auflöſung von Zink ($Zn + Cu\,SO_4 = ZnSO_4 + Cu$) mit einer Kraftproduktion von 1,1 Volt und kann durch etwas mehr wie 1,1 Volt rückgängig gemacht werden. Die freie Bildungsenergie von Cu aus $CuSO_4$ und Zn iſt daher in elektriſchem Maß gleich 1,1 Volt. Auch die Beſtimmung der Gleichgewichtskonzentrationen, zu denen eine Reaktion führt, ergibt ein Maß der freien Bildungsenergie der Reaktionsprodukte: nach van't Hoff iſt nämlich dieſe Energie gleich $RT\ln K$, wenn R die Gaskonſtante, T die abſolute Temperatur und K die aus den Gleichgewichtskonzentrationen ſich ergebende Gleichgewichtskonſtante bedeutet.

Literatur: van't Hoff-Cohen, Studien zur chemiſchen Dynamik; Nernſt, Theoretiſche Chemie, 4. Aufl., Stuttgart 1904. *Abegg.*

Bildungswärme einer chemiſchen Verbindung iſt die Wärmemenge, die bei ihrem Entſtehen aus den Elementen nach außen frei wird, vorausgeſetzt, daß außer Wärme keine andre Energie bei dem Prozeß erzeugt wird.

Zur Ermittlung derſelben iſt es nicht notwendig, daß man die betreffende Verbindung unmittelbar aus ihren Elementen erzeugt, ſondern man kann ſie durch die Wechſelwirkung irgendwelcher andern Verbindungen darſtellen, wenn man deren Bildungswärmen zu der betreffenden Reaktionswärme addiert und von dieſer Geſamtwärme die Bildungswärme etwaiger andrer Stoffe abzieht, die bei dieſer Reaktion neben der geſuchten Verbindung ſich bilden.

So iſt z. B. die Bildungswärme von $PbSO_4$, die nach thermochemiſcher Bezeichnung in Kalorien *(Cal)* ausgedrückt wird:

$(PbSO_4 - Pb, S, O_4)\,Cal = (PbO - Pb, O)\,Cal + (SO_3 - S, O_3)\,Cal + (PbSO_4 - PbO, SO_3)\,Cal$

ermittelt aus der Reaktion $PbO + SO_3 = PbSO_4$. Aus der Reaktion $PbO + H_2SO_4 = PbSO_4 + H_2O$ würde ſich dieſelbe Größe folgendermaßen berechnen:

$$(PbSO_4 - Pb, S, O_4)\,Cal = (PbO - Pb, O)\,Cal + (H_2SO_4 - H_2S, O_4)\,Cal$$
$$+ (PbSO_4 + H_2O - PbO, H_2SO_4)\,Cal - (H_2, O - H_2, O)\,Cal.$$

Welche Reaktion man zur Ermittlung einer Bildungswärme wählt, iſt gleichgültig, da die Energiedifferenz zwiſchen unverbundenen und verbundenen Atomen nach dem erſten Hauptſatz der Energetik unabhängig von dem Weg iſt, auf dem man die Verbindung herbeiführt, das iſt

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

die Reaktion, die zu ihrer Entſtehung Anlaß gibt. Sonach iſt auch die Differenz der Bildungswärmen der auf der rechten und linken Seite einer Reaktionsgleichung ſtehenden Stoffe gleich der Reaktionswärme. Einige Bildungswärmen, für das Formelgewicht der Subſtanzen gerechnet, ſind:

Reaktion	Cal.	Bemerkung	Reaktion	Cal.	Bemerkung
$H_2O - H_2, O$	+ 67500	H_2O flüſſig	$NH_3 - N, H_3$	+ 12000	—
$CO_2 - C, O_2$	+ 94300	C Diamant	$NO - N, O$	− 21600	—
$CO - C, O$	+ 26600	C Diamant	$NO_2 - N, O_2$	− 7700	NO_2 diſſoziiert
$SO_2 - S, O_2$	+ 71100	S rhomb. Schwefel	$N_2O_4 - N_2, O_4$	− 2600	N_2O_4 undiſſoziiert
$HF - H, F$	+ 38600	F gasförmig	$KF - K, F$	+ 109500	—
$HCl - H, Cl$	+ 22000	Cl „	$KCl - K, Cl$	+ 105600	—
$HBr - H, Br$	+ 8400	Br flüſſig	$KBr - K, Br$	+ 95300	—
$HJ - H, J$	− 6100	J feſt	$KJ - K, J$	+ 80100	—

Die Bildungswärmen ſind mit der Temperatur veränderlich, wenn die ſpezifiſche Wärme der Verbindung nicht gleich der Summe derer der Elemente iſt, wie ein bekannter Satz der Thermodynamik beſagt; ſpeziellere Regelmäßigkeiten ſind nicht bekannt.

Literatur: Thomſen, Thermochemiſche Unterſuchungen, Leipzig 1882—86; Oſtwald, Lehrbuch der allgemeinen Chemie, 2. Aufl., Leipzig 1903. *Abegg.*

Bildweite, bei Linſenbildern der Abſtand des Bildes von der Linſe, gemeſſen auf der optiſchen Achſe der Linſe.

Iſt D der Abſtand des Objektes von der Linſe (Gegenſtand-, Objektweite), deren Brennweite f iſt, ſo iſt nach der allgemeinen Linſenformel $\frac{1}{D} + \frac{1}{d} = \frac{1}{f}$, die Bildweite $d = f\frac{D}{D-f}$; iſt z. B. D unendlich groß oder ſehr groß, ſo wird $d = f$, d. h. die Bildweite iſt gleich der Brennweite. Näheres ſowie Literatur ſ. Linſe. *Reinhertz.*

Bildwerk, die Geſamtheit des bildneriſchen Schmuckes eines Bauwerkes.

Bilge, der am tiefſten gelegene Teil des Schiffsraumes, in dem ſich Leck- bezw. Schwitzwaſſer, das Bilgewaſſer, ſammelt. Bei Schiffen ohne Innenboden liegt daher die Bilge über dem Kiel, bei Schiffen mit Doppelboden unmittelbar über dem Innenboden. Zur Entfernung des Bilgewaſſers dient die Bilgepumpe. Ueber den Einfluß des Bilgewaſſers auf die Stabilität des Schiffes ſ. Stabilität. Vgl. a. Drainageeinrichtung. *T. Schwarz.*

Bilinear, ſ. v. w. linear (d. h. vom erſten Grade) in bezug auf jede von zwei beliebigen Größen oder zwei Reihen von ſolchen.

Z. B. iſt $axy + bx + cy + d = 0$ eine bilineare Gleichung für die Unbekannten x und y,

$$\begin{aligned} &a_{00} + a_{10}x_1 + a_{20}x_2 \\ &+ a_{01}y_1 + a_{11}x_1y_1 + a_{21}x_2y_1 \\ &+ a_{02}y_2 + a_{12}x_1y_2 + a_{22}x_2y_2 \end{aligned}$$

der allgemeinſte bilineare Ausdruck mit zwei Reihen von je zwei Veränderlichen x_1, x_2 und y_1, y_2. *Mehmke.*

Bilirubin (Gallenrot), ein rotbrauner Gallenfarbſtoff (ſ. Galle) von der Zuſammenſetzung $C_{16}H_{18}N_2O_3$.

Das Bilirubin iſt ein lebhaft rotes Pulver, oder es erſcheint kriſtalliſiert in mikroſkopiſchen, deutlich ausgebildeten rhombiſchen Tafeln. Es beſitzt ein bedeutendes Färbevermögen und verhält ſich wie eine Säure, indem es mit Alkalien tief orange gefärbte, lösliche, mit den Erdalkalien unlösliche Salze bildet, die einen Beſtandteil der Gallenſteine ausmachen. Durch Oxydation entſtehen aus dem Bilirubin eine Anzahl von Farbſtoffen, von denen das Biliverdin ſich iſolieren läßt. *Bujard.*

Biliverdin (Gallengrün), ein grüner Gallenfarbſtoff (ſ. Galle), der aus dem Bilirubin (ſ. d.) unter dem Einfluſſe von Säuren oder Alkalien durch Oxydation entſteht, die Zuſammenſetzung $C_{16}H_{18}N_2O_4$ beſitzt und in Alkohol mit ſchöner und intenſiv grüner Farbe leicht löslich iſt. *Bujard.*

Billett, Billettausgabe, Billettreviſion, ſ. Eiſenbahnfahrkarten und Eiſenbahnverkehr.

Billettdruckmaſchinen, ſ. Eiſenbahnfahrkarten.

Billon, ſ. Silberlegierungen.

Bimsſtein, ein hochgradig poröſer, ſchaumiger Obſidian (ſ. Gläſer, natürliche), der in dem bekannteſten Fundort (Lipari) tatſächlich mit dem Obſidian aufs engſte verbunden iſt.

Seiner Natur nach iſt er alſo eine bei der Eruption der Lava oder des Vulkans ſchaumig aufgetriebene Glasmaſſe (oft ſind es auch vom Wind weit fortgetragene Auswürflinge des Vulkans), deren chemiſche Beſchaffenheit den kieſelſäurereichſten jüngeren Geſteinen (Lipariten und Trachyten) entſpricht. Der im Handel befindliche Bimsſtein von Lipari iſt lichtgrau bis weiß, hat Seidenglanz, iſt fein- und geradfaſerig und enthält vereinzelte Einſprenglinge von Feldſpat (Sanidin) und Magnetit; er beſteht aus 73,70 % SiO_2, 12,27 Al_2O_3, 2,31 Fe_2O_3, 0,29 MgO, 4,73 K_2O,

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

4,25 Na_2O, 1,22 H_2O. Das ſpez. Gew. der Glasmaſſe iſt dasjenige des Obſidians = 2,377 beim Bimsſtein von Capo di Caſtagno (Lipari), das Raumgewicht dagegen durch die vielen Hohlräume ſo gering (0,914—0,4), daß Bimsſtein auf dem Waſſer ſchwimmt. Er ſchmilzt vor dem Lötrohr.

Der Bimsſtein wird zum Abſchleifen von Metall, Bein, Marmor und beſonders von Holz gebraucht, oder er wird als Pulver zur Herſtellung von Bimsſteinpapier oder -leinwand verwendet. Wo er in großen Maſſen vorkommt, dient er als Bauſtein; er nimmt Mörtel leicht an und gibt ſehr leichtes, feſtes und wegen ſeiner ſchlechten Wärmeleitung Hitze und Kälte minderndes Mauerwerk. Die am Niederrhein die Oberfläche des Neuwieder Beckens und die Umgebung des Laacher Sees vielfach bedeckenden Bimsſteinrapilli (lockere Anhäufungen von Bimsſteinbrocken) werden mit Kalkmilch verſetzt und in großen Maſſen zu Schwemmſteinen verarbeitet (Weißenturm bei Neuwied). Auch zur Betonherſtellung und als Iſoliermaterial für Kellerräume wird er benutzt.

Literatur: Zirkel, Lehrbuch der Petrographie, 2. Aufl., Leipzig 1894, Bd. 2. *Leppla.*

Bimsſteine, künſtliche, kommen in regelmäßigen Stücken (vierſeitigen abgeſtutzten Pyramiden) von verſchiedener Größe, Feinheit (Korn) und Härte in den Handel und dienen hauptſächlich in der Tiſchlerei zum Abſchleifen von Holz und im Anſtreicher- und Lackierergewerbe zum Ab- und Glattſchleifen von Verkittungen und Anſtrichen.

Sie werden ihrer handlichen Form und ihrer Reinheit wegen (ſie enthalten nur gleichartiges Material und keine Sandkörner oder Steine), wenngleich ſie weniger ſcharf angreifen, den natürlichen Bimsſteinen vorgezogen. Die künſtlichen Bimsſteine beſtehen teils aus natürlichem gepulverten Bimsſtein, der mit Bindemitteln wie Waſſerglas, Magneſiazement, Leimlöſung u. ſ. w. zu einem Teig angemacht, in Formen gepreßt und dann bei einer höheren oder niedreren Temperatur getrocknet werden, teils aus ſolchen Materialien, die, im Feuer gebrannt, zu einer poröſen, bimsſteinartigen Maſſe zuſammenſintern. Man glüht Quarzſand, miſcht ihn mit gebranntem oder gepochtem Ton, mahlt das Ganze zu feinem Pulver und bringt die in tönernen Kapſeln geformten Maſſen in den Brennofen, wo ſie zu einer harten, poröſen Maſſe zuſammenbacken. Die Verwendung der Steine iſt verſchieden, naß oder trocken; zum Schleifen von Holz taucht man dieſelben zuerſt in Salzwaſſer, und dann wird erſt mit Oel oder Unſchlitt geſchliffen. Auch zum Trockenſchleifen von Holz werden ſie angewendet; zum Abſchleifen von Verkittungen und Anſtrichen kann naß oder trocken geſchliffen werden. Die Worbesſchen Holzſchleifſteine ſind ein ähnliches Fabrikat wie die künſtlichen Bimsſteine, in ihrer Maſſe feiner und beſtehen aus feinſt gemahlenem Bimsſtein, der mit Leim angemacht und dann geformt und getrocknet wird. Dieſe fertig geformten Steine werden nicht in der Wärme getrocknet, weil ſich ſonſt der Leim an die Oberfläche zieht und dieſe zu hart wird. Scheuerſteine nennt Tukett eine in den Handel gebrachte künſtliche Bimsſteinmaſſe, die durch Vermiſchen von ſcharfem Sand und Steingrieß mit Zement, gebranntem Kalk und Waſſer und Preſſen der Miſchung in Formen hergeſtellt wird. *Andés.*

Bimsſteinkonglomerat und -tuff wird eine aus ausgeworfenen oder verſchwemmten Bimsſteinſtücken, -geröllen u. ſ. w. beſtehende Ablagerung genannt, die in der Regel eine helle Farbe beſitzt und die Natur der einzelnen Geſteinsſtücke erkennen läßt.

Häufig ſind Brocken von dem Bimsſtein naheſtehenden Geſteinen (Liparit, Trachyt, Obſidian u. ſ. w.) beigemengt. Ein Bindemittel fehlt in der Regel, oder es wird durch fein zerriebenes erdiges Material gleicher Abſtammung eine Art Kitt zwiſchen den gröberen Bimsſteinbrocken hergeſtellt. Selten iſt ein glaſiger Zement vorhanden. Die zu Schwemmſtein verarbeiteten Bimsſteinanhäufungen des Neuwieder Beckens entbehren eines Bindemittels. Solche Geſteine werden in der Umgebung von Vulkanen mit trachytiſchen und rhyolitiſchen Eruptivgeſteinen gebildet (Phlegräiſche Felder, Liparíſche Inſeln, Neuwieder Becken), indem ſie teils als unmittelbares Auswurfsmaterial einen weiten Umkreis der Auswurfsſtelle bedecken oder in manchen Fällen wieder vom Waſſer nachträglich in Schichten umgelagert wurden. Als Bimsſteintuffe werden die mehr verfeſtigten, gebundenen, ſchichtenartigen Anhäufungen von ſandigen oder ſtaubartigen Bimsſteinteilchen bezeichnet. Sie haben meiſt eine erdige und weiche Beſchaffenheit und eine hellgelbliche oder hellgraue Farbe (vgl. Bimsſtein). *Leppla.*

Bimsſteinleinwand, ein leichtes Gewebe (meiſt Baumwolle), mit Leimlöſung überſtrichen und mit Bimsſteinpulver verſchiedener Feinheit überſtreut, dient wie Glas- und Schmirgelleinwand als Schleif- und Putzmittel. *Andés.*

Bimsſteinpapier, feſtes Papier, mit Leimlöſung beſtrichen, mit Bimsſteinpulver beſtreut, dient als Schleif- und Putzmittel für Holz und Metalle. Kommt wie Glaspapier in einzelnen Bogen oder auch in Rollen im Handel vor.

Bimsſteinpulver, während des Transportes abgeriebenes oder durch Mahlen hergeſtelltes Pulver natürlicher Bimsſteine; es muß geſiebt, eventuell geſchlämmt werden, wenn es beim Schleifen und Putzen nicht tiefe Riſſe verurſachen und die Arbeit verderben ſoll. *Andés.*

Bimsſteinſeife, zuerſt in Frankreich dargeſtellt, mit feingemahlenem Bimsſtein vermiſchte harte Seife, als Putz- und Reinigungsmittel dienend.

Ihrem äußeren Anſehen nach iſt ſie glatt und fein, fühlt ſich wie gewöhnliche Seife an, und die Gegenwart des Bimsſteins iſt erſt beim Waſchen zu erkennen; die Seife, die ſtatt Schaum

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

einen fetten Schlamm bildet, reinigt außerordentlich ſchnell und erteilt auch, zum Waſchen der Hände benutzt, der Haut eine feine Glätte. Bimsſteinſeifen enthalten zwiſchen 19 und 26 % Bimsſteinpulver und werden verſchieden gefärbt. *Andés.*

Bimsſteintuff, ſ. Bimsſteinkonglomerat.

Binär, ſ. Form.

Bind, ſ. v. w. Gebinde, ſ. Garn.

Bindekraft, des Mörtels u. ſ. w., ſ. Mörtelprüfung.

Bindelinien, Meſſungslinien, deren Lage im Liniennetz dadurch beſtimmt iſt, daß ihre Endpunkte (Bindepunkte) auf feſtliegenden Linien eingemeſſen ſind. Weiteres ſ. Anbinden, Liniennetz, Stückvermeſſung. *Reinhertz.*

Bindemäher, ſ. Mähmaſchine.

Bindemittel, hydrauliſche, ſ. Mörtelprüfung.

Bindepunkte, ſ. Bindelinien.

Binder (Strecker), ein Stein, der mit ſeiner Breite parallel zur Längenausdehnung der Mauer liegt, alſo ſeiner Länge nach in die Mauer einbindet.

Binderbarte, ſ. Beil, Böttcherei.

Bindergeſpärre, ſ. Dachſtuhl.

Bindermeſſer, einſeitig zugeſchärftes, nach Form und Größe zwiſchen Beil und Hackmeſſer ſtehendes Werkzeug der Böttcher. *Dalchow.*

Binderſchicht, eine nur Binder (ſ. d.) enthaltende Mauerſchicht.

Binderſtiele, ſ. Dachſtuhl.

Binderverband. Bei dieſem Verbande, der bei ſtärkeren Mauern im Feſtungsbau, ferner bei Verblendungen verwendbar iſt, laufen alle Stoßflächen der einzelnen Schichten durch die ganze Mauer hindurch. Sämtliche Steine überbinden ſich in den Schichten nur um $^1/_4$-Stein. Die Abtreppung iſt eine gleichmäßige, ebenſo die Verzahnung, wie dies Fig. 1 für eine 1 Stein ſtarke

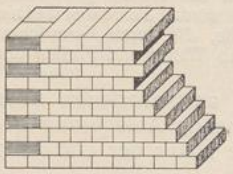


Fig. 1.

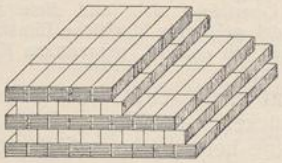


Fig. 4.

Fig. 2.

Fig. 3.

Mauer zeigt. Die Endigung der Mauer kann durch Einſchaltung von Längsquartieren (ſ. Fig. 2 und 3) oder beſſer durch Dreiquartiere erfolgen (ſ. Fig. 1). Bei Verblendungen und bei dickeren Mauern werden auch in der Geſichtsfläche in den Schichten abwechſelnd beſſer Dreiquartiere verwendet (ſ. Fig. 4). S. a. Verblendmauerwerk.

Literatur: ſ. Backſteinverband. *Lt v. Willmann.*

Bindungen (Bindungsarten), ſ. Weberei.

Binge (auch Pinge) oder Tagebruch, eine trichterförmige, wohl auch grabenähnliche Vertiefung an der Erdoberfläche, die durch das Zuſammenbrechen bergmänniſcher Baue entſtanden iſt.

Beim Gangbergbau finden ſich gewöhnlich Bingenzüge, d. h. eine Anzahl von Bingen in der Richtung des Ausſtreichens der Gänge; bekannt ſind die großen Bingen zu Altenberg und Geyer im ſächſiſchen Erzgebirge, welche die Folgen des ausgedehnten Bergbaues auf den dortigen Zinnerzſtockwerken ſind; die erſtere iſt elliptiſch, hat etwa 250 m größten oberen Durchmeſſer und bis 80 m Tiefe. Beim nordweſtböhmiſchen Braunkohlenbergbau werden große Flächen mit Tagebrüchen bedeckt, deren Einebnung zum Zweck der Wiederbewirtſchaftung bedeutenden Aufwand erfordert. Als Spuren früher ſtattgehabten Bergbaubetriebes verdienen die Bingen bei der Unterſuchung einer Gegend auf das Vorkommen nutzbarer Mineralien beſondere Beachtung; doch dürfen ſie nicht verwechſelt werden mit den in manchen Gegenden häufigen Erdfällen, die durch den Zuſammenbruch natürlicher Höhlen entſtehen. Im Mansfeldſchen ſind aus vorgeſchichtlicher Zeit viele Erdfälle bekannt, die großartigſten Beiſpiele ſind die Dolinen des Karſtes. *Treptow.*

Bingenbau, eine einfache bergmänniſche Abbauweiſe (ſ. Abbau) zutage anſtehender ſtockförmiger Lagerſtätten, bei der an der Oberfläche keſſelförmige Vertiefungen, Bingen oder Pingen genannt, hergeſtellt werden.

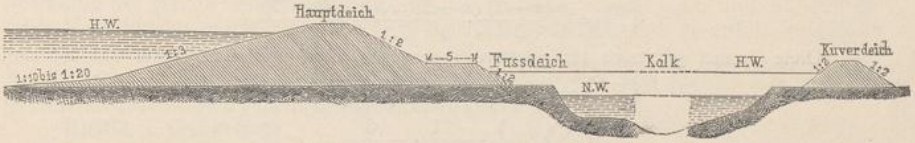
UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Kommen bei beträchtlicherer Größe einer Binge die Wandungen (Stöße) ins Rutſchen und bricht hierdurch Deckgebirge oder Nebengeſtein herein, ſo wird dieſelbe verlaſſen und in einiger Entfernung eine neue angelegt. Bei größerer Tiefe werden am Rande der Binge Anlagen zur Förderung auf geneigten Ebenen errichtet. Das bekannteſte Beiſpiel eines großartigen Bingenbaues iſt der Diamantbergbau zu Kimberley in Südafrika im erſten Abſchnitt ſeiner Entwicklung, ehe zum Tiefbau übergegangen wurde. *Treptow.*

Bingſcher Kreiswinkel, ſ. Zeichnen, techniſches.

Binnen, ſeemänniſche Bezeichnung für innen, wie z. B. Binnenſteven, Binnenklüver.

Binnenberme, ein 2—6 m breiter Streifen an der Binnenſeite größerer Deiche, welcher in der Regel ein Zubehör des Deiches bildet, um dieſen bei hohem Außenwaſſer ſicher zugänglich zu machen.



Die Binnenberme wird häufig zur Anlage eines öffentlichen Weges benutzt, während ſie ſonſt einen Wieſen- oder Weideſtreifen bildet, der nicht in andrer Weiſe landwirtſchaftlich beſtellt werden darf (vgl. Fig. 1 und 3 zu dem Art. Außenberme). Häufig wird die Binnenberme auch als niedriger Vordamm ausgebildet, welcher 1—2 m über dem Binnenlande liegt. Er führt dann den Namen Fußdeich und wird angelegt, um das Durchquellen von Waſſer durch den Deichkörper zu erſchweren, was bei der Verwendung von ſandigem Deichbaumaterial zu befürchten iſt. Ein ſolcher Fußdeich iſt ferner da am Platze, wo der Deich nach einem Durchbruch als Auslage wiederhergeſtellt wurde, weil der dicht daneben liegende Kolk das Durchdringen von Quell- oder Qualmwaſſer und damit das Eintreten von Abrutſchungen befördert. Zweckmäßig wird der Fußdeich in dieſem Falle mit einem ſogenannten Kuverdeich in Verbindung gebracht, welcher den Kolk ringartig umſchließt. Dadurch hindert er den Eintritt des Quellwaſſers in das Binnenland und vermindert infolge des anſteigenden Waſſerſpiegels auf der Binnenſeite auch die Druckhöhe und damit das Durchquellen ſelbſt. (Vgl. die Figur ſowie Auslage und Kuverdeich). *Frühling.*

Binnendeich. Binnendeiche ſind Querdeiche, welche eine größere eingedeichte Fläche der beſſeren Entwäſſerung oder der größeren Sicherheit wegen in einzelne Abteilungen zerlegen. Weit ausgedehnte Abwäſſerungsverbände würden ohne Querdeiche den Nachteil haben, daß ſich bei Unterbrechung der Ablaufzeiten des Siels das Waſſer in dem tiefſten Teile der Marſch zu ſehr anſammelt und Ueberſchwemmungen hervorruft. Dieſer Uebelſtand läßt ſich durch die Anordnung von Querdeichen mit beſonderen Schleuſen vermeiden; dieſe Schleuſen dürfen nur geöffnet werden, wenn das Waſſer an ihrer Unterſeite bis zu einer beſtimmten Grenze abgeſunken iſt. *Frühling.*

Binnenfleeth (Binnentief), der Sammelgraben der Binnengewäſſer und Kanäle, die einen Polder zu entwäſſern beſtimmt ſind.

Es liegt dicht vor dem Siel, der deſſen Waſſer bei Ebbe durch den Deich ins Meer oder in einen Waſſerlauf abführen ſoll. Somit muß es breit und tief genug ſein, um während der Dauer der Flut, während welcher der Abfluß durch die Siele unmöglich iſt, alle Waſſer aufzunehmen, ohne das nächſte Land zu überſchwemmen. Bei Ländereien, die ſich ſogar bei Ebbe mit Hilfe eines Sieles nicht entwäſſern laſſen, dient dasſelbe als Sumpf für die Pumpwerke, welche die künſtliche Entwäſſerung beſorgen. Findet durch das Siel Schiffahrt ſtatt, ſo dient das Binnenfleeth als Hafen für die Schiffe, die ſich dort zur Ausfahrt rüſten und ihre Waren löſchen oder einnehmen. Es erhält in ſolchem Falle die hierzu nötigen Anlagen.

Literatur: Hagens Handbuch der Waſſerbaukunſt, 3. Teil, Berlin 1878—80; Handbuch der Ingenieurwiſſenſchaften, Leipzig 1884, Bd. 3. *Zſchokke.*

Binnengericht, Schlaggebinde für die Tore zum Aufftauen des Binnenwaſſers (vgl. Siele).

Binnenſchiffahrt, ſ. Flußſchiffahrt, Kanalſchiffahrt, Schiffahrt.

Binnenſiel, ſ. v. w. Binnenvorſiel.

Binnenſieltief, Binnentief, ſ. Binnenfleeth.

Binnenverkehr, ſ. Eiſenbahnverkehr.

Binnenvorſiel, derjenige Teil des Siels, welcher an der Innenſeite des Deiches liegt und den Uebergang von dem Hauptſiel (über welches bei bedeckten Sielen der Deich hinweggeführt iſt) zu dem Binnenſieltief bildet.

Binokular, ſ. Auge.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Binom heißt ein aus zwei durch Addition oder Subtraktion verbundenen Gliedern beſtehender Ausdruck, deſſen Glieder ſelbſt nur durch Multiplikation, Diviſion, Potenzierung und Wurzelausziehung gebildet ſind, z. B.

$$a + b, c\, d^3 - \frac{\sqrt{e}}{f}.$$

Binomialkoeffizienten heißen die Faktoren der einzelnen Potenzen von x in der Entwicklung einer beliebigen Potenz des Binoms $1 + x$ nach dem binomiſchen Satz, und zwar wird der Faktor von x^k in der Entwicklung von $(1+x)^n$ mit $\binom{n}{k}$, zu leſen: n über k, oder auch mit $(n)_k$, zu leſen: n tief k, bezeichnet.

Es iſt $\binom{n}{o} = 1$, und für jedes von Null verſchiedene k

$$\binom{n}{k} = \frac{n\,(n-1)\,(n-2)\,\ldots\,(n-[k-1])}{1 \cdot 2 \cdot 3 \ldots k}.$$

Dieſe Formel gilt auch für negative, gebrochene und irrationale Werte von n, z. B.

$$\binom{-2}{5} = \frac{-2 \cdot -3 \cdot -4 \cdot -5 \cdot -6}{1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 4 \cdot 5} = -6,$$

$$\binom{\frac{1}{2}}{3} = \frac{\frac{1}{2} \cdot -\frac{1}{2} \cdot -\frac{3}{2}}{1 \cdot 2 \cdot 3} = \frac{1}{16}.$$

Wenn n eine poſitive ganze Zahl, ſo iſt $\binom{n}{k} = 0$, falls $n < k$; ferner hat man

$$\binom{n}{k} = \binom{n}{n-k}, \text{ z. B. } \binom{9}{7} = \binom{9}{2},$$

$$\binom{n+1}{k} = \binom{n}{k} + \binom{n}{k-1}, \quad \binom{n+2}{k} = \binom{n}{k} + 2\binom{n}{k-1} + \binom{n}{k-2},$$

allgemein $$\binom{n+l}{k} = \binom{l}{o}\binom{n}{k} + \binom{l}{1}\binom{n}{k-1} + \binom{l}{2}\binom{n}{k-2} + \cdots + \binom{l}{k}\binom{n}{o}.$$

Tafel der Binomialkoeffizienten.

n	$k=0$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1	1									
2	1	2	1								
3	1	3	3	1							
4	1	4	6	4	1						
5	1	5	10	10	5	1					
6	1	6	15	20	15	6	1				
7	1	7	21	35	35	21	7	1			
8	1	8	28	56	70	56	28	8	1		
9	1	9	36	84	126	126	84	36	9	1	
10	1	10	45	120	210	252	210	120	45	10	1

Dieſe Tafel iſt leicht durch wiederholte Addition zu vervollſtändigen, da jede Zahl derſelben, zur links von ihr ſtehenden addiert, die darunter ſtehende ergibt. *Mehmke.*

Binomiſcher Satz heißt die Formel

$$(a+b)^n = a^n + \binom{n}{1} a^{n-1} b + \binom{n}{2} a^{n-2} b^2 + \binom{n}{3} a^{n-3} b^3 + \ldots,$$

worin $\binom{n}{1}$, $\binom{n}{2}$ ... die zum Exponenten n gehörigen Binomialkoeffizienten bedeuten. Iſt n eine poſitive ganze Zahl, ſo bricht die Reihe auf der rechten Seite mit dem Gliede b^n ab; andernfalls geht die Entwicklung ins Unendliche fort und iſt bloß dann gültig, wenn der abſolute Wert von $\frac{b}{a}$ kleiner als Eins iſt (wie auch in den Grenzfällen, wo entweder $b = a$ und n zwiſchen -1 und $+\infty$ liegt, oder $b = -a$ und n poſitiv iſt).

Beiſpiele: $(a+b)^5 = a^5 + 5a^4 b + 10 a^3 b^2 + 10 a^2 b^3 + 5 a b^4 + b^5$;

$$\frac{1}{(1+x)^2} = (1+x)^{-2} = 1 - 2x + 3x^2 - 4x^3 + \ldots, \quad -1 < x < +1;$$

$$\sqrt{1-x} = (1+[-x])^{\frac{1}{2}} = 1 - \frac{x}{2} - \frac{1}{2}\frac{x^2}{4} - \frac{1\cdot 3}{2\cdot 4}\frac{x^3}{6} - \ldots, \quad -1 \leqq x \leqq +1;$$

$$\frac{1}{\sqrt{(1+x)}} = (1+x)^{-\frac{1}{2}} = 1 - \frac{1}{2}x + \frac{1\cdot 3}{2\cdot 4}x^2 - \frac{1\cdot 3\cdot 5}{2\cdot 4\cdot 6}x^3 + \ldots, \quad -1 < x < +1.$$

Mehmke.

Binormale einer Raumkurve in einem beliebigen Punkt derſelben heißt das in dieſem Punkt auf der zugehörigen Schmiegungsebene der Kurve errichtete Lot.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Biologie (Lehre vom Leben), im weiteren Sinne der Inbegriff von Botanik und Zoologie zuſammen, im engeren Sinne die Lehre von den Lebenserſcheinungen im Gegenſatz zu Morphologie und teilweiſe Phyſiologie. Häckels erſtes biologiſches Grundgeſetz lautet: Jedes organiſche Individuum durchläuft in ſeiner erſten Entwicklung in gedrängter Form die ganze Reihe der Entwicklungsſtufen ſeiner Ahnen.

Literatur: Haeckel, E., Natürliche Schöpfungsgeſchichte, Berlin 1874, und Populäre Vorträge aus dem Gebiete der Entwicklungslehre, Bonn 1878—79; Zeitſchr. für Biologie, herausg. von Buhl, Pettenkofer und Voit, 25 Bde., München 1865—91; Franzeschini, Die Biologie als ſelbſtändige Wiſſenſchaft, Hamburg 1892. *Aug. Schmidt.*

Bioſen, Kohlehydrate (Saccharobioſen, Diſaccharide), Zuckerarten der Formel $C_{12}H_{22}O_{11}$, die unter Aufnahme von einem Molekül Waſſer in zwei Moleküle der Hexoſen zerfallen: $C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O = 2\,C_6H_{12}O_6$ und demgemäß ihrer Konſtitution nach als ätherartige Anhydride der Hexoſen aufgefaßt werden müſſen: $2\,C_6H_{12}O_6 + H_2O = C_{12}H_{22}O_{11}$.
Ausführlich werden die Bioſen im Zuſammenhang mit den andern Zuckerarten in dem Art. Kohlehydrate abgehandelt werden.

Biotit, ſ. Glimmer.

Biot-Savartſches Geſetz. Ein Stromelement wirkt derart auf einen Magnetpol ein, daß die Richtung der Kraft ſenkrecht ſteht zu der durch Magnetpol und Stromrichtung gelegten Ebene und daß die Kraft der Stromſtärke und Polſtärke proportional, dem Entfernungsquadrat umgekehrt proportional iſt. Den Sinn der Richtung beſtimmt Ampères Schwimmerregel.

Literatur: Biot und Savart, Annales de chim. et de phys., t. 15, p. 222, 1820. — Biot, traité de physique, deutſch von Fechner, Leipzig 1829, Bd. 4, S. 158. *Aug. Schmidt.*

Birdeye, ſ. Nutzhölzer.

Birmit, ſ. Bernſtein.

Birnkopfſchiene hieß die zu Anfang des Eiſenbahnbaues übliche Form des Schienenkopfes mit gerundetem Uebergang in den Steg, die mit Ausbildung der Laſchenverbindung (ſ. Oberbau) einer geradflächigen Unterſchneidung des Kopfes weichen mußte, um den Laſchen ein feſtes Anliegen zu ermöglichen. *Goering.*

Biſchofsmütze, ſ. Mitra.

Biſchofsſtab oder Krummſtab (paſtorale, pedum, virga, ferula, baculus), eines der älteſten Abzeichen biſchöflicher Würde, architektoniſch als Stiliſierung des Hirtenſtabes aufzufaſſen.

Literatur: Otte, H., Handbuch der Kunſtarchäologie, 5. Aufl., Leipzig 1883.

Biſchofsſtuhl (Cathedra pacis, thronus), ſtand in den altchriſtlichen Kirchen hinter dem Altar auf einer Erhöhung als unbeweglicher Sitz aus Stein oder Holz. Seit dem 12. Jahrhundert ſteht er zur Linken des Altars und um eine Stufe niedriger, an der Vorderwand des Chors, umgeben von zwei oder vier niedrigeren Sitzen für die Diakonen. *Weinbrenner.*

Biſilikate, ſ. Schlacken.

Biskuitfabrikation, die Herſtellung eines Gebäcks von großer Haltbarkeit aus Mehl, Eier, Butter, Milch und Zucker durch maſchinellen Betrieb, das unter dem Namen Biskuit, Cakes, Zwieback u. ſ. w. in den Handel gebracht wird. Auch der Zuſatz von Fleiſch erfolgt bei Militärzwieback.

Das Kneten und Miſchen des Teiges erfolgt in den Knet- und Miſchmaſchinen, von denen wir jene von Werner & Pfleiderer in Cannſtatt und T. & T. Vicars in Liverpool hervorheben. Beſondere Biskuitteigwalzmaſchinen walzen den Teig in dünne Fladen, aus denen durch Ausſtechformen mittels der Biskuitausſtechmaſchine die einzelnen Stücke in weichem Zuſtande hervorgehen. Dieſe werden ſodann in beſonderen Biskuitkettenbacköfen gebacken, in denen die auf flachgliederigen endloſen Gelenkketten liegenden Backbleche ſamt den darauf gebrachten geformten Teigſtücken durchziehen, je nach Bedarf mit beliebig einſtellbaren Geſchwindigkeiten. Solche Oefen mit den zugehörigen Einrichtungen liefern außer den bereits genannten Firmen Girner & Scheffus, Hamburg, und die Maſchinenfabrik Berge-Borbeck. Der Backofenprozeß erfordert im erſten und zweiten Stadium trockene Hitze, im dritten ermäßigte trockene Temperatur. Dementſprechend hat der Backofen drei Abteilungen. Zur Abkühlung der aus dem Ofen kommenden Biskuits, die zur Verhütung von Bruch ſtetig und langſam erfolgen muß, werden beſondere regulierbare Biskuitaufzüge (Lifts) verwendet, die das Fabrikat dem Packſaal abliefern, wo die Stücke ſortiert, in Blechbüchſen eingeordnet und etikettiert werden. Die Herſtellung der ſogenannten weichen Biskuits geſchieht durch Biskuitſpritzmaſchinen, meiſtens mit Handbetrieb. Wegen des Näheren verweiſen wir auf die ausführlichen Kataloge der genannten Fabriken. *Fr. Oertel.*

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Biskuitgut (Statuenporzellan, Parian, Carrara) ist unglasiertes Porzellan; s. Tonwaren.

Bismarckbraun, s. Farbstoffe, künstliche organische.

Bisselgestell, s. Lokomotive.

Bister (Bisterbraun), braune Körperfarbe, entweder aus Asphalt hergestellt oder eine feine, fettige, braune Erdfarbe. Auch durch Auskochen von Glanzruß mit Wasser und hierauf folgendes Schlämmen und Trocknen wird eine unansehnliche, beim Anreiben aber einen sehr warmen braunen Ton zeigende, den Namen Bister führende Farbe gewonnen. — Vgl. a. Manganbister. *Andés.*

Bisulfit, s. Sulfite.

Bitelephon von Mercadier, s. Telephonie.

Bittererde, s. v. w. Magnesia (s. d.).

Bitterkleesalz, unrichtige Bezeichnung für Sauerkleesalz, saures oxalsaures Kalium (s. Oxalsäure).

Bittermandelöl, ätherisches, wird durch Zersetzung des in den bitteren Mandeln und den Kernen verschiedener andrer Amygdalus- und Prunusarten enthaltenen Amygdalins (s. d.) gewonnen.

Die Bildung des Bittermandelöls verläuft nach folgender Gleichung:

$$\underset{\text{Amygdalin}}{C_{20}H_{27}NO_{11}} + \underset{\text{Wasser}}{2\,H_2O} = \underset{\text{Traubenzucker}}{2\,C_6H_{12}O_6} + \underset{\text{Blausäure}}{HCN} + \underset{\text{Benzaldehyd.}}{C_6H_5COH}$$

Das reine Bittermandelöl ist also Benzaldehyd. — Ein Teil der bei der Zersetzung des Amygdalins gebildeten Blausäure haftet dem Oele hartnäckig an. Dieser Blausäuregehalt macht das Bittermandelöl zum gefährlichsten Gifte, während es an und für sich nicht giftig ist. Beseitigen läßt sich die Blausäure durch Schütteln des Oeles mit Eisenvitriol und gelöschtem Kalk. — Das Bittermandelöl wird jetzt vielfach künstlich hergestellt. — Verwendung: in der Parfümerie und Toiletteseifenfabrikation, auch bei Herstellung von Likören und Konfituren.

Literatur: Gildemeister und Hoffmann, Die ätherischen Oele, Berlin 1899. *Deite.*

Bittermandelölgrün, s. Farbstoffe, künstliche organische.

Bittersalz (Epsomersalz, Epsomit), ein Mineral, wasserhaltige, schwefelsaure Magnesia $= MgSO_4 + 7\,H_2O$ (16,26 % MgO, 32,52 % SO_3 und 51,22 % H_2O), kristallisiert rhombisch, säulenförmig, ist aber meist derb, körnig, erdig. Härte 2—2,5, spez. Gew. 1,7—1,8. Farblos, durchsichtig. Geschmack salzig-bitter; leicht in Wasser löslich. Kommt meist als Ausblühung in Steppen oder in Mineralwässern gelöst vor. Es wird als Beizmittel in der Färberei und vornehmlich als Medizin verwendet. *Leppla.*

Bittersalzerde, s. v. w. Magnesia (s. d.).

Bitterspat, ein Mineral, das wesentlich aus kohlensaurer Magnesia besteht (s. Magnesit), aber vielfach noch außerdem kohlensauren Kalk enthält und daher dem Dolomit (s. d.) nahe steht. Die Mischungsverhältnisse der beiden isomorphen Karbonate schwanken, und es ist daher die Zusammensetzung keine einheitliche. Der Name ist veraltet und der Begriff mit Dolomit in vielen Fällen identisch. Wird örtlich als Zuschlag im Eisenhüttenbetrieb verwendet. *Leppla.*

Bittgang, ein in den Kirchenfußboden eingelegter Irrweg, der als Kirchenbuße von den Sündern durchgangen werden mußte. Auch gibt es Bittstiegen, die nicht gehend, sondern nur kniend und betend erstiegen werden; so die Scala santa bei der Kirche St. Croce in Gerusalemme in Rom, und eine Nachbildung hiervon bei der Schloßkirche in Rastatt, erbaut ca. 1725. *Weinbrenner.*

Bittling oder Pittling, ein Kalb, bezw. das Fell eines Kalbes, das aufgehört hat, sich von der Muttermilch zu nähren, und noch kein Jahr alt ist. *Päßler.*

Bitumen, aus Asphalt hergestellte braune Farbe. — Vgl. a. Asphalt.

Bixin, s. v. w. Orlean; s. Farbstoffe, pflanzliche.

Blackman-Ventilator, ein mit schaufelförmig gestalteten Flügeln versehenes, zur Klasse der Schraubenventilatoren gehöriges Gebläse, zur Förderung großer Luftmengen bei geringer Spannungsänderung geeignet.

Es wird entweder stehend, also mit horizontaler Achse, in Außenwänden oder liegend und mit lotrechter Achse in Decken und Fußböden angebracht. Die Schaufeln, meistens acht an der Zahl, sind einerseits an einem radialen Arm, anderseits an einem den Ventilator am Umfang zusammenhaltenden Ring befestigt und nach der Bewegungsrichtung zu aufgebogen, wodurch eine dreieckige Einströmöffnung jeder Schaufel gebildet ist. Die den Ventilator und die Riemenscheibe tragende Welle ist in zwei, durch je drei gußeiserne Arme getragenen Lagern gelagert (vgl. die Figur im Art. Lüftung). Die Leistungen, Abmessungen und Preise dieser Ventilatoren sind aus nachstehender Tabelle zu ersehen.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Durchmesser in mm	Touren pro Minute	Bei freiem Luftein- und -austritt: Saugleistung Kubikmeter pro Minute ungefähr	Kraftverbrauch PS ungefähr	Durchmesser der Riemenscheibe in mm	Breite der Scheibe in mm	Querschnitt des Ventilators in qmm	Preis franko jeder Stadt Deutschlands M.
355	1000—1500	29— 43	1/8— 1/4	57	32	0,10	80
457	700—1200	57— 86	1/5— 1/2	76	51	0,17	110
609	500— 900	86— 172	1/4— 3/4	101	63	0,31	155
762	450— 750	143— 258	3/8—1 1/4	127	76	0,49	220
914	400— 650	220— 400	1/2—1 1/2	153—178	89	0,70	285
1067	350— 600	329— 572	3/4—1 3/4	178—203	102	0,95	350
1219	300— 550	386— 860	1—2 1/2	203—229	121	1,25	475
1371	280— 450	486—1029	1 1/4—3	229—254	133	1,59	575
1524	240— 400	600—1286	1 1/2—3 1/2	254—305	153	1,96	775
1677	220— 360	714—1486	1 3/4—4 1/4	280—330	153	2,35	975
1829	200— 340	858—1715	2—5	305—355	178	2,82	1200
2133	180— 320	1286—2572	3—7	406—457	229	3,80	—
2438	160— 280	1600—3428	4—10	457—508	229	5,00	—
2743	140— 250	1943—4114	5—12	508—559	229	6,36	—
3048	120— 220	2343—5143	6—15	559—609	229	7,84	—

Die Depreſſion, die erzeugt wird, beträgt ſelten mehr als 5 mm Waſſerſäule. Anwendung: zur Lüftung großer Räume, Theater, Konzertſäle, Schulen, ſodann zur Beſeitigung von Staub, Dampf, Feuchtigkeit in Fabrikbetrieben aller Art und zum Trocknen von Wolle, Tuch, Holz, Leder u. ſ. w. durch lebhafte Luftzirkulation.

Bezugsquellen: Die Blackman-Ventilating Co. Lim., London, für Deutſchland die Firma David Grove in Berlin S.W. *v. Ihering.*

Blackwood, Handelsname für verſchiedene dunkelfarbige, harte, ausländiſche Hölzer; ſ. Nutzhölzer.

Bläſer, ſ. Wetter.

Blätter, ſ. Aufblattung.

Blätterſandſtein wird in der Geologie ein dem Miocän (Tertiärformation) angehöriger Sandſtein benannt, der durch einen gewiſſen Reichtum an vorweltlichen Pflanzen, beſonders Blattabdrücken, ausgezeichnet iſt (Mainzer Becken und Umgebung). *Leppla.*

Blätterſtab, im allgemeinen jeder mit Blättern geſchmückte Stab, im beſonderen das als Blattwelle (ſ. d.) bezeichnete Bauglied.

Blättertellur, ſ. v. w. Nagyagit (ſ. d.).

Blake-Mikrophon, ſ. Telephonie.

Blanc de Bougival, Blanc de Champagne, ſ. Kreide.

Blanc d'Espagne, ſ. Wismutchlorid und Kreide.

Blanc de Meudon, d'Orléans, de Paris, de Rouen, de Troyes, ſ. Kreide.

Blanc fixe, ſ. v. w. Permanentweiß (ſ. d.).

Blanchieren, in der Lederfabrikation die Bearbeitung des Oberleders nach dem Schmieren, um dasſelbe an allen Stellen gleichmäßig ſtark zu machen und ihm auf der Fleiſchſeite ein beſſeres und helleres Ausſehen zu erteilen.

Es wird dieſe Operation mit einem ſcharfen Werkzeug, dem Blanchiereifen, ausgeführt. Die beim Blanchieren entſtehenden Lederabfälle, die als Blanchierſpäne bezeichnet werden, ſind gewöhnlich ſehr reich an Fett und werden zuweilen zur Wiedergewinnung desſelben ausgekocht, meiſt aber wegen ihres hohen Fettgehaltes als Brennmaterial verwendet. Das Falzen und Schlichten des Leders bezweckt in der Hauptſache dasſelbe wie das Blanchieren, nur werden jene Operationen mit andern Werkzeugen ausgeführt. *Päßler.*

Blankleder, ein feineres, lohgares Zeugleder (meiſt naturfarbig, ſchwarz oder braun), namentlich zur Herſtellung von Pferdegeſchirren verwendet. Zur Herſtellung von Blankleder ſollen nur Häute mit vollſtändig reinem, feinem Narben verwendet werden. *Päßler.*

Blankſchlagen, das Erzeugen glatter, glänzender und dichter, daher gegen atmoſphäriſche Einflüſſe widerſtandsfähiger Flächen durch den Polier- oder Glanzhammer. *Dalchow.*

Blaſe, ein bei der Handpapiererzeugung zum Erwärmen des Papierzeuges in der Bütte in dieſe frei hineinragender Kupferzylinder, in dem ſich ein Feuerungsroſt befindet; ſ. Papierfabrikation. *Kraft.*

Blaſebälge, einfache oder doppeltwirkende Balgengebläſe, die entweder durch eine um ein Scharnier drehbare, gewöhnlich mittels des Balgſchwengels

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

eines doppelarmigen Hebels hin und her bewegte Platte oder einen meiſt vertikal auf und nieder beweglichen Kolben die Verdrängung der Luft durch den Balgenkopf und die Düſe in das Feuer bewirken.

Die erſteren, früher vielfach durch Windholm in Schweden ausgeführten ſogenannten Spitzbälge heißen auch ſchwediſche Windholmgebläſe [1]. Das Rabiergebläſe [2] und die Handbalgen (Handblaſebälge) zeigen ganz ähnliche Konſtruktion. Diejenigen der zweiten Art heißen Zylinderbälge oder Zylinderbalgengebläſe bezw. Kaſtengebläſe. Indem wegen der Konſtruktion dieſer beiden Haupttypen auf [2] verwieſen wird, ſei noch bemerkt, daß die Zylindergebläſe zurzeit die Spitzbälge faſt gänzlich verdrängt haben und auch die erſteren nur noch in kleineren Schloſſereien, Schmieden und mechaniſchen Werkſtätten Anwendung finden; faſt allerwärts gibt man neuerdings bei größeren Anlagen den Kapſel- und Schleudergebläſen den Vorzug.

Literatur: [1] Rühmann, Allgem. Maſchinenlehre, Braunſchweig 1888, Bd. 4, S. 782. — [2] v. Ihering, Gebläſe, 2. Aufl., Berlin 1903, 1. Kap. *v. Ihering.*

Blaſengrün, ſ. Farbſtoffe, pflanzliche, und Lackfarben.

Blasrohr, ſ. v. w. Lokomotivblasrohr; ſ. Strahlapparat.

Blatt, ſ. Blattwerk und Aufblattung.

Blattaluminium, ſ. Blattmetalle.

Blatterſtein, ältere Bezeichnung für Geſteinsarten, die zahlreiche und nicht ſehr große, rundliche Blattern oder pockenartige Einſchlüſſe einer ſcheinbar fremden Maſſe führen, die härter als das Muttergeſtein iſt und beim Verwittern dasſelbe überragt, z. B. die Variolite (ſ. Diabas) oder gewiſſe Mandelſteine, in welchen gleichmäßige, etwa erbſen- bis nußgroße Hohlräume durch fremde Subſtanzen (Grünerde, Serpentin u. ſ. w.) ausgefüllt ſind. *Leppla.*

Blattfederhammer, ſ. Maſchinenhammer.

Blattgold, ſ. Blattmetalle.

Blattgolddruck. Auf einen mittels konſiſtent angeriebener und mit Veneziniſchem Terpentin verſetzter Farbe (Chromgelb) gemachten Vordruck werden Metallplättchen raſch aufgelegt, mittels Haarpinſels angedrückt und durch Blinddruck (ſ. d.) oder Durchziehen zwiſchen Satinierwalzen geglättet. *A. W. Unger.*

Blattgrün, ſ. Farbſtoffe, pflanzliche, und Lackfarben.

Blatthaue, ſ. Breithaue.

Blattmetalle, äußerſt dünne Blättchen aus Gold oder Silber (echte Blattmetalle), oder Kupfer, Zinn und deren Legierungen (unechte Blattmetalle), oder Aluminium (Blattaluminium), ſogenanntes echtes und unechtes Blattgold und Blattſilber, im Handel in dünnen Heftchen, jedes einzelne Metallblatt zwiſchen Papier, dienen dazu, Gegenſtände jedweder Art unter Anwendung eines Bindemittels (Eiweiß, Gummi, Leim, Lack, Vergolderfirnis) zu belegen.

Ausgangsprodukt für die Herſtellung der echten Blattmetalle ſind echte Gold- und Silberlote, Aluminiumlot, für die unechten die aus dem Zainmetall hervorgegangenen Metallote. Die Metallote für unechte Blattmetalle werden aus Zainmetall in kleine Quadrate geſchnitten und dieſe in ſtarken, aus mehreren Tauſenden dieſer kleinen Blättchen beſtehenden Paketen nach guter Verhüllung mit ſtarkem Meſſingblech durch nochmaliges Ausglühen erweicht und zu wiederholten Malen mit Hämmern ausgeſchlagen. Die echten Gold- und Silber- und die Aluminiumlote werden in kleine viereckige Stücke, ſogenannte Quartiere (ca. 25 qmm), geſchnitten, zwiſchen Goldſchlägerhäutchen — aus dem Blinddarm des Rindes hergeſtellt — gelegt, das Ganze mit einem Pergamentband umwickelt und mit dem Hammer ſo lange bearbeitet, bis das Metall die Größe des Häutchens, der Form (ca. 100—130 qmm), erreicht hat, und dann jedes einzelne Metallblättchen zwiſchen Papier eingelegt. — Die Goldſchlägerei, d. h. die Verfeinerung der durch Hämmern verarbeiteten Quartiere, iſt eine Hausinduſtrie, ſehr mühſam, langſam fortſchreitend und anſtrengend. In einer Woche werden von einem Arbeiter durchſchnittlich 28 Formen zu 1000 Blatt geſchlagen, ſo daß die Preiſe des Blattmetalls im Verhältnis zum Wert des Rohproduktes hohe ſein müſſen. Die Abfälle der Blattmetallherſtellung werden zu echten Gold-, Silber- und Aluminiumbronzen und zu Schabinbronzen verwendet. *Andés.*

Blattſchläger (Blattwerfer), ſ. Weberei.

Blattſilber, ſ. Blattmetalle.

Blattverſilberung, Verfahren, auf Kupfer oder deſſen Legierungen auf galvaniſchem Wege eine dünne Verſilberung aufzubringen, dann die Oberfläche des Gegenſtandes mit Silber zu bedecken und durch vereinte Anwendung der Hitze und einer Stahlbürſte die Vereinigung des Silbers mit der Unterlage zu erzielen. *Andés.*

Blattwelle (Kymation, Kyma), ein das Stützen andeutendes, in der griechiſchen Ornamentik häufig vorkommendes Bauglied.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Um durch Blätter eine ſtützende Tätigkeit zu ſymboliſieren, denkt man ſich dieſelben an ihrem Stielende abgeſchnitten, in einer Reihe nebeneinander angeordnet, auf die Blattreihen hierauf eine Laſt gelegt und dann beobachtet, welche Formveränderungen die Blätter erleiden. Die Wirkung der Laſt wird jedenfalls derart ſein, daß ſich die Spitzen der Blätter entſprechend nach abwärts neigen. — In Griechenland fanden mehrere Kymatien Verwendung, und zwar:

1. Das doriſche Kymation. Bei dieſem erſcheinen die Blattreihen nur bis zur Hälfte herabgeneigt, wodurch ſymboliſch angedeutet wird, daß die Laſt eine geringere iſt. Dieſe Blattwelle (Fig. 1), mit ihrer Unterſchneidung einem Adlerſchnabel ähnlich profiliert, findet ſich bloß im doriſchen Stile vor und wird insbeſondere beim doriſchen Antenkapitäl verwendet; das Blattſchema erſcheint aufgemalt.

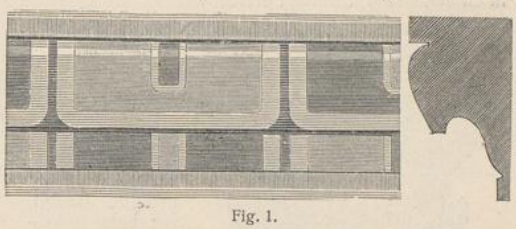


Fig. 1.

2. Das Echinuskymation. Bei dieſem wird die Laſt ſo groß gedacht, daß ſich die Spitzen der Blätter bis zu den Blattenden herabneigen. Dadurch entſteht eine ſchöne, elaſtiſche Linie, die wohl geeignet erſcheint, das Stützen einer architektoniſchen Laſt zu ſymboliſieren. Die hauptſächlichſte Anwendung findet dieſe Blattwelle bei dem Echinus des doriſchen Säulenkapitäls. Auch hier erſcheinen die Blätter nur aufgemalt, dagegen hat ſich bald aus dieſer Blattwelle eine plaſtiſche Form herausgebildet, die unter dem Namen Eierſtab bekannt iſt (Fig. 2). Der Eierſtab als Blattwelle beſteht aus runden, eiförmigen Blättern, die mit ſchmalen, lanzettförmigen abwechſeln. Die griechiſche Geſtalt derſelben iſt mäßig plaſtiſch, und die einzelnen Elemente beſitzen noch die Blattform; die römiſche Form aber iſt ungemein plaſtiſch, wobei die runden Blätter in der Tat ſich der Eiform nähern. Der Eierſtab der Renaiſſancezeit iſt im allgemeinen gleich dem römiſchen, nur iſt er noch zuweilen durch dekorative Zutaten bereichert.

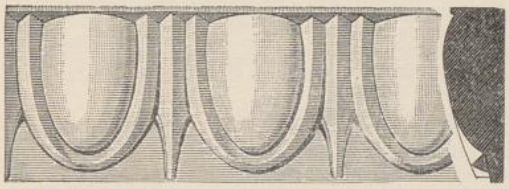


Fig. 2.

3. Das Lesbiſche Kymation oder Herzblatt. Bei dieſem erſcheinen die Blätter ebenſo ſtark belaſtet wie bei dem Echinuskymation, ſo daß ſich die Spitzen derſelben bis zu den Blattenden, ja ſogar darüber hinaus herabneigen, wodurch das Blatt in einer eigentümlich elaſtiſchen Linie gebogen erſcheint. Auch dieſe Blattwelle wurde in vielen Fällen nur gemalt (Fig. 3), aber noch häufiger erhielt ſie eine plaſtiſche Geſtalt, die ebenfalls aus breiten, herzförmigen Blättern und aus dazwiſchenliegenden ſchmalen, lanzettförmigen Formen beſteht. Dabei ſind aber die breiten Blätter nicht mehr nur einfach nebeneinander geſtellt, ſondern werden durch Oeſen miteinander verbunden (Fig. 4). Das Herzblatt tritt ſchon in Griechenland in mehreren Variationen auf, noch reicher geſtalteten ſich dieſelben im römiſchen Stile, namentlich werden die Formen hier voller, plaſtiſcher und derber gebildet und zuweilen mit Zuhilfenahme von Akanthusblättern dekoriert. In einzelnen Abarten verſchwindet das charakteriſtiſche Herzblatt vollſtändig, ſtatt deſſen erſcheinen ſtengelartige Gebilde, welche die Umrißlinien des Herzblattes in unverſtandener Weiſe umziehen und die ſo gebildeten leeren Teile mit allerhand Blatt- und Blütenwerk ausfüllen. Die Herzblattformen der Renaiſſanceperiode lehnen ſich im allgemeinen ziemlich ſtark an die römiſchen Blattwellen an, nur ſind ſie feiner und zarter durchgebildet.

Fig. 3.

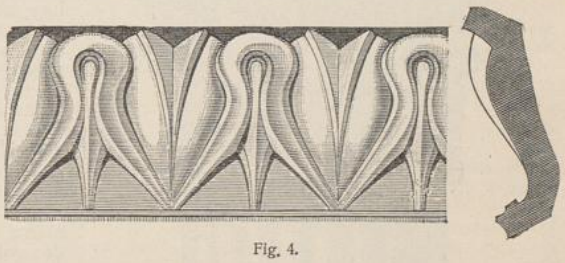


Fig. 4.

Literatur: Schubert-Soldern, Das Stiliſieren der Pflanzen, Zürich 1887; Bötticher, K., Die Tektonik der Hellenen, 2. Aufl., Berlin 1869.

Blattwerk oder das Blatt im allgemeinen findet in der Ornamentik aller Stilarten reiche Verwendung. Es iſt unmöglich, die Blattformen der verſchiedenen Bauweiſen an dieſer Stelle eingehend zu beſprechen, und wir müſſen uns daher auf die Aufſtellung einiger allgemeiner Geſichtspunkte beſchränken.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Nach der Verwendung laſſen ſich die Blätter in zwei Gruppen teilen:

1. In Blätter, die eine ſtruktive Tätigkeit anzudeuten haben. Die Blätter erſcheinen an ihrem Stielende abgeſchnitten und in eine Reihe geſtellt. Die wichtigſten hierhergehörenden Formen ſind: die Blattwellen, der Karnies und die Hohlkehle. Die Stiliſierung der Blattformen iſt eine ſehr verſchiedene; die am ſtrengſten durchgeführte bietet der doriſche Stil in Griechenland, denn bei dieſem werden, insbeſondere bei den ſogenannten doriſchen Blattwellen, ſowie bei dem Echinuskymation Pflanzenformen verwendet, die ſich in der Natur überhaupt nicht vorfinden. Auch im gotiſchen Stile werden aufrecht geſtellte Blätter, die eine Bekrönung anzuzeigen haben oder bloß dekorativ in Hohlkehlen oder andre paſſende Bauglieder eingelegt erſcheinen, verwendet; ſie haben dann aber in den meiſten Fällen keine ſo ausgeſprochen ſtruktive Bedeutung wie in der Antike. Faſt in allen Stilarten werden Blätter mit Vorliebe als weſentlichſter Schmuck der Kapitäle verwendet, dabei erſcheinen ſie ſowohl in der Antike als auch in den mittelalterlichen Stilen zumeiſt an ihrem Stilende abgeſchnitten, haben aber trotzdem in der Regel keine ſtruktive Bedeutung, ſondern werden in rein dekorativem Sinne gebraucht. In der Gotik ſind es zumeiſt Blätter oder wohl auch kleine Zweige, die loſe an die Kelchform des Kapitäles angeheftet erſcheinen (Fig. 1). In der antiken Baukunſt iſt die Anordnung der Blätter, die ein Kapitäl zu ſchmücken haben, eine weſentlich verſchiedene, eine weit ſtrenger ſtiliſierte; es kommen zumeiſt Blätter vor, deren unteres Ende ſtark beſchnitten iſt und die derart aufrecht geſtellt erſcheinen, daß ſich nur die Spitze ein wenig überneigt (Fig. 2). In der Regel finden zur Ornamentierung der Bauteile die in den betreffenden Ländern wachſenden Pflanzenformen Verwendung. Dies iſt insbeſondere in hohem Maße im gotiſchen Stile der Fall, nur das Akanthusblatt macht hiervon eine Ausnahme, indem ſich die ornamentale Verwendung dieſes Blattes faſt über die ganze ziviliſierte Welt verbreitet hat.

Fig. 1.

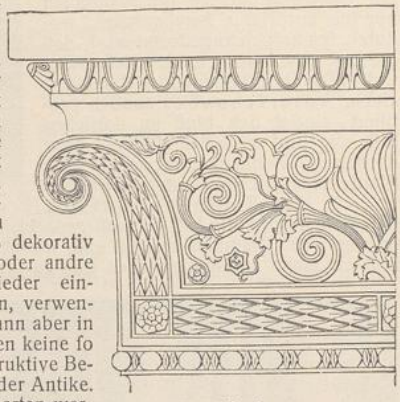


Fig. 3.

2. Wird Blattwerk in der Baukunſt und im Kunſtgewerbe in der Weiſe verwendet, daß es keine ſtruktive Aufgabe zu erfüllen hat, ſondern lediglich zur gefälligen Ausfüllung der neutralen Flächen dient. Bei dieſer Gruppe werden ſelten Blätter für ſich verwendet; zumeiſt treten ſie in Verbindung mit der Ranke und nehmen zuweilen ſogar noch Blüten und Früchte mit auf. Die in Griechenland in dieſer Beziehung am häufigſten angewendeten Pflanzenformen ſind: der kurze, ſtark geriefte Stengel der Doldengewächſe, die ſich ſpiralförmig windende Weinranke, der ſcharfgeſchnittene Akanthus, das ausgezackte Diſtelblatt, die Lotosblume und die Palmette. Die Behandlung iſt in der Regel eine etwas trockene und nüchterne (Fig. 3). Wenn wir den antiken Formen diejenigen gegenüberſtellen, die im gotiſchen Stile gebräuchlich waren, ſo iſt zunächſt der Reichtum des Blattwerks hervorzuheben, der hier zur Verwendung kam: neben vielen kleinen, unſcheinbaren Pflanzen waren es namentlich die Blätter größerer Pflanzenformen, die eine entſprechende Stiliſierung erfuhren, wie Efeu, Weinlaub, Stechpalme, Malve, Hagebutte, Wacholder, Ahorn. In der gotiſchen Frühzeit wurden die Blattformen zumeiſt ſehr naturaliſtiſch behandelt. Es wurden kleine Zweige genommen, faſt ſo, wie ſie die Natur geſchaffen, und mit Vorliebe in eine Hohlkehle oder in ſonſt ein paſſendes Bauglied gelegt (Fig. 4). In der gotiſchen Spätzeit nahmen dann die Formen allerdings eine ſtrenge Stiliſierung an, die in einem eigentümlichen gebuckelten Blattwerk endigte, bei dem ſich dann die Pflanzengattung nicht immer

Fig. 2.

feſtſtellen ließ. Die Renaiſſance wendet mit beſonderer Vorliebe das der Antike entnommene Akanthusblatt an, daneben auch die im Lande wachſenden Pflanzen. Die Frühperiode dieſes Stiles, die beſonders dekorationsluſtig iſt, wird weſentlich beeinflußt durch den Marmor, der eine feine Behandlung des Ornamentes zuließ. Infolgedeſſen charakteriſiert ſich das Pflanzenornament durch elegante Linienführung bei mäßiger Bedeckung des Grundes ſowie durch ziemlich breite Blattformen mit dünner, zarter Stengelbildung. Dieſe Art der Formengeſtaltung wurde in der Regel auch auf Ornamente übertragen, die in einem andern Materiale ausgeführt wurden. Die moderne Zeit ſchließt ſich zum großen Teile an die verſchiedenartigen Bildungen des Blattwerkes der Renaiſſanceperiode an, zum Teile wußte ſie eigenartige Formengeſtaltungen durchzuführen, die aber zu mannigfaltig ſind, um eingehender beſprochen werden zu können; vgl. hierüber v. Schubert-Soldern, Stiliſieren der Pflanzen, Zürich 1887.

Fig. 4.

Blattzapfen, ſ. Zapfen.

Blaubruchprobe, ſ. Biegeprobe.

Blaudruck iſt der älteſte Zweig der abendländiſchen Leinwand- und Baumwolldruckerei, die ſich anfänglich auf den von den Indiern entlehnten, nicht beſonders reinen oder ſcharfen Wachs- oder Porzellandruck beſchränkte (ſ. Refervage). Das Gewebe wurde ſtellenweiſe mit geſchmolzenem Wachs getränkt und dann in der Waidküpe blau gefärbt, die höchſtens 63° C. warm (Schmelzpunkt des Bienenwachſes) gehalten werden durfte. Das Wachs bildete hierbei eine Schutzdecke, durch die das Anfallen des Indigo an das Gewebe örtlich verhindert wurde. An die Stelle dieſes nur mechaniſch und unvollkommen ſchützenden Wachsdrucks trat ſpäter der heute noch verwendete Weißpapp, der, von Hand oder Perrotine auf das Gewebe gedruckt, die betreffenden Stellen durch feine Verdickung ſowie durch feinen Gehalt an löslichem Kupferſalz halb mechaniſch, halb chemiſch gegen das Einfärben in der Blauküpe ſchützt.

Das Auftreten dieſer Refervage dürfte in die Mitte des 18. Jahrhunderts zu verlegen ſein. Nachdem 1812 das Bleichromat durch die Unterſuchungen Dulongs bekannt geworden war, konnte man nach dem Vorgehen Walter Crums (1826) dieſelbe weiße Reſerve auch als gelbe oder orangefarbige Reſerve verwenden, indem man ihr einfach neben dem Kupferſalz einen Zuſatz von Bleiſalzen gab und die damit vorgedruckten und nachher blaugeküpten Stücke in lauwarmer Chromkalilöſung gelb oder in heißer Calciumchromatlöſung orange färbte. Wird die weiße oder gelbe Reſerve auf vorgefärbtes Hellindigoblau gedruckt und dann die Ware in der Küpe dunkelblau ausgefärbt, ſo erhält man mit dem Weißpapp hellblaue Figuren auf dunkelblauem Grund, mit der gelben Reſerve nach dem Chromfärben eine grüne Zeichnung auf blauem Grund, da das unverändert gebliebene Hellblau mit dem aufgefärbten Chromgelb ſich zu einem Miſchgrün addiert. Wird obigem Weißpapp nicht ein Bleiſalz, ſondern ein Tonerde- oder Eiſenmordant neben dem Kupferſalz einverleibt, ſo werden die Baſen dieſer zwei Beizen durch den Kalk der Vitriolküpe auf der Baumwolle fixiert und laſſen ſich nach dem Blaufärben in einem Krapp- oder Farbholzbad ausfärben, ſo daß rote, braune, gelbe, ſchwarze u. ſ. w. Effekte auf blauem Grund entſtehen. Dies Verhalten wurde zuerſt in England, dann ſeit 1811 mit beſſerem Erfolg im Elſaß für die Zuſammenſtellung des komplizierten, aber wirkungsvollen Lapisartikels benutzt, bei dem mit Hilfe einer beſonderen, arſenſaures Kali und Sublimat enthaltenden Reſerve Weiß in Blau, Weiß in Rot, Schwarz u. ſ. w. neben Blau auf einen Schlag erhalten und die kalte Vitriolküpe mit der Krappfärberei kombiniert wird. Im Jahre 1826, als man mit dem Gebrauche des Chromkalis ſchon vertraut war, fing man alsdann an, das vorgefärbte Küpenblau weiß und bunt zu ätzen (ſ. Aetzfarben), um nicht bloß gröbere Zeichnungen, wie mit dem Refervagedruck, ſondern auch zarte Figuren auf blauem Grund ausführen zu können, und dies ganz dem Rouleauxdruck angehörende Verfahren hat den Refervagedruck der Hand- und Perrotinedrucker ſeit dieſer Zeit weit überholt. Wie wir geſehen haben, ſpielt der Indigo ſelbſt, ſowohl beim Refervage- als auch beim Aetzverfahren, nur eine leitende Rolle, ſofern er beim erſteren ſtellenweiſe von der Vereinigung mit der Faſer abgehalten, beim letzteren gänzlich zerſtört wird. Gleichwohl rechnet man ſie gerade ſo gut zum Blaudruck wie die Verfahren, bei welchen mit rohem oder mit reduziertem Indigo zartere blaue Zeichnungen auf weiße Baumwolle gedruckt werden, während bei den Refervage-, namentlich aber bei den Aetzartikeln das Blau dem Umfang nach im Muſter vorwiegt. Dieſer Indigodruck oder Blaudruck im eigentlichen Sinn des Wortes iſt mit dem Wachsdruck aus Indien zu uns gekommen in Form des Pinſel-, Schilder- oder Kaſtenblaus, einer in Gummi verdickten, konzentrierten Opermentküpe, die wegen ihrer Giftigkeit gefährliche und wegen ihrer leichten Oxydierbarkeit unbeſtändige Farbe anfangs der 90er Jahre vorigen Jahrhunderts von dem Fayenceblau abgelöſt wurde. Dieſe Blaudruckfarbe iſt feinzerriebener, in Gummi verdickter Indigo mit einem

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Zusatz von Eisenvitriollösung, und das mit ihr bedruckte Gewebe wurde abwechselnd durch warme Kalk- und Eisenvitriolbäder genommen und zwischenhinein der Luft ausgesetzt, damit der in den Bädern reduzierte Indigo auf dem Stoff vergrünen konnte. Fayenceblau und Fayencegrün (letzteres erhalten durch Zusatz von Alaun und schwefelsaurem Zinn zu ersterem mit nachfolgendem Ausfärben in der Küpe und im Wauabsud) hielten sich bis 1834, nachdem ihnen Bancrofts Solidblau und Solidgrün schon seit 1826 Konkurrenz gemacht hatten. Das erste Solidblau war ein aus Indigo mittels Zinnoxydulhydrats, Zucker und kaustischer Lauge reduziertes und mit Gummi verdicktes Indigweiß, dem für die Herstellung von Fayencegrün ein Bleisalz zugefügt wurde, um schließlich dem Fayenceblau im Chrombad ein gelbes Pigment beizumengen. Die Solidblauvorschrift hat mehrere Wandlungen durchgemacht, bis sie schließlich in nächster Nähe der Vitriolküpe stehen geblieben ist, sofern nach der letzten Vorschrift der gemahlene Indigo mit Kalk und Eisenvitriol reduziert, gelöst, mit Zinnsalz das Indigweiß ausgefällt, der entstandene Niederschlag mit Gummiwasser verdickt und auf die weiße Baumwolle gedruckt wird. Vor dem Oxydieren des Indigweiß auf dem Stoff wird letzteres in einem Kalkbad halb gelöst, worauf das Indigoblau beim Einhängen der Ware in den Fluß durch Sauerstoffaufnahme wieder zum Vorschein kommt. — Das jüngste Blaudruckverfahren beruht auf der von Fritzsche schon 1863 beobachteten Reduktion des Indigos durch Traubenzucker und Natronlauge; es ist unter dem Namen Glykoseprozeß bekannt und wird von der Schlieper-Baumschen Kattundruckerei in Elberfeld seit den 70er Jahren für ihre Rot-Blau-Artikel (s. Indigodruck) in großem Maßstab ausgeführt.

Literatur: Möhlau, Organische Farbstoffe, Dresden 1890; v. Georgievics, Der Indigo, Leipzig und Wien 1892. *(Kielmeyer.)* *R. Möhlau.*

Blaueisenerde, s. Vivianit.

Blauerde (Blaueisenerde), Mineral, Eisenoxydulphosphat $Fe_3(PO_4)_2 + 8H_2O$ mit 43,03% Eisenoxydul, 28,29% Phosphorsäure, 28,68% Wasser, erdiger Vivianit (s. d.), indigo- bis grünlichblau, wird oft farblos gewonnen, aber in Kürze blau. *Leppla.*

Blauerz, s. v. w. Spateisenstein.

Blaufarbenglas, s. Smalte.

Blaufarbenwerk, Schmelzhütte, in der Smalte dargestellt wird.

Blauholz, s. Farbstoffe, pflanzliche.

Blauholzlacke, Bronzeblau, Bronzebraun, Chrombronze, in der Buntpapierfabrikation vielfach (nur in Teigform) verwendete Farbe, hauptsächlich zur Darstellung der sogenannten Schillerpapiere mit bronzeartigem Glanz dienend.

Die Blauholzlacke werden durch Fällen einer Blauholz- oder Blauholzextraktlösung durch Mineralsalze hergestellt; so erhält man einen sehr schönen bläulichschwarzen Lack, der unter Zugabe von wenig Indigokarmin nach dem Trocknen einen kupfrigen Glanz bekommt durch Eisenvitriol; Bronzeblau durch Zusatz von Dahlia *BBB*-Lösung zur Blauholzlösung vor dem Ausfällen mit Eisenvitriol. Blauholzlösung mit wenig Dahlialösung gemischt, mit Alaun gefällt, liefert lilafarbenen Lack, der rotbraun erscheint und metallischen Reflex zeigt. Durch Fällen mit Chromalaun erhält man Chrombronze. Es lassen sich aus Blauholz eine ganze Reihe von Lacken von intensiv dunkler Färbung herstellen; Zusatz von Stärke beeinträchtigt die Färbung wenig, Kreide aber sehr stark, und nehmen die Farben alle einen graulichen Ton an. *Andés.*

Blaukali (Blausaures Kali), s. Blutlaugensalze.

Blauöl, ziemlich reines Anilin mit nur etwa 1% Toluidin; dient in der Teerfarbenindustrie zur Herstellung blauer Farben (vgl. Farbstoffe, künstliche organische) sowie von Anilinschwarz.

Blaupapier, zum Färben der Wäsche verwendetes, mit Indigo bestrichenes Papier; s. Papiersorten. *Kraft.*

Blauprozeß, s. Photographie.

Blausäure (Cyanwasserstoff) *CNH*, Mol.-Gew. 27, spez. Gew. 0,7, ist eine farblose Flüssigkeit von aromatischem Geruch, leicht löslich in Wasser, sehr giftig. Sie wird durch Zersetzung von Blutlaugensalz und andern Cyaniden mit Säuren erhalten. In der Technik findet sie kaum Anwendung.

Blauspat (Blaustein), s. v. w. Lazulith. S. a. Kupfervitriol.

Bleaching powder, s. Chlorkalk.

Blech, die in Form dünner Tafeln in den Handel kommende, durch Strecken aus schmiedbarem oder dehnbarem Metall hergestellte Metallware. Sehr dünne Bleche bis herab zu 0,01 mm und weniger heißen Blätter oder Folien, sehr starke nennt man Platten. Jeder Blechart kommen bestimmte Handelsgrößen zu.

Bleche sollen frei von Blasen, Beulen, Falten fein und gleichmäßige Stärke und Zähigkeit besitzen. Sie werden durch Beklopfen mit einem Hammer nach dem Klange auf Blasen und unganze Stellen geprüft. Die Festigkeit der Bleche ist in der Walzrichtung größer als in der Querrichtung, die Stärke wird nach der Nummer der Blechlehre (s. d.) angegeben. Es wiegt für 1 qm Fläche und 1 mm Stärke Schweißeisenblech 7,8 kg, Flußeisenblech 7,85 kg, Flußstahlblech 7,86 kg, Kupferblech 8,9 kg, Messingblech 8,55 kg, Neusilber-, Argentan-, Packfongblech

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

8,4—8,7 kg, Bronzeblech 8,6 kg, Zinkblech 7,2 kg, Bleiblech 11,37 kg, Zinnblech 7,3—7,5 kg, Silberblech 10,5—10,6 kg, Goldblech 19,3—19,35 kg, Platinblech 21,3—21,5 kg, Britanniametallblech 7,32—7,36 kg.

Eisenblech. Das Material ist zähes, reines und weiches Schweiß- oder Flußeisen. Das glatte Blech (Schwarzblech) bis zu 4,5 mm Stärke heißt Fein- oder Sturzblech, das stärkere Grob- oder Kesselblech. Die gangbarsten Bleche haben die Größen 2500 · 1250, 2000 · 1000 und 1600 · 800 qmm; ihre Stärke entspricht den Nummern 3—15, 16—24 und 25—27 der deutschen Lehre. Zentner- oder Bundbleche werden in Gebunden von 50 kg geliefert, ihre gewöhnlichen Größen sind 470 · 630, 470 · 790, 630 · 790 und 630 · 940 qmm. Die Fein- oder Sturzbleche führen verschiedene Namen: einfaches oder Schloßblech ist 0,8—3 mm stark und hat 470 · 340 qmm Fläche; doppeltes oder Doppelblech ist von doppelter Seitenlänge bei gleicher Stärke; Dünn- oder Kleineisen heißen die zum Verzinnen (Weißblech) bestimmten Bleche (s. Weißblechfabrikation), auch Faßblech wegen ihrer Verpackung in Fässern; Dachblech, 3 mm stark, hat 950 · 630 qmm; Rohrblech, unter 1 mm stark, hat 790 · 340 — 790 · 420 qmm und Rinnenblech 950 · 340 — 1260 · 370 qmm Fläche. Die rheinischen und westfälischen Blechfabriken liefern Sturzbleche in 25 Dickenabstufungen (deutsche Lehre). Als gelochte Bleche kommen Sturzbleche in verschiedenen Mustern zur Herstellung von Sieben in Größen bis zu 6000 · 2500 qmm in den Handel, als Zierbleche 0,75—2 mm stark mit mannigfaltig geformten Ausschnitten (Ofenvorsätze). Zu vielen Zwecken wird Feinblech (Schwarzblech) mit einem Ueberzug zum Schutze gegen Oxydation auf warmem oder galvanischem Wege versehen: Zinn-, Zink-, Blei-, Kupfer-, Nickelüberzug. Vom verzinnten Eisenblech, Weißblech, 0,4—2,5 mm stark, führt das stärkste den Namen Pontonblech, das mittelstarke den Namen Kreuz-, Vorder- oder Förderblech. Das schwächste heißt Senker- oder Senklerblech. Besondere Arten sind: Teller-, Schüssel-, Tassenblech, dessen Tafeln 350 · 240 — 420 · 330 qmm oder doppelt so groß sind. Die Zinnmenge ist gleich 3—5 % des Blechgewichts. Weißblech kommt in Kisten in den Handel. Verzinkte oder verbleite Bleche haben die Größen der Schwarzbleche. Verkupferte Bleche, ein- oder zweiseitig überzogen, sind bis zu 1000 · 600 qmm groß; das Kupfergewicht beträgt 5—10 % des Blechgewichts, ebensoviel das Nickelgewicht bei vernickelten Blechen. Das Grob- oder Kesselblech von 5—18 mm Stärke kommt vor als Salzpfannen-, Gurtungs- und Brückenblech (genietete Träger). Stärkeres Blech bis zu 40 mm (Zylinderkessel) nennt man Schiffsblech. Die Tafeln haben eine Länge bis zu 15000 mm und eine Breite bis zu 3000 mm. Panzerplatten aus Schweißeisen sind bis zu 550 mm Stärke hergestellt worden.

Außer den glatten Blechen sind Handelsware: Buckelplatten (Trogbleche) zum Belegen von Brücken und zur Herstellung gewölbeartiger Decken; ihre Form ist quadratisch, rechteckig oder trapezförmig; die Seiten, 500—2000 mm lang, haben einen ebenen Rand von 60—80 mm Breite, der Stich ist 1/10—1/15. Tonnenbleche (Hängebleche), flach gebogen, haben 1/8—1/12 Stich; ihre Längsseiten haben Ränder von 60—80 mm Breite, ihre Dicke ist 5—10 mm, ihre Größe 500 · 500 — 2000 · 3000 qmm. Riffelbleche (gerippte Bleche), 4—25 mm stark, haben Riffeln von 1,5—3 mm Höhe und 4—5 mm Breite, die sich rautenförmig kreuzen; sie dienen zum Belag von Treppenstufen und Brücken. Gleichen Zweck haben die Waffel- und Warzenbleche. Wellbleche dienen zu Bedachungen, zur Ueberwölbung von Hallen, zum Bau von Baracken; sie sind meist verzinkt, 1 qm des ungewellten Bleches hat 0,6 kg Zink. Nach der Breite der Wellen werden unterschieden: flaches Wellblech mit 60—300 mm breiten Wellen, Jalousieblech mit 25—60 mm und Trägerwellblech mit 60—180 mm breiten Wellen. Die Wellenhöhe ist etwa gleich der halben Wellenbreite. Die Wellblechstärken entsprechen den Nummern 17—24, 19—26 und 2—19 der Feinblechlehre. Das Trägerwellblech, zuweilen mit 1/12—1/10 Stich, hat 3—4, höchstens 6 m Länge und 0,45—0,9 m Breite. Gewelltes und geripptes Blech findet auch zu Flammrohren von Dampfkesseln Verwendung.

Stahlblech kommt in den Handel als Dampfkesselblech (Bessemer- oder Martinstahl) bis zu 40 mm Stärke, als Uhrfederblech (Tiegelgußstahl), 0,2—0,25 mm stark, in langen aufgerollten Tafeln von 100—150 mm Breite, als Spiralfederblech in kleinen Blättern, als Stahlfederblech in Tafeln von 150 · 67 — 150 · 100 qmm Fläche. Stahlplatten dienen zur Herstellung von Geldschränken und werden als Stahldruckplatten verwendet. Panzerplatten aus Flußstahl haben eine Stärke bis zu 300 mm.

Kupferblech. Die Tafeln haben eine Größe von 1500 · 760 — 1800 · 900 qmm. Die schwächsten Bleche von 0,6 mm abwärts kommen aufgerollt als Rollkupfer in den Handel: Zündhütchen-, Flickkupfer. Mittelstarke Bleche, bis 3 mm stark, heißen Dachblech (0,7—2 mm), Rinnenblech oder Schlauchblech. Zum Schiffsbeschlag dienen Platten von 1220 · 350 qmm Fläche und 0,6 bis 1,5 mm Stärke. Kupferplatten, 5—15 mm stark, finden zu Kesselböden und Lokomotivfeuerbüchsen Verwendung.

Messingblech (30 % Zink und 70 % Kupfer) und **Tombakblech** (15 % Zink und 85 % Kupfer). Die stärksten Arten kommen schwarz, d. h. mit der dunkeln Oxydschicht, die bei der Herstellung entsteht, in den Handel, im Gegensatz zu lichtem oder blankem Messingblech. Rausch-, Knitter-, unechtes Blattgold nennt man die 1/90—1/65 mm starke Folie. Rollmessing, Rolltombak, 0,1—0,4 mm stark, ist 120—460 mm breit und bis 6500 mm lang. Bugmessing von 0,3—2 mm Stärke und 180 · 1000 — 360 · 6000 qmm Fläche wird umgebogen und flach zusammengelegt auf den Markt gebracht. Tafelmessing, Tafeltombak, 1—17 mm stark, 300—600 mm breit, dient zum Beschlagen von Schiffen und zum Dachdecken.

Neusilber-, Argentan-, Packfongblech. Legierung aus Kupfer, Zink und Nickel, dient zur Herstellung der Alfénide- und Alpakawaren. Rausch-, Knitter-, unechtes Blattsilber, Silberschaum ist 1/66—1/40 mm stark.

Bronzeblech. Nur Legierungen von mindestens 95 % Kupfer und höchstens 5 % Zinn sind hinreichend dehnbar, um zu Blech verarbeitet werden zu können. Bronzeblech wurde in Frankreich zum Beschlagen von Schiffen gebraucht.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Bleiblech, Walzblei. Die 6—30 mm ſtarken Platten kommen zuſammengerollt (Rollblei) in den Handel. Dünne Bleche bis 0,05 mm herab werden zum Einwickeln von Gegenſtänden ſtatt der teuren Zinnfolie gebraucht: Tabakblei, Bleifolie.

Zinnblech findet in dünnen Blättern Verwendung als Zinnfolie, Stanniol, zu Flaſchenkapſeln und zum Einwickeln von Nahrungsmitteln. Spiegelfolie, etwa 0,01 mm ſtark, dient zum Belegen der Spiegel. Unechtes Blattſilber iſt etwa 1/1500 mm ſtark.

Zinkblech, 0,3—5 mm ſtark, wird zu Eimern, Gießkannen, Badewannen und zum Dachdecken verwendet.

Silber-, Gold-, Platinblech. Silber- und Goldblech wird zu Münzen und Medaillen verarbeitet. Der Gold- und Silberarbeiter braucht Bleche unter 1 mm Stärke. Zum Vergolden und Verſilbern dient ſehr dünnes Blech, Blattgold (geſchlagenes Gold) bis herab zu 1/8000 mm Stärke und Blattſilber (geſchlagenes Silber) bis herab zu 1/4500 mm Stärke. Platinblech findet Verwendung zu Tiegeln und Schalen im chemiſchen Laboratorium und zu phyſikaliſchen Inſtrumenten.

Britanniametallblech. Legierung von Zinn, Antimon, Zink, Kupfer findet in Stärke von etwa 1 mm für Hausgegenſtände Verwendung: Salzfäſſer, Leuchter.

Plattierte Bleche. Am häufigſten ſind Plattierungen von Kupfer mit Gold und Silber, von Neuſilber mit Silber, von Blei mit Zinn auf einer oder beiden Seiten, von Kupfer mit Platin (chemiſche Apparate), von Eiſen und Stahl mit Nickel. Die Plattierungen haben den Zweck, den Gegenſtänden Gebrauchsfähigkeit oder Ausſehen des wertvolleren Metalls zu verleihen.

Dalchow.

Literatur: ſ. Blechfabrikation.

Blechbearbeitung. Zur Herſtellung fertiger Gebrauchsgegenſtände aus Blech ſind Trennungs-, Formänderungs-, Verbindungs- und Vervollkommnungsarbeiten erforderlich. Die Einzelheiten der Bearbeitung ſind folgende:

1. Trennungsarbeiten. Hierher gehört das Schneiden mittels Scheren zur Herſtellung gerader und kurvenförmiger Schnitte, das Aushauen runder Löcher oder beliebig geformter Ausſchnitte mit dem Aushauer, das Lochen und Durchſtoßen (Schneiden) mit dem Durchſchlag und dem Lochſtempel der Lochſtanzen zur Erzeugung von Niet- und Schraubenlöchern und zur Herſtellung von Siebböden und Zierblechen. Das Sägen findet zur Erzeugung tiefer, feiner Einſchnitte Anwendung, das Hobeln zur Bearbeitung von Blechkanten, das Bohren zur Erzeugung von Niet- und Schraubenlöchern.

2. Formänderungsarbeiten. Außer den Arbeiten, bei denen in der Hauptſache ein Biegen ſtattfindet, ſind hierher zu rechnen die Arbeiten, bei denen eine Verſchiebung und ein Fließen des Metalls vor ſich geht. Zu der erſten Gruppe gehört das Biegen von Kanten und Rundungen, das Richten oder Geradeſtrecken von Blechen, das Sicken zur Herſtellung halbrunder, rinnenförmiger Vertiefungen, das Bördeln zur Herſtellung eines Hohlrandes an Blechgefäßen, das Falzen zum Zwecke der Verbindung von Blechen, wobei die umgebogenen und zuſammengedrückten Blechränder ineinander greifen. Zur zweiten Art gehören das Drücken zur Herſtellung von Gefäßen, das Treiben mit dem Hammer oder mit Punzen zur Erzeugung von Blechgefäßen und Schmuckgegenſtänden und zur Darſtellung erhabener Figuren (getriebener Arbeiten); ferner die Vorgänge des Preſſens, Stanzens, Ziehens, Prägens, die ein beſonderes Gebiet für ſich bilden und die in ihrer Wirkung ineinander übergehen. Es kommt bei ihnen darauf an, daß ein Stempel durch Druck- oder Schlagwirkung gegen ein über einer Matrize liegendes Blech gepreßt wird. Unter Preſſen verſteht man den ruhigen, beſtändigen Druck [1], der als Urſache der Wirkung des Prägens (Schneidens, Durchſtoßens) voraufgehen muß. Der Ausdruck Stanzen bezieht ſich auf eine ſchlagende, ſtoßende Wirkung ſowohl zum Zwecke der Hohlbildung als des Lochens. Der Vorgang des Ziehens vollzieht ſich unter ſtetigem Drucke und bildet den Uebergang vom Preſſen zum Stanzen (ſ. Preſſen).

3. Verbindungsarbeiten. Das Falzen (ſ. unter 2.) findet Anwendung bei Herſtellung von Gefäßen, Ofenröhren und Dachdeckungen aus dünnem Blech, das Löten (Weich- und Hartlöten) zur Herſtellung dichter Verbindungen, das Schweißen beſonders zur Herſtellung von Röhren. Das Nieten iſt die häufigſte Verbindungsarbeit und kommt bei Blechen jeder Stärke zur Ausführung. Oft findet zur Erzeugung feſter und dichter Verbindungen Löten und Falzen (waſſerdichte Gefäße) oder Löten und Nieten (Dampfrohre) ſtatt.

4. Vervollkommnungsarbeiten. Dieſe haben den Zweck, den Blechwaren ein gutes Ausſehen zu geben oder ſie gegen Roſt zu ſchützen, oder ſie bezwecken beides zugleich. Hierher gehören das Polieren mit Polierpulver oder dem Polierſtahl und das Glätten, Abſchlichten und Ausſchlichten mit dem Polier- oder Ausſchlichthammer bei getriebenen Gegenſtänden; das Ueberziehen mit Oxydſchichten bei der Herſtellung von Glanzblechen und das Brünieren; ferner das Ueberziehen mit Glasflüſſen (Emaillieren) bei Koch- und Küchengeſchirren und die Herſtellung von Metallüberzügen. Dieſe werden auf mechaniſchem Wege hergeſtellt beim Verzinnen (ſ. Weißblechfabrikation), Verzinken (galvaniſiertes Eiſen) und Verbleien, auf mechaniſchem oder galvaniſchem Wege beim Verkupfern, Vernickeln, Verſilbern, Vergolden. Das Plattieren findet beſonders bei Kupferblech mit Gold, Silber und Platin, bei Eiſenblech mit Kupfer und Silber ſtatt.

Literatur: [1] Kannegießer, Das Preſſen, Stanzen und Prägen der Metalle, Leipzig 1903.

Dalchow.

Blechbearbeitungsmaſchinen. Die Blechbearbeitung erfolgt heute anſtatt durch langwierige, unvollkommene und koſtſpielige Handarbeit in ausgedehnter Weiſe durch Maſchinen, mit denen zum Teil vorbereitende Arbeiten (Biegen, Schneiden u. a.) ausgeführt, zum Teil fertige oder nahezu fertige Gegenſtände hergeſtellt werden.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Zum Zerſchneiden von Blechen dienen Scheren, Maſchinenſcheren, die nach ihrer Bauart Hebel- oder Stockſcheren (Maul- oder Backenſcheren), Tafel-, Parallel-, Kurbel-, Exzenter-, Rahmen- oder Kreisſcheren ſind. Das Lochen und Durchſtoßen erfolgt auf den Lochmaſchinen, Durchſtoßmaſchinen und Lochſtanzen, die häufig mit einer Schere vereinigt ſind. Hierher gehören auch die Sieblochmaſchinen zur Herſtellung von Siebblechen, Perforiermaſchinen zum Durchtrennen von Blechen. Zum Behobeln der Blechkanten dienen Blechkantenhobel- oder Befäumemaſchinen, zum Bohren die Bohrmaſchinen. Das Biegen erfolgt auf Biegemaſchinen. Dieſe zerfallen in Abkantemaſchinen (Falzbieg- oder Abbiegmaſchinen), Rund-, Wulſt- und Rollmaſchinen. Das Richten und Geradeſtrecken der Bleche geſchieht auf Richtmaſchinen (Blechſpann- oder Blechentſpannmaſchinen). Zur Herſtellung von Falznähten dienen Falz-, Doppelfalz-, Falzzudrück- und Rohrfalzzudrückmaſchinen und zum Ueberdrücken der Falze an Blechgefäßen (ſ. d.) die Bodenfalz- und die Bodenfalzzudrückmaſchinen. Sehr mannigfaltiger Konſtruktion ſind die Bördel-, Sicken-, Drahteinlege-(Zulege-) und Geſimsmaſchinen; ſie finden in Fabriken von emaillierten, verzinnten oder verzinkten Geſchirren, in Herd- und Ofenfabriken, ferner bei der Herſtellung von Rauchfängern, Ventilatoren u. a. Verwendung. Zur Herſtellung von Geſimſen dient auch die Geſimsziehbank, zur Herſtellung von Rohren die Rohrziehbank. Gewellte Bleche werden auf Wellblechmaſchinen (Blechwalzwerk) hergeſtellt. Beſonderen Zwecken dienen Kanneliermaſchinen zum Kannelieren von Hohlkörpern, Deckeln und Kannen, Scharniermaſchinen zur Herſtellung von Blechſcharnieren, Einwalzmaſchinen zum Einwalzen von Zahlen und Buchſtaben in Blechgegenſtände, Einrollmaſchinen zum Einrollen der Ränder an Deckeln, Taſſen, Tellern u. a. So findet man in der Maſſenfabrikation für eine große Anzahl von Arbeitsvorgängen beſondere Blechbearbeitungsmaſchinen. In ausgedehntem Maße finden die Vorgänge des Preſſens, Prägens, Stanzens und Ziehens mit Maſchinen (Preſſen, Fallwerke) zur Herſtellung von Blechgegenſtänden Verwendung, wie Knöpfe, Oefen, Lampenteile, Taſſen, Teller, Teebretter, Löffel und Schalen, ferner Fingerhüte, Zwingen, Hülſen, Patronenhülſen, Keſſel, Pfannen u. ſ. w.

Die Preſſen (ſ. d.) werden nach ihrer Konſtruktion und ihrer Wirkungsart unterſchieden [1] als Spindelpreſſen (Friktionsſpindelpreſſen), Kurbel-, Exzenterpreſſen (Stoß-, Revolverpreſſen) und Ziehpreſſen (hydrauliſche Ziehpreſſen). Die Prägemaſchinen (Prägepreſſen) dienen zum Prägen von Münzen, Wertmarken und Medaillen, die Fallwerke zum Stanzen zur Herſtellung kleiner Gegenſtände; ſie finden beſonders in Bronze-, Gold- und Silberwarenfabriken Anwendung. Von den Verbindungsarbeiten erfolgt außer dem Falzen das Nieten durch Maſchinen, die je nach ihrer Beſtimmung beſondere Konſtruktionen aufweiſen; ſie finden ausgedehnte Verwendung in Keſſelfabriken, Schloſſereien und Klempnereien.

Unter den Vervollkommnungsarbeiten geſchieht das Schleifen, Putzen und Polieren von Geſchirren aus Meſſing, Neuſilber u. ſ. w. vielfach durch Maſchinen, ebenſo das Blank- und Glattſchlagen durch Maſchinenhämmer (ſ. Polieren). *Dalchow.*

Blechbefäumemaſchine, -kantenhobelmaſchine, ſ. Hobelmaſchinen.

Blechbiegemaſchine, ſ. Biegemaſchine.

Blechbohrmaſchine, ſ. Bohrmaſchinen.

Blechdach, aus Metallblech erſtellte Dackdeckung, feuerſicher, dicht und zugleich leicht, aber teuer. Nachteilig iſt, daß das Metall als guter Wärmeleiter keinen Schutz gegen die äußere Temperatur gewährt, daher das dünne Blech, beſonders wenn es nicht auf durchgehende Brettſchalung, ſondern nur auf Lattung eingedeckt iſt, weder Hitze noch Kälte vom Innenraum abzuhalten vermag, und die Ausgleichung der verſchiedenen Temperaturen ſich durch Niederſchläge an der Unterſeite und Tropfwaſſer bemerkbar macht. Die Dachneigung kann, da die Oberfläche nur wenige Fugen zeigt, eine ſehr flache ſein von 1:6 bis 1:24.

Als Unterlage dient meiſt eine feſte einfache oder doppelte Brettſchalung, wobei jedoch als Vorſichtsmaßregel zu gelten hat, daß nur ausgelaugte Hölzer (wie in Frankreich üblich) zur Schalung verwendet werden, um den ſchädlichen Einfluß der Holzſäfte auf das Metall zu vermeiden. Auch empfiehlt es ſich aus demſelben Grunde, eine Zwiſchenlage von geöltem glatten Papier (papier Joſeph) ſo einzulegen, daß keinenfalls eine unmittelbare Berührung von Metall mit Holz oder auch Stein ſtattfindet. Um den Mißſtänden, die ſich aus der Ausdehnungsfähigkeit des Metalls ergeben, vorzubeugen, ſind folgende Grundſätze feſtzuhalten: 1. die einzelnen Tafeln ſind ſo unter ſich zu verbinden, daß ſie ſich in der Richtung ihrer Fläche frei bewegen können; 2. die Stöße ſind zu fälzen und dürfen nicht gelötet werden, um ein Reißen der Bleche bei der Zuſammenziehung durch Kälte zu vermeiden: 3. das Fälzen darf nicht in ſcharfen Kanten, ſondern hat rundlich zu geſchehen; 4. die Befeſtigung erfolgt nicht direkt auf die Unterlage, ſondern durch Heftbleche (ſ. d.), die feſtzunageln ſind; 5. Heftbleche und Nägel ſollen unter der Eindeckung liegen und vor Roſten geſchützt ſein; 6. für die Zeit des Legens ſoll nur trockenes Wetter gewählt werden. — Die zur Verwendung kommenden Metalle ſind a) Zink (am häufigſten), b) Eiſen als Gußeiſen, Schwarzblech, verbleites Blech und beſonders verzinktes Wellblech, c) Kupfer und d) Blei.

Die Deckungsweiſen ſind ſehr verſchieden je nach der Größe und Form des verwendeten Metallblechs, und werden außerdem auch durch die Neigung und Konſtruktion des Daches bedingt. Hiernach ſind zu unterſcheiden: a) Deckung mit Tafeln durch Fälzung (ſ. Falz), Wulſten oder Deckleiſten, b) Deckung mit Wellblechtafeln, c) ſchuppenförmige Deckung (Blechfalzziegel).

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Literatur: a) Baukunde des Architekten, Bd. 1, 1. Teil, S. 653, Berlin 1895; b) Handbuch der Architektur, 3. Teil, Bd. 2, 3. Heft, S. 153, Darmstadt 1894; c) Breymann, Allgemeine Baukonstruktionslehre, 3. Teil, 11. Kap., S. 203, Leipzig 1890. *Weinbrenner.*

Blechdarre, s. Malz.

Blechdruck. Hierbei werden entweder vom Satze durch Abformen gewonnene Druckplatten aus elastischerem Material, wie Gelatine, vulkanisiertem Kautschuk, Guttapercha u. s. w., zum direkten Aufdrucke benutzt oder der Blechdruck ist ein lithographischer und erfolgt auch direkt; nur feine chromolithographische Arbeiten werden indirekt mittels Umdruckes, durch Abziehbilder (s. d.) oder auf einer Spezialmaschine hergestellt.

Zur Verwendung gelangt dünnes Weiß-, Zink- und Eisenblech. Um glatte Bleche druckfähiger zu machen, überstreicht man sie dünn mit Kopallack und, sobald dieser klebrig geworden, mit einer aus 20 g Gelatine, 300 ccm Wasser, 250 ccm Spiritus, 50 g Zinkweiß und 10 g Glyzerin hergestellten Flüssigkeit. Weißblech wird durch Asphaltbezug druckfähiger und weniger grell. Eisenblech mattiert man mittels verdünnter Salzsäure, Zinkblech mit schwacher Chromsäure. Dies ergibt eine gute Druckfläche und verhindert das spätere Abspringen der Farbe. Zum Grundieren wird Blechlackfarbe oder Zinkweiß, mit borsaurem Manganoxydul versetzt, in Dammarlack gerieben, mit Terpentinöl streichfähig verdünnt, benutzt. Den starken Glanz beseitigt man dann durch Scheuern mit Schlemmkreide. Beim direkten Druck werden die Steine hochgeätzt, die Farben müssen durch äußerste Reduzierung des Bindemittels sehr körperhaft und durch Trockenmittel rasch verharzend gehalten werden. Beim indirekten Verfahren mittels Umdrucks wird die Form auf mittels Kleister und Gummi arabicum gestrichenes Papier gedruckt, das Blatt frisch auf das Blech gelegt und in der Presse durchgezogen, welcher Vorgang so oft stattfindet, als Farbenplatten verwendet werden. In der Spezialblechdruckmaschine (vgl. den Katalog von Faber & Schleicher, Offenbach a. M.) gibt der Stein einfahrend eingefärbt das Druckbild auf den unteren, mit einem Gummituche überzogenen Zylinder ab und gelangt unter den Feuchtapparat. Während der Stein zurückfährt, stehen beide Zylinder still, und das auf das Gummituch etwa gelangte Wasser verdunstet. Wechselt der Stein wieder die Bewegung, nimmt der obere Zylinder mittels Greifklammern die Blechtafel mit, der untere Zylinder gibt die Zeichnung an das Blech ab, um sofort einen neuerlichen Abzug vom Steine zu erhalten, während die Tafel, durch Abweiser nach außen geführt, in die natürliche Lage, mit dem Druck nach oben, auf einen Rechen zurückschnellt. Das Trocknen der Blechtafeln geschieht in einem Trockenraum oder Ofen bei 30°. Zur Erzielung von Glanz und Dauerhaftigkeit wird die fertig bedruckte Tafel mit hellem Kopallack oder mit einem aus 25 Teilen Spiritus, 10 Teilen Sandarrak, 1 Teil Kampfer und $2^1/_2$ Teilen Venezianischem Terpentin verfertigten Lack gestrichen; auch kann mit Leinöl und Spiritus poliert werden. Beim kautischen Blechdruck (Sandtner) wird der Druck mit Harzpulver gestaubt, das Zinn der freien Stellen weggeätzt, diese läßt man oxydieren, worauf die bedruckten Partien abgewaschen und mit verschiedenen Farben die Tafeln eingelassen werden. *A. W. Unger.*

Bleche (Kesselbleche), s. Dampfkessel, Schiffskessel; Schiffsbleche, s. Schiffbau.

Bleche, plattierte, s. Blech.

Blecheckenheftmaschine, s. Kartonnagenfabrikation.

Blechentspannmaschine, Blechspannmaschine, s. Richtmaschinen.

Blechfabrikation. Die Erzeugung von Blech geschieht durch Hämmern (Blechhämmer) oder durch Walzen (Blechwalzwerke). Die erste Art, bei der das Metall durch Streckhämmer mit schmaler Bahn gestreckt, dann mit dem Schlicht- oder Abrichthammer geglättet wird, ist fast völlig durch das Walzverfahren verdrängt worden. Nur sehr dünne Bleche von 0,01 mm abwärts müssen wegen der Zerrung durch die Walzen gehämmert werden. Nachteile des Hämmerns sind ungleiche Dicke des Bleches, ungleichmäßiges Material, längere Arbeitsdauer.

Eisenblech. Schlackenfreie Schweißeisen- oder Flußeisenblöcke werden in glühendem Zustande ausgewalzt. Zur Herstellung von Schweißeisenblech werden Stäbe aus Luppeneisen kreuzweise aufeinander geschichtet (paketiert) und unter dem Hammer zu einem Stück (der Bramme) zusammengeschweißt, so daß ihre Breite gleich der des fertigen Bleches wird. Die Bramme wird der Länge nach ausgewalzt. Zur Herstellung schwacher Bleche werden aus dem Paket flache Stäbe gewalzt, diese in Stücke zerschnitten von dem Gewichte des fertigen Bleches, vermehrt um das Gewicht für Abbrand und Abfall. Die Stücke werden bis zur Breite des Bleches ausgewalzt, dann rechtwinklig zur ersten Walzrichtung der Länge nach: Kreuzwalzen. Sehr starke Bleche werden durch Zusammenschweißen mehrerer hergestellt (schmiedeeiserne Panzerplatten). Während der Herstellung werden die Bleche zur Beseitigung der beim Walzen eintretenden Sprödigkeit in Flammöfen oder auf Herdöfen ausgeglüht oder in geschlossenen gußeisernen Gefäßen (Kästen, Töpfen) im Flammofen zum Schutz gegen Oxydation. Sehr dünne Bleche werden kalt gewalzt. Blechwalzwerke haben glatte Walzen. Die Oberwalze ist gegen die Unterwalze verstellbar, ihr Gewicht durch Gegengewichte entlastet, ihre höchste Stellung durch Druckschrauben begrenzt. Sie wird durch Reibung mitgenommen (Schleppwalze) oder durch Getriebe bewegt; jenes hat den Vorzug gleicher Umfangsgeschwindigkeit und findet, weil keine Zerrungen auftreten, bei sehr dünnen Blechen Anwendung, dieses hat den Vorzug besserer Kraftübertragung auf das Blech. Die Walzen müssen einander genau parallel und

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

zentrisch gelagert sein; ihre Stellschrauben werden deshalb durch denselben Mechanismus angetrieben (Wurmräder, Keile). Falten an den Rändern des Bleches, wellenförmige Krümmungen in der Mitte, windschiefe Flächen sind Folgen fehlerhafter Walzen. Da schwere Bleche sich mühsam mit der Hand über die Oberwalze zurückführen lassen, wendet man entweder mechanische Hilfsmittel an (mit Rollen versehene Walztische, die durch Dampfkraft gehoben und gesenkt werden) oder die Dampfmaschine wird umgesteuert, oder die Drehrichtung der Walzen wird durch Wechselgetriebe umgekehrt (Kehr- oder Reversierwalzwerk). Ein solches Walzwerk arbeitet ohne Schwungrad, erfordert daher eine sehr starke Maschine (2000—3000 PS.). Man vermeidet die Uebelstände durch Anordnung dreier Walzen übereinander oder durch Anwendung zweier Walzenpaare entgegengesetzter Drehrichtung (Fig. 1 und 2). Die Anordnung nach Fig. 1 heißt Drillingswalzwerk (Triowalzwerk). Die Mittelwalze wird entweder lose gelagert (Schleppwalze) oder fest, die Ober- und Unterwalze werden angestellt. Das Walzwerk, auf dem die Schweißeisenstäbe (Stürze) bis zur Breite des fertigen Bleches ausgereckt werden, heißt Sturzwalzwerk, das zweite, auf dem das Blech der Länge nach ausgewalzt wird, Schlichtwalzwerk. Die Stürze werden vom Glühspan durch Eintauchen in Wasser befreit, die Bleche durch Besprengen der Walzen mit Wasser. Dünne Bleche werden, durch Graphit, Holzkohlenpulver oder andre Mittel getrennt, bis zu 16facher Lage aufeinander ausgewalzt oder dasselbe Stück wird mehrfach umgebogen (doppeln). Dadurch wird einer raschen Abkühlung vorgebeugt, das Walzverfahren beschleunigt, und die Bleche — oben und unten mit Ausschußplatten bedeckt — werden vor unmittelbarer Berührung mit den Walzen geschützt. Die zu Weißblech bestimmten Bleche werden mit verdünnter Schwefelsäure gebeizt, in verschlossenen Töpfen geglüht und kalt unter gehärteten Stahlwalzen fertiggewalzt (s. Weißblechfabrikation). Die übrigen Bleche werden nach der Walzarbeit im Flammofen mit rauchender, reduzierender Flamme ausgeglüht und kommen schwarz aus dem Ofen (Schwarzblech). — Flußeisenbleche werden aus flachgegossenen Blöcken, entsprechend den Brammen des Schweißeisens, ausgewalzt; sie ersetzen die Schweißeisenbleche mehr und mehr. Panzerplatten wurden früher durch Zusammenschweißen mehrerer Schweißeisenbleche bis zu 550 mm Stärke hergestellt, Compoundplatten durch Hintergießen einer vorderen Stahlplatte mit Flußeisen oder durch Aufgießen von Flußstahl auf eine Schweißeisenplatte, oder durch Zwischengießen weichen Stahls zwischen eine gehärtete Stahlplatte und eine Schweißeisenplatte, die miteinander durch Stehbolzen verbunden waren. Heute werden Panzerplatten ganz aus Nickelstahl gegossen und gehärtet (s. Schiffspanzer). Die Umdrehungszahl der Walzen eines Blechwalzwerks beträgt 25—35 in der Minute, der Durchmesser der Walzen 340—760 mm. Zu 100 kg Blech werden infolge der Abfälle und Abbrände etwa 175 kg Roheisen verbraucht.

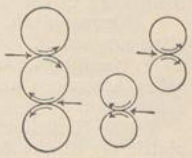


Fig. 1. Fig. 2.

Stahlblech. Das Material ist fast ausnahmslos Flußstahl, die Fabrikation ist der des Eisenbleches gleich.

Kupferblech. Gegossene Kupferbarren werden in glühendem Zustande zu 15 mm starken Platten ausgeschmiedet (Vorschlagen) und die Platten in Stücke (Schrote) zerschnitten. Die Schrote wurden früher glühend zuerst mit dem Reckhammer gestreckt, dann mit dem Schlicht- oder Planierhammer geglättet. Heute werden die Schrote kalt oder warm ausgewalzt. Kaltwalzen hat den Vorzug geringen Materialverlustes (1/4 %), Warmwalzen den leichterer und schneller Arbeit; der Materialverlust beträgt hierbei 7 %. Das Kupferblech wird durch Walzen dichter, daher gegen Luft und Seewasser widerstandsfähiger. Kaltgewalztes Kupfer wird während der Herstellung mehrfach ausgeglüht. Zur Beseitigung des Glühspans werden die heißen Kupferbleche in Wasser abgelöscht.

Zinkblech. Zink wird bei einer Temperatur von 100—150°, bei der es am zähesten ist, ausgewalzt (Vorwalzen). Die Erwärmung geschieht im Glühofen unter Luftabschluß. Dünne Bleche werden, mit Oel oder Talg bestrichen, aufeinander geschichtet. Die Walzen aus poliertem Hartguß werden zuweilen mit Dampf geheizt, um einer raschen Abkühlung vorzubeugen. Das Fertigwalzen erfolgt bei 150°; die Bleche müssen zur Erzielung großer Zähigkeit sehr langsam abkühlen.

Zinnblech. Gegossene Zinnplatten von 6—30 mm Stärke werden kalt gewalzt. Spiegelfolie, bis zu 300 Schichten aufeinander, wird aus dünngewalzten Blechen mit Holz- oder Fallhämmern (Streck-, Zain-, Platthämmer), die 250—300 Schläge in der Minute machen, auf einem steinernen Amboß geschlagen. Die etwa 1/1500 mm starke gehämmerte Folie heißt unechtes Blattsilber.

Bleiblech wird kalt gewalzt oder auch dadurch hergestellt, daß ein Messer eine sich drehende Bleiwalze spiralenförmig abschält.

Gold-, Silber- und **Platinblech** wird in ausgegossenen Stäben, Zainen, zuerst mit gewöhnlichen Walzen, dann auf dem Probewalzwerke mit polierten Walzen ausgewalzt. Zur Erzielung gleicher Dicke werden die Bleche nach dem Walzen durch einen Seckenzug (Zainzug) gezogen. Dem Walzen geht häufig eine Vorbehandlung mit dem Hammer vorauf. Während des Walzens ist häufiges Ausglühen und Ablöschen durch kaltes Wasser zur Erhöhung der Zähigkeit erforderlich. Blattgold und Blattsilber wird geschlagen, häufig mit Schlagmaschinen. Quadratische Blättchen, Quartiere, von 25 mm Seitenlänge werden zwischen Pergamentblättern zu Quadraten von 100—125 mm Seitenlänge gehämmert, dann zerschnitten und nochmals gehämmert. Die sehr dünnen Blättchen werden zwischen Goldschlägerhäutchen (vom Blinddarm des Ochsen) bis zu 800 Schichten weiter auf einem Amboß aus Granit oder Marmor ausgehämmert. Das Paket der zusammengeschichteten Blättchen nennt man Form. Das Hämmern findet gewöhnlich in zwei Pergamentformen (Dick- oder Dünnquetsche) und zwei Hautformen (Lot- oder Dünnschlagform) statt.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Meſſing- und **Tombakblech** wird kalt gewalzt, da die Legierungen im glühenden Zuſtande ſehr ſpröde ſind. Das grobkörnige kriſtalliniſche Gefüge wird zunächſt durch geringen Walzendruck oder Schlagen mit leichten Hämmern in feinkörniges, zähes Gefüge umgewandelt. Während des Walzens findet häufiges Ausglühen ſtatt. Dünne Meſſingbleche werden mit Hämmern (Schnellhämmern), 300—400 Schläge in der Minute, ausgereckt. Die Herſtellung des unechten Blattgoldes iſt der des echten gleich.

Bronzeblech, nur in einer Legierung herſtellbar (ſ. Blech, S. 45), wird bei Rotglühhitze ausgewalzt.

Neuſilber-, Argentanblech. Vorbereitung durch Schlagen mit dem Dampfhammer, dann kaltes Auswalzen unter häufigem Ausglühen. Raufchſilber und unechtes Blattſilber werden gehämmert.

Die Herſtellung von **Aluminiumblech** iſt der des Zinnblechs gleich. — Bei der Herſtellung **plattierter Bleche** benutzt man die Eigenſchaft der Metalle, ſich durch Adhäſion zu vereinigen, wenn ſie mit reinen Flächen aufeinander gepreßt werden. Bei ſilberplattierten Kupferblechen bringt man auf eine 12 mm ſtarke Kupferplatte zum beſſeren Haften eine Goldchloridlöſung oder eine Löſung von ſalpeterſaurem Silberoxyd. In der Rotglühhitze erfolgt darauf das Auswalzen in dünne Bleche. Die Plattierung von Kupfer mit Platin und Neuſilber mit Silber geſchieht ebenſo. Zinn und Blei werden kalt zuſammengewalzt oder geſchmolzenes Zinn wird auf eine reine Bleiplatte gegoſſen und dann gewalzt. Eiſen und Stahl werden mit Nickel in der Weißglühhitze zuſammengeſchweißt und die Platten dann gewalzt. Beide Metalle müſſen völlig rein und die Luft abgeſchloſſen ſein.

Literatur: Karmarſch-Fiſcher, Mechaniſche Technologie, Leipzig 1891, 2. Bd.; Ledebur, Mechaniſch-metallurgiſche Technologie, Braunſchweig 1897; Kick, Mechaniſche Technologie, Leipzig und Wien 1898; v. Hoyer, Die Verarbeitung der Metalle und des Holzes, Wiesbaden 1897.

Dalchow.

Blechgefäßherſtellung erfolgt mittels beſonderer Maſchinen. Man unterſcheidet Maſchinen zur Herſtellung von Gefäßen mit Böden aus einem Stück, zur Herſtellung von Böden und Deckeln, zur Herſtellung von Gefäßkörpern ohne Boden (den Zargen), zur Verbindung der Gefäßteile und zum Verſchließen der gefüllten Gefäße.

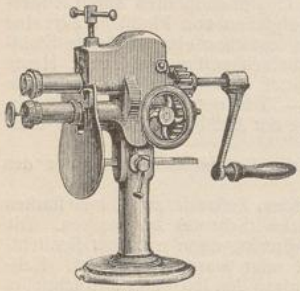


Fig. 1.

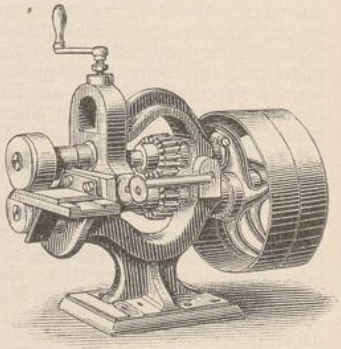


Fig. 2.

Gefäße mit Böden aus einem Stück, Böden und Deckel werden auf Preſſen (Ziehpreſſen) hergeſtellt. Dieſe führen häufig gleichzeitig das Beſchneiden der Gefäße aus; zuweilen dienen zum Beſchneiden beſondere Maſchinen. In Fig. 1 iſt eine ſolche für Handbetrieb dargeſtellt [1]. Zum Runden und gleichzeitigen Sicken von Zargen dient die in Fig. 2 dargeſtellte Maſchine [2], zum Biegen von Zargen mit abgerundeten Ecken die Maſchine nach Fig. 3 [3]. Hier beſorgt das Biegen eine rollende Stahlwalze, wodurch eine Beſchädigung des Bleches verhütet wird. Zum leichten Abziehen enger Zargen iſt die untere Wange ſeitlich aus dem Lager ſchwenkbar. Das Blech wird ſelbſttätig durch die mit einer Stahlſchiene belegte Spannwange feſtgehalten. Durch vier an dem Tiſch verſchiebbare Anſchlagleiſten laſſen ſich die Seitenlängen der Zargen einſtellen. Auch die Wangen ſind für beliebige Rundungen der Ecken einſtellbar. Eine Zargenbiegemaſchine für Kraftbetrieb [2] zur Herſtellung vieleckiger Büchſen bei nur einer Umdrehung zeigt Fig. 4. Die Vereinigung der Zargenränder untereinander und des Bodens und Deckels mit den Zargen erfolgt ausſchließlich durch Falzverbindungen, die oft des dichten Verſchluſſes wegen verlötet werden. Zum Falzen der Zargenränder dienen Längsfalzmaſchinen (ſ. Biegemaſchinen), zum Falzen der runden oder eckigen Böden Bodenfalz- und Doppelfalzmaſchinen, zum Zudrücken der Falze Zudrückmaſchinen (ſ. Falzen). Eine Bodenfalzmaſchine [2] für Handbetrieb zum Ueberdrücken der

Fig. 3.

nach auswärts ſtehenden Falze zeigt Fig. 5, eine Doppelfalzzudrückmaſchine Fig. 6. Durch ähnliche Maſchinen erfolgt das Verſchließen der gefüllten oder ungefüllten Gefäße. Eine Dofenverſchlußmaſchine [3] zum Verſchließen runder, ovaler oder viereckiger Dofen iſt in Fig. 7 dargeſtellt. Fig. 8 zeigt eine Doppelfalzverſchlußmaſchine [1] für große Rundgefäße für Blechſtärken bis zu 0,8 mm, und Fig. 9 eine ſelbſttätige Dofenverſchlußmaſchine für luftdichten Verſchluß von Doppelfalzen an runden Blechdofen [4]. Die Blechdofe wird zwiſchen den beiden Klemmfuttern *L* und *M* aufgenommen. Am Hefte der Büchſe *J* des

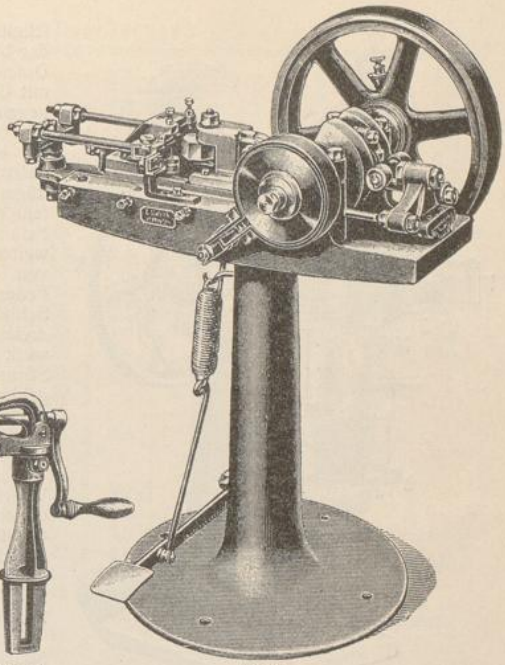


Fig. 4.

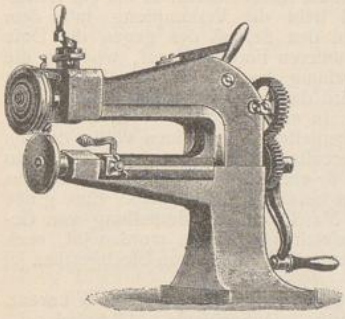


Fig. 6.

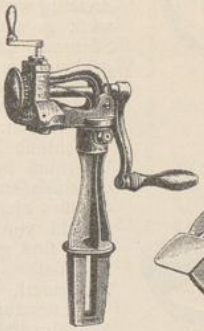


Fig. 5.

unteren loſen Futters bewirkt man durch kurze Winkeldrehung das Einſpannen der Dofe und gleichzeitig mittels des Kettentriebes *k l* die Verkupplung des ſonſt leerlaufenden Stirnrades *R* mit der Kurvenſcheibe *H*. Dieſe ſitzt am hinteren Ende einer im Maſchinengeſtell parallel zur

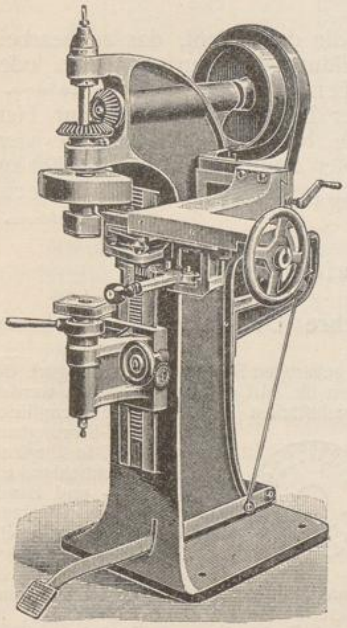


Fig. 7.

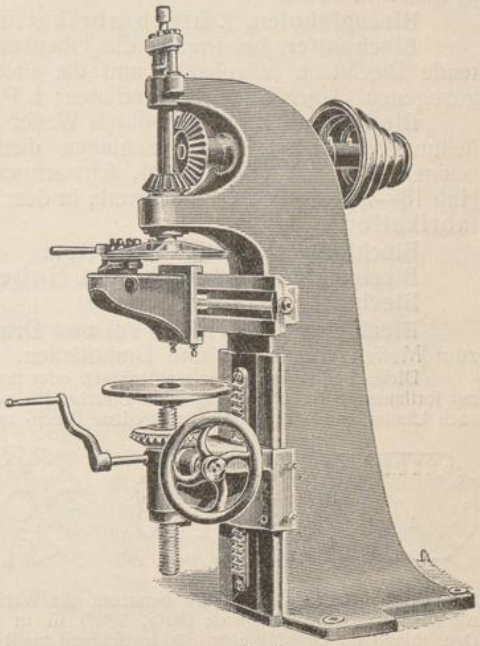


Fig. 8.

Antriebswelle gelagerten Welle feſt, deren vorderer, exzentriſch ausgebildeter Teil die im Schlitten *C* prismatiſch geführte Stange *K* hin und her ſchiebt und die hieran verſtellbar befeſtigten Rollenträger *D* und *E* in Wechſelbewegung verſetzt. Die innere Stirnſeite der Kurven-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

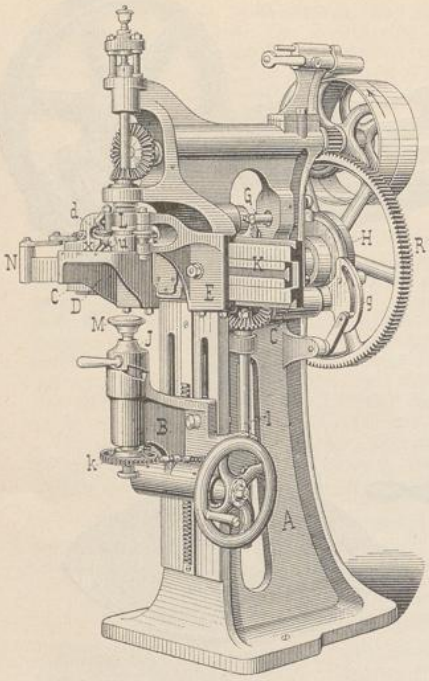


Fig. 9.

fcheibe iſt uneben und fchiebt, noch ehe einer der beiden Rollenträger ſich dem vorgebördelten Dofenrande genähert hat, eine zweite Stange *G* mit der (in der Figur verdeckten) erſten Falzrolle gegen den Deckenbördel vor, den ſie um den Zargenbördel herumlegt. Nach dem Rückgange der Rolle wird der Falz von den Rändern des Falzrollenpaares *d u* gefchloſſen, das im Rollenträgergehäufe *D* gelagert iſt und fchon während ſeiner Annäherung den Falz gefaßt hatte. Der Falz wird dann halb umgelegt und endlich im weiteren Verlaufe der Exzenterwellenumdrehung von der inzwiſchen herangeführten, mit einer Feder in Verbindung ſtehenden Zudrückrolle *e* des Schiebers *E* herangedrückt. Am Ende ihrer Umdrehung wirkt die Kurvenfcheibe *H* auf ein Hebelwerk *g* und hebt die Verkupplung mit dem Stirnrade und den Schluß des gegen die Dofe geklemmten unteren Futters *M* auf, wodurch die noch in Drehung begriffene Dofe freigegeben wird. Sie wird dann von der Hand des Arbeiters aufgefangen. In einer Stunde werden etwa 1400 Verfchlüffe hergeſtellt. Um einen völlig dichten Verfchluß herzuſtellen, falzt man zuweilen einen Gummifaden fo ein, daß er von dem Inhalt des Gefäßes nicht berührt werden kann. Eine große Anzahl von Mafchinen zur Herſtellung von Gefäßen ſind geſetzlich geſchützt worden [5], auch ſind Mafchinen zum Verlöten von Blechgefäßen [6] konſtruiert.

Literatur (Kataloge): [1] Hiltmann & Lorenz, Mafchinenfabrik, Aue (Sachſen). — [2] Schuler, L., Werkzeugmafchinenfabrik, Göppingen (Württ.). — [3] Kneufel, Mafchinenfabrik, Zeulenroda (Sachſen). — [4] Erdmann Kircheis, Mafchinenfabrik und Eiſengießerei, Aue (Sachſen). — [5] D.R.P. Nr. 110719, 121717, 125296, 125957, 140995. — [6] D.R.P. Nr. 137969.

Dalchow.

Blechglühofen, f. Blechfabrikation.

Blechhalter, bei Preſſen die Oberſtanze, die dazu dient, das zu bearbeitende Blechſtück feſtzuhalten und die Faltenbildung bei den gepreßten oder gezogenen Gegenſtänden zu verhüten; f. Preſſen. *Dalchow.*

Blechhammer, 1. der durch Waſſer oder Dampf getriebene, zur Herſtellung von Blech durch Schlagen dienende Hammer mit länglich viereckiger (2 · 15 bis 18 · 37 qcm), fchwachgewölbter Bahn; Gewicht 20—300 kg, Hub 15—75 cm; 2. das Hüttenwerk, in dem Blech gefchlagen wird. Vgl. Blechfabrikation. *Dalchow.*

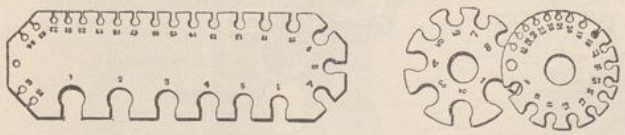
Blechkalotte, f. Buckelplatten.

Blechkantenhobelmafchine, f. Hobelmafchine.

Blechlacke, f. Ofenlacke.

Blechlehre (Blechklinke) und **Drahtlehre** (Drahtklinke), Werkzeug zum Meſſen von Blech- und Drahtſtärken.

Dieſes beſteht aus einer rechteckigen oder runden gehärteten Stahlplatte (ſ. die Figur), die mit fortlaufende Nummern tragenden Einfchnitten verſehen iſt. Mit gleichen Nummern werden nach Ländern und Gegenden verſchiedene Blech- und Drahtſtärken bezeichnet. Die engliſche Lehre (B.W.G.-Birmingham wire gauge) iſt in England und in Norddeutfchland für Blech-, Draht- und Bandeiſen, in Süddeutfchland für Bandeiſen in Gebrauch. Die Halifax wire gauge (H.W.G.) iſt der B.W.G. faſt gleich. Die Dillinger Lehre benutzen die Werke von Dillingen und Hayange. Die franzöſiſche Drahtlehre (Jauge de Paris, 1857) iſt in Frankreich für Draht und Drahtſtifte, in Deutfchland für Drahtſtifte, in Süddeutfchland meiſt auch für Draht, die Bergiſche Lehre (älteſte Lehre) nur in der Gegend von Altena und Iſerlohn üblich. Die Nummern der deutfchen Millimeterdrahtlehre ſind gleich dem Zehnfachen der Drahtſtärke. Vgl. v. Hoyer, Mechaniſche Technologie 1897. In der nachſtehenden Tabelle ſind die gebräuchlichen Feinblech- und Drahtlehren zuſammengeſtellt.



Feinblech- und Drahtlehren.

Nr. der Lehre	Deutſche Millimeterdrahtlehre mm	Deutſche Feinblechlehre mm	Dillinger Feinblechlehre mm	Weſtfäliſche Stiftdrahtlehre mm	Engl. Feinblech- und Drahtlehre mm	Franz. Feinblech- und Drahtlehre mm
0000	—	—	—	—	11,531	—
000	—	—	—	—	10,795	—
00	—	—	—	—	9,652	—
0	—	—	—	—	8,636	—
1	—	5,50	5,50	0,6	7,620	0,6
2	0,2	5,00	5,00	0,7	7,213	0,7
2/2	0,22	—	—	—	—	—
2/4	0,24	—	—	—	—	—
2/6	0,26	—	—	—	—	—
2/8	0,28	—	—	—	—	—
3	—	4,50	4,50	—	6,579	0,8
3/1	0,31	—	—	—	—	—
3/4	0,34	—	—	—	—	—
3/7	0,37	—	—	—	—	—
4	0,40	4,25	4,25	0,8	6,045	0,9
4/5	0,45	—	—	—	—	—
5	0,50	4,00	4,00	0,9	5,588	1,0
5/5	0,55	—	—	—	—	—
6	0,60	3,75	3,50	1,0	5,154	1,1
7	0,70	3,50	3,25	1,1	4,572	1,2
8	0,80	3,25	3,00	1,2	4,191	1,3
9	0,90	3,00	2,75	1,3	3,759	1,4
10	1,0	2,75	2,50	1,4	3,404	1,5
11	1,1	2,50	2,25	1,6	3,048	1,6
12	1,2	2,25	2,00	—	2,769	1,8
13	1,3	2,00	1,85	1,8	2,413	2,0
14	1,4	1,75	1,70	2,0	2,108	2,2
15	—	1,50	1,55	2,2	1,829	2,4
16	1,6	1,375	1,40	2,5	1,651	2,7
17	—	1,250	1,25	2,8	1,473	3,0
18	1,8	1,125	1,10	3,1	1,245	3,4
19	—	1,000	1,00	3,4	1,067	3,9
20	2,0	0,875	0,90	3,8	0,889	4,4
21	—	0,750	0,80	4,2	0,813	4,9
21½	—	0,680	0,70	—	—	—
22	2,2	0,625	0,60	4,6	0,711	5,4
22½	—	—	0,50	—	—	—
23	—	0,562	0,40	5,5	0,635	5,9

Nr. der Lehre	Deutſche Millimeterdrahtlehre mm	Deutſche Feinblechlehre mm	Dillinger Feinblechlehre mm	Weſtfäliſche Stiftdrahtlehre mm	Engl. Feinblech- und Drahtlehre mm	Franz. Feinblech- und Drahtlehre mm
24	—	0,500	0,30	6,0	0,559	6,4
25	2,5	0,438	—	7,0	0,508	7,0
26	—	0,375	—	7,6	0,457	7,6
27	—	—	—	8,8	0,406	8,2
28	2,8	—	—	9,4	0,356	8,8
29	—	—	—	10,0	0,330	9,4
30	—	—	—	—	0,305	10,0
31	3,1	—	—	—	0,254	—
32	—	—	—	—	0,229	—
33	—	—	—	—	0,203	—
34	3,4	—	—	—	0,178	—
35	—	—	—	—	0,127	—
36	—	—	—	—	0,102	—
37	3,7	—	—	—	—	—
38	3,8	—	—	—	—	—
39	3,9					
40	4,0					
42	4,2					
44	4,4					
46	4,6					
48	4,8					
50	5,0					
55	5,5					
60	6,0					
65	6,5					
70	7,0					
75	7,5					
80	8,0					
85	8,5					
90	9,0					
95	9,5					
100	10,0					
—	—					
—	—					
—	—					
—	—					
—	—					

Bergiſche Drahtlehre Nr.	mm
Ketten . . .	7,75
Schleppen . .	6,79
Grobrinken . .	6,00
Feinrinken . .	5,39
Malgen . . .	4,72
Grobmemel .	4,12
Mittelmemel .	3,85
Feinmemel . .	3,25
Klinkmemel .	3,00
Natel	2,65
Mittel. . . .	2,35
3 Schillings .	1,91
4 „ .	1,75
1 Band . . .	1,55
2 „ . . .	1,37
3 „ . . .	1,25
4 „ . . .	1,10
5 „ . . .	0,95
6 „ . . .	0,89
7 „ . . .	0,84

Franzöſiſche Feinblech- und Drahtlehre Nr.	mm
P. 0 .	0,50
P. 1 .	0,46
P. 2 .	0,42
P. 3 .	0,37
P. 4 .	0,34
P. 5 .	0,30
P. 6 .	0,28
P. 7 .	0,27
P. 8 .	0,25
P. 9 .	0,23
P. 10 .	0,22
P. 11 .	0,20
P. 12 .	0,18
P. 13 .	0,17
P. 14 .	0,16
P. 15 .	0,15

Dalchow.

Blechmaſchine, oder auch nur „Blech“, wird in manchen Gegenden die zahnförmig ausgeſchnittene Muſterpreßſchiene des Wirkſtuhles genannt.

Blechpapier, ein durch beſonderes Bindemittel auf Blech geklebtes Papier; ſ. Pappefabrikation. *Kraft.*

Blechpreſſe, ſ. Preſſen.

Blechſchere, ſ. Scheren.

Blechträger heißen eiſerne Träger (ſ. d.), die aus zwei durch Winkeleiſen allein oder durch ſolche und Deckplatten gebildeten Bändern, den Gurtungen (Gurten), und einer dieſe verbindenden ebenen Blechwand (Stehblech, Vertikalplatte) gebildet ſind, ſo daß Querſchnitte von der in Fig. 1 und 2 angedeuteten Form entſtehen. Die Querſchnitte ſind ſtets ſymmetriſch zur Mittellinie der Blechwand angeordnet, die damit eine Hauptträgheitsachſe bildet (ſ. Trägheitsmomente ebener Figuren), während die andre, *AA*, im Schwerpunkt des Querſchnitts ſenkrecht zu ihr ſteht und meiſt ebenfalls eine Symmetrieachſe des Querſchnitts iſt

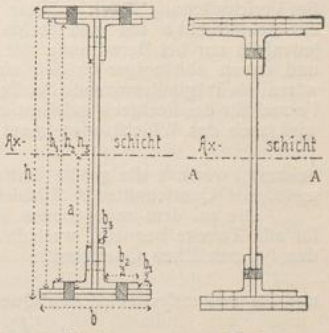


Fig. 1.

Fig. 2.

(Fig. 1). Bei Blechbalken (ſ. Balken) würden nur Rückſichten, die mit der Tragfähigkeit nichts zu tun haben, unſymmetriſche Formen rechtfertigen können, und ſelbſt für Blechbogen (ſ. Bogen) ſind im allgemeinen zu AA ſymmetriſche Formen zu empfehlen, deren Höhe nach Bedürfnis veränderlich ſein kann. Die Verbindung der vertikalen Blechwand mit den Winkeleiſen und dieſer mit den Deckplatten (Kopfplatten, Gurtplatten, Horizontalplatten) erfolgt durch Nieten, die ſo zu verteilen ſind, daß die Querſchnitte möglichſt wenig verſchwächt werden (Fig. 3). Die äußeren Kräfte (Laſten, Stützenreaktionen) ſollen, ſoweit erreichbar, in der Mittelebene der Blechwand (Trägerebene, Biegungsebene) angreifen, für Sicherheit gegen ſeitliche Ausbiegung der letzteren muß beſonders geſorgt ſein (ſ. unten III und Blechträgerbrücken).

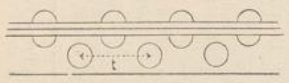



Fig. 3.

Die Blechträger bilden den Uebergang von den vollen Balken und Bogen (z. B. rechteckigen Querſchnitts) zu den Trägern mit durchbrochener Wand (Gitterträger, Fachwerkträger). Bei erſteren wird das Material in der Nähe der Achsſchicht nicht genügend ausgenutzt. Indem man es von da nach den ſtärker beanſpruchten Stellen brachte, wurde bei gleicher Querſchnittsfläche F die Tragfähigkeit erhöht, bei gleicher Tragfähigkeit der Materialverbrauch verringert. Zahlenmäßig zeigt ſich dies in der Erhöhung der Trägheitsmomente J und Widerſtandsmomente W bei beſtimmtem F (ſ. Trägheitsmomente ebener Figuren und Biegung I). Für genügend kleine Spannweiten und Belaſtungen, wie ſie beſonders im Hochbau vorkommen, dienen die I-Träger dem gleichen Zwecke. Wo dieſe nicht ausreichen (die deutſchen Normalprofile [22] reichen bis $h = 55$ cm, $b = 20$ cm, $J = 99054$ cm^3, $W = 3602$ ccm), kommen zunächſt Blechträger in Frage, die jetzt als einfache Balken in Europa ſelten über 15 m lang (Ausnahmen ſ. Balken), als Bogen aber bis zu weit größeren Spannweiten ausgeführt werden. So hat die 1893 dem Verkehr übergebene Straßenbrücke über den Neckar bei Cannſtatt [23], S. 259, in jeder Oeffnung ſechs parallele Parabelblechbogen mit Kämpfergelenken von Spannweiten bis zu 50,48 m (Pfeile der Achſen und Höhen ſ. unten); die eingleiſige Rohrbachbrücke der Gotthardbahn [5] beſitzt zwei vollwandige Kreisbogenträger ohne Gelenke von 60 m Spannweite (Pfeil der Achſe gegen die Verbindungsgerade der mit 1,5 m Höhendifferenz angeordneten Auflager 6 m, Höhe in der Mitte 1 m, an den Kämpfern 1,4 m), während die vier Blechbogen von kreisförmiger Achſe mit Kämpfergelenken des zweigleiſigen Viaduc de l'Erdre [1] ſogar 95 m Spannweite aufweiſen (Pfeil 12,07 m, Höhe in der Mitte 2,2 m, an den Kämpfern 2,5 m, Dicke des Stehblechs 1,1 cm). Auch die Straßenbrücke über den Harlem-River in New York [9] mit zwei Oeffnungen von 155,235 m Spannweite iſt als Blechträgerbrücke anzuſehen; die ſechs parallelen Kreisbogenträger (Pfeil 27,432 m, Bogenhöhe rund 4 m) beſtehen aus je 34 Wölbſtücken mit 3,378 m hohem Stehblech von 1 cm Dicke und Gurtungen aus je ſechs Winkeleiſen und zwei Plattenlagen.

Das Trägheitsmoment von Blechträgerquerſchnitten intereſſiert beſonders bezüglich der Schwerpunktsachſe AA, die für Balken unter den Vorausſetzungen der Biegungstheorie die neutrale Achſe iſt (ſ. Biegung I und Achſe, neutrale). Da das Trägheitsmoment der Summe oder Differenz zweier Figuren gleich der Summe oder Differenz der Trägheitsmomente der einzelnen Figuren iſt, und für ein Rechteck der Seiten b, h in Hinſicht der Seite b und einer dieſer parallelen Achſe durch den Schwerpunkt die Trägheitsmomente ſich ausdrücken:

$$J = \frac{b\,h^3}{3}, \qquad J = \frac{b\,h^3}{12},$$

ſo hat man z. B. für den zu AA ſymmetriſchen Querſchnitt Fig. 1:

$$J = \frac{1}{12}\,[b\,h^3 - b_1\,h_1{}^3 - b_2\,h_2{}^3 - b_3\,h_3{}^3]. \qquad 1.$$

Bei Verſchwächung durch n Niete von der Schaftlänge c, Dicke d und mittleren Entfernung von der Achsſchicht a hat man rechts $n\,c\,d\,a^2$ zu ſubtrahieren, doch iſt eine Nietverſchwächung jedenfalls nur bei Berechnung der Dimenſionen und Spannungen, nicht der Formänderungen und davon abhängiger Größen zu berückſichtigen. Für unſymmetriſche Querſchnitte (Fig. 2) wären die Trägheitsmomente der Teile oberhalb und unterhalb AA auf Grund der erſtangeführten Formel für das Rechteck getrennt zu ermitteln und dann zu addieren. Mit dem Trägheitsmoment wird auch das Widerſtandsmoment

$$W = \frac{J}{e} \qquad 2.$$

bekannt, worin e die größte Entfernung eines Querſchnittselements von AA, alſo bei ſymmetriſchen Querſchnitten $h/2$ bedeutet.

Die auf dem angegebenen Wege erhaltenen Ausdrücke des Trägheitsmoments ſind nicht für alle Zwecke bequem, weshalb man verſchiedene Näherungsformeln abgeleitet hat, ſo für den ſymmetriſchen Querſchnitt:

$$J = \left(f + \frac{\delta\,h}{6}\right)\frac{h^2}{2}, \qquad 3.$$

und für den unſymmetriſchen Querſchnitt:

$$J = \left(f_o + \frac{\delta\,h_o}{3}\right)h_o^2 + \left(f_u + \frac{\delta\,h_u}{3}\right)h_u^2, \qquad 4.$$

oder noch etwas weniger genau:

$$J = \left(f_o + \frac{\delta\,h_o}{3}\right)h\,h_o = \left(f_u + \frac{d\,h_u}{3}\right)h\,h_u. \qquad 5.$$

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Hierin ſind h, h_o, h_u die Entfernungen des oberen und unteren Gurtungsſchwerpunktes von einander und von AA. Für den in Fig. 4 zur Hälfte angedeuteten Querſchnitt lieferte 3. gegenüber dem aus 1. folgenden $J = 1\,937\,945$ cm⁴ einen um 0,97 % zu kleinen, mit $\delta = 0$ (Vernachläſſigung des Widerſtands der Vertikalplatte) aber einen um 13,16 % zu kleinen Wert. Für einen unſymmetriſchen Querſchnitt, Stehblech 40/1 cm, vier Winkeleiſen von 8/8/1 cm, eine Horizontalplatte nur für eine Gurtung 20/1 cm, ergaben gegenüber dem genauen Werte $J = 31\,350$ cm⁴ die Gleichungen 4. und 5. um 6,2 und 9,5 % zu kleine, mit $\delta = 0$ jedoch um 20,0 und 26,6 % zu kleine, d. h. zu ungünſtige Werte. Mehrfach hat man die J, W für gangbare Dimenſionen von Blechträgern in Tabellen zuſammengeſtellt [6], [11], [17], [18], [22], [26], [27] u. ſ. w.

I. Blechbalken.

Dieſe pflegen für l m Spannweite eine Höhe von $^1/_8\,l$ bis $^1/_{12}\,l$ m, Winkeleiſen von mindeſtens $6 + 0{,}2\,l$ cm Schenkellänge und nach Bedürfnis 1—3 Deckplatten von mindeſtens $15 + 0{,}5\,l$ cm Breite zu erhalten. Gurtungen im allgemeinen parallel, nur in einzelnen Fällen hat man dem Untergurt aus äſthetiſchen Gründen Bogenform gegeben (durchlaufende Balken der Limmatbrücke in Zürich, Müllerſtraßenunterführung in Berlin u. ſ. w.). Die Stärke der Vertikalplatte wird von vornherein 0,9—1,2 cm angenommen; unter 0,9 zu gehen, iſt mit Rückſicht auf Roſt und ſeitliche Einwirkungen nicht zu empfehlen. Zum Widerſtande gegen vertikale und horizontale Schubkräfte würde bei $\tau = {}^4/_5\,s$ zuläſſiger Schubbeanſpruchung pro Flächeneinheit genügen:

$$\delta = \frac{5\,S_0}{4\,J\,s}\,V_x \qquad 6.$$

(vgl. Biegung, zweite Formel 2, s zuläſſige Beanſpruchung auf Zug, S_0 Wert von S_v für $v = 0$). Unter Mitberückſichtigung der ſchiefen Wandſpannungen (ſ. Biegung, Formeln 3) ließe ſich für einfache und durchlaufende Träger etwa ſetzen [10], S. 125:

$$\delta = \frac{5\,V_x}{3\,h\,s} \text{ bezw. } \delta = \frac{2\,Vx}{h\,s}, \qquad 7.$$

unter V_x, wie oben, die größte Vertikalkraft im betreffenden Querſchnitt x (ſ. Balken, auch einfache und durchlaufende), unter h die Entfernung der Gurtungsſchwerpunkte verſtanden, doch liefern dieſe Formeln meiſt zu geringe Stärken.

Die Querſchnittsfeſtſtellung erfolgt in der Praxis allgemein auf Grund der größten vorkommenden Normalſpannungen der Querſchnitte, wobei nicht ausgeſchloſſen iſt, daß die größten ſchiefen Spannungen und ſelbſt die reduzierten Hauptſpannungen (ſ. Feſtigkeitsbedingung) nachträglich berechnet werden. Iſt bei einem Querſchnitte x M_x das größte Angriffsmoment (ſ. Balken, einfache und durchlaufende), e die Entfernung der äußerſten Faſer von der Achsſchicht, ſo hat man das nötige Trägheitsmoment J und Widerſtandsmoment W:

$$J = \frac{e}{s}\,M_x, \qquad W = \frac{M_x}{s}, \qquad 8.$$

worin s die größte zuläſſige Normalſpannung (ſ. Biegungsfeſtigkeit). Soll der Träger konſtanten Querſchnitt erhalten, ſo iſt dieſer dem größten überhaupt vorkommenden Moment anzupaſſen (abſolutes Maximalmoment, vgl. Balken, einfache). — Die Feſtſtellung des Trägerquerſchnitts nach 8. bietet dann keine Schwierigkeit, wenn die J, e oder W für geeignete Abmeſſungen in Tabellen zuſammengeſtellt ſind. In andern Fällen ergibt ſich der nötige nutzbare Gurtungsquerſchnitt für den gewöhnlichen Fall ſymmetriſcher Anordnung am einfachſten aus 3., 8., mit $e = h/2$:

$$f = \frac{M_x}{h\,s} - \frac{\delta\,h}{6}. \qquad 9.$$

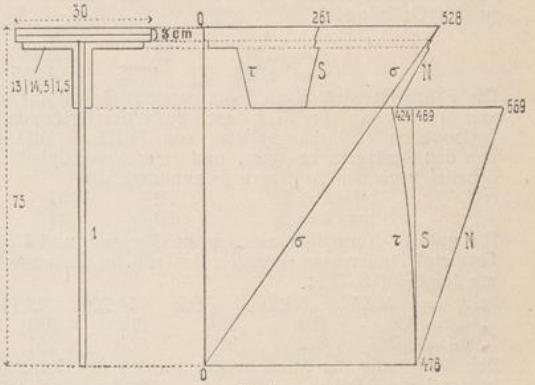


Fig. 4.

Findet bei x ein Stoß der Vertikalplatte ſtatt, ſo iſt im zweiten Gliede ſtatt h nur die nutzbare Höhe einzuſetzen, die mit $^3/_4\,h$ nicht leicht zu hoch gerechnet wird. Selbſtverſtändlich wird man Stöße der Vertikalplatte am liebſten dahin verlegen, wo der Querſchnitt ohnehin größer als nötig iſt. Mitunter werden die Höhe h_0 und das Widerſtandsmoment W_0 des Trägers ohne Deckplatten von vornherein gewählt und dann durch Zugabe einer genügenden Anzahl n von Deckplatten der Dicke d und des nutzbaren Querſchnitts p in jeder Gurtung das nötige Widerſtandsmoment W hergeſtellt. Die fragliche Anzahl n iſt dann beſtimmt durch:

$$n\,p = \frac{W}{h_0} - \frac{W_0}{h_0 + 2\,n\,d}. \qquad 10.$$

[8], S. 168. Man kann rechts für $2\,n\,d$ zunächſt Null oder einen geſchätzten Wert ſetzen und hierauf mit dem ermittelten $n\,d$ nochmals rechnen oder kontrollieren. Iſt der Querſchnitt mit Hilfe von 9. oder auf ſonſtige Weiſe ermittelt, ſo kann man J oder W nach 1., 2. berechnen und feſtſtellen, ob 8. genügt wird. Auf Zuſatzkräfte, die von der (vertikalen) Belaſtung unabhängig ſind (Winddruck u. ſ. w.), iſt ſelbſtverſtändlich Rückſicht zu nehmen, auch Nebenſpannungen (ſ. d.) ſind mitunter zu beachten; ſ. z. B. [19].

Bei durchlaufenden Trägern können die ſchiefen Wandſpannungen N bei den Zwiſchenſtützen (wo M_x und V_x gleichzeitig groß werden) erheblich größer werden als die horizontalen

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Normalſpannungen σ und die horizontalen und vertikalen Schubſpannungen τ. In Fig. 4 ſind die σ, τ, N, S für einen ſolchen Fall in den zugehörigen Entfernungen von der Achsſchicht als horizontale Ordinaten aufgetragen (ſ. Biegung, Formeln 2 und 3), wobei $M_x = 135$ m/t, $V_x = 64$ t war. Während das größte σ im Querſchnitt (wie am ganzen Träger) nur 528 kg pro Quadratzentimeter betrug, erreichte N den Wert 669 kg. Man tut alſo gut, wenigſtens bei den Zwiſchenſtützen durchlaufender Blechträger nachträglich zu kontrollieren, ob die größten N am Gurtungsbeginn nicht über das zuläſſige Maß hinausgehen.

Bei Beſtimmung der Nietteilung t (Fig. 3) pflegen Schubſpannungen von $^4/_5\,s$ im Querſchnitt und $2\,s$ Druck pro Flächeneinheit Projektion der Lochlaibung zugelaſſen zu werden. Die Entfernung der Niete zum Anſchluſſe der Winkeleiſen an die Blechwand darf dann bei x höchſtens betragen [10], S. 150:

$$t = \frac{2\,\delta\,d\,h\,s}{V_x}, \qquad 11.$$

worin d den Nietdurchmeſſer bezeichnet. Die Niete zur Befeſtigung der Deckplatten erhalten meiſt ohne Berechnung in jeder Reihe die gleiche Entfernung t (Fig. 3), obgleich die Teilung im allgemeinen weiter ſein könnte [10], § 42. Da V_x bei einfachen wie bei durchlaufenden Trägern an den Auflagern am größten wird, ſo ergibt ſich t daſelbſt am kleinſten. Nach der Mitte hin kann ſtreckenweiſe eine weitere Teilung gewählt werden, ſofern nicht praktiſche Gründe (Einfachheit, Dichtheit der Fuge u. ſ. w.) dagegen ſprechen. Zum Stoße der Vertikalplatte genügen bei den ſtets angewendeten doppelten Laſchen

$$n = \frac{h_n}{2\,d} \qquad 12.$$

Niete auf jeder Seite der Stoßfuge, wenn d den Nietdurchmeſſer und h_n die nutzbare Höhe der Vertikalplatte (in der äußerſten Nietreihe nach dem Stoße hin) bedeuten. Näheres ſ. [10], § 45.

II. Blechbogen.

Bei dieſen laſſen ſich die Querſchnitte den wirkenden Kräften noch weniger genau als bei Balken anpaſſen, weil für ſymmetriſch zur Achsſchicht angeordnete Querſchnitte die Normalſpannungen in der oberſten und unterſten Faſer im allgemeinen nicht gleich werden, auch die Veränderlichkeit ihrer Grenzwerte von der Mitte nach den Auflagern hin keine einfache iſt. Wollte man aber die Querſchnitte den Beanſpruchungen entſprechend unſymmetriſch herſtellen, ſo würde die Stabachſe nicht mehr die vorausgeſetzte regelmäßige Form erhalten und die Konſtruktion an Einfachheit verlieren, ohne daß die Einhaltung der betreffenden Beanſpruchungen geſichert erſchiene. Durch geeignete Wahl der Trägerhöhe und Gurtungsquerſchnitte läßt ſich übrigens ſtets erreichen, daß auch bei ſymmetriſchen Querſchnitten keine übermäßige Verſchiedenheit in der Ausnutzung des Materials eintritt. Für die Blechbogen mit zwei Gelenken der obenerwähnten neuen Neckarbrücke bei Cannſtatt betragen Spannweite und Pfeil der Achſe in den Oeffnungen:

	I	II	III	IV	V
$l =$	45,51	48	50,48	48	45,51 m,
$f =$	4,375	4,735	4,855	4,505	3,695 m.

Die Fahrbahn wird durch ſechs parallele Bogen aus Martinflußeiſen getragen, beſtehend aus je vier Winkeleiſen von 9/9/1,2 cm, zwei durchgehenden Horizontalplatten von 38/1,4 cm, zwei horizontalen Verſtärkungsplatten von 38/1,2 cm, die über den Scheitel weggehend etwa 4 m von den Auflagern endigen, und einer Vertikalplatte von $\delta = 1{,}2$ cm Dicke, deren Höhe vom Scheitel nach den Auflagern ſo zunimmt, daß

min $h =$	75	79	83	79	75 cm,
max $h =$	86	90	94	90	86 cm.

Die größten Normalſpannungen im Obergurt und Untergurt, einſchließlich des Einfluſſes der Temperaturänderungen ergaben ſich z. B. in Oeffnung IV in Entfernungen x von den Auflagern wie folgt [23] S. 281:

bei $x =$	2,682	5,190	7,698	10,206	12,714	15,222	17,730	20,238	22,746 m
„ $\sigma_o =$	836	764	854	902	934	937	895	844	797 kg/qcm
„ $\sigma_u =$	967	827	915	960	951	911	866	792	776 „ „

Bei Mitwirkung der Straßenwalze wurden die Grenzwerte in der Nähe der Mitte etwas höher, in der Mitte ſelbſt $\sigma_o = 901$, $\sigma_u = 900$ kg [23] S. 283. Zu dieſer Annäherung hat ein künſtlicher Horizontalſchub (ſ. Horizontalſchub) von 1950 kg inſoweit beigetragen, als dadurch die σ_o um -13 bis -70, die σ_u um 26 bis 81 kg/qcm geändert wurden. Für Eigengewicht allein, dem die längſte Zeit annähernd beſtehenden Belaſtungsfall, wurde faſt vollſtändige Gleichheit der σ_o, σ_u erreicht.

Bezeichnen beim Querſchnitte x M_x, N_x das Angriffsmoment und die Normalkraft (ſ. Bogen, auch einfache und durchlaufende), e_o, e_u die Entfernungen des höchſten und tiefſten Querſchnittselements von der Achsſchicht, dann ſind die Normalſpannungen in dieſen Entfernungen genügend genau (ſ. Biegung II):

$$\sigma_o = \frac{N_x}{F} + \frac{M_x}{J}\,e_o, \qquad \sigma_u = \frac{N_x}{F} - \frac{M_x}{J}\,e_u, \qquad 13.$$

und für ſymmetriſch zur Achsſchicht angeordnete Querſchnitte vom Widerſtandsmoment W:

$$\sigma_o = \frac{N_x}{F} + \frac{M_x}{W}, \qquad \sigma_u = \frac{N_x}{F} - \frac{M_x}{W}. \qquad 14.$$

Für die ganzen Gurtungsbeanſpruchungen können als Näherungswerte Verwendung finden:

$$O = N_x\,\frac{f_o}{F} + \frac{M_x}{h} = o\,f_o, \qquad U = N_x\,\frac{f_u}{F} - \frac{M_x}{h} = u\,f_u, \qquad 15.$$

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

worin o, u die mittleren Beanſpruchungen des Obergurts und Untergurts pro Flächeneinheit ihrer Querſchnitte f_o, f_u und h die Entfernung der Gurtungsſchwerpunkte bedeuten. Für ſymmetriſch zur Achsſchicht angeordnete Querſchnitte x werden mit $f_o = f_u = f$:

$$O = N_x \frac{f}{F} + \frac{M_x}{h} = o f, \qquad U = N_x \frac{f}{F} - \frac{M_x}{h} = u f. \tag{16.}$$

Auf Grund vorſtehender Gleichungen kann die Ermittlung der Querſchnitte zunächſt in vorläufiger Weiſe, wie ſogleich anzugeben, erfolgen. Auf etwaige Feſtſetzungen bezüglich der Trägerhöhe (Zunahme nach den Enden u. ſ. w.) iſt dabei Rückſicht zu nehmen, die Dicke der Vertikalplatte wird von vornherein gewählt (meiſt 1—1,2 cm). Die Winkeleiſen erhalten wenn möglich innerhalb einer Oeffnung konſtanten Querſchnitt, ſo daß die Aenderungen der Gurtungsquerſchnitte nur durch Zugeben oder Weglaſſen von Horizontalplatten ſtattfinden. Temperatureinflüſſe brauchen bei der vorläufigen Berechnung nicht berückſichtigt zu werden.

Einfachſtes Verfahren. Beiſpiel [23], S. 260. Man beſtimmt für eine genügende Anzahl Querſchnitte unter Verwendung einfachſter Formeln für ſtatiſch unbeſtimmte Größen (H bei Bogen mit zwei Gelenken, H, M, M' bei Bogen ohne Gelenke, ſ. Bogen), M_x, N_x bei Belaſtung durch Eigengewicht allein, bei Vollbelaſtung des ganzen Trägers und bei einſeitiger Belaſtung bis zur Trägermitte, womit für jeden Querſchnitt 4 Werte von M_x, N_x bekannt werden (Symmetrie berückſichtigt), unter denen ſich die für die ſchätzungsweiſen Grenzwerte von σ_o, σ_u oder o, u maßgebenden befinden. Indem man nun zuſammengehörige M_x, N_x am bequemſten in 16., 15., etwas genauer in 14., 13. verwendet, und für σ oder s einen etwas unter dem zuläſſigen Grenzdruck pro Flächeneinheit bleibenden Wert einführt, läßt ſich der vorläufige Bogenquerſchnitt durch einiges Probieren ermitteln. Bei der obenerwähnten Neckarbrücke war der zuläſſige Grenzdruck pro Quadratzentimeter 1000 kg, während für Beanſpruchungen durch Belaſtungen $800\left(1+\frac{\min\sigma}{2\max\sigma}\right)$ zugelaſſen war, ſofern nicht unter Hinzurechnung der Temperatureinflüſſe jener Grenzdruck von 1000 kg überſchritten wurde. Für die vorläufige Berechnung würde hier etwa 750 kg pro Quadratzentimeter anzunehmen geweſen ſein, bei drei Gelenken etwas mehr, ohne Gelenke etwas weniger.

Zweites Verfahren. Man beſtimmt für eine genügende Anzahl Querſchnitte unter Verwendung einfachſter Formeln für ſtatiſch unbeſtimmte Größen die M_x, N_x bei denjenigen Belaſtungen, welche die Grenzwerte von M_x ergeben, wobei die Bogenachſe an Stelle der Kernlinien Verwendung findet (ſ. am Schluſſe von Bogen, einfache oder [23], S. 40). Mit den ſo erhaltenen Wertpaaren liefern 13.—16. die erſten Annäherungen der Grenzwerte von σ_o, σ_u bezw. von o, u. Indem man für die größten derſelben einen Wert etwas unter dem zuläſſigen Grenzdruck ſetzt (wobei man des genaueren Vorgehens wegen eher etwas höher als oben gehen kann), läßt ſich der vorläufige Querſchnitt durch einiges Probieren ermitteln. — Andre Verfahren zur vorläufigen Ermittlung der Querſchnitte ſ. bei Krohn [2], II, S. 43, 118; Müller-Breslau [3], S. 60, 165, 181; Melan [7], IV, S. 101.

Nachdem die vorläufige Ermittlung der Querſchnitte beendigt iſt, wird eine Reviſion, Ausgleichung und Berichtigung der Bogen mit Rückſicht auf äſthetiſche und konſtruktive Bedürfniſſe vorgenommen (für die Bogenhöhe graphiſch). Alsdann erfolgt die endgültige Berechnung, wobei ſämtliche Querſchnitte bekannt ſind, ſo daß die genaueren Formeln Verwendung finden können (ſ. Biegung II, Bogen, einfache und durchlaufende). Es handelt ſich auch hier in erſter Linie um die Grenzwerte der σ_o, σ_u bei Zuſammenwirken von Belaſtung, Temperaturänderungen u. ſ. w., wobei ſtets nach 13., 14. gerechnet werden kann, da die Verwendung umſtändlicherer Formeln keine weſentlich genaueren Reſultate liefert. Bei der obenerwähnten Berechnung der Cannſtatter Brücke hätten ſich mittels der genaueren Formel 22. unter Biegung II für die Maximalwerte σ_o, σ_u Abweichungen von 0 bis etwa 0,27 % ergeben. Feſtzuſtellen iſt auch, daß genügende Sicherheit gegen ſeitliches Einknicken durch die Axialkraft N_x beſteht (ſ. Knickfeſtigkeit und [23], S. 284). Sollten ſich bei der genaueren Berechnung einzelne Aenderungen als wünſchenswert erweiſen (Dicke, Breite, Länge von Horizontalplatten), ſo können dieſe meiſt vorgenommen werden, ohne daß die Berechnung wiederholt zu werden braucht, da der Einfluß auf die M_x, N_x gering und vielfach kaum merklich iſt, ſo daß es genügt, die betreffenden σ nach 13., 14. entſprechend den neuen F und J oder W zu korrigieren.

Man kann noch feſtſtellen wollen, ob die angenommene Stärke der Vertikalplatte gegenüber den Kräften in der Wandebene genügt. Für die Quer- und Längsſchubſpannungen würde entſprechend 6. ausreichen:

$$\delta = \frac{5\,S_0}{4\,J s}\,T_x, \tag{17.}$$

unter T_x die größte Transverſalkraft bei x verſtanden (ſ. Bogen, auch einfache und durchlaufende). Analog 7. kann man ſtatt deſſen verlangen:

$$\delta = \frac{5\,T_x}{3\,h\,s}, \tag{18.}$$

doch wird auch dieſe Formel wohl immer kleinere Werte als die gewählten liefern, da die T_x bei Bogen weit geringer als bei Balken ausfallen. Die größte zuläſſige Nietteilung zur Verbindung des Stehblechs mit den Winkeleiſen wäre entſprechend 11.:

$$t = \frac{2\,\delta\,d\,h\,s}{T_x}, \tag{19.}$$

doch pflegt dieſe Formel zu große t zu liefern, da man nicht leicht über $6\,d$—$8\,d$ hinausgehen wird. Die Nietteilung zum Anſchluſſe der Deckplatten pflegt derjenigen im Stehblech zu entſprechen (Fig. 3). Für die Nietzahl zum Stoße der letzteren kann Formel 12 beibehalten werden.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

III. Verfuche mit Blechbalken.

Ueber die Widerftandsfähigkeit von Blechbalken find in neuerer Zeit mehrfach Verfuche angeftellt worden, woraus fich u. a. auf das Verhältnis β der Biegungsfeftigkeit b (f. d.) des fertigen Trägers zur abfoluten Zugfeftigkeit z des Gurtmaterials fchließen ließ. Bekannt geworden find befonders die Verfuche mit 32 Trägern von 5,8 m Spannweite (Stehblech 68,5/0,7 cm, Winkeleifen 7/7/0,7 cm, einfache Deckplatten 15/0,7 cm) aus Schweißeifen und Beffemermetall, die 1876 auf Veranlaffung der holländifchen Regierung in der Harkortfchen Brückenbauanftalt ausgeführt wurden [4], [12], S. 220. Sie lieferten im Mittel für Schweißeifen von $z = 3900$ kg/qcm Zugfeftigkeit $\beta = 0{,}94$, dagegen für Beffemermetall von $z = 4600$, 6600, 8400 kg bezw. $\beta = 0{,}77$, $-0{,}59$, $-0{,}74$, was die Anwendung des Flußeifens im Brückenbau verzögerte. — Tetmajer erhielt bei Verfuchen mit je acht Blechbalken von 3,6 bis 6,6 m Spannweite (Stehblech 40 bis 70/0,9 cm, Winkeleifen 9/9/0,9 cm, einfache Deckplatten 22/0,9 cm) aus Schweißeifen und bafigem Konvertereifen für das Schweißeifen von $z = 3750$ kg ebenfalls im Mittel $\beta = 0{,}94$, für das Flußeifen von $z = 4510$ kg jedoch $\beta = 0{,}85$ [12], S. 225. — Eine Kommiffion des öfterreichifchen Ingenieur- und Architektenvereins fand bei Verfuchen mit zwei verbundenen Trägern von 10 m Spannweite (Stahlblech 80/1 cm, Winkeleifen 7/7/0,8 cm, gegen die Mitte eine und zwei Deckplatten von 16/0,8 cm) aus Martinflußeifen von $z = 3990$ kg den Beginn von Knickerfcheinungen in den Druckgurten bei $\beta = 0{,}77$. Nach weiterer Belaftung trat vollftändige Deformation der Druckgurten, jedoch ohne Spur von Riffen, ein [15], S. 70, 72, 99. Es wird empfohlen, im Gegenfatze zu den Verfuchsträgern, behufs möglichfter Verfteifung der Druckgurten die Deckplatten derfelben ftets bis zur nächften Vertikalfteife, wo der Horizontalverband anfchließt, fortzuführen. — Anläßlich des Baues der neuen Eifenbahnbrücken bei Dirfchau und Marienburg wurden Verfuche mit fechs Blechträgern aus Thomaseifen von 3 m Spannweite ausgeführt (Stehblech 40/1 cm, Winkeleifen 8/8/1,2 cm, einfache Deckplatten 20/1 cm, [13], S. 718). Die Biegungsfeftigkeit ergab fich durchfchnittlich nahezu gleich der Zugfeftigkeit. Zwei Träger mit geftanzten Nietlöchern brachen auf der Zugfeite, während die vier Träger mit gebohrten Löchern ihre Tragfähigkeit durch Verwinden verloren. Erftere zeigten geringere Feftigkeit als letztere Zwei gewalzte I-Träger von annähernd gleichem Trägheitsmoment (Widerftandsmoment?) wie die Blechbalken ließen nicht die gleiche Belaftung wie die letzteren zu, weil fie fich der mangelnden Querverfteifung wegen ftark feitlich ausbogen. — Die Gutehoffnungshütte ftellte in Gemeinfchaft mit den Eifenbahndirektionen Köln (linksrheinifch) und Elberfeld Verfuche an. Von je zwei Blechträgern der Spannweite 3 m (Stehblech 36,5/1 cm, Winkeleifen 8/8/1,2 cm, einfache Deckplatten 20/1 cm [14], S. 808), aus Schweißeifen, weichem und hartem Martineifen wurde einer fchlecht gearbeitet (Kanten mit der Schere gefchnitten; Nietlöcher geftanzt, gegeneinander verfetzt und mit dem Dorn aufgetrieben, Nietung von Hand), der andre gut gearbeitet (Nietlöcher gebohrt und aufgerieben, Nietung durch hydraulifchen Druck). Es ergaben fich folgende Werte:

Material	Arbeit	Zugfeftigkeit (ungebohrt)	Biegungsfeftigkeit	β	Bruchpfeil cm
Schweißeifen	gut	3844	3323	0,86	2,75
„	fchlecht	„	3430	0,88	2,625
Flußeifen, weich	gut	3841	3484	0,91	11,925
„ „	fchlecht	„	3430	0,89	7,05
Flußeifen, hart	gut	4866	4052	0,83	12,95
„ „	fchlecht	„	3218	0,66	0,225

Diefe Verfuche beftätigen, daß hartes Flußeifen fich nicht für Brückenkonftruktionen eignet, es werden denn auch gewöhnlich Feftigkeiten von 3600—4400 kg pro Quadratzentimeter vorgefchrieben. — Ein bei der Entgleifung eines Schnellzugs durch Verbiegung unbrauchbar gewordener Hauptträger der Neiffebrücke bei Loewen von 11,91 m Spannweite (Stehblech 10,18/1 cm, Winkeleifen 7,8/7,8/1,3 cm, einfache Deckplatten 23/2,6 cm), der 38 Jahre gedient hatte, follte in der Mitte bis zum Bruche belaftet werden [20]. Bei 2770 kg pro Quadratzentimeter rechnungsmäßiger Normalfpannung knickten das Stehblech und der Druckgurt ein, ohne daß fich Riffe oder lockere Nieten zeigten. Nimmt man die nicht beftimmte Zugfeftigkeit des Materials zu $z = 3500$ kg/qcm an, fo hat der Träger noch bis $\beta = 0{,}79$ widerftanden. Es war jedoch anzunehmen, daß er im ganzen Ueberbau eine weit höhere Beanfpruchung ausgehalten hätte, weil dann das Stehblech und der Druckgurt durch die Querverbindungen beffer gegen Knicken gefichert gewefen wären.

Auch mit andern vollwandigen eifernen Balkenträgern wurden Bruchverfuche angeftellt; fo in Wien [21] mit einem Schweißeifenbalken von 7,5 m Spannweite und Kaftenquerfchnitt aus zwei Stehblechen von 50,4/1 cm, Kopf- und Fußdeckplatten von 34/1,3 cm, zwei Winkeleifen von 8/8/1 cm im Druckgurt und vier ebenfolchen im Zuggurt. Der Träger von 8,3 m Länge war aus einem Hauptträger von 11,2 m Spannweite und 12,95 m Länge hergerichtet worden, der mit feinem Zwillingsbruder von 1858 bis 1888 der Brücke über den Kundlerbach der Eifenbahn Innsbruck-Kufftein gedient und dabei rechnungsmäßige Beanfpruchungen bis 1250 kg/qcm auf Zug und bis 1370 kg qcm auf Druck ausgehalten hatte. Nachdem die elaftifchen Einfenkungen bis zur Erfchöpfung der Widerftandsfähigkeit proportional der Belaftung geblieben waren (wozu aber erhebliche bleibende Einfenkungen kamen), trat bei rechnungsmäßigen Normalfpannungen von 2603 kg im Zuggurt und 2850 kg im Druckgurt Knicken beider Stehbleche ohne Spuren fonftiger Trennungen ein. Da die Zugfeftigkeit von Stäben aus den wenigft angeftrengt gewefenen Teilen des Trägers zu $z = 2827$ kg für die Stehbleche und $z = 3210$ kg für die Deckplatten ermittelt wurde (bei $E = 2\,120\,000$ und $2\,270\,000$ kg pro Quadratzentimeter Elaftizitätsmodul), fo wäre in bezug auf das Material der Stehbleche $\beta = 0{,}92$, in bezug auf dasjenige der Deckplatten $\beta = 0{,}81$ gewefen.

Abgefehen vom Material haben fich diejenigen Blechbalken am beften bewährt, die genügende Stärke der Vertikalplatte und genügende Querfteifigkeit befaßen. Die Nietverfchwächung

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

war bei Berechnung der angeführten Verſuchsergebniſſe, ſoweit erſichtlich, für beide Gurtungen in Abzug gebracht.

Literatur: [1] Dupuy, Notice sur le viaduc de l'Erdre, Annales des ponts et chaussées 1879, I, p. 331. — [2] Krohn, Reſultate aus der Theorie des Brückenbaues und deren Anwendung, erläutert durch Beiſpiele, Aachen, I. Balkenbrücken, 1879, S. 6, 70, 223, II. Bogenbrücken, 1883, S. 1, 43, 118. — [3] Müller-Breslau, Theorie und Berechnung der eiſernen Bogenbrücken, I. Die ſtabförmigen elaſtiſchen Bogen, Berlin 1880. — [4] Wochenſchrift des Vereines deutſcher Ingenieure 1882, S. 5; 1883, S. 84. — [5] Steiner, Zum gegenwärtigen Stand des Brückenbaues, Zeitſchr. d. öſterr. Ing.- und Arch.-Vereins 1883, S. 18. — [6] Zimmermann, Trägheitsmomente, Widerſtandsmomente und Gewichte genieteter Blechträger, Berlin 1885. — [7] Handbuch der Ingenieurwiſſenſchaften, Bd. 2, 2. Aufl., Leipzig 1886—1890; II. Balken, von Steiner, 3. Aufl., 1901; III. Bewegliche Brücken, von Fränkel; IV. Bogen, von Melan. Daſelbſt auch umfaſſende Literaturangaben. — [8] Müller-Breslau, Die graphiſche Statik der Baukonſtruktionen I, Leipzig 1887. — [9] The Manhattan Bridge over the Harlem River, New York, Engineering 1888, I, p. 425 (Zeitſchr. des Ver. deutſch. Ingenieure 1889, S. 1120). — [10] Weyrauch, Die Feſtigkeitseigenſchaften und Methoden der Dimenſionenberechnung u. ſ. w., Leipzig 1889, S. 23, 123, 149, 161. — [11] Scharowsky, Widerſtandsmomente und Gewichte genieteter Träger, Leipzig 1890. — [12] Tetmajer, Mitteilungen der Anſtalt zur Prüfung von Baumaterialien u. ſ. w., 4. Heft, Zürich 1890, S. 82, 207, 220. — [13] Mehrtens, Ueber die beim Baue der neuen Eiſenbahnbrücken in Dirſchau und Marienburg mit der Verwendung von Flußeiſen gemachten Erfahrungen, Stahl und Eiſen 1891, S. 707. — [14] Krohn, Verwendung des Flußeiſens im Brückenbau, Stahl und Eiſen 1891, S. 804. — [15] Biſchoff, Bericht des Brückenmaterialkomitees über die Verwendung des Flußeiſens, und Brik, Fachwiſſenſchaftliche Erörterungen hierzu, Zeitſchr. des öſterr. Ing.- und Arch.-Vereins 1891, S. 63, 73. — [16] Huléwicz, Calculs de résistance des ponts et viaducs métalliques à poutres droites, d'après le circulaire ministerielle du 29 août 1891, Paris 1894. — [17] Geuſen und Miliczek, „Profile", Sammlung von Tabellen zum Gebrauche bei der Querſchnittsbeſtimmung eiſerner Tragkonſtruktionen, Nürnberg 1894/95. — [18] Böhm und John, Widerſtandsmomente, Trägheitsmomente und Gewichte von Blechträgern, Berlin 1895. — [19] Häſeler, Berechnung eines I-förmigen Trägers auf Verdrehung und Biegung, Zentralblatt der Bauverwaltung 1895, S. 233. — [20] Simon, Bruchbelaſtung eines Brückenblechträgers, Zentralblatt der Bauverwaltung 1895, S. 250. — [21] Brik, Die Ergebniſſe der Belaſtungsverſuche mit einem der Bahnſtrecke entnommenen alten Eiſenbrückenträger, Zeitſchr. d. öſterr. Ing.- und Arch.-Vereins 1896, S. 97, 109. — [22] Heinzerling und Intze, Deutſches Normalprofilbuch für Walzeiſen zu Bau- und Schiffsbauzwecken, Aachen 1897. — [23] Weyrauch, Die elaſtiſchen Bogenträger, ihre Theorie und Berechnung entſprechend den Bedürfniſſen der Praxis, München 1897. — [24] Häſeler, Der Brückenbau, 1. Teil: Die eiſernen Brücken, 3. Lief., Braunſchweig 1897 (Zwiſchenträger); 4. Lief., Braunſchweig 1900 (Hauptträger). — [25] Fyson, Formulae for the weights and economic depths of plate girders, Engineering 1902, I, p. 338, 463. — [26] Leu, Ausführliche Tabellen für Eiſen und Holz zu Decken, Trägern, Stützen und Dächern. Querſchnitte, Gewichte, Trägheits- und Widerſtandsmomente. Köln 1904. — [27] Tetmajer, Die angewandte Elaſtizitäts- und Feſtigkeitslehre, Leipzig und Wien 1904 (Oeſterreichiſche Normalprofile, S. 144).

Weyrauch.

Blechträgerbrücken oder Blechbalkenbrücken nennt man jene eiſernen Brücken, deren Hauptträger als vollwandige eiſerne Balkenträger aus Blechtafeln, Winkeleiſen und Flacheiſen durch Vernietung zuſammengeſetzt werden.

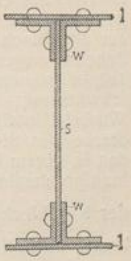


Fig. 1.

Man unterſcheidet als Teile eines Blechträgers (Fig. 1) den Steg oder das Stehblech *s*, die vier Gurtwinkel *w* und die Gurtbleche oder Lamellen *l*, die in der erforderlichen Zahl und Stärke anzubringen ſind. Heute werden vollwandige Balkenträger nur bis zu Spannweiten von etwa 18—20 m, ausnahmsweiſe bis zu Spannweiten von 20–30 m [3] angewendet, da für größere Stützweiten Fachwerksträger leichter und billiger ſind; früher hat man jedoch ſolche Vollwandträger (mit Zellengurten oder als Kaſtenträger) in bedeutend größeren Dimenſionen ausgeführt, ja die Ende der vierziger Jahre gebauten Stephenſonſchen Röhren- oder Tunnelbrücken, nämlich die Britanniabrücke über die Menaiſtraße mit 140,2 m größter Spannweite, die Conwaybrücke mit 121,9 m und die Viktoriabrücke bei Montreal mit 100,6 m, ſind mit bis dahin für Balkenbrücken unerreichten Spannweiten angelegt und darin erſt durch die ſpäteren Ausführungen von Fachwerksträgern übertroffen worden. Wie bei jeder eiſernen Brücke ſind auch bei den Blechträgerbrücken als Hauptteile des Ueberbaues zu unterſcheiden: 1. die Hauptträger, die parallel der Längsachſe der Brücke die Oeffnungsweite derſelben überſpannen und auf die Pfeiler gelagert ſind; 2. die Auflagerkonſtruktionen, und 3. die Querkonſtruktionen, die teils zur unmittelbaren Unterſtützung der Fahrbahn, teils zur ſeitlichen

Fig. 2. Querſchnitt einer Eiſenbahnblechbrücke mit unten liegender Fahrbahn.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Abſteifung der Hauptträger dienen und ſonach aus dem eigentlichen Bahngerippe (Querträger und Fahrbahnlängsträger) und aus den Querverbindungen und Windverſtrebungen der Hauptträger beſtehen. Fig. 2 zeigt im Querſchnitt die gewöhnliche Anordnung einer Eiſenbahnblechbrücke mit unten liegender Fahrbahn, Fig. 3 ſtellt den Querſchnitt einer ſolchen Brücke mit oben liegender Fahrbahn dar, Fig. 4 iſt ein Stück Längsanſicht dieſer Brücke. Die Hauptträger der Blechbrücken erhalten rund $^1/_{10}$ der Spannweite zur Höhe. Das Stehblech iſt aus einzelnen Blechtafeln (von mindeſtens 8 mm Stärke, mit der Trägerhöhe und Belaſtung bis auf 14 mm zunehmend) zuſammengeſetzt, deren Länge entſprechend einem größten Tafelgewicht von 400—450 kg anzunehmen iſt. Die Stehblechſtöße werden durch beiderſeitige Laſchenbleche gedeckt, die eine doppelreihige Vernietung erhalten. Horizontale Blechwandſtöße, wie ſie bei den früher für große Spannweiten ausgeführten hohen Blechträgern notwendig wurden, kommen bei den jetzt üblichen Trägern von höchſtens 2 m Höhe nicht vor. Die Blechwand muß ferner durch Anbringung von Steifen gegen Ausbauchen geſichert werden. Dieſe Steifen beſtehen aus aufgenieteten Flacheiſen, Winkeleiſen oder T-Eiſen, die in Abſtänden ungefähr gleich der Trägerhöhe und keinesfalls weiter als 1,5 m angeordnet werden, ſobald die freie Höhe des Stehblechs zwiſchen den Gurtwinkeln mehr als die 60fache Stehblechdicke beträgt. Obwohl es am richtigſten wäre, dieſe Steifen in der Richtung des größten Druckes, alſo unter 45° ſteigend, anzuordnen, ſtellt man dieſelben in der Regel vertikal und benutzt ſie meiſt gleichzeitig zum Anſchluß der Querträger oder der Querverbindungen. Beſonders werden Steifen dort notwendig, wo Laſten auf den Obergurt des Trägers wirken und wo große Schubkräfte in der Blechwand auftreten. Daraus ergibt ſich Näherſtellung oder Verſtärkung der Steifen gegen die Trägerenden hin. Die Berechnung eines Blechträgers wird in der Weiſe durchgeführt, daß zunächſt ein ſogenannter Grundquerſchnitt, aus Stehblech und den vier ſäumenden Winkeleiſen beſtehend, angenommen wird. Für dieſen rechnet man das Trägheitsmoment J_0, und zwar mit Rückſicht auf die Nietſchwächung, indem die Nietlöcher in den horizontalen Winkeleiſenſchenkeln in Abzug gebracht werden und die Stärke des Stehblechs mit nur etwa 0,85 ſeiner wirklichen Dicke eingeſetzt wird. Iſt nun M das in einem beſtimmten Querſchnitt des Trägers auftretende Biegungsmoment, s die zuläſſige Inanſpruchnahme, h die Höhe des Grundquerſchnitts, ſo folgt die erforderliche nutzbare Fläche der Kopfbleche zunächſt angenähert aus $f_0 = \frac{M}{s\,h} - \frac{2\,J_0}{h^2}$, woraus mit anzunehmender Breite b_0, bezw. abzüglich zweier Nietdurchmeſſer b_0' ſich die Dicke der Lamellen eines Gurtes aus $d = \frac{f_0}{b_0'}$ beſtimmt. Hiermit wird dann genauer die Fläche erhalten $f = f_0 + \frac{4\,J_0}{h^2}\,\frac{d}{h}$. Dieſe Rechnung iſt für eine Anzahl Querſchnitte des Trägers durchzuführen, und es wird auf dieſe Art die theoretiſch notwendige Lamellenfläche f erhalten, der man ſich in der Ausführung natürlich nicht genau anſchließen kann, da durch Weglaſſung oder Zugabe von Lamellen nur eine ſprungweiſe Veränderung möglich iſt.

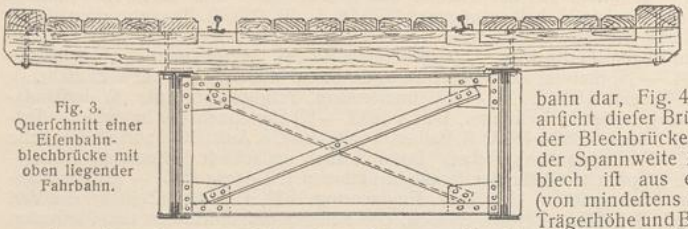


Fig. 3. Querſchnitt einer Eiſenbahnblechbrücke mit oben liegender Fahrbahn.

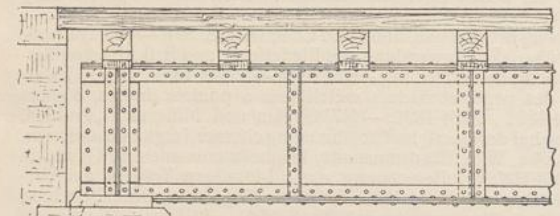


Fig. 4.

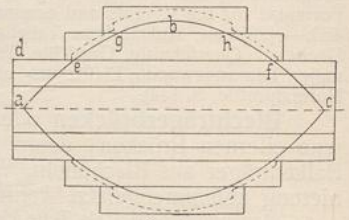


Fig. 5.

Die beſte Ueberſicht gibt die graphiſche Darſtellung der Materialverteilung (Fig. 5). Die Kurve $a\,b\,c$ entſpricht der Kurve der Maximalmomente. Beſtimmt man einen Flächenmaßſtab ſo, daß ſeine Einheit gleich der $s\,h$-fachen Einheit des Momentenmaßſtabes iſt, ſo geben die hiernach gemeſſenen Ordinaten dieſer Kurve auch die Größen $M : s\,h$. Man zeichne nun nach dieſem Maßſtab ein Rechteck mit der Höhe $a\,d = 2\,J_0 : h^2$ und teile das übrigbleibende Kurvenſegment in die Lamellenflächen ein. Um der genaueren Formel für f Rechnung zu tragen, kann man die Ordinaten der Kurve in der Strecke $e\,f$ um $\frac{4\,J_0}{h^2}\,\frac{d}{h} = 2 \cdot a\,d \cdot \frac{d}{h}$ vergrößern, wodurch die punktierte Linie erhalten wird. Die Enden der Lamellen ſind dann über die Punkte $e\,g\,h$ noch um etwa eine Nietreihe zu verlängern.

Die Abſtände der Gurtungsnieten berechnen ſich aus den Schubkräften, die in den Trennungsflächen zwiſchen Stehblech und Gurtung auftreten. Iſt e der Abſtand der horizontalen

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Nieten (Nietteilung), so entfällt auf einen solchen Niet eine Kraft $\frac{Q\,\Sigma}{J}\,e$, worin Q = Querkraft, Σ das statische Moment der Gurtung (Winkeleisen und Lamellen), bezogen auf die Trägerschwerachse, und J das Querschnittsträgheitsmoment. Bei der Stehblechstärke δ, dem Nietdurchmesser d und dem zulässigen Leibungsdrucke $s_2 = 1400$ kg/cm² im Nietloche folgt alsdann $e = \frac{d\,\delta\,s_2}{Q} \cdot \frac{J}{\Sigma}$ oder nach einem Durchschnittswerte $e = \frac{1540\,h\,d\,\delta}{Q}$, worin h die Trägerhöhe und die Maße in Zentimeter und Kilogramm einzusetzen sind. Für annähernde Bestimmung der Nietteilung in der Nähe der Auflager dient auch die Konstruktionsregel, daß am Trägerende in einer Länge gleich der Trägerhöhe an jedem Gurt so viel Nieten stehen sollen, daß sie die ganze Auflagerkraft aufnehmen können. Maximale Nietentfernung $= 7\,d$. Die Breite der Gurtungsplatten ist so zu bemessen, daß dieselben nicht um mehr als 125 mm oder um die achtfache Dicke der ersten Platte über die sie mit den Winkeln verbindende Nietreihe vorstehen. Bei mehrfachen Platten soll die Stärke derselben gleich oder nach außen abnehmend sein.

Literatur: [1] Handb. der Ingenieurwissenschaften, Bd. 2, 2. Abteil.: Steiner, Konstruktion der eisernen Balkenbrücken, daselbst auch ausführliche Literaturangaben. — [2] Winkler, E., Vorträge über Brückenbau, Blechbrücken, Wien 1874; als Manuskript gedruckt. — [3] Engineering News 1892, S. 316. — [4] Häseler, Der Brückenbau, 1. Teil: Die eisernen Brücken, Braunschweig 1897.

Melan.

Blechverkleidung, s. Futterblech.

Blechwalzwerk, s. Walzwerk.

Blei, *Pb*, Atomgew. 206, spez. Gew. 11,37—11,58, je nachdem es raffiniert, geschmolzen oder gewalzt ist, ein blaugraues, glänzendes Metall von sehr geringer Festigkeit, aber ausgeprägtester Dehnbarkeit; es läßt sich leicht mit dem Messer schneiden, zu Blech auswalzen und zu Draht auspressen. Sein Schmelzpunkt liegt bei 330°, der Siedepunkt bei starker Weißglut, wenn auch schon bei Rotglut eine nicht unbeträchtliche Verdampfung eintritt. Im geschmolzenen Zustande ist es ein vorzügliches Lösungsmittel für andre, besonders für die edlen Metalle.

Bei gewöhnlicher Temperatur ist das Blei chemischen Einflüssen gegenüber sehr widerstandsfähig. Es oxydiert sich an der Luft und im Wasser zwar oberflächlich, doch schützt die Oxyd- bezw. Karbonatschicht (Kohlensäure fehlt ja nie in Luft und Wasser) das darunter liegende Metall vor weiterem Angriffe. Auch die Einwirkung von Schwefel- und Salzsäure beschränkt sich, wegen Bildung unlöslicher Salze, nur auf die Oberfläche des Metalls, Salpetersäure dagegen löst Blei zu Bleinitrat. Viele organische Säuren, z. B. Essigsäure, bilden bei Gegenwart von Sauerstoff (Luft) mit dem Blei ebenfalls sehr leicht lösliche Salze. — Das Blei bildet zwei einfache Oxyde, das Bleioxyd *PbO* und das Bleisuperoxyd PbO_2. Von ersterem ist auch ein Hydrat bekannt. — Ein zusammengesetztes Oxyd ist die Mennige Pb_3O_4 $(= 2\,PbO + PbO_2)$. Mit Schwefel verbindet sich das Blei nur zu einer bemerkenswerten Verbindung, dem Bleisulfid, die leicht mit andern Sulfiden Doppelsulfide (Bleistein) bildet. Bleisalze, in denen das Blei als Basis vorkommt, leiten sich vom Oxyde, solche, in denen es im Säureradikale enthalten ist (Plumbate), vom Superoxyde bezw. dessen hypothetischem Hydrate, der Bleisäure H_4PbO_4 ab. Zu diesen Salzen ist auch die Mennige zu rechnen: Pb_2PbO_4. Gediegen kommt Blei nicht in der Natur vor. Das wichtigste Rohmaterial zu seiner Gewinnung ist der Bleiglanz *PbS*, der immer 0,001—1,0% Silber enthält, dem sich in zweiter Linie das Weißbleierz, Cerussit $PbCO_3$ anreiht. Seltenere Erze sind: Bleivitriol $PbSO_4$; Pyromorphit $PbCl_2 \cdot 3\,Pb_3\,(PO_4)_2$; Rotbleierz $PbCrO_4$; Gelbbleierz $PbMoO_4$; Scheelbleierz $PbWO_4$. Für die Bleihüttenwerke sind nur die beiden erstgenannten Erze neben einer Anzahl von bleihaltigen Hütten- und andern Abfallprodukten von Bedeutung. Abgesehen von einigen besonderen Vorbereitungsarbeiten oder Abänderungen, die mit Rücksicht auf die Gegenwart einiger andrer Metalle, besonders des Zinks, unvermeidlich sind, wird bei der Verarbeitung der Bleierze zunächst ein rohes Blei, das sogenannte Werkblei, erzeugt.

Verarbeitung von Bleiglanz.

1. Die Röstreaktionsarbeit besteht darin, daß *PbO* resp. $PbSO_4$ und *PbS* bei höherer Temperatur aufeinander wirken:

$$\text{Reaktionen} \begin{cases} 2\,PbO + PbS = 3\,Pb + SO_2 \\ PbSO_4 + PbS = 2\,Pb + 2\,SO_2. \end{cases}$$

Das geeignete Gemisch von *Pb*, *PbO* und $PbSO_4$ gewinnt man durch teilweises Rösten des Bleiglanzes, $2\,PbS + 7\,O = PbO + PbSO_4 + SO_2$. Wenn die Reaktion richtig verläuft, muß der Bleiglanz hochprozentig, frei von Kieselsäure und größeren Mengen fremder Schwefelmetalle sein. Verschiedenheiten in der Reinheit der Erze, in den Ansprüchen an das auszubringende Blei, in der Höhe der Brennmaterialpreise und Arbeitslöhne haben natürlich auch Abweichungen in der Ausführung dieser Art der Bleiarbeit zur Folge gehabt. So unterscheiden wir:

a) den Kärntner Prozeß, der in kleinen Oefen mit kleinen Erzmengen bei möglichst niedriger Temperatur so ausgeführt wird, daß nach vollendeter Röstung der Hauptsache nach folgende Umsetzung eintreten kann: $PbSO_4 + PbS = Pb_2 + 2\,SO_2$. Da sich in der Praxis die Röstung nicht so leiten läßt, daß auf jedes Molekül *PbS* genau ein Molekül $PbSO_4$ gebildet wird, so wird nach beendigter Reaktion meist noch ein großer Teil Blei als Oxyd und Sulfat vorhanden sein, denn es ist

$$2\,PbSO_4 + PbS = 2\,PbO + Pb + 3\,SO_2 \text{ und } 3\,PbSO_4 + PbS = 4\,PbO + 4\,SO_2.$$

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Dieſes Blei gewinnt man dann nach dem Einſtreuen von Kohle in den Arbeitsherd bei fortgeſetztem Erhitzen und Durcharbeiten der Rückſtände (Preßperiode). Das Sulfat wird dabei zu Sulfid reduziert, das neben Kohle wieder auf das Oxyd reduzierend einwirkt. Vorteile des Prozeſſes: Geringe Bleiverluſte durch Verflüchtigung, geringe Mengen bleiarmer Rückſtände (die Schmelzrückſtände, die mit 3—9 % *Pb* den Ofen verlaſſen, werden durch Aufbereitung auf 50—60 % *Pb* angereichert und der Schmelzarbeit wieder zugeführt), Reinheit des ausgebrachten Bleies. Nachteile des Prozeſſes: Großer Brennmaterial- und Arbeitsverbrauch.

b) Engliſcher Prozeß. Große Erzmengen (1000 kg Bleierz) werden in großen Oefen bei hoher Temperatur oxydierend verſchmolzen. Die entſtehenden Röſtprodukte finden in dem anfangs in großem Ueberſchuſſe vorhandenen Sulfide ein Reduktionsmittel, mit dem ſie ſich nach den anfangs gegebenen Gleichungen umſetzen. Die Bleiabſcheidung beginnt alſo faſt unmittelbar nach dem Einſetzen der Beſchickung. Wenn ſie durch Bildung leicht ſchmelzbarer Schlacken unterbrochen wird, iſt von Zeit zu Zeit eine Abkühlung, unter Umſtänden auch Auflockerung durch Einarbeiten von Kalk in die geſchmolzenen Maſſen erforderlich. Vorteile des Prozeſſes: Geringer Brennmaterial- und Arbeitsverbrauch. Nachteile des Prozeſſes: Erhebliche Bleiverluſte durch Verflüchtigung bezw. teure Kondenſationsanlagen, bleireiche Rückſtände, die in beſonderen Oefen verſchmolzen werden müſſen, und unreines Blei.

c) Tarnowitzer Prozeß. Große Erzmengen (bis 4000 kg) werden in großen Flammöfen bei niedriger Temperatur geröſtet und verſchmolzen: alſo ein Engliſch-Kärntner Prozeß. Vorteile des Prozeſſes: Geringe Bleiverluſte durch Verflüchtigung, reines Blei, geringer Brennmaterial- und Arbeitsverbrauch. Nachteile des Prozeſſes: Bleireiche Rückſtände, die in beſonderen Oefen auf Blei verſchmolzen werden müſſen. Dieſe drei genannten Prozeſſe eignen ſich nur für möglichſt kieſelſäurefreies Erz.

d) Der Franzöſiſche oder Bretagne-Prozeß, der durch eine von der Kärntner etwas abweichende Arbeitsweiſe die Verarbeitung kieſelſäurehaltiger Erze ermöglichen ſollte, iſt faſt überall, wo er im Betriebe war, wieder aufgegeben und durch den Röſt- und Reduktionsprozeß erſetzt worden. Einen Uebergang zu dem letztgenannten Verfahren bilden die Herdprozeſſe. Das Erz wird, mit dem Brennmaterial gemiſcht, in ſogenannten Herdöfen, Apparaten, die in ihrer Konſtruktion an die Schmiedefeuer erinnern, geröſtet und reduziert. Daß in dieſem Falle die Röſtprodukte außer durch ungeröſtetes Erz auch durch den Kohlenſtoff des Brennmaterials reduziert werden, iſt erklärlich. Ebenſo begreiflich iſt es, daß dieſem Verfahren bezüglich der Wärmeausnutzung und des Metallausbringens große Mängel anhaften müſſen, welche Nachteile noch durch die ſchädliche Wirkung der den offenen Herden entſteigenden Bleidämpfe auf die Geſundheit der Arbeiter vermehrt werden.

2. Die Röſtreduktionsarbeit beſteht im Röſten des Bleiglanzes, verbunden mit einer Zerſetzung des neben Bleioxyd ſich bildenden Sulfates durch Kieſelſäure, $PbSO_4 + SiO_2 = PbSiO_3 + SO_2 + O$, gefolgt von einem mit der Zerſetzung des Bleiſilikats durch Kalk und Eiſenoxydul zuſammenfallenden reduzierenden Schmelzen:

$$PbSiO_3 + CaO = CaSiO_3 + PbO \quad 2\,PbO + C = Pb_2 + CO_2.$$

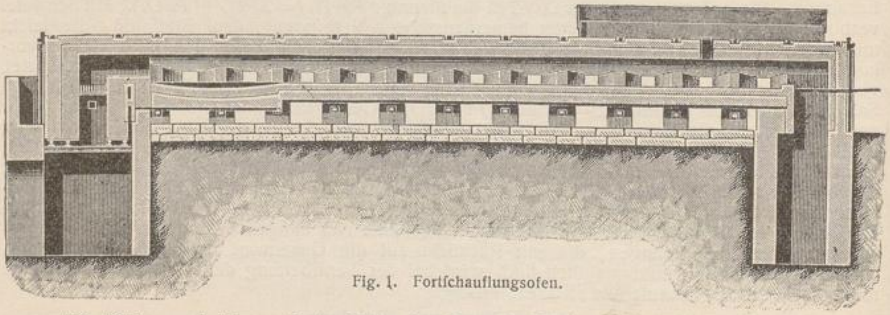


Fig. 1. Fortſchauflungsofen.

Die Röſtung wird je nach der Natur des Erzes in Haufen, Flammöfen oder in Schachtöfen ausgeführt. Die Umſetzung des dabei entſtehenden Bleiſulfats in Bleiſilikat läßt ſich vorteilhaft nur in Flammöfen ausführen; ſie unterbleibt bei bleiarmen, ſilber-, kupfer- oder zinkhaltigen Erzen. Die Röſtung bleiarmer Erze (mit weniger als 10 % *Pb*) in Flammöfen würde zu teuer werden. Etwa vorhandenes Silber würde ſich bei der zur Zerſetzung des Bleiſulfats erforderlichen Temperatur in nicht unerheblichen Mengen verflüchtigen. Für das Kupfer hat man während des Schmelzprozeſſes ohnehin eine gewiſſe Menge Schwefel nötig, um dasſelbe als Kupferſtein abzuſcheiden; es wäre daher überflüſſig, auf eine möglichſt vollſtändige Entſchweflung des Röſtgutes hinzuarbeiten, denn wenn auch Bleiſulfat während des Schmelzprozeſſes zu Sulfid reduziert wird, $PbSO_4 + C_2 = PbS + 2\,CO_2$, ſo ſetzt es ſich doch mit dem Kupfer bezw. den Kupferverbindungen unter Bildung von Kupferſtein leicht um: $PbS + Cu_2 = Cu_2S + Pb$. Das Zink, das ſeiner Flüchtigkeit (Bildung von Ofenbruch und Mitreißen andrer Metalldämpfe) und ſchweren Verſchlackbarkeit wegen während des Schmelzens zu Betriebsſtörungen und Metallverluſten Veranlaſſung geben würde, muß durch Röſtprozeſſe in vor der Schmelzung auszulaugendes Zinkſulfat übergeführt werden. Die Bildung des Zinkſulfats iſt aber nur bei einer weit unter dem Zerſetzungspunkte des Bleiſulfates liegenden Temperatur möglich.

Die für die übrigen Erze gebräuchlichen Röſtapparate beſtehen meiſt in langen Flammöfen, den Fortſchauflungsöfen (Fig. 1), die ununterbrochenen Betrieb, alſo gute Wärme-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

ausnutzung geſtatten. Während durch das in dem Ofen befindliche Material der Flamme der Feuerung ſtetig entgegengearbeitet wird, ſetzt man an dem der Feuerung entgegengeſetzten Ende nach Bedarf friſches Erz ein. Das Röſtprodukt fließt in teigigem Zuſtande in der Nähe der Feuerbrücke aus dem Ofen ab. Erze mit viel Schwefelkies werden auch wohl behufs Schwefelſäuregewinnung in Kiesbrennern (ſ. Schwefelſäure), Bleiſtein und ähnliche Schmelzprodukte zu demſelben Zwecke in Kilns (ſ. Schwefelſäure) abgeröſtet. — Zur Ausführung des Schmelzprozeſſes dienen niedrige Schachtöfen (6—8 m hoch), von denen jetzt ausſchließlich Pilz- und Rachetteöfen gebaut werden. Die Pilzöfen ſind von kreisförmigem Horizontalquerſchnitte mit 4—8 Formen im Geſtelle. Fig. 2 zeigt einen im Oberharze gebräuchlichen fünfförmigen Bleiſchmelzofen: *a* Schacht, *b* Beſchickungstrichter, *c* Ableitungsrohr für die Gichtgaſe, *d* Windleitung, *g* kühlbare Form, *o* Kühlwaſſerzuleitung und *p* Kühlwaſſerableitung. Die Rachetteöfen beſitzen ovalen oder rechteckigen Horizontalquerſchnitt, deſſen lange Seiten die Seitenwände bilden. In den ſchmalen Vorder- und Hinterwandungen des Geſtelles iſt entweder keine oder je eine Form angebracht, während jede der Seitenwandungen bis zu ſechs Formen enthält. Bei Sumpfofenzuſtellung treten die Schmelzprodukte durch die unter Vorder- und Rückwand vorgeſehenen Sümpfe aus. Bei Tiegelofenzuſtellung pflegt man meiſt den Arentsſchen Stich zur Bleiabführung neben einer oder zwei Schlackenformen anzuwenden. Eine neuere Ofenkonſtruktion iſt in Fig. 3 in Vertikalquerſchnitt, in Fig. 3a zur Hälfte in Anſicht, zur andern Hälfte in Vertikallängsſchnitt dargeſtellt. Sie iſt beſonders in amerikaniſchen Hüttenwerken gebräuchlich. Die Raſt dieſes Ofens iſt nicht aus Mauerwerk, ſondern aus hohlen Eiſenformſtücken, die von Waſſer durchſtrömt werden, aufgebaut. Solche kühlbare Ofenteile pflegt man als Water-Jackets (Waſſermäntel) zu bezeichnen. In den Fig. 3 und 3a bedeuten: *W* Windleitung, *D* Düſenſtöcke, *E* Eintrittsrohr für das Kühlwaſſer der Raſt, *X* Austrittsſtützen für das Kühlwaſſer aus der Raſt, *G* Schlackenform, *A* Arentsſcher Stich.

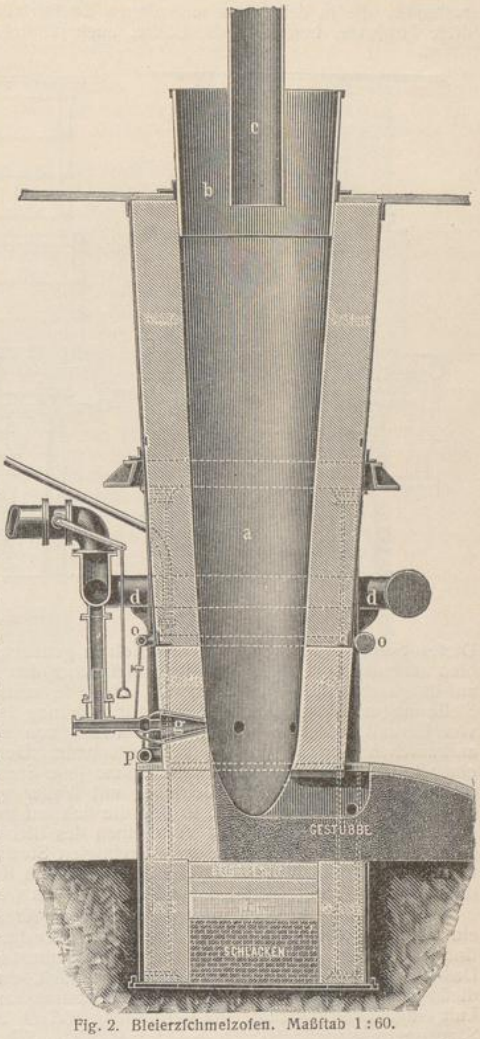


Fig. 2. Bleierzſchmelzofen. Maßſtab 1 : 60.

3. Die Niederſchlagsarbeit ſtützt ſich darauf, daß Eiſen dem Bleierz Schwefel zu entziehen vermag: $PbS + Fe = FeS + Pb$.

Bei der bekannten Neigung des Schwefeleiſens zur Bildung von Doppelſulfiden wird eine beträchtliche Menge Bleiſulfid zur Bildung von Bleiſtein (PbS, $nFeS$) verbraucht. Darauf iſt ſelbſtverſtändlich bei der Möllerung Rückſicht zu nehmen, beſonders da die Entſtehung von Bleiſtein, der ſich ſehr gut bei der Schwefelſäuregewinnung, alſo zur Nutzbarmachung des Schwefels der Bleierze verwerten läßt, durchaus kein Nachteil des Verfahrens iſt. Der Bleiſtein wird zu dieſem Zwecke in Kilns (ſ. Schwefelſäure) abgeröſtet. Das vorwiegend aus Oxyden des Bleies und Eiſens beſtehende Röſtprodukt dient bei folgenden Schmelzungen wieder als eiſenhaltiger Zuſchlag, deſſen man ſowohl zum Verſchlacken der Kieſelſäure als auch zur Zerlegung des Bleiſulfides nach obenangeführter Gleichung bedarf. Man ſetzt nämlich das Eiſen der Beſchickung faſt nie als ſolches zu, ſondern meiſt in Form von Oxyden (geröſtetem Stein, Kiesabbränden, Rot- und Brauneiſenſtein) oder baſiſchen, eiſenhaltigen Schlacken (Puddel- und Schweißofenſchlacken), aus denen das erforderliche metalliſche Eiſen durch Reduktion während des Schmelzprozeſſes gewonnen wird. Als Schmelzöfen dienen für dieſen Prozeß ebenfalls Schachtöfen nach Pilz (Fig. 2) oder Rachetteöfen nach der in Fig. 3 und 3a dargeſtellten Konſtruktion.

Cerußit und oxydiſche Hüttenprodukte: Der Cerußit, der als Zerſetzungsprodukt des Bleiglanzes meiſt in unmittelbarer Nähe von Bleiglanzlagern gefunden wird, kann in vielen Fällen gemeinſchaftlich mit Bleiglanz verarbeitet werden. Er hinterläßt ſchon bei gelindem Erhitzen Bleioxyd: $PbCO_3 = PbO + CO_2$, das, wie bei dem Röſt- und Reaktionsprozeſſe, mit Bleiſulfid unter Abſcheidung alles Metalles in Wechſelwirkung treten kann. Wo er für ſich allein

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

in verarbeitungswürdigen Mengen vorkommt, wird er unter Zuſchlag von eiſenhaltigen Materialien, Kalkſtein und Schlacke der eignen Arbeit in Schachtöfen reduzierend verſchmolzen.

Oxydiſche Hüttenprodukte wie Glätte, Herd (ſ. Treibprozeß unter Silber) u. ſ. w. werden gemeinſchaftlich mit ſulfidiſchen, beſonders ſilberhaltigen Bleierzen verſchmolzen. Sie dienen hierbei als ſogenannte „Vorſchläge“: das aus ihnen leicht reduzierte Blei iſt dazu beſtimmt, die in den Erzen enthaltenen Edelmetalle möglichſt zeitig zu löſen. Man reduziert dieſe Produkte, beſonders die Glätte, auch für ſich in niedrigen Schachtöfen (Glättefriſchöfen).

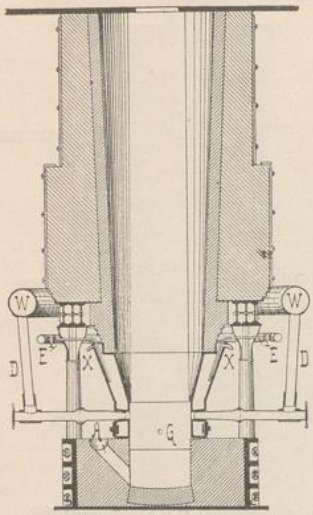


Fig. 3.

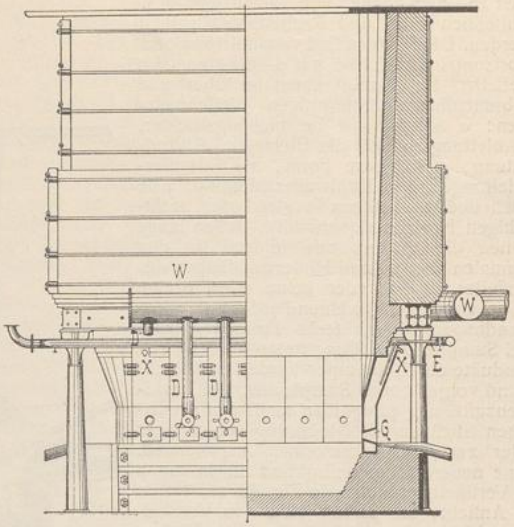


Fig. 3a.

Dieſes Schmelzverfahren, Glättefriſchen genannt, wird, wennſchon ſeltener, auch in Flammöfen ausgeführt. Das ſo erhaltene Blei führt den Namen „Friſchblei“. Dieſer Name iſt auch auf das nach andern Methoden rein erhaltene, raffinierte oder Weichblei übertragen. An dieſer Stelle mag noch eine Ofenkonſtruktion Erwähnung finden, die ſich beſonders für die Verarbeitung von Cerußit, aber auch zum Verſchmelzen von Bleiglanz in mehreren amerikaniſchen und auſtraliſchen Werken Eingang verſchafft hatte. Der ganze Schacht dieſer Oefen wird durch einen hohlen Mantel aus Eiſenblech ohne jede Steinausfütterung gebildet. Der Hohlraum des Mantels wird während des Betriebes mit Waſſer gekühlt (daher der Name Waſſermantelofen oder Water-Jacket), ſo daß die ſich auf der Innenwand des Schmelzraumes abſetzende erſtarrte Schlackenſchicht das Verbrennen des Blechmantels verhütet. Nach neueren Berichten jedoch [7], [8] erſetzt man in den Vereinigten Staaten Nordamerikas den Waſſermantel größtenteils wieder durch Mauerwerk (ſ. Fig. 2), da zum Kühlen ſehr viel Waſſer erforderlich und mit dieſem Waſſer mehr Wärme fortgeführt wird, als wünſchenwert iſt.

Erwähnt ſeien noch folgende Methoden: Nach A. Macdonald (D.R.P. Nr. 80600) wird in einem mit baſiſchem Futter verſehenen Konverter durch geſchmolzenen Bleiglanz Luft oder Sauerſtoff hindurchgeblaſen. Den Vorgang veranſchaulicht folgende Formel: $2\,PbS + O_2 = PbS_2O_2 + Pb$. Das metalliſche Blei bleibt im Konverter zurück, eine Verbindung PbS_2O_2 entweicht als Dampf, dieſer Dampf wird in einer beſonderen Oxydationskammer aufgefangen, eine ausreichende Menge Luft eingeblaſen, wodurch die Verbindung PbS_2O_2 in Bleiſulfat und Schwefeldioxyd (ſchweflige Säure) zerlegt wird: $PbS_2O_2 + 4\,O = PbSO_4 + SO_2$. In der Bleihütte zu Pertuſola (im italieniſchen Bergwerksdiſtrikt Carrara) haben Huttington und Heberlein eine neue Erzröſtmethode eingeführt, die gegenüber den bisherigen Verfahren mehrere große Vorteile bieten ſoll. Die Methode gründet ſich auf die Erfahrung, daß in einem einzigen Gemiſch von Bleiglanz und einem alkaliſchen Oxyde — in Pertuſola verwendet man je nach dem Schwefelgehalt 6—15 % Kalk —, das in einem Flammofen auf 700° erhitzt, dann auf 500° abgekühlt wird, ſich viel Bleiſulfat bildet; läßt man die Maſſe dann in einem Konverter von einem Luftſtrom durchſtreichen, ſo erhöht ſich die Temperatur des Gemenges bis zum Eintreten einer Reaktion zwiſchen PbS, $PbSO_4$, CaO und dem Luftſauerſtoff, aus der dann ein dichtes, entſchwefeltes, für die weitere Verarbeitung geeignetes Produkt entſteht. Feraris Verfahren zur Verarbeitung ſchwefelhaltiger Bleierze (D.R.P. Nr. 102724) bezweckt die Entſchwefelung roher Bleierze oder gemiſchter Erze im Gebläſeofen ohne vorhergegangene Röſtung mit Vermeidung der Erzeugung von Bleiſtein und Speiſe und mit Ausnutzung des Schwefels als Wärmequelle. Ohne Brennſtoff ſoll man nach Germont [15] Blei gewinnen können durch Einblaſen von einer berechneten Menge Preßluft in eine geſchmolzene Maſſe von Bleiglanz. Man erhält hierdurch metalliſches Blei, Schwefeldioxyd und ſchwarzen Rauch, ein pulverförmiges, hauptſächlich aus ſublimiertem Schwefelblei beſtehendes Gemenge: $2\,PbS + 2\,O = SO_2 + Pb + PbS$.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Verarbeitung zinkhaltiger Bleierze.

Die Auffindung mächtiger Lager ſilberhaltiger Bleierze (vorwiegend Bleiglanze), die beträchtliche Mengen Zinkblende enthalten (in Neuſüdwales und Colorado), hat begreiflicherweiſe die Ausarbeitung geeigneter Methoden zur Zugutemachung ſolcher Erze ſtark angeregt und eine große Zahl von Patenten zutage gefördert, von denen nur wenige Ausſicht auf Einführung in den Großbetrieb haben dürften. Sie ſtehen im Prinzip auf dem Boden der alten, auf Harzer und ſächſiſchen Werken ſchon ſeit langer Zeit gebräuchlichen Arbeitsweiſe für zinkiſche Bleiglanze, wie ſie unter „Röſtreaktionsarbeit“ ſchon angedeutet wurde. Die bis jetzt bekannt gewordenen elektrochemiſchen Methoden der Verarbeitung der Bleierze können nicht mit dem gewöhnlichſten Hüttenbetriebe in Wettbewerb treten. Auf die elektrolytiſche Bleigewinnung von der Electrical Lead Reduction Co. am Niagara (nach P. Salom) ſei hingewieſen [14, 1902]. Bezüglich der Ausſichten der direkten elektrolytiſchen Verarbeitung von Erzen findet ſich Näheres in [6].

Reinigung des Werkbleies.

Nach den in vorſtehendem erörterten Hüttenprozeſſen erhält man niemals ein reines Blei, ſondern ſtets Legierungen von Blei mit faſt allen in den Erzen neben Blei vorhanden geweſenen Metallen. Abgeſehen davon, daß die wertvollen Eigenſchaften des Bleies durch die Gegenwart andrer Metalle in demſelben ungünſtig beeinflußt werden, iſt die Ausſcheidung der Edelmetalle ihrer ſelbſt wegen nötig (ſ. Silber). — Von den übrigen metalliſchen Verunreinigungen läßt ſich am leichteſten das Kupfer vom Blei trennen. Dieſes bildet mit wenig Blei eine ſchwerer als Blei ſchmelzbare Legierung, die beim Einſchmelzen des Werkbleies auf die Oberfläche tritt. Sie wird von dem Metallbade durch Abſchöpfen oder Abziehen getrennt, daher der Name Abzug für dieſes Produkt. Je nach ſeiner Beſchaffenheit wird der Abzug entweder direkt oder nach dem Ausſaigern des anhaftenden ſilberhaltigen Bleies bei dem Kupferſteinſchmelzen mit verarbeitet. Eiſen, Nickel, Kobalt und Zink werden durch Einleiten von überhitztem Waſſerdampfe in die geſchmolzene und auf Rotglut erhitzte Legierung als Oxyde entfernt. Arſen und Antimon, von denen letzteres in größeren Mengen im Blei enthalten iſt, ſcheiden ſich bei dem oxydierenden Schmelzen, wie es zur Silber- und Goldgewinnung (Teilprozeß) ausgeführt wird, als ſogenannter Abſtrich aus. Dieſer beſteht vorwiegend aus antimonſaurem neben wenig arſenſaurem Blei, das durch reduzierendes Schmelzen auf Hartblei, eine Bleiantimonlegierung mit 15—23% Antimon, verarbeitet wird. Aus bereits entſilbertem Blei wird das Antimon nach dem Zink zwar auch bei fortgeſetztem Einleiten von Waſſerdampf oxydiert,

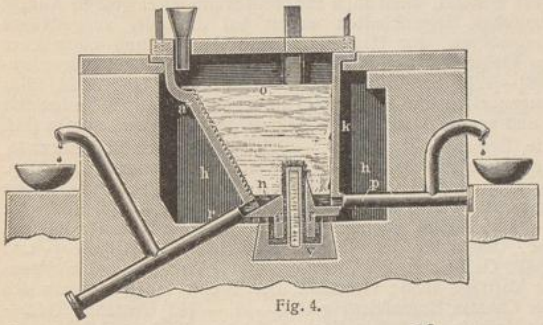


Fig. 4.

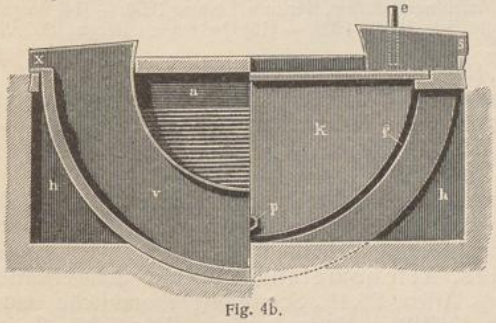


Fig. 4b.

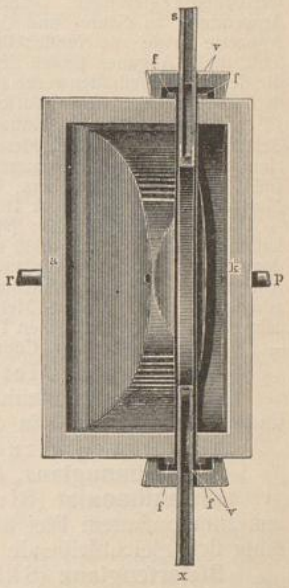


Fig. 4a.

aber nicht durch den Sauerſtoff des Waſſers, ſondern durch den der Luft. Der Waſſerdampf wirkt nur mechaniſch, die Schmelze aufrührend. Eine ſehr umſtändliche Arbeit war bisher die Trennung von Wismut und Blei. Beim Treibprozeſſe wird kurz vor dem Blicken eine Glätte erhalten, die bis zu etwa 2% Wismut enthält. Ferner fallen beim Feinbrennen des Silbers und auch bei der Verarbeitung bleihaltiger Eiſenerze Produkte, die ſtets einen mehr oder weniger beachtenswerten Wismutgehalt aufweiſen. In dieſen Produkten wurde nun das Wismut durch wiederholtes Glättefriſchen und Abtreiben angereichert. Die koſtſpielige Arbeit lieferte eine Reihe von Produkten mit allen Wismutgehalten bis zu etwa 30% *Bi*. Die wismutreichſten

Glätten wurden dann auf naſſem Wege weiter verarbeitet. Zur Scheidung des Wismuts vom Blei hat Borchers eine elektrolytiſche Methode eingeführt, durch die eine Trennung leicht erfolgt: In einer leichtflüſſigen Schmelze (Alkali- und andre Chloride, durch Bleioxyd und andre Oxyde baſiſch gemacht) wird das geſchmolzene, wismuthaltige Blei zur Anode gemacht. Bei geeigneter Stromdichte löſt ſich nur Blei, das dann an der Kathode wieder abgeſchieden wird. Wismut oder vielmehr eine leicht zu reinigende Legierung von 90—95% *Bi* und 10—15% Blei fließt ohne Unterbrechung aus dem Anodenraume, reines Blei aus dem Kathodenraume des Zerſetzungsgefäßes. Letzteres entſpricht der in Fig. 4, 4a und 4b gegebenen Konſtruktion; es beſteht aus drei Gußeiſenteilen. Von dieſen ſind *a* (Anode) und *k* (Kathode) horizontal liegende Halbzylinder; *a* iſt links, *b* rechts durch je eine geneigte Stirnwand geſchloſſen. Der dritte Teil iſt ein hohler Eiſenring *v*, an deſſen äußerer Peripherie ſich Anſätze befinden, die dem Querſchnitte des Ringes die Geſtalt eines umgekehrten T geben. Die halbkreisförmigen Nuten dieſes T-förmigen Halbringes dienen zur Aufnahme der Flanſchen *ff* beider Halbzylinder und damit zum Zuſammenfügen des Ganzen. Die Flanſchen *ff* müſſen jedoch von den Eiſenteilen des Ringes *v* und damit auch voneinander durch Einbetten in Iſoliermaterial innerhalb der Nuten voneinander iſoliert werden. Für das Aufrechthalten der Iſolation und das feſtere Zuſammenkitten der Apparatteile während des Betriebes ſorgt der fortwährend von Waſſer durchfloſſene Ring *v*. Dieſer überzieht ſich mit einer nichtleitenden erſtarrten Kruſte von Alkalichloriden. Von den übrigen Apparatteilen iſt: *r* = Ablaufrohr für Wismut; *p* = Ablaufrohr für Blei; *e* = Waſſerzuflußrohr; *x* = Waſſerablauf; *s* = Waſſerüberlauf; *h* = Heizkanal (*o* = Höhenlinie für den Elektrolyten; *n* = Höhenlinie für das geſchmolzene Blei). Bei einer Stromdichte bis 1000 Ampère pro Quadratmeter beträgt die erforderliche Spannung in jedem Gefäße nur etwa 0,5 Volt. — Die elektrolytiſche Raffination von Werkblei nach Keith iſt anfangs der achtziger Jahre verſuchsweiſe in New York in Betrieb geweſen, aber längſt als unbrauchbar wieder aufgegeben. Ein elektrolytiſches Verfahren zur Raffination von Werkblei beruht auf der Beobachtung, daß Blei leicht löslich iſt in einer Löſung von Kieſelflußwaſſerſtofffäure. Die Leitfähigkeit dieſes Elektrolyten iſt gut, ſo daß ſich Bleiſuperoxyd nicht bildet. Die Verunreinigungen des Anodenbleies bleiben an der Anode zurück [16].

Anwendung des Bleies.

Seinen phyſikaliſchen Eigenſchaften verdankt das Blei die Verwendung beim Kunſtguß, für Geſchoſſe, zu Kabeln, Sicherungen u. ſ. w. bei elektrotechniſchen Anlagen, als Dichtungsmaterial für Rohrverbindungen. Als vorzügliches Löſungsmittel für Metalle wird es zur Gewinnung und Raffination der Edelmetalle benutzt, dient auch zur Herſtellung einer großen Anzahl wertvoller Legierungen. Seiner chemiſchen Eigenſchaften wegen hat das Blei ausgedehnte Anwendung zu Säure- und Gasleitungsröhren, zur Herſtellung und Auskleidung chemiſcher Apparate ſowie zur Konſtruktion von Elektrizitätsakkumulatoren gefunden. Eingehendere geſchichtliche Angaben finden ſich in [9]—[12]. Statiſtiſche Angaben und eine Ueberſicht über die deutſchen Bleihüttenwerke als Bezugsquellen ſind in [13] zuſammengeſtellt. Ferner finden ſich ſtatiſtiſche Angaben ſowie Vorſchläge und neuere patentierte Verfahren der Bleigewinnung in [14].

Literatur: [1] Kerl, Hüttenkunde, Leipzig 1865, 2. Aufl. — [2] Balling, Metallhüttenkunde, Berlin 1885. — [3] Stölzel, Metallurgie, Braunſchweig 1886. — [4] Kerl und Stohmann, Encyklop. Handbuch der Chemie, Braunſchweig 1888, 4. Aufl. — [5] Schnabel, Metallhüttenkunde, Berlin 1894, 1. Bd. — [6] Borchers, Elektrometallurgie, Braunſchweig 1896, 2. Aufl. — [7] Rothwell, Mineral Induſtry, New York 1893. — [8] Hofmann, Metallurgy of Lead, New York 1893, 3. ed. — Geſchichte und Statiſtik: [9] Zippe, Geſchichte der Metalle, Wien 1857. — [10] Berg- und hüttenmänniſche Zeitung 1880 und 1881; Geſchichte der Metalle. — [11] Virchow und Holtzendorfs Sammlung gemeinverſtändlicher Vorträge 1885; Hofmann, Das Blei bei den Völkern des Altertums. — [12] Kopp, Geſchichte der Chemie, Braunſchweig 1843—47. — [13] Rentzſch, Reichsadreßbuch, 1. Bd.: Montan-, Metall- und Maſchineninduſtrie, Berlin u. Leipzig 1892. — [14] Wagners Jahresberichte der chemiſchen Technologie, Bde. 1896—1903. — [15] Oeſterreich. Bergh. 1902, 525. — [16] Chemiker-Zeitung, Cöthen 1902.

Bujard.

Blei, zinnplattiertes, ſ. Blech.

Blei wird das Bleiſtück genannt, mit dem die Enden mehrerer Wirkſtuhlnadeln umgoſſen und in der Wirkmaſchine feſtgehalten werden. *Willkomm.*

Bleiacetat (Bleizucker), ſ. Eſſigſäure.

Bleiantimonglanz, ſ. v. w. Zinkenit.

Bleiantimoniat (Bindheimit), ein im Ural vorkommendes Mineral, das aus antimonſaurem Blei beſtehen ſoll. Die Selbſtändigkeit dieſes Minerals bezw. ſeine ſich gleichbleibende Zuſammenſetzung ſteht in Frage. *Bujard.*

Bleiarſenglanz (Sklerokias, Arſenomelan), Mineral, Schwefelarſenblei $PbAs_2S_4$ (42,6% Blei, 30,9% Arſen, 26,4% Schwefel); rhombiſche nadelförmige und ſtengelige bleigraue Kriſtalle. Härte 3, ſpez. Gew. 5,39. Leicht ſchmelzbar und ſich bis auf ein Bleikorn verflüchtend. Techniſch bedeutungslos, weil ſelten. *Leppla.*

Bleibacken, dienen zur Bekleidung von Schraubſtockbacken beim Einſpannen empfindlicher Werkſtücke zum Schutze gegen Beſchädigung durch die Stahlbacken. *Dalchow.*

Bleibaum, ſ. Bleiſchwamm.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Bleibende Formänderungen nennt man in der Elaſtizitäts- und Feſtigkeitslehre ſolche durch äußere Kräfte (ſ. d.) hervorgebrachte Formänderungen eines Körpers, die nach Entfernung der äußeren Kräfte nicht wieder rückgängig werden. Im Gegenſatze zu ihnen ſtehen die elaſtiſchen Formänderungen. S. Elaſtizität. *Weyrauch.*

Bleiblech, Bleidraht, Bleirohre, ſ. Blech, Draht, Röhrenfabrikation.

Bleiborate ſind Bleiſalze der Borſäure, alſo borſaure Bleiſalze.

Man kennt neutrale, baſiſche und ſaure Borate. Bei ihrer Herſtellung durch Ausfällen von Bleinitratlöſungen mit Borax erhält man ſie je nach Konzentration und Temperatur der Löſungen von wechſelnder Zuſammenſetzung. Die Bleiborate als ſolche haben nur theoretiſches Intereſſe, von techniſchem Intereſſe iſt ein durch Zuſammenmahlen von Borax mit Bleichlorid oder andern Bleiſalzen gewonnenes Präparat, das infolge Umſetzung je nach den Bedingungen, unter denen die Herſtellung der Miſchung erfolgt, kleinere oder größere Mengen von borſauren Bleiſalzen enthält. Es kommt unter dem Namen „Bleiſikkativ", borſaures Bleioxyd in den Handel und findet als Trockenmittel für Firniſſe und Oelfarben Verwendung (ſ. a. Sikkative). *Bujard.*

Bleibraun (Flohbraun, Bleiſuperoxyd), durch Behandeln von Bleimennige mit Salpeterſäure, wodurch eine gewiſſe Menge Bleioxyd aufgelöſt wird, Auswaſchen des Rückſtandes und Trocknen erhalten, dient in der Zündholzfabrikation als Zuſatz zur Zündmaſſe, indem es beim Erwärmen leicht Sauerſtoff abgibt und die Entzündung beſchleunigt. *Andés.*

Bleichen. Entziehen des Farbſtoffes der Textilfaſern zur Erreichung eines möglichſt hohen Grades von Weiße. Das Bleichen der Textilfaſern iſt einzuteilen in Bleichen der vegetabiliſchen und animaliſchen Faſern; die Behandlung beſteht in einem Entfetten der Faſer und der eigentlichen Bleiche. Das Entfetten (bei der Wolle auch Entſchweißen, bei der Seide Entbaſten, Entſchälen oder Abziehen genannt) iſt eine äußerſt wichtige Operation und das erhaltene „Weiß" zum größten Teil von dem Entfetten abhängig.

Baumwolle. Das Entfetten (ſ. Bäuchen) geſchieht durch Behandeln des Materials in kochenden alkaliſchen Flüſſigkeiten. Die Operation hat den Zweck, die der Baumwolle anhaftenden Fette zu verſeifen, anderſeits den Naturfarbſtoff der Rohbaumwolle gewiſſermaßen zu lockern und ſeine Entfernung durch die darauffolgende Bleiche zu begünſtigen. Die Fettſubſtanzen, die der Baumwolle anhaften, ſei es, daß dieſelben von Anfang an vorhanden oder durch die Operationen des Verſpinnens in dieſelbe hineingekommen ſind, ſpielen die Rolle einer Reſerve den Bleichagentien gegenüber und verhindern, daß letztere den Farbſtoff der Faſer angreifen. — Durch Verſuche hat Alb. Scheurer [1] gezeigt, daß die Naturfarbe der Baumwolle unter einem künſtlich auf dieſelbe gebrachten Fettfleck verharrt, während die Bleiche an den nicht infizierten Stellen glatt vor ſich geht. Die Naturfarbe der Baumwolle wird durch das Bleichen um ſo energiſcher angegriffen, je vollkommener die Entfettung war. Dieſe Tatſache bezieht ſich nicht nur auf die künſtlichen oder chemiſchen Bleichmethoden mittels unterchlorigſaurer Salze, ſondern auch auf die Naturbleiche. Ein gut mit Aetzkalk ausgekochter Baumwollſtoff, der abgeſäuert und mit Soda behandelt wurde, iſt nicht weiß; wird er aber gleichzeitig mit einem Rohbaumwollſtoff den Sonnenſtrahlen ausgeſetzt, ſo entfärbt er ſich vollkommen, während das andre Material ſich nicht verändert. Die entfettete, abgekochte oder gebäuchte Baumwolle wird nun der eigentlichen Bleiche unterworfen; letztere hat den Zweck, den Naturfarbſtoff der pflanzlichen Faſer zu zerſtören. Man erreicht dieſes entweder durch die alte Raſenbleiche (Naturbleiche, Sonnenbleiche), die heute noch für die Leinenbleicherei ausgedehnte Verwendung findet und wobei der Farbſtoff der Pflanzenfaſer durch die Wirkung von Licht, Luft und Waſſer zerſtört wird, oder durch die chemiſche Bleiche, wobei der Farbſtoff der Baumwolle durch die Wirkung chemiſcher Agentien, in erſter Linie der unterchlorigſauren Salze, zerſetzt wird. Das gebäuchte oder entfettete Baumwollmaterial wird, je nachdem es ſich um loſe Baumwolle, Strangware oder Stücke handelt, in klaren Chlorkalklöſungen von verſchiedener Konzentration ($^1/_8$—$1\,^1/_2$ ° Bé) während 1—8 Stunden behandelt. Es iſt nötig, beſonders bei Anwendung ſtarker Chlorkalkbäder, daß die Ware mit der Luft nicht in Berührung komme, da ſich ſonſt an jenen Stellen leicht Oxycelluloſe bilden kann, die ein Morſchwerden der Baumwolle bedingt. — Um feſtzuſtellen, ob ſich keine Oxycelluloſe gebildet hat, empfiehlt J. Perſoz [2], die Ware durch Methylenblau zu nehmen. Das Methylenblau beſitzt zur Oxycelluloſe eine viel größere Affinität als zur Celluloſe. Zum Löſen des Chlorkalks bedient man ſich vorteilhafterweiſe eines viereckigen gußeiſernen Gefäßes, in dem ſich eine drehbare Trommel aus Schmiedeeiſen befindet; beide ſind mit Blei ausgekleidet. Chlorkalk und Waſſer werden durch eine verſchließbare Oeffnung in die Trommel gefüllt und dieſe darauf durch einen Antrieb in Umdrehung verſetzt. Die fertige klare Löſung wird durch einen Hahn abgezapft, der ſo hoch angebracht iſt, daß kein Bodenſatz mit abfließt; letzterer wird durch eine beſondere Oeffnung entfernt [3]. — Kommt die Ware aus dem Chlorkalkbade, ſo wird dieſelbe mit Schwefelſäure abgeſäuert. Ueber die Wirkung der Schwefelſäure nach dem Chlorkalkbade ſpricht ſich Camille Köchlin [4] folgendermaßen aus: Die Operation des Abſäuerns (mittels Schwefelſäure) hat den Zweck, zu verhindern, daß die Baumwolle mit der Zeit wieder einen gelben Stich annimmt. Dieſe Wirkung wird dadurch hervorgerufen, daß die harzigen Beſtandteile der Baumwollfaſer, die durch die Wirkung des Chlors nur momentan entfärbt werden, mit der Zeit an der Luft

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

ihre urſprüngliche Farbe wieder annehmen. Dieſe harzigen Stoffe, die in Alkalien unlöslich ſind, löſen ſich hingegen in warmer Schwefelſäure. — Nach dem Abſäuern folgt gründliches Auswaſchen, eventuell noch Seifen oder eine Paſſage in Antichlor (unterſchwefligſaures Natron), um ſicher zu ſein, daß das Material völlig chlorfrei iſt, beſonders bei Spitzen- und Stickereiwaren ſehr wichtig. Das Bleichen der loſen Baumwolle ſchließt ſich eng der Garnbleiche an; es iſt hierbei nur die Apparatur eine andre. Es finden in jüngſter Zeit die Färbeapparate nach Jagenburgs und Obermayers Syſtem hierbei Anwendung [3]. — Sanſone [5] empfiehlt folgendes Verfahren zum Bleichen der loſen Baumwolle: Man arbeite die Baumwolle gründlich durch in einer Löſung von Natriumhypochlorit, zu der etwas Soda geſetzt wurde und die ein ſpez. Gew. von 1,01—1,02 ($1\frac{1}{2}$—$2\frac{3}{4}$ ° Bé entſprechend) zeigt, und laſſe die Baumwolle, nachdem ſie gut mit der Flüſſigkeit getränkt iſt, darin 3—4 Stunden oder über Nacht liegen; darauf nehme man ſie heraus, laſſe abtropfen und ſpüle; man bringe ſie dann in ein Bad von Natriumbiſulfit 1,01—1,015 ſpez. Gew. ($1\frac{1}{2}$—2 ° Bé), arbeite ſie eine Stunde darin um und ſpüle; falls die Baumwolle noch nicht weiß genug iſt, wiederhole man die Behandlung.

Ein Schema für die Baumwollgarnbleiche iſt folgendes: 1. Abkochen: 6—12 Stunden im Niederdruckkier mit Soda (4 % vom Gewicht des Garns) kochen. (Vgl. Bäuchen.) 2. Spülen: in offenen Barken in Waſſer umziehen. 3. Chloren: mit klarer Chlorkalklöſung 1,01 ſpez. Gew. ($1\frac{1}{2}$ ° Bé) in der Ziſterne 6—8 Stunden behandeln. 4. Spülen: 10 Minuten in der Ziſterne mit Waſſer ſpülen. 5. Säuern: in andrer Ziſterne 15 Minuten mit Schwefelſäure ($\frac{1}{3}$—$\frac{2}{3}$ ° Bé) übergießen. 6. Spülen: in der Ziſterne dreimal mit friſchem Waſſer abſpülen. 7. Blauen (für Weiß): Seifen — mit oder ohne Zuſatz von Waſchblau (Ultramarin) — ſchleudern und trocknen. — Das Bleichen der Stückwaren läßt ſich ſchematiſch darſtellen wie folgt: 1. Sengen, 2. Vorwaſchen, 3. Kalken mit darauffolgendem Spülen, 4. Säuern mit darauffolgendem Spülen, 5. Kochen mit Harzſeife, 6. Kochen mit Soda und nachfolgendes Spülen. 7. Bleichen mit Chlorkalk $\frac{3}{4}$ ° Bé, 8. Abſäuern mit Schwefelſäure und Spülen. Während all dieſer Operationen, mit Ausnahme des Sengens, befinden ſich die Stücke in Strangform. In den letzten Jahren wurden verſchiedene Syſteme von Breitbleiche ausgearbeitet und zum Teil in die Praxis eingeführt, wobei die Stücke, an den Enden zuſammengenäht, in voller Breite gekocht, gechlort, geſäuert und gewaſchen werden. Für ſolche Warengattungen, die in Strangform leicht Brüche bekommen, bietet die Breitbleiche große Vorteile. (Näheres ſ. [8].) — Von den neueren Bleichmethoden und Verbeſſerungen in der Baumwollbleicherei ſeien die wichtigſten noch kurz erwähnt: Lunge (D.R.P. Nr. 31 741) ſchlägt einen geringen Zuſatz von Eſſigſäure oder Ameiſenſäure zum Chlorkalkbad vor. — Horace Köchlin (Bull. de la société industrielle de Mulhouse) iſt für folgendes Verfahren: Die Ware wird zunächſt wie gewöhnlich gebäucht und dann in das Bleichbad von Waſſerſtoffſuperoxyd gebracht, eventuell vorher nochmals abgeſäuert. Das Bad beſteht für 50 kg Baumwolle aus: 10 kg Aetznatron, 30 kg Seife, 8 kg Magneſia, 50 l Waſſerſtoffſuperoxyd (12 Volumprozent) und 100 l Waſſer. In dieſer Flotte kocht man die Ware 6 Stunden, ſpült und ſäuert. (Das Verfahren hat in Anbetracht ſeines hohen Preiſes gegenüber der Chlorkalkbleiche keine große Anwendung gefunden.) Kaßner [6] gibt auch ein Bleichverfahren an, die Chlorkalkbäder zu umgehen. Er erſetzt die oxydierende Wirkung der unterchlorigſauren Salze durch die Sauerſtoffentwicklung, die mit Hilfe von Ferricyankalium in alkaliſcher Löſung erzeugt wird. (Theoretiſch iſt das Verfahren intereſſant, hat aber keine praktiſche Bedeutung.) Die elektrolytiſchen Bleichverfahren ſind noch zu neu, als daß man ein definitives Urteil über dieſelben ausſprechen könnte. Die Bleichlöſung wird durch Elektrolyſe von Chlormagneſium und Chlornatrium hergeſtellt. Man rühmt derſelben nach, daß ſie beſſer in das Innere der Faſern einzudringen vermag, da ſie keine Kalkſalze enthält. (Näheres ſ. [7] und [8].)

Das Bleichen mit Kaliumpermanganat findet in jüngſter Zeit etwas mehr Aufnahme. Hierbei wird das wie üblich entfettete Bleichgut mit einer verdünnten, ſchwach angeſäuerten Löſung von übermangaſaurem Kali in der Kälte oder ſchwach lauwarm behandelt; nach einiger Zeit erſcheinen die Stoffe infolge Bildung von Mangandioxyd dunkelbraun gefärbt. Die Ware gelangt nun in eine Löſung von ſchwefliger Säure oder Natriumbiſulfit, wodurch die braune Färbung des Bleichgutes zerſtört und reines Weiß erzielt wird. Dieſes Verfahrer ſoll ſich ſowohl für Wolle als auch für Baumwolle eignen und ziemliche Anwendung zum Bleichen von Jute finden. — Sehr gute Reſultate ſollen auf Baumwolle nach V. Thomas [9] erhalten werden, wenn man die Ware in einem Kaliumpermanganatbade 1 : 1000 beläßt, bis ſie ſich dunkelbraun gefärbt hat, hierauf in reinem Waſſer wäſcht und dann in einem verdünnten Bade mit Waſſerſtoffſuperoxyd behandelt; nun folgt das Einlegen in ein ſchwachſaures Bad, um das gebildete Mangandioxyd zu zerſtören, und zum Schluſſe gründliches Waſchen in reinem Waſſer.

Flachs wird nach ähnlichen Methoden wie Baumwolle gebleicht, doch werden im allgemeinen ſchwächere Löſungen gebraucht, da dieſe Faſer empfindlicher iſt. Um reines Weiß zu erzielen, müſſen daher die Operationen des Kochens, Säuerns und Chlorens wiederholt werden. In manchen Gegenden, ſpeziell für kleinere Betriebe, iſt immer noch die Raſenbleiche in Ausübung.

Wolle muß auch zuerſt gründlich entfettet werden, ehe ſie gebleicht werden kann; die für die pflanzlichen Faſern gebräuchlichen Verfahren ſind jedoch nicht verwendbar, da die Wollfaſer alkaliſche Flüſſigkeiten nicht verträgt und durch Chlorkalk gelblich gefärbt wird. Das weitaus gebräuchlichſte Verfahren beſteht im Schwefeln, wobei Schwefeldioxyd als Gas oder in wäſſeriger Löſung als bleichendes Agens wirkt. Der natürliche Farbſtoff der Wollfaſer wird hierbei jedoch nicht dauernd zerſtört, weshalb die Ware nach längerem Aufbewahren wieder gelblich wird. Das Schwefeln wird in der ſogenannten Schwefelkammer vorgenommen; die feuchte Ware wird darin einer 6—8 ſtündigen Einwirkung von Schwefel-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

dioxyd (erzeugt durch Verbrennen von Schwefel) ausgefetzt, dann wird in reinem Waffer gut gewafchen und zum Schluffe gebläut. Zum Bläuen verwendet man meift Wafferblau, Kriftallviolett oder Indigokarmin. Ein immer mehr in Aufnahme kommendes Bleichmittel für Wolle ift Waffertofffuperoxyd, da es ein reines Weiß erzeugt, das nicht mehr nachgilbt. Das Verfahren ftellt fich jedoch noch ziemlich teuer. Zum Bleichen von Wollftücken, die nachher bedruckt werden follen, wird zuerft wie üblich gefchwefelt und dann in einem mit Salzfäure angefäuerten Bade von Chlorkalk behandelt. Hierdurch wird nicht nur das in der Fafer zurückgebliebene Schwefeldioxyd entfernt, fondern auch eine wefentlich größere Affinität zu Farbftoffen erreicht.

Seide wird ähnlich wie Wolle gebleicht.

Vgl. a. den Art. Spinnfafern. — Ueber das Bleichen von Elfenbein, Fetten, Holz, Oelen, Papier, Wachs u. f. w. f. d. — Ueber die Behandlung der Abwäffer f. Flußverunreinigung.

Literatur: [1] Blanchiment des tissus de coton, Bulletin de la société industr., Mulhouse 1888. — [2] Rapport sur l'exposition de 1889. — [3] Knecht, Rawfon und Löwenthal, Handbuch der Färberei der Spinnfafern, Berlin 1895. — [4] Bulletin de la société industr., Mulhouse 1888, S. 543. — [5] Sansone Dyeing, London 1893, S. 45. — [6] Oesterr. Wollen- und Leinenindufirie, Reichenberg i. B., 1893, S. 5. — [7] Herzfeld, J., Moderne Baumwollftückbleicherei, Frankfurt a. M., 1895. — [8] Theiß, F., Die Breitbleiche baumwollener Gewebe, Berlin 1902. — [9] Revue générale des matières Colorantes, Paris 1900. *Singer.*

Bleichholländer, bei der Papierfabrikation zum Bleichen des Papierftoffes verwendete Holländer, bei deren Konftruktion Eifen ausgefchloffen werden muß; f. Papierfabrikation. *Kraft.*

Bleichkalk, f. Chlorkalk.

Bleichkaften, in der Papierfabrikation verwendete, aus Holz oder Zement hergeftellte kaftenartige Gefäße, in denen das Papierzeug der fogenannten Nachbleiche ausgefetzt wird. Die Benennung wird hier und da auch auf die Bleichkammern angewendet; f. Papierfabrikation. *Kraft.*

Bleichlorid (Chlorblei) $PbCl_2$, Mol.-Gew. 278, fpez. Gew. rund 5,7. Vorkommen: in der Natur als Cotunnit $PbCl_2$ in Fumarolen, Mendipit $PbCl_2 + 2PbO$, Bleihornerz $PbCl_2 + PbCO_3$. Schweres, weißes, kriftallinifches Pulver; Schmelzpunkt 500°; Siedepunkt bei Weißglut; Verflüchtigung beginnt fchon bei Rotglut. Es ift in Waffer fchwer löslich (kalt 1 : 121, heiß 1 : 30).

Zu feiner Darftellung behandelt man Bleiglätte mit Salzfäure. Es entfteht ferner durch direkte Verbindung von über feinen Schmelzpunkt erhitztem Blei mit Chlor ohne Feuererfcheinung, ferner, wenn man eine konzentrierte wäfferige Löfung eines Bleifalzes mit Salzfäure verfetzt, oder wenn man Bleifulfat mit Chlornatrium und Salzfäure kocht. Bei mehreren chemifchen Prozeffen (Verarbeitung wismuthaltiger Glätte auf Wismut [f. d.]) wird es als Nebenprodukt erhalten. Seine Verwendung befchränkt fich auf die Herftellung einiger Bleifarben: Kaffeler, Veronefer, Englifches, Turners Gelb und Pattinfons Bleiweiß. Nach verfchiedenen Patenten bildet es ein wichtiges Zwifchenprodukt bei der Verarbeitung der Ammoniakfodarückftände. *Bujard.*

Bleichpulver, f. Chlorkalk.

Bleichromate find chromfaure Bleifalze.

Man unterfcheidet: 1. Neutrales Bleichromat, chromfaures Blei, Chromgelb $PbCrO_4$. Dasfelbe bildet fich in Form eines fchön gelb gefärbten Niederfchlages, wenn eine Bleifalzlöfung mit einer Löfung von neutralem oder faurem chromfauren Kalium vermifcht wird. In der Natur findet fich das neutrale Bleichromat als Rotbleierz.

2. Rotes bafifches Bleichromat, Chromorange Pb_2CrO_5. Dasfelbe wird dargeftellt aus obigem durch Erwärmen des neutralen Salzes mit feingefchlemmter Bleiglätte oder mit Aetzalkalien (auch mit Aetzkalk). Es ftellt je nach der Fabrikationsweife ein kriftallinifches Pulver oder Kriftalle vor, in letzterem Zuftande zeigen fie das dunkelfte Rot bis zur blaffen Mennigfarbe, je nach der Größe der Kriftalle. Bei der Herftellung fucht man daher große Kriftalle zu erzielen. Zerreibt man diefe verfchieden gefärbten Kriftalle, fo erhält man von jedem dasfelbe dunkelrote gleichmäßige Pulver, jedoch ohne die an den Kriftallen zu beobachtende Farbentiefe. In der Natur kommt eine ähnliche Verbindung vor: das Mineral Melanochroit Pb_3CrO_9. Je nach der Menge des zugemifchten Alkalis bilden fich Gemenge von neutralem und bafifchem Salz.

Die Bleichromate des Handels dienen als Malerfarben; fie find felten rein, meift Mifchungen diefer mit andern Salzen, teils zur Veränderung des Farbentons, teils wohl auch als Verfälfchung. Bezüglich der Eigenfchaften der Bleichromate als Malerfarben f. Chromfarben.

Literatur: Muspratts theoret., prakt. und analyt. Chemie von Stohmann und Kerl, Bd. 1, 1888, Braunfchweig, und die allgemeinen Werke über anorganifche Chemie. *Bujard.*

Bleichfoda befteht aus 78—82 Teilen Kriftallfoda und 22—28 Teilen Natronwafferglas, befitzt alfo eine bleichende Eigenfchaft nicht.

Bleichwand (Stakwand, Kleib- und Flechtwand), eine Riegelwand, in deren Fache mit Stroh und Lehm umwickelte Hölzer, fogenannte Staken (f. d.), eingefpannt werden, oder zwifchen deren Riegel Flechtwerk mit geknetetem Lehm und gehacktem Stroh verkleibt wird; nur noch in den einfachften ländlichen Bauten üblich. *Weinbrenner.*

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Bleidach, Eindeckung der Dachfläche mit Bleiplatten (von 2,5—4 mm Stärke), war bei Bauten des Mittelalters (besonders in Frankreich und Italien) üblich. Vorteile dieser Deckweise sind: 1. geringste Ausdehnung und Bewegung des Metalls bei Temperaturwechsel, 2. große Schmiegsamkeit, daher leichtes Anpassen an unregelmäßige Formen, 3. kein Rosten. Als Nachteile gelten: 1. die Weichheit des Metalls, daher leichte Verletzung, Beschädigung oder Entwendung, 2. schädlicher Einfluß von Kalk und Mörtel auf den Bestand des Metalls.

Literatur: Viollet-le-duc, Dictionn. raisonné etc., t. 7, p. 109, plomberie. *Weinbrenner.*

Bleidämpfe, s. v. w. Bleirauch (s. d.).

Bleie, Gewichte der Harnischschnuren eines Webstuhles; s. Weberei.

Bleieffig, basisch essigsaures Blei (basisches Bleiacetat), s. Acetate, Essigsäure.

Bleifarben. Blei in Verbindung mit Sauerstoff (Mennige), mit Säuren (Bleiweiß) oder Verbindungen von Bleioxyden mit andern Elementen und deren höheren Verbindungen (Chromgelb, Montpelliergelb, Chromrot u. s. w.), sind meist sehr schöne und feurige Farben, aber leider alle sehr giftig und dabei außerordentlich empfindlich gegen Schwefelwasserstoff.

Es ist daher zu vermeiden, Bleifarben mit andern Farben, die Schwefel enthalten, zu mischen, da Mißfarbigwerden der Mischung in kürzester Zeit eine unausbleibliche Folge sein würde. Ihrer Giftigkeit wegen dürfen Bleifarben nur in Verbindung mit Oel oder Lack in bewohnten Räumen zum Anstrich von Gefäßen, in denen Nahrungsmittel aufbewahrt werden, gebraucht werden. Für Tapeten, Stoffe u. dergl. ist ihre Anwendung ausgeschlossen. *Andés.*

Literatur: Gesetz betreffend den Verkehr mit blei- und zinkhaltigen Gegenständen vom 25. Juni 1887; Gesetz betreffend die Verwendung gesundheitsschädlicher Farben bei der Herstellung von Nahrungs- und Genußmitteln und Gebrauchsgegenständen vom 5. Juli 1887; Der Kampf gegen die giftigen Bleifarben, herausgegeben vom Vorstand der Vereinigung der Maler, Lackierer, Anstreicher, Tüncher und Weißbinder Deutschlands, 1904; Bestimmungen zur Verhütung von Bleierkrankungen der Maler, Anstreicher und Lackierer, Entwurf des preuß. Ministeriums des Innern für die Bundesregierungen, s. Chemiker-Zeitung, Cöthen 1904, S. 671; Sabina de Sonza, Lissabon, Zum Bleiweißverbot, Chemiker-Zeitung, Cöthen 1904, S. 613. *Bujard.*

Bleigelb, Bleiglätte, s. Bleioxyd.

Bleiglanz (Galenit), Mineral, Schwefelblei PbS (86,6 % Pb, 13,4 S), in der Regel aber noch Beimengungen (0,1—1,0 %) von Eisen, Zink, Antimon und Silber; letzteres zwischen 0,01 und 0,03 %. Der Kupferbleiglanz oder Cuproplumbit besteht aus der isomorphen Mischung von Schwefelblei und Schwefelkupfer, und zwar $2\,PS + Cu_2S$ (65 % Pb, 19,9 % Cu, 15,1 % S).

Bleiglanz kristallisiert regulär und meist in Würfeln, daneben auch derb in körnigen, traubigen u. s. w. Massen, auch dicht als sogenannter Bleischweif; nach den Würfelflächen spaltbar. Härte 2½, spez. Gew. 7,3—7,6. Bleigrau mit rötlichem Schimmer, außen jedoch meist matt angelaufen; stark metallglänzend; der Strich ist dunkelgrau. Im Glasrohr erhitzt, gibt er Schwefel ab; gibt vor dem Lötrohr ein Bleikorn unter Verflüchtigung des Schwefels. Löst sich in Salpetersäure unter Abscheidung von Schwefel und schwefelsaurem Blei, auch in erwärmter Salzsäure. — Ist das wichtigste Bleierz und wird, besonders der feinkörnige, auch auf Silbergewinnung hin verarbeitet. Als sogenanntes Glasurerz (Alquifoux) dient Bleiglanz zum Glasieren der Töpferwaren, sonst auch wohl als Streusand, zur Verzierung u. s. w. *Leppla.*

Bleigummi (Plumbogummit, Plumbofinit), Mineral, wahrscheinlich ein Gemenge von Bleioxyd, Tonerde, Phosphorsäure und Wasser in schwankender Beteiligung. Traubig und nierig, hellgelb, grün, rötlichbraun; fettglänzend, durchscheinend. Beim Erhitzen zerknisternd, wasserabgebend, nur unvollkommen schmelzend. *Leppla.*

Bleihammer, mit breiter, schwach gekrümmter Bahn, dient zum Glätten der durch Aushauer (s. d.) uneben gewordenen Bleiunterlagen. *Dalchow.*

Bleihornerz (Phosgenit, Hornblei, Kerasin), Mineral, Bleikarbonat (49 %) und Chlorblei (51 %) $PbCO_3$, hellgelb bis -grau und -grün, stark glänzend; kurzsäulige tetragonale Kristalle; gut spaltend. Härte 2,5—3, spez. Gew. 6—6,3. Leicht schmelzbar und in Säuren löslich. Technisch bedeutungslos, weil selten.

Bleihyperoxyd, s. v. w. Bleisuperoxyd (s. d.).

Bleijodid (Jodblei) PbJ_2, Mol.-Gew. 46,1, spez. Gew. 6,1; hellgelbe kristallinische Masse, auch biegsame goldglänzende Blättchen bildend. Schmelzpunkt 383°. Es ist in Wasser schwer löslich (kalt 1 : 1300, heiß 1 : 194).

Man erhält das Salz durch Fällen einer Bleinitratlösung mit Kaliumjodid. Anwendung: Bei Lichtdruckarbeiten, zu Bronzen, Muschelgold, Goldstiften, Verzierungen und als Druckfarbe; ferner als Arzneimittel, wobei es die Wirkung des Jods und des Bleies vereinigt. *Bujard.*

Bleikabel, s. Kabel.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Bleikammer, -kriſtalle, ſ. Schwefelſäure.

Bleikappe, ſ. Seeminen.

Bleikarbonat (kohlenſaures Blei) $PbCO_3$, Mol.-Gew. 267, ſpez. Gew. 6,45; Vorkommen: In der Natur als Weißbleierz (ſ. d.), ſowie in den Mineralien Plumbocalcit und Zinkbleiſpat.

Das Bleikarbonat kriſtalliſiert, heiß gefällt, als kleine ſechsſeitige Tafeln, zerſetzt ſich beim Glühen unter Kohlenſäureverluſt, löſt ſich nur wenig in Waſſer. Es wird hergeſtellt durch Fällen einer Löſung von ſalpeterſaurem Blei mittels einer Löſung von kohlenſaurem Ammoniak. Fällt man mit kohlenſaurem Kalium oder Natrium, ſo erhält man kein reines Bleikarbonat, ſondern baſiſche Salze von wechſelnder Zuſammenſetzung. Dieſe Verbindungen ſind die techniſch wichtigeren. Ein baſiſches Bleikarbonat von der Formel $Pb(OH)_2$, $2\,PbCO_3$ iſt das als Bleiweiß (ſ. d.) bekannte Salz. *Bujard.*

Bleilaſur (Linarit), Mineral, ſchwefelſaures Bleikupfer $PbCuSO_5 + H_2O$ (55,7 % Bleioxyd, 19,8 % Kupferoxyd, 19,9 % Schwefelſäure), kriſtalliſiert monoklin in breiten Säulen; ſpaltbar; blau, ſtark glänzend. Techniſch bedeutungslos.

Bleilegierungen. Legierungen des Bleies laſſen ſich mit faſt allen übrigen Metallen und auch mit einigen Metallverbindungen herſtellen. Bleizuſatz macht andre Metalle im allgemeinen weicher und leichtflüſſiger, während umgekehrt andre Metalle dem Blei eine größere Härte und ſchwerere Schmelzbarkeit verleihen.

Schon beim Verſchmelzen der Bleierze erfolgt eine Legierung des Bleies mit allen in dem Erze vorhanden geweſenen Metallen, das ſogenannte Werkblei. Man verarbeitet auch Erze, Hüttenprodukte und Abfälle der Metallinduſtrie gemeinſchaftlich mit Bleierzen, um die darin enthaltenen wertvolleren Metalle, legiert mit Blei, auf einfache Weiſe zu gewinnen (ſ. Verbleiung unter Silber). Die bei der weiteren Verarbeitung des Werkbleies zur Edelmetallgewinnung entſtehenden Legierungen, Kupferſchaum, Zinkſchaum u. ſ. w. ſ. Silber. Ein ebenfalls bei der Verarbeitung des Werkbleies abfallendes Oxydationsprodukt, der Abſtrich, liefert nach vorgängiger Saigerung in Flammöfen zur Abſcheidung von mechaniſch eingeſchloſſenem Blei beim reduzierenden Verſchmelzen (Verfriſchen) das Antimonial- oder Hartblei, eine Legierung von Blei mit einem Bleiantimonid, 14—25 % Antimon enthaltend. Sie bildet eine bleifarbige körnig kriſtalliniſche Metallmaſſe von größerer Härte und Sprödigkeit als Blei. Leicht ſchmelzbar und gut zum Vergießen geeignet, dient das Hartblei, wie es die Bleihüttenwerke liefern, direkt zum Gießen von Maſchinenteilen und Apparaten für chemiſche Fabriken. Es zeichnet ſich nämlich durch Unempfindlichkeit gegen Säuren und andre Chemikalien aus. Auf einen den jeweiligen Anforderungen entſprechenden Antimongehalt gebracht (Zuſchmelzen von Blei oder Antimon) oder nach Legierung mit andern, den Schmelzpunkt oder die Feſtigkeit beeinfluſſenden Metallen (Wismut, Zinn, Zink, Kupfer) findet das antimonhaltige Blei ausgedehnte Anwendung für die Schriftgießerei (Buchdruckſchriften, Lettern, Typen, Stereotypen, Kliſchees, Notendruckplatten). Derartige Legierungen pflegt man als Lettern-, Typen-, Schriftgießermetall, Schriftzeug zu bezeichnen. Einige Angaben über ihre Zuſammenſetzung ſind in nachſtehender Tabelle enthalten:

	Blei	Antimon	Zinn	Kupfer
Gewöhnliche Letternmetalle:				
kleinſte Lettern . . .	75	25	—	—
gewöhnliche Lettern . .	80	20	—	—
große Lettern	88	12	—	—
Stege	90	10	—	—
Nach Ledebur, gewöhnliches	75	23	2	—
Nach Ledebur, beſſeres . .	60	25	15	—
„ „ Druckplatten	82	14,8	3,2	—
Engliſche Sorten	69	20	9	2
	61	19	20	—
	55	23	22	—
Franzöſiſche Sorten . . .	55	30	15	—

Aehnliche Anforderungen wie an das Schriftgießermetall ſtellt man auch an eine Reihe von Lagermetallen, ſo beſonders an die Weißgußlagermetalle. Es werden daher auch für dieſe Zwecke ganz beträchtliche Mengen Antimonialblei verbraucht. Die Zuſammenſetzung ſolcher Legierungen ſ. Lagermetall. — Ein geringer Arſenzuſatz (nur etwa 0,5 %) verleiht dem Blei oder vielmehr der dadurch entſtehenden Blei-Bleiarſenidlegierung eine beträchtliche Härte. Gleichzeitig beſitzt die geſchmolzene Legierung, wenn ſie in dünnen Strahlen, alſo aus einem Siebe kommend, eine einigermaßen hohe, kalte Luftſchicht durchfällt, die Eigentümlichkeit, ziemlich genaue Kugeln zu bilden und ſo zu erſtarren. Von dieſer Eigenſchaft macht man bei der Fabrikation von Bleiſchrot (Flintenſchrot, Hagel, Rehpoſten, Roller) Anwendung. Zinnerne Leitungsröhren an Bierpreſſionen und ſonſtigen Getränkeabfüllvorrichtungen dürfen nicht über 1 % Blei enthalten, zinnerne Eß-, Koch- und Trinkgeſchirre nicht über 10 % (auch Faßhahnen); ſ. a. die Literatur. Ueber die Legierungen des Bleies mit den übrigen Metallen ſ. Kadmium-, Kupfer-, Wismut-, Zinnlegierungen, Bronze, Lagermetalle, Löten, Meſſing, Gold und Silber.

Literatur: ſ. Blei; außerdem Ledebur, Verarbeitung der Metalle auf mechaniſchem Wege, Braunſchweig 1877; Derſ., Metallverarbeitung, Braunſchweig 1882; Derſ., Legierungen, Berlin 1890; Muspratts theoretiſch-praktiſche analytiſche Chemie von Stohmann und Kerl, Bd. 1, Braunſchweig 1888; Reichsgeſetz betreffend den Verkehr mit blei- und zinkhaltigen Gegenſtänden vom 25. Juni 1887. *Bujard.*

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Bleilot (Bleiwage), Ablotеinſtrument (ſ. d.), beſtehend aus einem an einer Schnur aufgehängten Bleigewicht.

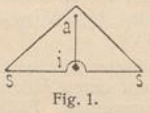


Fig. 1.

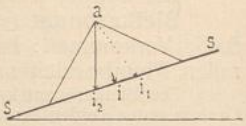


Fig. 2.

Die Bleiwage iſt das einfachſte Horizontierinſtrument, beſtehend aus einem Bleilot, das an einem Brett oder Rahmen (Dreieck oder Rechteck) derart an *a* aufgehängt iſt, daß eine Kante *s s* (Setzlinie) dieſes Brettes wagerecht ſteht, wenn der Lotfaden auf eine beſtimmte Marke *i* einſpielt (Fig. 1). Dazu iſt erforderlich, daß der Winkel, den die Hängelinie *a i* mit der Setzlinie *s s* macht, ein rechter iſt. Ob das zutrifft, wird dadurch unterſucht, daß das Brett auf eine beliebige Fläche (z. B. eine Tiſchplatte) aufgeſetzt und der Spielpunkt des Fadens bezeichnet wird (z. B. i_1), dann genau auf derſelben Stelle (Setzlinie) das Brett umgeſetzt und dieſer zweite Spielpunkt bezeichnet wird (z. B. i_2). Mitten zwiſchen dieſen beiden Marken i_1 und i_2 muß der Spielpunkt *i* liegen (Fig. 2). — Bleilot und Bleiwage werden hauptſächlich auf dem Bauplatz verwendet; wegen der Ablotung bei geodätiſchen Inſtrumenten vgl. Ablotеinſtrumente, Senkel ſowie Libelle. *Reinhertz.*

Bleiminium, ſ. Mennige.

Bleiniere (Bindheimit), Mineral, waſſerhaltiges antimonſaures Blei in ſchwankender Zuſammenſetzung, aus der Zerſetzung von Antimonerzen hervorgehend. Nierig und knollig, weiß, gelb, grau, grün geädert und geflammt. Techniſch bedeutungslos. *Leppla.*

Bleiocker, ein Gemenge aus 30 % Bleiglätte (ſ. Bleioxyd) und 70 % Ocker; dient beſonders als Fußbodenfarbe. *Bujard.*

Bleioxychlorid, baſiſche Bleichloride, bezw. Vereinigungsprodukte von Bleioxyd und Bleichlorid.

Von dieſen Bleioxychloriden ſind beſonders hervorzuheben: 1. Das normale Bleioxychlorid $PbO, PbCl_2$, ein weißes, in Waſſer faſt unlösliches Pulver. Man erhält es durch Zerlegung von Bleichlorid mit einem baſiſchen Bleioxydhydrate in wäſſeriger Löſung; es ſcheidet ſich dabei als weißes Pulver ab. Der abfiltrierte und gewaſchene Niederſchlag braucht dann nur getrocknet und gemahlen zu werden, um (wenn weiß) Verkaufsware zu bilden (Pattinſons Bleiweiß). 2. Dreifach baſiſches Oxychlorid $(PbO)_3 \cdot PbCl_2$ (Engliſches oder Turners Gelb) und 3. ſiebenfach baſiſches Oxychlorid $(PbO)_7 \cdot PbCl_2$ (Kaſſeler Gelb) bilden gelbe kriſtalliniſche, in Waſſer kaum lösliche Maſſen, die durch Zuſammenſchmelzen von Bleiglätte mit Bleichlorid erhalten werden. Alle drei Oxydchloride finden als Malerfarben Verwendung, insbeſondere das Kaſſeler Gelb wurde vielfach benutzt, ſolange das Chromgelb (ſ. Chromfarben) noch nicht bekannt geweſen iſt. *Bujard.*

Bleioxyd *PbO*, Mol.-Gew. 223, ſpez. Gew. geſchmolzen 9,5, amorph 9,2—9,3, bildet je nach der Darſtellungsweiſe in der Regel eine gelbe amorphe (Maſſicot, Bleigelb) oder eine hell- bis rotgelbe kriſtalliniſche Maſſe (Bleiglätte).

Es ſchmilzt bei 950°; bei höheren Temperaturen beginnt es zu verdampfen. Beim ſchnellen Erkalten der geſchmolzenen Maſſe entſteht die gelbe Friſch- oder Silberglätte, beim langſamen Erkalten die rote, Kauf- oder Goldglätte. Unter ſchwarzer Glätte verſteht man die in den Abſtrich noch übergehende unreine Glätte vom Anfange der Glätteperiode beim Abtreiben. In Waſſer löſt ſich eine geringe Menge Bleioxyd unter Bildung eines ſtark baſiſch wirkenden Hydrates. Leichter löſt es ſich in vielen Säuren, beſonders in Salpeterſäure und organiſchen Säuren (Eſſigſäure u. a.), ferner in Aetzkalilauge. Es zerlegt auch Salze unter Abſcheidung der Baſis (Verſeifung von Fetten). Den Hydraten der Alkalimetalle gegenüber kommt der ſaure Charakter dieſes und andrer Bleioxyde (ſ. Bleifuperoxyd) zum Vorſchein. Es löſt ſich leicht in Kali- und Natronlauge unter Bildung ſalzähnlicher Verbindungen. Auch im geſchmolzenen Zuſtande kann es baſiſch und ſauer wirken, indem es ſich ſowohl mit Oxyden der Nichtmetalle, wie Siliciumdioxyd (ſ. Glas), als auch mit Metalloxyden vereinigt. Reduktionsmittel ſcheiden das Blei ſehr leicht aus dem Oxyd ab; die Bildungswärme des letzteren iſt ja auch eine ſehr geringe (60,3 W.E.). Beſonders beachtenswert für die Elektrotechnik (ſ. Akkumulatoren für Elektrizität) iſt neben ſeiner Fähigkeit, im feſten und flüſſigen Zuſtand den elektriſchen Strom zu leiten, ſeine leichte Reduzierbarkeit zu Blei und Oxydierbarkeit zu Bleiſuperoxyd im feſten Zuſtande bei gewöhnlicher Temperatur. Sehr reines Bleioxyd erhält man durch Erhitzen einiger Bleiſalze, z. B. des reinen Bleikarbonates (Bleiweißes). Den Vorgang veranſchaulicht folgende Formel: $PbCO_3 = PbO + CO_2$. Ferner aus dem Bleinitrat nach folgender Gleichung: $2\,Pb(NO_3)_2 = 2\,PbO + 4\,NO_2 + O_2$. Die gewöhnlichere Methode, oxydierendes Schmelzen von Blei, liefert übrigens auch ein für faſt alle techniſchen Zwecke hinreichend reines Produkt, wenn dasſelbe behufs Entfernung eingeſchmolzener und anhaftender Bleiteile einem mechaniſchen Aufbereitungsprozeſſe (Mahlen, Sieben, nötigenfalls unter Zuhilfenahme von Waſſer) unterzogen wird. Dieſes oxydierende Schmelzen wird entweder ſo ausgeführt, daß das entſtehende Oxyd nicht ſchmilzt, alſo in pulverigem Zuſtande aus dem Schmelzofen entfernt wird, oder ſo, daß es ſchmilzt und fortwährend aus dem Ofen abläuft. Das letztere Verfahren liefert die eigentliche Bleiglätte; es iſt als Treibprozeß mit dem Treibofen eingehend unter Silber beſchrieben. — Im Handel unterſcheidet man engliſche Glätte, die aus reinem Blei dargeſtellt, lävigiert und gemahlen iſt, und deutſche Glätte für techniſche Zwecke. Erſtere wird in der Pharmazie zur Herſtellung von Pflaſtern und des Bleieſſigs benutzt. Das

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Bleioxyd findet in der Glas- und Tonwareninduſtrie Anwendung, ferner zur Darſtellung von Kitten und Pflaſtern (erhärtende Salze des Bleies mit organiſchen Säuren), zur Darſtellung von Sikkativen für Oelfarben und von ſchnell trocknenden (erhärtenden) Firniſſen, zur Herſtellung der negativen Platten der Elektrizitätsakkumulatoren und ſchließlich zur Fabrikation faſt aller übrigen Bleiverbindungen. Bezugsquellen und Literaturangaben ſ. Blei. *Bujard.*

Bleioxyd, baſiſch chromſaures, chromſaures, ſ. Chromſäuresalze.

Bleioxyd, eſſigſaures, ſ. v. w. Bleizucker; ſ. Acetate und Eſſigſäure.

Bleioxyd, rotes, ſ. v. w. Mennige (ſ. d.).

Bleioxydhydrat, Bleihydroxyd, $Pb(OH)_2$ wird aus Löſungen von Bleiſalzen durch Fällen mittels Aetzalkalien als weißer voluminöſer Niederſchlag abgeſchieden, der nach dem Trocknen ein weißes Pulver bildet.

Beim Erhitzen liefert es Bleioxyd (ſ. d.). Aus der Luft abſorbiert es Kohlenſäure und geht allmählich in kohlenſaures Blei über. In Waſſer iſt es etwas löslich. Dieſe Löslichkeit iſt von Bedeutung, weil metalliſches Blei durch reines Waſſer in Gegenwart von Luft oberflächlich zu Bleihydroxyd oxydiert wird und Waſſer, das bleierne Leitungsröhren paſſiert, hierdurch bleihaltig werden und demgemäß geſundheitsſchädliche Eigenſchaften annehmen kann. *Bujard.*

Bleioxydſalze, ſ. Blei.

Bleipapier, ein mit einer Schichte von kohlenſaurem Bleioxyd überzogenes, zum Einwickeln von Silbergegenſtänden dienendes Papier; ſ. Papierſorten.

Bleiproben. Als ſolche bezeichnet man faſt ausſchließlich diejenigen Verfahren zur Beſtimmung des Wertes von Erzen und Hüttenerzeugniſſen, nach denen das Blei in metalliſcher Form erhalten wird.

Von den heute gebräuchlichen Proben ſind als die zuverläſſigſten zu nennen:

1. Die Belgiſche oder Eiſentiegelprobe. Das Probiergut wird mit der zwei- bis dreifachen Menge eines Gemiſches von Pottaſche und Mehl (5 : 1) in einem eiſernen Tiegel geſchmolzen. Die fertige Schmelze gießt man in eine eiſerne Form (Einguß), in der ſie erkaltet. Das von der Schlacke getrennte Bleikorn wird gewogen. Reaktion: $PbS + Fe = Pb + FeS$. Das Eiſen hierzu liefert der Tiegel. Die Probe eignet ſich für alle Erze und Hüttenerzeugniſſe, die das Blei als Sulfid enthalten, aber von ſonſtigen Metallen frei ſind, die durch Eiſen gefällt werden könnten.

2. Tontiegelprobe mit Eiſenzuſatz, in einer gewiſſen Ausführung auch Freiberger Probe genannt. Das Erz wird mit der dreifachen Menge des bereits oben genannten Gemiſches unter Zuſatz eines Eiſenſtiftes (Drahtnagel) in einem Tontiegel (Bleiſcherben, Freiberger Bleitute) im Muffel- oder Windofen eingeſchmolzen. Das Bleikorn erhält man durch Zerſchlagen des Tiegels und Abhämmern der Schlacke. Reaktion und Verwendbarkeit wie oben.

3. Schwefelſäureprobe. Das Erz wird mit Königswaſſer oder Salpeterſäure im Glaskolben zerlegt, mit Schwefelſäure eingedampft und mit Waſſer gemiſcht. Das entſtandene Bleiſulfat wird abfiltriert, gewaſchen und getrocknet. Niederſchlag und Filter (letzteres veraſcht) werden mit dem Dreifachen des Erzgewichtes obigen Pottaſchemehlgemiſches und etwas Eiſen (Drahtſtift) im Tontiegel verſchmolzen. Dieſe Probe eignet ſich für ſolche Erze und Hüttenerzeugniſſe, die außer Bleiſulfid noch andre durch Eiſen zerlegbare Metallſulfide enthalten.

4. Reduktionsproben. Dieſe beſtehen in einem Verſchmelzen des zu unterſuchenden Stoffes mit einem Gemiſch von Pottaſche und Mehl (mit 33 % Mehl) unter Zuſatz von Borax. Sie dienen zur Wertbeſtimmung oxydiſcher Rohſtoffe (einſchließlich Salze und Schlacken). — Bezüglich näherer Angaben über die Ausführung der Proben muß auf die untenſtehende Literatur verwieſen werden.

Literatur: [1] Kerl, Metallurgiſche Probierkunſt (ſehr ausführlich), 2. Aufl., Leipzig 1882. — [2] Kerl, Probierbuch (kurz), 2. Aufl., Leipzig 1894. — [3] Balling, Probierkunde (ausführl.), Braunſchweig 1879. — [4] Plattner-Richter, Probierkunſt mit dem Lötrohre, 5. Aufl., Leipzig 1878. *Beckert.*

Bleipumpe, ſ. Werkbleientſilberung unter Silber.

Bleirauch (Bleidämpfe) bezeichnet die verdichteten flüchtigen Erzeugniſſe der Bleihüttenprozeſſe. Der Bleirauch enthält außer Bleioxyd und Bleiſulfat andre flüchtige Metallverbindungen einſchließlich der Oxyde des Arſens und Antimons.

Bleirohr, Bleirohrpreſſe, ſ. Röhrenfabrikation.

Bleirot, ſ. Mennige.

Bleiſäure, ſ. Bleiſuperoxyd.

Bleiſchwamm, das aus feſten Bleiverbindungen (Bleiſulfat, Bleioxyd, Bleichlorid) bei Gegenwart von Waſſer und Säuren durch andre Metalle (Zink) oder durch Elektrizität (ſ. Akkumulatoren für Elektrizität) in kriſtalliniſchem Zuſtande abgeſchiedene Blei.

Das aus gelöſten Bleiverbindungen durch Metalle (Zink) in größeren baumartigen Kriſtallgebilden ſich niederſchlagende Blei führt den Namen Bleibaum. Letztere Eigenſchaft wird zur Herſtellung chemiſch-phyſikaliſcher Spielereien benutzt. *Bujard.*

Bleiſesquioxyd Pb_2O_3, ein rötlichgelbes Pulver, das bei Erhitzen unter Sauerſtoffabgabe in Bleioxyd übergeht.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Starke Mineralſäuren verwandeln es in Oxyd und Superoxyd PbO_2. Es wird durch Ausfällen aus einer ſiedenden Löſung von Bleioxydhydrat mit unterchlorigſaurem Natrium erhalten. *Bujard.*

Bleiſicherung (Schmelzſicherung), Vorrichtung, die eine vom elektriſchen Strome durchfloſſene Leitung ſelbſttätig unterbricht, ſobald der Strom die als zuläſſig angenommene oberſte Grenze überſchreitet.

Solche zuerſt von Edifon angewendeten Vorrichtungen beſtanden früher der Hauptſache nach aus einem leicht ſchmelzbaren Metalle von großem ſpezifiſchen Widerſtande, das in zweckmäßiger Form in die zu ſchützende Leitung eingeſchaltet wird. Steigt der Strom bis zu einem gewiſſen Betrage, ſo ſchmilzt dieſes Metallſtück infolge der erzeugten Wärme, wodurch die Stromleitung unterbrochen wird. Man nennt daher auch dieſe ſelbſttätigen Stromunterbrecher Schmelzſicherungen oder, da zur Herſtellung derſelben vielfach Blei verwendet wird, Bleiſicherungen.

Seit 1898 wird nach dem Vorgange der Allgem. Elektrizitäts-Geſellſchaft in Berlin [7] auch Silber als Abſchmelzmaterial benutzt, alſo ein Metall von guter Leitfähigkeit und hohem Schmelzpunkt. Dadurch wird erreicht, daß die Maſſe des Schmelzdrahtes bei der beſſeren Leitfähigkeit des Silbers ſtark verringert iſt und ſomit beim Durchbrennen wenig Dämpfe entwickelt, ſo daß ſich auch bei höherer Betriebsſpannung kein Lichtbogen ausbilden kann. Da ſich ferner die Silberdrähte ſehr rein herſtellen laſſen und durch Luft und Wärme nicht erheblich oxydiert werden, kann die zuläſſige Abſchmelzſtromſtärke mit viel größerer Zuverläſſigkeit eingehalten werden als bei Blei.

Die Sicherungen werden aus Drähten oder Streifen gebildet und gewöhnlich ſo bemeſſen, daß ſie durchſchmelzen, wenn die Stromſtärke das Doppelte des Betrages erreicht, mit dem die zu ſichernde Leitung normal belaſtet werden kann. Für ihre Dimenſionierung ſind eine Reihe von Umſtänden maßgebend, welche die Erwärmung der Sicherung durch den elektriſchen Strom weſentlich beeinfluſſen; die Erhitzung, die ein elektriſcher Strom von beſtimmter Stärke in einer Sicherung hervorbringt, hängt nicht allein von dem Material und den Dimenſionen des Schmelzkörpers ab, ſondern ſie iſt auch abhängig von den für die Wärmeabgabe maßgebenden Verhältniſſen, unter denen die Sicherung in die Leitung eingeſchaltet iſt. Es wird ſich daher durch eine allgemein gültige Formel der Querſchnitt einer Sicherung, die bei einer beſtimmten Stromſtärke zuverläſſig funktioniert, nicht beſtimmen laſſen. Von weſentlichem Einfluſſe iſt die Wärmeableitung durch die Metallmaſſen der Klemmen, mit denen der Schmelzkörper in die Leitung eingefügt iſt [1], und die Wärmeabgebe an die Luft, die verſchieden iſt, je nachdem die Sicherung ſich in freier Luft befindet oder durch beſſer wärmeleitende Körper, wie Glas, Porzellan u. ſ. w. von dieſer abgeſchloſſen iſt. Die zum Abſchmelzen nötige Stromſtärke läßt ſich nach folgender Formel [2] beſtimmen: $J = c\sqrt{UQ} = c\sqrt{\text{Umfang} \cdot \text{Querſchnitt}}$.

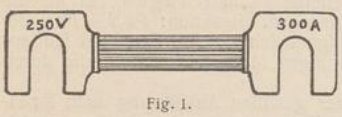


Fig. 1.

Für die Konſtante c ergab ſich für Sicherungen aus gewöhnlichem Blei in freier Luft der Wert 7; ſind dieſelben von Glas oder Porzellan umgeben, ſo iſt $c = 10$ zu ſetzen. Für Bleidrähte läßt ſich die Formel durch Einſetzung der Werte für Umfang (πd) und Querſchnitt $\left(\frac{\pi d^2}{4}\right)$ auch ſo ſchreiben:

$$J = \begin{cases} 11\sqrt{d^3} \text{ (in freier Luft),} \\ 15{,}7\sqrt{d^3} \text{ (mit Glas, Porzellan u. dergl. umgeben) [3].} \end{cases}$$

Daraus ergibt ſich der Durchmeſſer d des zu verwendenden Bleidrahtes für eine beſtimmte Abſchmelzſtromſtärke. Häufig geſchieht die Dimenſionierung der Bleiſicherungen unter Vorausſetzung einer gewiſſen Stromſtärke pro Quadratmillimeter Querſchnitt (Stromdichte). So kann man nach Uppenborn für mittelgroße Bleiſicherungen von der gebräuchlichen Länge von einigen Zentimetern auf jedes Ampère der normalen Stromſtärke ungefähr 0,13 qmm rechnen, ſo daß auf 1 qmm etwa 8 Ampère kommen [4]. Einzelne Bleidrähte werden nur zur Herſtellung von kleineren Sicherungen bis etwa 4 qmm Querſchnitt verwendet, darüber hinaus nimmt man parallel geſchaltete Drähte (Fig. 1) oder Blechſtreifen (Fig. 2). Für ſehr geringe Querſchnitte (unter 0,2 qmm) werden auch auf eine iſolierende Unterlage aufgeklebte Stanniolſtreifen benutzt. — Die Sicherungen ſind ſtets in den Anfang der zu ſchützenden Leitung zu ſetzen; bei Abzweigungen dahin, wo ſich der

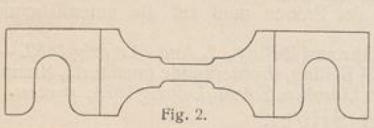


Fig. 2.

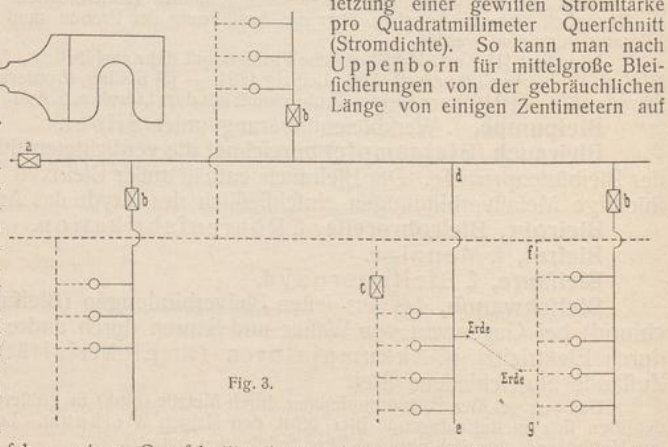


Fig. 3.

Querfchnitt der Leitung in der Richtung nach der Verbrauchsftelle hin vermindert. Eine folche Sicherung kann fich entweder nur in der Hinleitung oder nur in der Rückleitung befinden (einpolige Sicherung), oder aber es werden beide Leitungen mit je einer Sicherung verfehen (zweipolige oder bipolare Sicherung). Bei einpoligen Sicherungen müffen diefe fämtlich in den gleichnamigen Leitungen fich befinden, da nur dann ein ficherer Schutz der Leitungen möglich ift. Denn wäre z. B. eine Sicherung *c* fehlerhaft in die ungleichnamige Leitung eingefetzt (Fig. 3), fo könnten infolge eines Kurzfchluffes übermäßige Erwärmungen der Leitungen *de* und *fg* eintreten, ehe die viel ftärkere Hauptficherung *a* funktioniert. In manchen Fällen ift die Verwendung bipolarer Sicherungen unerläßlich. Ein folcher Fall ift z. B. dann vorhanden, wenn an ein Zweileiterfyftem zwei in Serie gefchaltete Bogenlampen angefchloffen werden. Aus Fig. 4 ift ohne weiteres erfichtlich, daß bei dem gleichzeitigen Auftreten eines Erdfchluffes zwifchen den Lampen I und II und an irgend einer Stelle einer Hauptleitung zwar die Lampe I durch Abfchmelzen der Sicherung *a* gefchützt ift, die Lampe II aber infolge des durch die Erdfchlüffe hergeftellten Kurzfchluffes zerftört werden kann. Es wird daher mit Recht der größeren Sicherheit halber die Verwendung nur zwei- bezw. mehrpoliger Sicherungen verlangt.

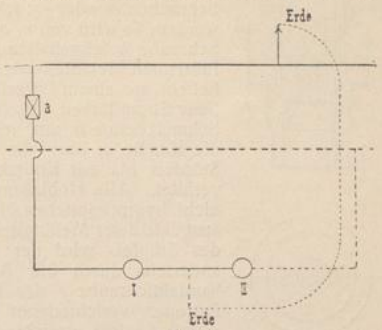


Fig. 4.

Die hauptfächlichften Anforderungen, denen eine gut konftruierte Sicherung entfprechen foll, find im wefentlichen die folgenden. Das Abfchmelzen muß in möglichft kurzer Zeit eintreten, nachdem die für die betreffende Sicherung geltende Maximalftromftärke erreicht ift; dabei muß das gefchmolzene Metall unter geringer Dampfentwicklung fo abfließen, daß die Unterbrechungsftelle einen genügend großen (15—20 mm langen) Luftzwifchenraum bildet, damit der Oeffnungsfunke keinen länger dauernden Lichtbogen erzeugen kann. Befondere Beachtung diefes Umftandes ift bei folchen Abfchmelzficherungen notwendig, die in Leitungen für hochgefpannte Ströme verwendet werden follen. Eine für folche Fälle fehr geeignete einfache Sicherung ift die von Bláthy. Bei diefer Sicherung ift das Abfchmelzftück durch eine oder mehrere ifolierende Scheiben hindurchgeführt, die je eine dem Abfchmelzkörper genau angepaßte Oeffnung haben (Fig. 5). Die Entftehung eines Lichtbogens zwifchen den getrennten Teilen des abgefchmolzenen Metalls ift hier ausgefchloffen. Eine gute Sicherung muß ferner fo eingerichtet fein, daß ein Herausfließen des abgefchmolzenen Metalls, ein Herumfliegen von Funken vermieden wird; aus diefem Grunde ift die Sicherung in eine feuerfichere Hülfe oder Kapfel einzufchließen und auf eine gut ifolierende feuerfichere Grundplatte aus Porzellan, Marmor oder Schiefer zu montieren. Das Abfchmelzftück bezw. die dasfelbe einfchließende Hülfe muß rafch und bequem auswechfelbar fein; um hierbei Irrtümer zu vermeiden, ift fowohl am feften wie am auswechfelbaren Teile eine leicht erfichtliche Bezeichnung anzubringen, am zweckmäßigften die größte zuläffige Betriebsftromftärke, für welche die Sicherung beftimmt ift. Sehr empfehlenswert ift es, beide Teile fo einzurichten, daß nur das richtige Erfatzftück eingefetzt werden kann. Im Intereffe der leichten Auswechfelbarkeit wird das Abfchmelzftück häufig in eine befondere Hülfe oder Patrone eingefchloffen und fteht in Verbindung mit zwei an diefer befeftigten Metallftücken, die einen guten Kontakt mit den feften Teilen der Sicherung geftatten. Die Hülfe kann aus Glas, Gips, Porzellan u. dergl. hergeftellt fein und muß einen genügend großen Luftraum enthalten oder eine lockere, unverbrennliche Füllung (Afbeft, Talkum, Sand, Schmirgel) befitzen, damit beim Durchfchmelzen das Metall von den Verbindungsftücken vollftändig wegfließt oder aufgefaugt werden kann.

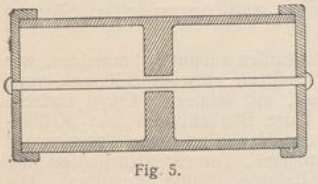


Fig. 5.

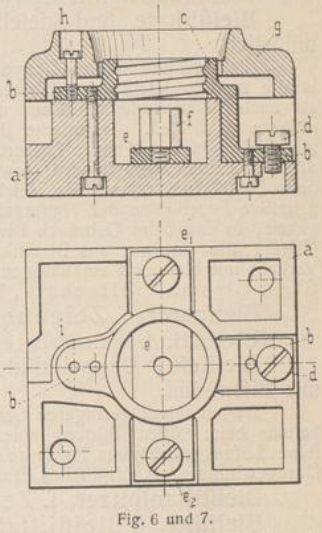


Fig. 6 und 7.

Nach diefen Grundfätzen haben in den letzten Jahren die meiften Firmen ihr Sicherungsfyftem umgearbeitet, um den neueren Vorfchriften des Verbandes deutfcher Elektrotechniker [6] zu entfprechen.

Bei dem neuen Syftem der Allgemeinen Elektrizitäts-Gefellfchaft in Berlin [8] ift das Prinzip der alten Edifon-Bleificherung [5] verwendet, bei dem der Schmelzdraht in einem mit Gewinde verfehenen Porzellanftöpfel angebracht ift, der fich in die zugehörige, auf der Grundplatte der Sicherung befindliche Faffung wie eine Glühlampe einfchrauben läßt. Fig. 6 zeigt einen Schnitt durch die neue Sicherungsdofe, Fig. 7 die Oberanficht derfelben nach Entfernung des Deckels *g*, Fig. 8 und 9 die zugehörige Patrone mit dem Schmelzdraht in Schnitt und Oberanficht. Der

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

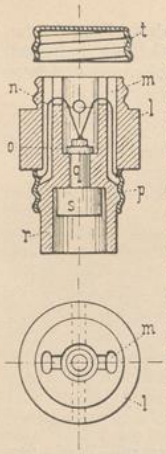


Fig. 8 und 9.

Porzellanſockel *a* (Fig. 6 und 7) trägt die Meſſingbrücke *b* nebſt Gewindehülſe *c*; bei der Anſchlußſchraube *d* tritt die zu ſichernde Leitung ein. Der Austritt erfolgt bei den auf der Kupferſchiene *e* am Boden des Sockels ſitzenden Schrauben e_1 oder e_2; ſoll die bei *d* eintretende Leitung geradlinig weitergeführt werden, ſo wird von e_1 ab der Kanal *i* zur Ausführung benutzt. Der mittels der Schraube *h* feſtgehaltene Porzellandeckel *g* iſt ſo geſtaltet, daß er die ſtromführenden Metallteile des Einſchraubſtöpſels verdeckt. Letzterer (Fig. 8 und 9) beſteht aus einem Porzellankörper *l*, der in ein und derſelben Größe für ſämtliche Stromſtärken (bis 60 Ampère) verwendet wird. Die parallel geſchalteten Schmelzdrähte *n* aus reinem Silber werden von der Gewindehülſe *p* durch die Kanäle *m* über die Zwiſchenwände *o* durch den inneren Hohlraum des Stöpfels bis zur Kontaktſchraube *q* geführt und mit beiden Polen *p* und *q* verlötet. Alle Hohlräume ſind mit einer grobkörnigen, ſchwer ſchmelzbaren, nicht hygroſkopiſchen Maſſe (z. B. Schmirgel oder Sand) gefüllt; ein mit Aſbeſt ausgekleideter Meſſingdeckel *t* ſchließt den oberen Teil ab. Beim Einſchrauben des Stöpfels wird der Stromſchluß einerſeits durch das Ediſongewinde *c*, anderſeits durch das Auftreffen der Kontaktplatte *s* des Stöpfels auf die Kontaktſchraube *f* des Unterteiles hergeſtellt. Die Unverwechſelbarkeit der Patronen verſchiedener Stromſtärke wird durch Abſtufungen der Höhen von *s* und *f* leicht erreicht.

Auch bei dem neuen Sicherungsſyſtem der Siemens-Schuckert-Werke iſt in ähnlicher Weiſe eine leicht auswechſelbare Porzellanpatrone zur Aufnahme des Silberſchmelzdrahtes verwendet. Vgl. [4], [5], [9].

Literatur: [1] Feldmann, Cl., Elektrotechn. Zeitſchrift 1892, S. 423. — [2] Hochenegg, C., Anordnung und Bemeſſung elektriſcher Leitungen, Berlin 1897. — [3] Preece, W. H., The Electrician, 17. April 1888; The Electrical Review 1888, S. 506; Graffot, Electricien, Bd. 10, S. 420. — [4] Heim, C., Die Einrichtung elektriſcher Beleuchtungsanlagen für Gleichſtrom, Leipzig 1903. — [5] Holzt, Schule des Elektrotechnikers, Bd. 3, Leipzig 1903. — [6] Sicherheitsvorſchriften des Verbandes deutſcher Elektrotechniker, Berlin 1903. — [7] Elektrotechn. Zeitſchrift 1898, S. 463 und 591. — [8] Ebend. 1899, S. 575. — [9] Ebend. 1897, S. 27 und 41.

Bleifikkativ, ſ. Bleiborate.

Bleifilikate ſind kieſelſaure Bleifalze, in Waſſer und organiſchen Säuren unlöslich.

Bleioxyd und Siliciumdioxyd laſſen ſich faſt in allen Verhältniſſen zuſammenſchmelzen, wie ja die meiſten leicht ſchmelzbaren Silikate die Eigenſchaft beſitzen, ſowohl Siliciumdioxyd als auch Metalloxyde zu löſen, um mit erſterem Oxyd ſaure, mit letzterem Oxyd baſiſche Silikate zu bilden. Techniſche Bedeutung beſitzen einige ſaure Bleikaliumſilikate: Kriſtallglas, Flintglas und andre Glasarten wie das „Straß“, das zur Herſtellung von ſogenannten Similidiamanten benutzt wird, ſowie zahlreiche in der Glasmalerei, Tonwarenfabrikation und beim Emaillieren verwendete, leicht ſchmelzbare Glasflüſſe (Glaſuren, Flüſſe, Emaillen). Die primitive Fabrikation der Töpfergeſchirre liefert häufig Glaſuren mit einem überſchüſſigen Bleigehalt, ſo daß beim Gebrauch Blei in Löſung gehen kann. Es wird daher gut eingebrannte Glaſur, alſo eine nur aus Bleifilikat beſtehende Glaſur verlangt. Reichsgeſetz betreffend den Verkehr mit blei- und zinkhaltigen Gegenſtänden vom 25. Juni 1887, § 1 Abſ. 3. S. a. Email, Glas, Glasmalereitechnik, Tonwaren. *Bujard.*

Bleiſparer, ſ. Zeichnen, techniſches.

Bleiſpat, ſ. Weißbleierz.

Bleiſtein, Doppelſulfid des Bleies mit andern Metallſulfiden, beſonders mit Eiſenſulfid.

Wegen ſeiner geringeren Schmelzbarkeit im Vergleiche zu Bleiglanz, wegen ſeines Verhaltens beim Röſten (Bildung eines einigermaßen feuerbeſtändigen Röſtproduktes) und wegen ſeines Löſungsvermögens für andre Metallſulfide iſt es ein für die Bleiabſcheidung und Schwefelſäuregewinnung aus ſulfidiſchen Erzen ſehr wichtiges Hüttenprodukt (ſ. Blei, Niederſchlagsarbeit).

Bleiſtiftanſpitzer, ſ. Zeichnen, techniſches. *Bujard.*

Bleiſtifte, ſ. Bleiſtiftfabrikation, Zeichnen, techniſches.

Bleiſtiftfabrikation, die Herſtellung in Holz gefaßter oder zum Einſchieben in beſondere Halter beſtimmter dünner Stangen (Minen) aus Graphit bezw. Gemenge von Graphit und Ton oder aus mit Farbſtoffen gemengtem Kaolin (Farbſtifte).

Die erſten Bleiſtifte wurden in England hergeſtellt. Aus den Graphitblöcken der 1564 entdeckten Graphitgrube in Borrowdale (Grafſchaft Cumberland) wurden zuerſt dünne Platten, die man durch Schleifen glättete, herausgeſägt und dieſe mit Gatterſägen in quadratiſche Stifte zerſchnitten, die ohne weitere Zutaten in Holz gefaßt wurden. Später verſuchte man die Graphitabfälle und minderwertigen Graphit nutzbar zu machen. Der Graphit wurde zerſtoßen, geſchlämmt und durch Bindemittel (Leim, Kolophonium, Gummi, Schwefel, Spießglanz) zu einer feſten Maſſe vereinigt, die wie früher in Stifte zerſägt wurde. Die Bindemittel gaben kein befriedigendes Ergebnis, bis im Jahre 1795 von Conté in Frankreich Ton hierzu verwendet wurde. Im Jahre 1761 wurde in Deutſchland die erſte Bleiſtiftfabrik, Faber in Stein bei Nürnberg, gegründet. Im Jahre 1847, als die engliſche Graphitgrube ſchon nahezu erſchöpft war, wurde von Alibert in

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Sibirien eine Grube entdeckt, die ausgezeichneten Graphit lieferte. Heute werden alle guten Bleiftifte ausfchließlich aus fibirifchem Graphit hergeftellt.

Die Mine. Die fchwarze Mine ift ein Gemenge von Graphit (Kohlenftoff) und Ton. Diefer muß fett, zäh und frei von Kalk und Eifenoxyd fein. Beide Beftandteile werden für fich auf Pochwerken, Mahlgängen oder Kugelmühlen zerkleinert und fein gemahlen. Die feinften Teile werden abgefiebt und gereinigt (gefchlämmt). Dann werden die Beftandteile in feuchtem Zuftande gemifcht und mit befonderen Mafchinen durchgearbeitet. Vom Verhältnis des Tons zum Graphit hängt die Härte, Gradation der Mine ab. Das Gemenge wird durch Preffen, beftehend aus einem Zylinder, deffen Boden mit viereckigen, fechseckigen oder runden Löchern verfehen ift, und einem Preßkolben in Fadenform gezogen. Die Fäden werden auf einem Brett aufgefangen, zuerft an der Luft, dann im Ofen getrocknet und, in Kohlenpulver eingebettet, in feuerfeften, luftdicht abgefchloffenen Tongefäßen gebrannt. Je härter die Stifte werden follen, um fo größer muß der Tongehalt und um fo fchärfer das Brennen fein. Den Stiften kann daher jeder Härtegrad gegeben werden. Allzuftarkes Glühen macht die Stifte krumm, fchnelles Abkühlen läßt fie fpringen. Der Tongehalt fchwankt zwifchen 0,8—1,6% des Graphits.

Die farbige (Kreide-, Paftell-)Mine befteht aus einem Gemifch von Kaolin und verfchiedenen erdigen oder metallifchen Farbftoffen, wie Blutftein, Ruß, Zinnober, Berlinerblau, Ultramarin u. a. Statt des Tons werden Klebemittel (Gummi arabicum, Hauſenblaſe u. a.) verwendet. Die Maffe wird gerieben und in feuchtem Zuftande in Fäden gezogen und getrocknet. Farbige Stifte dürfen nicht gebrannt werden. Die fogenannten Tintenftifte beftehen aus einem Zufatz von Anilinfarben zu Graphit und Ton, die künftliche fchwarze Kreide entweder aus Bleiftiftmaffe mit Kienruß oder nur aus Kienruß mit Ton. Diefe Stifte werden geglüht.

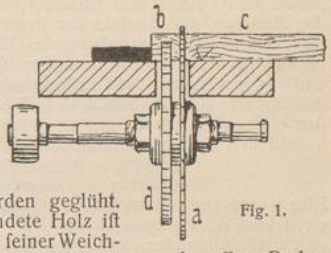


Fig. 1.

Die Holzfaffung. Das zur Bleiftiftfabrikation verwendete Holz ift gewöhnlich Zedernholz (Juniperus Virginiana), das fich wegen feiner Weichheit leicht fchneiden läßt. Es wächft in Amerika in den heißen Ländern auf naffem Boden. Statt des teuren Zedernholzes, das in Blöcken oder Brettchen zerfchnitten verfendet wird, wird heute vielfach die weftindifche Zeder (Roteibe) oder einheimifches weiches Holz für weniger gute Bleiftifte genommen, fo Efpe, Erle, Linde, Fichte, Tanne, Weißbuche. Die Hölzer werden auf Furniermühlen in Brettchen zerfchnitten, diefe glatt gehobelt, mit Rillen (Nuten) zur Aufnahme der Minen verfehen und in Streifen zerfchnitten. Dies gefchieht auf einer Mafchine, deren Wirkungsweife aus Fig. 1 hervorgeht; *a* ift die Kreisfäge zum Abtrennen des Streifens *b* vom Brettchen *c*, die Fräfcheibe *d* dient zum Ausfräfen der Nut. Die genuteten Flächen werden mit Leim beftrichen, die Mine in die Nuten gelegt und darauf ein andres Brettchen; dann werden beide zufammengepreßt und getrocknet. Die Zufammenfetzung der Stifte aus den beiden Hölzern kann auf verfchiedene Weife nach den Fig. 2—5 erfolgen. Zur Formgebung der Holzfaffungen bedient man fich der Hobel- oder heute meift befonderer Fräsmafchinen. Die Stifte werden hierbei von zwei Einführungswalzen gefaßt und an mehreren fchnell umlaufenden Fräfern vorbeigefchoben. In früherer Zeit gefchah das Runden der Stäbe mit Kehlhobeln.

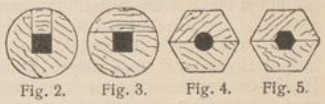


Fig. 2. Fig. 3. Fig. 4. Fig. 5.

Fertigftellung. Nach der Formgebung werden die Bleiftifte durch Reiben mit Sandpapier oder mit feinem Glaspulver zwifchen Flanell gefchliffen und zur Aufnahme der Politur fähig gemacht. Durch Kreisfägen werden fie dann gleichlang gefchnitten und die Schnittfläche durch eine rafch umlaufende Scheibe mit fcharfen Meffern geglättet oder durch Fräfen auf die richtige Länge gebracht. Die befferen Sorten werden dann lackiert und poliert [1] und mit dem Namen der Firma und den Härtenummern verfehen. Der fertige Stift wird zu Dutzenden in Schachteln gepackt.

Der Verfuch, ftatt der Holzfaffungen Schilfrohrftückchen oder Papierröhren [2] zu verwenden, die nach dem Füllen mit Graphit in gefchmolzenes Paraffin getaucht wurden, um befchnitten werden zu können, hat keinen Erfolg gehabt, ebenfowenig wie der Verfuch, die Holzftifte aus einem Stück herzuftellen und zur Aufnahme der Mine zu durchbohren.

Literatur: [1] D.R.P. Nr. 131217 Bleiftiftpolier- und Schachtelmafchine von Ehrhardt, Nürnberg. — [2] Bayrifches Induſtrie- und Gewerbeblatt 1889; L. & G. Hardtmuth, Wien-Budweis, Katalog 1902; A. W. Faber, Stein bei Nürnberg, Katalog 1873; Schwanhäufer, Die Nürnberger Bleiftiftinduſtrie, Nürnberg 1895; Buchwald, A., Bleiftifte, Farbftifte und ihre Herftellung, Hartlebens Chemifch-technifche Bibliothek, 1904, Bd. 225.

Dalchow.

Bleiftöpfel (Patrone), f. Bleificherung.

Bleifuboxyd Pb_2O. Es wird in reiner Form durch Glühen von oxalfaurem Blei an der Luft entfprechend der Gleichung:

$$\underset{\text{Oxalfaures Blei}}{2\,PbC_2O_4} = \underset{\text{Bleifuboxyd}}{Pb_2O} + \underset{\text{Kohlenfäure}}{3\,CO_2} + \underset{\text{Kohlenoxyd}}{CO}$$

erhalten. Es bildet einen Teil der beim Erhitzen von Blei an der Luft fich bildenden Bleiafche und ftellt ein fchwarzes Pulver dar, das beim Erhitzen unter Luftabfchluß in metallifches Blei und Bleioxyd zerfällt und unter Luftzutritt unter Sauerftoffaufnahme direkt in Bleioxyd übergeht.

Bujard.

Bleifulfat $PbSO_4$, Mol.-Gew. 303, fpez. Gew. 6,3, weißes, kriftallinifches Salz, in Waffer kaum, in verdünnter Schwefelfäure fchwer löslich.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Es kommt natürlich vor als Bleivitriol (Vitriolblei), wo es durch Oxydation von Bleiglanz entftanden ift und letzteren daher meift begleitet. Es wird bei einigen chemifchen Prozeffen (Färberei und Farbenfabrikation) als Nebenprodukt gewonnen und bildet fich beim oxydierenden Röften von Bleiglanz neben Bleioxyd. Als folches findet Bleifulfat kaum irgendwelche technifche Verwendung. Das natürlich vorkommende, fowie das bei andern chemifchen Fabrikationszweigen abfallende Sulfat wird mit Bleierzen auf Blei verarbeitet. Für die analytifche Beftimmung des Bleies (f. Schwefelfäureprobe unter Bleiproben) in fchwefelhaltigen gemifchten Erzen ift die Ueberführung des Bleies in Sulfat von einiger Bedeutung. *Bujard.*

Bleifuperoxyd PbO_2, Mol.-Gew. 239, fpez. Gew. 9,5, ein dunkelbraunes, faft fchwarzes, amorphes Pulver, beim Erhitzen in Bleioxyd und Sauerftoff zerfallend, unlöslich in Waffer und verdünnten Säuren.

Bei der Behandlung mit ftärkeren Säuren bilden fich Bleioxydfalze unter gleichzeitiger Entwicklung von Sauerftoff bezw. Halogen. Bleifuperoxyd ift daher ein kräftiges Oxydationsmittel. Baftfchen Metalloxyden gegenüber befitzt es fauren Charakter, indem es fich mit denfelben zu bleifauren Salzen, Plumbaten, vereinigt. Zu diefen Plumbaten gehört auch die Mennige, das Bleifalz der hypothetifchen Bleifäure; H_4PbO_4, der Formel Pb_2PbO_4 entfprechend. — Die Darftellung des Bleifuperoxydes ftützt fich auf die leichte Oxydierbarkeit des Bleioxydes bei Gegenwart ftarker Bafen. So fcheidet fich aus Bleifalzen bei gleichzeitiger Einwirkung von Alkali- und Erdalkalioxydhydraten und Chlor oder unterchlorigfauren Salzen leicht das Superoxyd ab: $PbCl_2 + 2\,Ca(HO)_2 + Cl_2 = PbO_2 + 2\,CaCl_2 + 2\,H_2O$.
Am einfachften erhält man es durch Auflöfen von Bleichlorid in heißer Chlorcalciumlöfung und Vermifchen der fo entftandenen Löfung mit Chlorkalklöfung:

$$\underset{\text{Chlorblei}}{2\,PbCl_2} + 2\,\underset{\text{Chlorkalk}}{Ca(ClO)Cl} + 2\,H_2O = 2\,PbO_2 + 2\,CaCl_2 + 4\,HCl.$$

Eine andre Darftellungsweife befteht in einem oxydierenden Röften eines Gemifches von Bleioxyd und Alkalioxydhydrat: $PbO + 2\,NaHO + O = Na_2PbO_3 + H_2O$,
und darauffolgender Zerfetzung des Natriumplumbates mit kochendem Waffer:

$$Na_2PbO_3 + H_2O = 2\,NaHO + PbO_2.$$

Schließlich mag noch der Bildung des Bleifuperoxydes durch Oxydation des Bleioxydes der Anoden der Elektrizitätsakkumulatoren gedacht fein, in denen die Bildung und Zerlegung diefer Verbindung eine äußerft wichtige Rolle fpielt. — Wie fchon erwähnt, ift das Bleifuperoxyd ein beliebtes Oxydationsmittel. Es wird technifch in großer Menge fabriziert, da es zufammen mit Bleinitrat für die Zündmaffe der fchwedifchen Zündhölzer benutzt wird. Ein folches Gemenge erhält man durch Behandeln von Mennige, aufzufaffen als Pb_3O_4 (f. Mennige), mit wenig Salpeterfäure und vorfichtiges Eindampfen, bis die unzerfetzt gebliebene Säure verjagt ift. Das Bleifuperoxyd wird ferner zur Herftellung fonftiger Zündftoffe in der Feuerwerkerei (f. d.) und in der Farbenfabrikation verwendet. *Bujard.*

Bleivitriol, f. Bleifulfat.

Bleiweiß (Berlinerweiß, Hamburgerweiß, Kremnitzerweiß, Kremferweiß, Venetianerbleiweiß, Schieferweiß, Holländifches Bleiweiß, Villacher Bleiweiß, Vitriolbleiweiß, fälfchlich, namentlich in Deutfchland und der Schweiz, auch Bleioxyd genannt), die älteftе bekannte weiße Körperfarbe mit ausgedehnter Anwendung fowohl als Leim- als auch als Oel- und Lackfarbe, für Anftreicherei und Kunftzwecke gleich vorzüglich verwendbar.

Die Farbe ift fehr empfindlich gegen Schwefelwafferftoff, durch den fie gebräunt und felbft gefchwärzt wird. Anfänglich gelbliche Anftriche werden aber, wenn genügend belichtet, weiß. Bleiweiß läßt fich gleich leicht mit Leinöl wie mit Waffer zu einer feinen Farbe anreiben und befitzt die Eigentümlichkeit, bei Zufatz von Leinöl zur Wafferfarbe fich mit dem Oel mechanifch zu verbinden, Waffer auszufcheiden, wovon man namentlich bei Herftellung fehr dick geriebener Oelfarbe Gebrauch macht. Hervorragende Vorteile find große Deckkraft und rein weißer Farbenton in reinem Zuftande; die Deckkraft nimmt aber durch verbilligende Zufätze, wie Schwerfpat, Leichtfpat u. f. w., ab. Bleiweiß kommt in Pulverform als (fälfchlich) Bleioxyd, chemifch reines Bleiweiß, in Hütchenform (mit einem Bindemittel angemacht, und in Formen gepreßt) als Kremferweiß, Venetianerweiß, Hamburgerweiß, Stettinerweiß, in viereckigen Tafeln als Kremferweiß, in fchieferartigen weißen Blättchen, wie fie von den Bleiplatten abgeklopft werden, als Schieferweiß in den Handel. Von allen diefen Sorten find reines, unvermifchtes Bleiweiß nur Kremferweiß, Bleioxyd, technifch reines Bleiweiß, Schieferweiß, während alle andern befchwerende Zufätze enthalten, dergeftalt, daß Venetianerweiß die befte, Holländerweiß die fchlechteftе gemifchte Qualität bezeichnet. Alles Bleiweiß wird als reines Bleiweiß (kohlenfaures Bleioxyd mit Bleihydroxyd, nebft durch die Fabrikation bedingtem Gehalte an fchwefelfaurem bezw. effigfaurem Bleioxyd) dargeftellt; nachträglich mit Schwerfpat u. f. w. gemifchte Sorten werden von den Fabriken nur auf befonderes Verlangen geliefert. Der wegen der fehr in Abnahme begriffenen Bleikrankheit unter den damit Arbeitenden geführte Kampf gegen die Verwendung des Bleiweißes hat wenig Erfolg, weil Bleiweiß für viele Zwecke ganz unentbehrlich ift und wohl kaum durch eine andre weiße Körperfarbe vollwertig erfetzt werden dürfte (vgl. a. die Literatur zu Bleifarben).

Prinzip der Fabrikation ift, das dreibafifche Bleikarbonat direkt mit Kohlenfäure zu behandeln, damit fich zweibafifches Bleikarbonat bildet und die zurückbleibende Flüffigkeit neutrales Bleiacetat enthält, das wiederum in das dreibafifche Salz übergeführt und neuerlich zur

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Fabrikation benutzt werden kann. Die Methoden zerfallen in solche, bei denen 1. metallisches Blei der Einwirkung von essigsauren Dämpfen unterworfen wird, während das Gefäß, in dem dies geschieht, einer höheren Temperatur ausgesetzt ist (holländische Methode), 2. metallisches Blei in eignen Kammern künstlich erzeugter Wärme (durch Heizung) und der Einwirkung von Essigsäuredämpfen ausgesetzt wird (deutsche oder österreichische Methode), 3. basisch essigsaures Bleioxyd (Bleiacetat) durch eingeleitete Kohlensäure zersetzt (französisches Verfahren) und 4. Bleioxyd mit einer Bleizuckerlösung behandelt wird (englisches Verfahren). Bei dem primitiven holländischen Verfahren werden die 1—2 mm dicken Bleiplatten in 5—6 cm breite Streifen geschnitten, spiralförmig eingerollt in irdene Töpfe von 1 l Gehalt eingesetzt, in die eine gewisse Menge Essig gegossen wurde, und diese Töpfe nun in Gruben gebracht, die 1000—1200 Töpfe zu fassen vermögen. Auf jede Bleispirale legt man 3—4 Bleiplatten, deren oberste den Deckel bildet, bringt eine Lage Bretter darauf, setzt weitere Töpfe auf und so fort, bis die Grube voll ist. Die Grube wird mit Kuhmist, Gerberlohe angefüllt und durch ein Dach das Ganze vor der Einwirkung des Regens geschützt. Die eintretende Gärung bringt die Temperatur auf ca. 45° C., genügend, um in 6—10 Wochen den Bleiweißbildungsprozeß durch Entwicklung von Essigsäure, die dann durch die Gärung in Kohlensäure umgewandelt wird, zu bewerkstelligen. Man erhält so Bleiweiß und neutrales essigsaures Bleioxyd; ersteres wird von den Platten abgeklopft (Schieferweiß), gesiebt und naß gemahlen, hierauf getrocknet. Bersch [1] unterscheidet noch zwischen hartem und weichem Bleiweiß, Unterschiede, die durch die Art der Naßmahlung bedingt werden. Nach dem deutschen oder österreichischen Verfahren hängt man dünne rauhe Bleiplatten über Latten in hölzernen Kästen auf, die außerdem mit einer den Boden bedeckenden Mischung von Essig und Weingeläger beschickt und in Kammern gebracht werden, in denen man eine Temperatur von 30—35° C. unterhält. Nach einem verbesserten Verfahren werden die Bleiplatten in dem oberen Stockwerke eines Gebäudes aufgehängt, in dessen unteren Räumen Essigsäure und Kohlensäure entwickelt werden; bei 60—90° C. schreitet die Bleiweißbildung sehr schnell vorwärts. Die Unsicherheit, die obwaltet, weil man die Mengen von Essigsäure und Kohlensäure nicht kontrollieren kann, läßt sich beseitigen, wenn man Gasuhren zum Abmessen benutzt. Nach dem Verfahren von Majer [3] läßt man Wasserdampf gleichzeitig mit Essigsäuredampf in die mit Bleiplatten gefüllten Kammern treten, um basisches Bleiacetat zu bilden, wozu 12 Stunden nötig sind; dann wird Kohlensäure in die Kammer geleitet, die, auf ca. 60° C. erhitzt, das Bleiacetat in Bleiweiß umwandelt. Die verbleibende Menge Bleiacetat wird schließlich durch Ammoniak zersetzt und das neugebildete Ammoniaksalz durch überhitzten Wasserdampf ausgetrieben; das Bleiweiß wird dann wie früher von den noch verbleibenden Bleiresten durch Sieben getrennt und naß gemahlen. Bei der französischen Methode wird entweder metallisches Blei oder Bleiglätte in Essigsäure aufgelöst, bis die Lösung eine Dichte von 17—18° Bé zeigt, dieselbe abgegossen und Kohlensäure durch Druck eingetrieben; das Bleiweiß schlägt sich zu Boden, während die Lösung von neutralem essigsauren Bleioxyd wieder verwendet wird, wobei man kleine Mengen von Essig zusetzen muß. Das Bleiweiß wird wiederholt ausgewaschen und bildet nach dem Trocknen ein sehr feines Pulver; das Mahlen entfällt bei diesem Verfahren; auch natürliche, dem Boden entströmende Kohlensäure kann bei diesem Verfahren benutzt werden. Bei der englischen Methode, ziemlich außer Gebrauch gekommen, wird Bleiglätte mit schwacher Bleiacetatlösung zu steifem Brei angemacht, den man der Einwirkung der Kohlensäure aussetzt; durch beständiges Wenden des Breies mit Hilfe von kannelierten Walzen oder Drehen in Fässern, durch deren hohle Achse Kohlensäure zugeleitet wird, sorgt man dafür, daß beständig neue Mengen des Breies mit Kohlensäure in Berührung kommen. Nach diesem Verfahren erhält man nur dann ein tadelloses Produkt, wenn man ganz reine Bleiglätte, frei von Eisen- und Kupferoxyd, verwendet. An Orten, wo Ammoniak billig zu beschaffen ist, kann man die rohe Glätte durch Behandeln mit demselben von Kupferoxyd befreien, während Eisenoxyd nicht beseitigt werden kann und eine Gelbfärbung verursacht.

Auf elektrolytischem Wege erzeugtes Bleiweiß zeichnet sich durch große Weiße und besondere Feinheit aus, doch hat man dieses Darstellungsverfahren wieder verlassen. Versuche, Bleiweiß aus Bleisulfat (Abfallprodukt der Kattundruckereien) herzustellen, haben keine praktische oder wenigstens keine dauernde Anwendung gefunden. Auch das Pattinsonweiß aus Chlorblei und Magnesiumkarbonat, das Barlettweiß aus zinkblendehaltigem Bleiglanz durch Rösten bei Luftzutritt, wobei Bleisulfat und Zinkoxyd entstehen, können keinen Anspruch auf die Bezeichnung Bleiweiß machen. — Die verschiedenen Fabrikationsmethoden liefern, wenngleich bei allen ein gleiches Produkt angestrebt wird, Bleiweiße von verschiedener Deckkraft; so steht das nach dem französischen Verfahren gewonnene Produkt den deutschen und holländischen Erzeugnissen weit nach. Dieser Unterschied hat seine Ursache nur in der Verschiedenheit der Dichte und Teilbarkeit der einzelnen Sorten, so daß beispielsweise von einer Sorte doppelt so viel Bleiweiß nötig ist, um eine gleichgroße Fläche zu decken, als von einer andern. Der Anstrich mit der weniger deckenden Sorte erfordert aber auch dem Gewichte nach nur halb so viel Material.

Literatur: [1] Bersch, Mineral- und Lackfarben, 2. Aufl., Wien 1893. — [2] Gentele, Lehrbuch der Farbenfabrikation, 2. Aufl., Braunschweig 1880. — [3] Mierczinski, Erd-, Mineral- und Lackfarben, 4. Aufl., Weimar 1881. S. a. Bleifarben und Bleikarbonat. *Andés.*

Bleiweiß, Pattinsons, s. Bleichlorid, Bleiweiß.

Bleiweißpapier, ein giftiges, einseitig mit einer Bleiweißschicht gedecktes Papier zum Einwickeln silberner Gegenstände; s. Papiersorten. *Kraft.*

Bleizinnober, s. Mennige.

Bleizucker, neutrales, essigsaures Blei oder neutrales Bleiacetat; s. Acetate und Essigsäure.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Bleizuckerpapier, ein Kriſtalliſationspapier, ſ. Buntpapierſorten.

Blendarkade, eine Bogenſtellung, angewendet, um eine größere, nicht durchbrochene Mauerfläche zu beleben, oder auch, um den Druck an gewiſſen Stellen zu konzentrieren.

Blendboden, ſ. Blindboden.

Blendbogen ſind Mauerbögen, die zur Ueberdeckung von Niſchen dienen und nicht durch die ganze Mauerſtärke hindurchgehen (ſ. Mauerbögen).

Blende, im Bergbau, 1. ſ. v. w. Wettertür (ſ. Wetterwirtſchaft); 2. ſ. v. w. Lampe (ſ. Geleucht).

Blende (Blendring), ſ. Fernrohr, Lupe, Mikroſkop.

Blende, Gehäuſe der Grubenlampen, Bezeichnung für Holzkäſtchen mit Meſſingauskleidung, auch für Grubenlampen überhaupt.

Blende, flache Mauervertiefung, die verſchiedenen Zwecken dienen kann, wie z. B. zur Teilung großer Wandflächen, zur Aufnahme und zum Schutze von Bildwerken farbiger und plaſtiſcher Art u. a. m. *L. v. Willmann.*

Blenden, äußerlich nicht metalliſch ausſehende, durchſcheinende, meiſt glasglänzende Mineralien, die Schwefelverbindungen der Metalle Zink, Antimon, Mangan, Queckſilber, Arſen u. ſ. w. ſind. Mit dem Begriff „Blende“ iſt gewöhnlich Zinkblende gemeint. *Leppla.*

Blendfaſſade, Außenſeite des Gebäudes, bei dem die Herſtellung der Mauern nicht in durchgreifenden Steinen erfolgt, vielmehr der rohe Mauerkern mit einem Belage von beſſeren und teureren Bauſtoffen verkleidet iſt, ſeien dies Marmor oder Granit u. dergl. in Platten oder Werkſteinen, oder gebrannte Steine (Verblender, Terrakotten). Hauptgeſichtspunkt der Konſtruktion muß ſein, daß die dünnen Bekleidungsflächen durch eingreifende Binder mit dem Kerne in feſten Zuſammenhang gebracht werden, und daß die Ausführung der Verblendung erſt nach Aufführung des geſamten Mauerwerks, d. h. nach Aufbringung der ganzen Laſt ſtattfinde. *Weinbrenner.*

Blendgläſer dienen zur Blendung der Fernrohrbilder bei Zielungen nach ſehr intenſiv beleuchteten Gegenſtänden, vor allem nach der Sonne.

Während man zum Betrachten der Sonne mit freiem Auge ſchon frühzeitig berußte und farbige Gläſer benutzte, hat man bei Anwendung des Fernrohrs anfänglich ſich mit den natürlichen Abſchwächungen des Sonnenlichts durch Nebel, lichte Wolken, mächtige Luftſchichten (bei tiefſtehender Sonne) begnügt, und erſt Scheiner, einer der erſten Beobachter der Sonnenflecken, hat farbige Blendgläſer vor dem Objektiv angebracht. An Meßinſtrumenten, die nur Horizontal- oder Höhenwinkel oder Poſitionswinkel für den Sonnenrand liefern ſollen, iſt dieſe Methode der Einſchaltung farbiger Gläſer jetzt die allein gebräuchliche; nur ſetzt man die Blendgläſer wegen der Gefahr der Ablenkung des Lichtſtrahls infolge eines kleinen prismatiſchen Fehlers des Glaſes bei dieſen Inſtrumenten, d. h. beim Theodolit, Univerſalinſtrument, den Durchgangsinſtrumenten und den Spiegelinſtrumenten (hier die eine Hauptblende), nicht mehr vor das Objektiv, ſondern vor das Okular des Fernrohrs, indem man ſie auf das gerade Okular einfach aufſteckt oder aufſchraubt oder zum Vorklappen vor das Prismenokular einrichtet, vgl. die ſchematiſche Fig. 1. Wenigſtens zwei verſchieden dunkle Blendgläſer zu haben, iſt dabei zweckmäßig, vgl. Fig. 2. Oft ſind auch vier, ſelbſt ſechs verſchiedenfarbige und verſchieden dunkle Blendgläſer vorhanden, und zwar in einer Revolverblende vereinigt, vgl. Fig. 3 [1].

Fig. 1.

Fig. 2.

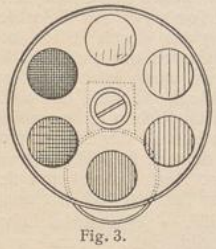


Fig. 3.

Die Farbe der Blendgläſer iſt vielfach grau (Rauchgläſer); beſſer ſind für Univerſalinſtrumente u. ſ. w. blaue Gläſer in verſchiedener Tiefe oder auch dunkelgrüne Gläſer; rote Sonnengläſer ſind für kräftigere Fernrohre auszuſchließen, weil ſie zu viel Wärme ſtrahlen durchlaſſen, wie denn auch bei Fernrohren größerer Inſtrumente die Oeffnung des Objektivs oft durch einen vorgeſetzten, zentriſch durchbrochenen Schirm ſtark eingeſchränkt werden muß, um zu große Erhitzung im Fokus des Fernrohrs zu vermeiden. An den Spiegelinſtrumenten (ſ. d.) ſind ſtets mehrere Blendgläſer an verſchiedenen Stellen und in verſchiedenen Farben vorhanden, zum Vorſtecken oder Vorſchrauben vor das Okular und zum Blenden jedes einzelnen der zwei Strahlen, die im Fernrohr vereinigt werden und die (meiſt) von verſchieden intenſiv beleuchteten Gegenſtänden ausgehen. Die Blendgläſer ſind meiſt licht- und dunkelgrün und licht- und dunkelrot; am Sextanten z. B. ſind außer den verſchieden ſtarken Okularblenden, die beide Strahlen gemeinſchaftlich dämpfen (übrigens in verſchiedenen Beträgen, je nachdem das Fernrohr „hoch“ oder „tief“ geſchraubt wird), ſolche Blendgläſer vorhanden hinter dem nicht

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

belegten Teil des kleinen Spiegels zur Schwächung des direkten Strahls und zwiſchen dem kleinen und großen Spiegel zur Dämpfung des doppelt reflektierten Strahls. Dieſe Gläſer müſſen ſtreng auf etwaige „prismatiſche Form“ (nicht parallele Lage von Vorder- und Rückfläche) unterſucht werden, oder man muß durch Drehung der Blenden in ihrer Faſſung oder Umſetzung den Fehler eliminieren können. Sie haben die für Sextantenmeſſung wichtige Aufgabe, die zwei Bilder von (meiſt) ſehr verſchiedener Intenſität des Lichts (z. B. Sonne und Mond) ungefähr auf dieſelbe Helligkeit zu bringen. — Rote Blendgläſer verwendet man oft auch zur Regulierung der Beleuchtung des Fadenkreuzes bei Sternbeobachtungen (vgl. den Art. Fadenkreuz, Beleuchtung) [2].

Auch für geodätiſche Inſtrumente ſind Blendgläſer in manchen Fällen nützlich, z. B. iſt bei Ableſung auf einer grell von der Sonne beſchienenen Nivellierlatte leichte blaue Abblendung vor dem Okular zweckmäßig; ferner wird bei der Winkelmeſſung im Netz I. oder II. O. das auf kurze Entfernungen (z. B. 15 oder 20 km) meiſt zu grelle Licht der Heliotrope neuerdings nicht mehr nach Verſtändigung mit dem Heliotropiſten auf dem Zielpunkt, ſondern am Theodolit auf dem Standpunkt geblendet, allerdings nicht durch Gläſer, ſondern durch vor das Objektiv gebrachte feine Muſſelingewebe; dieſe Blendung iſt auch bei aſtronomiſchen Inſtrumenten im Gebrauch, beſonders beim Heliometer (ſ. d.), wo verſchieden enge „Gitter“ vor die eine Hälfte des Objektivs vorgeſetzt werden können.

Die letzte Bemerkung führt noch auf kurze Erwähnung der Vorrichtungen, die zur Dämpfung des Sonnenlichts bei Beobachtungen über die phyſiſche Sonnenoberfläche dienen, wobei es alſo u. a. auf Erhaltung der natürlichen Farben ankommt und wobei trotz genügender Blendung möglichſt viele Einzelheiten auf der Sonnenſcheibe ſichtbar bleiben ſollen, ſo daß die einfachen farbigen Gläſer (die W. Herſchel durch eine Flüſſigkeitsſchicht, mit Waſſer verdünnte Tinte, erſetzte, während ſein Sohn zwei verſchiedenfarbige Blendgläſer zuſammen benutzte) wenig brauchbar ſind. Man nennt ſolche Vorrichtungen, die nun eigentlich nicht mehr zu den Blendgläſern im gewöhnlichen Wortſinn gehören, aber, wie bemerkt, doch im Zuſammenhang mit dieſen erwähnt ſein mögen, Helioſkope, weil ſie eben das Beſchauen der Sonne ermöglichen ſollen. Dove u. a. haben die äußere Fläche des Objektivglaſes mit einer dünnen Silberſchicht überfangen, wodurch der Zweck erreicht werden kann (wenn auch Regulierung der Dämpfung nicht möglich iſt), jedoch das Fernrohr zu allen andern Beobachtungen, die nicht die Sonne betreffen, untauglich wird. Die helioſkopiſchen Fernrohrokulare von Porro in Mailand, von Merz in München, von Grubb u. a. ſind Reflexions- oder Polariſationshelioſkope, indem ſie die Abſchwächung des Lichts zum Teil durch mehrfache Reflexion, zum Teil durch Polariſation (womit dann eine einfach durch Drehung zu bewerkſtelligende Regulierung der Blendung gegeben iſt) herſtellen [3]. Noch andre Konſtruktionen von Okularen zur Sonnenbeobachtung rühren her von Dawes (Löcher in einem Elfenbeinplättchen im Fokus des Objektivs mit Durchmeſſern bis zu $^1/_{100}$ engliſche Zoll herunter, wobei dieſe engen Diaphragmen das Geſichtsfeld beliebig zu verkleinern geſtatten; dazu kommen noch nach Bedarf Blendgläſer in einer Revolverblende, die ſich über der das Augenglas enthaltenden Platte drehen läßt [4]); von Secchi (eines der wichtigſten Polariſationshelioſkope), Erck [5], Hilger (Licht- und Wärmeabſchwächung durch ein Kanadabalſamprisma neben dem Glasprisma [6]) u. v. a. Ueber die Helioſkope vgl. z. B. das populäre [7] oder [8].

Anmerkungen und Literatur: [1] Nach Breithaupt in Kaſſel, Wanſchaff in Berlin u. ſ. w. — [2] Bruhns, Aſtron. Nachrichten, Nr. 1505 (1864). — [3] Vgl. z. B. Wolf, Handbuch der Mathematik u. ſ. w., Zürich 1872, Bd. 2, S. 290 ff. u. ſ. w. — [4] Monthly Notices, Bd. 12, April 1852, S. 167. — [5] Monthly Notices, Bd. 37, Januar 1877, S. 128. — [6] Monthly Notices, Bd. 45, Nov. 1884, S. 59. — [7] Klein, Führer am Sternenhimmel, Leipzig 1903, S. 52—57, über Secchi S. 56/57. — [8] Ambronn, Handbuch der aſtron. Inſtrumentenkunde, Bd. 1, Berlin 1899, S. 360—364. *Hammer.*

Blendmaßwerk, ein Maßwerk, das nicht durchbrochen, ſondern durch Mauerwerk geſchloſſen erſcheint; dient zur Belebung einer Fläche.

Blendrahmen, ſ. Türen und Fenſter.

Blendſtein (Verblender), im allgemeinen jeder zur Verblendung von Mauerwerk dienende Stein; im beſonderen Backſteine (in Reichsformat oder als Normalſtein, als $^1/_1$- oder $^1/_2$-Steine), die durch eine beſonders ſorgfältige Herſtellung hinſichtlich des Stoffs, der Form und des Brandes einen höheren Grad von Widerſtandsfähigkeit und Dauer beſitzen. *Weinbrenner.*

Blendung, Verkleidung von rauhem Mauerwerk mit einem andern Stoffe, ſei es Holz oder Stein u. a., teils zum Zwecke des Schutzes gegen Näſſe von außen oder zur Abhaltung von Feuchtigkeit im Innern der Mauern nach den Wohnräumen. In beiden Fällen wird ein unmittelbares Auflegen der Blendung auf die Mauern nicht ſtattfinden, ſondern Trennung durch eine Luftſchicht anzuordnen ſein. *Weinbrenner.*

Blendwand, Verſtärkung ſchwacher Steinmauern durch Einſtellen von Holzpfoſten (Blendſäulen). Dieſe reichen im Innern der Mauern von Gebälke zu Gebälke und werden bei Fertigſtellung der Wände durch vorgeſtellte Steine verblendet. *Weinbrenner.*

Bleuelſtange, ſ. Pleuelſtange.

Blickfeuer, ſ. Längenbeſtimmung.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Blickſilber, ſ. Silber.

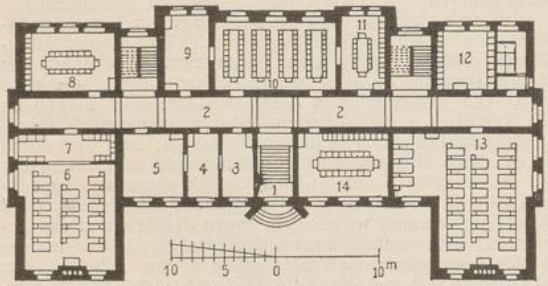
Blindboden (Blendboden), Belag von rauhen Brettern auf dem Gebälke als Unterlage für einen andern Boden, ſei dies in Holz wie Parkett, oder in Steinplättchen, Gipseſtrich u. dergl. Vorteilhaft iſt dabei, die Bretter ſchmal, d. h. in Breite von 12—18 cm zu nehmen und die Längsfugen nicht dicht zu halten, um bei etwaiger Ausdehnung des Holzes ein Werfen bezw. Heben des Bodens zu vermeiden. *Weinbrenner.*

Blinddruck (Blindprägung), in der Buchdruckerei und Buchbinderei das Drucken reſp. Einprägen der Form ohne Farbe (vgl. Blattgolddruck, Bronzedruck).

Blinde Mauer (blinde Front), 1. Mauerwerk ohne Fenſter und Türen; 2. Mauer, mit blinden d. h. nachgeahmten Fenſtern verſehen; 3. Mauer, aus Pfeilern beſtehend, deren Zwiſchenweiten in geringer Stärke ausgemauert ſind; es dient dies zur Verminderung der Belaſtung und Erſparnis an Material, iſt jedoch nur mit Vorteil bei Backſteinmauern anwendbar. *Weinbrenner.*

Blinde Mine, ſ. Seeminen.

Blindenanſtalt, eine Stätte zur Aufnahme und Erziehung oder auch zur Pflege und Verſorgung der Blinden. Zweck ſolcher Anſtalten iſt, den armen des Geſichtsſinnes beraubten Menſchen eine Erziehung zu geben, die ſie für das Leben brauchbarer und erwerbsfähig macht, andernteils den unbemittelten Blinden verſorgend und unterſtützend nahe zu bleiben.



Wilhelm-Auguſta-Blindenanſtalt in Königstal bei Danzig, erbaut von Schmieden, v. Weltzien & Speer, Berlin. Erdgeſchoß: 1 Eingang. 2 Gang. 3 Lehrerzimmer. 4 Bibliothek. 5 Direktor. 6 Schlafſaal für 15 Erwachſene. 7 Waſch- und Kleiderraum. 8 Wohnzimmer für 15 Erwachſene. 9 Anrichteraum mit Speiſeaufzug. 10 Speiſeſaal. 11 Wohnzimmer für 10 Knaben. 12 Waſch- und Kleiderraum. 13 Schlafſaal für 25 Knaben. 14 Wohnzimmer für 15 Knaben.

Die baulichen Anforderungen ſind: Würdige Einfachheit; Weiträumigkeit, beſonders in Gängen und Treppen, und Ueberſichtlichkeit durch klare, einfache Grundrißeinteilung mit tunlichſter Vermeidung runder Bauteile, von Ecken und Winkeln, bequeme geradläufige Treppen mit geringer Steigung und Handleiſten zu beiden Seiten; Zuwendung von vielem Sonnenlicht in alle bewohnbaren Räume. Bei nicht zu ſtrenger Trennung der Geſchlechter (etwa nach Geſchoſſen) ſind im Erdgeſchoſſe anzuordnen: die Räume der Verwaltung, Wohn- und Arbeitszimmer, Werkſtätten verſchiedener Art (Korb- und Strohflechten u. dergl.). In den Obergeſchoſſen Lehr- und Schlafräume. Für Pflege der Muſik ſind weitgehende Vorkehrungen zu treffen, z. B. Betſaal mit großer Orgel u. dergl. Für die übrigen Räume der Verwaltung, d. h. den wirtſchaftlichen Teil, gelten die Beſtimmungen, wie ſie in den Wohlfahrts- und Heilanſtalten, wie Krankenhäuſer (ſ. d.) angeordnet ſind. Als Beiſpiel beiſtehend der Grundriß der Wilhelm-Auguſta-Blindenanſtalt Königstal bei Danzig (Arch. Rundſchau 1889, Heft 1).

Literatur: Handbuch der Architektur, IV. Teil, 5. Halbbd.; Allgem. Bauztg., Wien, Jahrgänge 36 und 43. *Weinbrenner.*

Blindendruck, die Herſtellung von Druckſorten für Blinde, wobei das Letternbild durch Prägen ohne Farbe greifbar auf das Papier gebracht werden muß.

Die Druckform kann negativ ſein, in welchem Falle das Papier in die Vertiefungen gepreßt wird, oder eine poſitive Form wird in das Papier geprägt, ſo daß das durch Taſten wahrnehmbare Relief entweder auf der Druckſeite oder Rückſeite des Papierblattes entſteht. Derartige Druckſorten werden in den Blindenanſtalten mittels Spezialmaſchinen im Brailleſchen Punktſyſtem angefertigt. Im Buchdrucke dienen hierzu eigne Lettern, die entgegengeſetzt den gewöhnlichen das Buchſtabenbild poſitiv zeigen, und zwar meiſt in glattem Strich- oder Punktſkelett ohne alle Verzierungen das große lateiniſche Alphabet, um Unter- und Oberlängen zu vermeiden. Der Arbeitsvorgang weicht von dem üblichen inſofern ab, als beim Setzen die Buchſtaben nach oben mit dem Bildkopfe in den Winkelhaken gelangen oder wie beim Hebräiſchen von rechts nach links geſetzt wird. Das Papier muß dem Verflachen des Reliefs Widerſtand entgegenſetzen. *A. W. Unger.*

Blinde Raa, ſ. Bemaſtung.

Blindfenſter, ein Fenſter mit Flügeln, die nicht geöffnet werden können, wie dies an Vor- oder Winterfenſtern vorkommt (ſ. Doppelfenſter).

Blindflanſche, der an Faſſonſtücken der Rohrleitungen angebrachte, durch einen angeflanſchten Deckel proviſoriſch bewirkte Abſchluß.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Blindholz, s. Nutzhölzer.

Blindmuttern, s. Schraubenfabrikation.

Blindscheibe, eine bei der Papierfabrikation im Holländer verwendete Platte, die, um einem Faserverlust vorzubeugen, im geeigneten Moment vor die Waschscheibe geschoben wird; s. Papierfabrikation. *Kraft.*

Blindschloß, ein ganz verdecktes, in das Friesholz der Türe eingelassenes Schloß mit besonderem Schlüssel (s. Schloß). *Hoch.*

Blindtüre (Untertüre), senkrechte Brettlage, die auf Querleisten (meist Hartholz) mit Nägeln, Schrauben oder auf Grat befestigt ist; gegen Senkung ist ein Schrägbug oder eine Strebe anzubringen. Sie dient dazu, eine zweite Bretterlage, die sogenannte Verdoppelung, aufzunehmen, bei der darauf zu achten ist, daß die Fugen beider Lagen nicht aufeinander treffen (s. Türen). *Weinbrenner.*

Blindtram, s. v. w. Fehltram (s. d.).

B-Linie des Sonnenspektrums, s. Spektralanalyse.

Blinkfeuer. Weiße oder farbige Feuer, die durch gleichlange Dunkelpausen geschiedene Blinke von allmählich zu- und abnehmender Lichtstärke zeigen (Fig. 1).

Fig. 3. Gruppenblinkfeuer, jede Minute drei rasch aufeinander folgende Blinke von je 3 Sekunden Dauer, Verdunklung zwischen denselben je 2½ Sekunden, zwischen den einzelnen Gruppen 46 Sekunden.

Blinkfeuer, deren Blinke von kurzer Dauer sind und in sehr kurzen Pausen oder ohne jede Verdunklung aufeinander folgen, heißen „Funkelfeuer" (Fig. 2). Eine besondere Abart der Blinkfeuer sind die „Gruppenblinkfeuer", die zwei oder mehrere, durch kurze Pausen geschiedene, allmählich zu- und abnehmende Blinke von gleicher oder verschiedener Farbe zeigen, denen eine längere Dunkelpause folgt (Fig. 3); s. Leuchtfeuer.

Fig. 1. Weißes Blinkfeuer, innerhalb 30 Sekunden ein Blink von 6 Sekunden.

Fig. 2. Weißes Funkelfeuer, alle 3 Sekunden ein Blink (ohne Unterbrechung bezw. Verdunklung).

Literatur: Verzeichn. d. Leuchtfeuer aller Meere, herausg. v. Reichsmarineamt. *von Nieffen.*

Blitz, Lichterscheinung des zur Ausgleichung der entgegengesetzten Elektrizitäten der Wolke und des Erdbodens oder zweier Wolken zwischen diesen stattfindenden Entladungsschlages.

Die Blitzphotographien zeigen häufig mehrere parallel verlaufende Funkenbahnen, oft mit vielfachen Veräftelungen, die neueren Blitzphotographien haben bezüglich der Struktur der Blitze interessante Resultate geliefert; vielfach erschien der Blitz als ein mehrere Meter breites Band, von hell leuchtenden Fäden durchzogen. Die Zickzackgestalt der Blitzbahn ist als solche auf Photographien noch nicht hervorgetreten, dürfte daher auf einer optischen Täuschung beruhen.

Der Flächenblitz erklärt sich vielfach durch die von einem Blitz bewirkte Erleuchtung einer geeignet gerichteten flachen Wolke, dürfte aber zum Teil durch eine Art Büschelentladung hervorgerufen werden, zumal wo derselbe von längerer Dauer auftritt. Als Kugelblitze bezeichnet man die noch nicht völlig aufgeklärte Erscheinung von Feuerkugeln, die zuweilen sekundenlang beobachtet werden konnten, bis sie zum Teil unter Begleitung von heftigen mechanischen Wirkungen und lautem Knall plötzlich verschwanden.

Literatur: Szalay, L. v., Ueber Blitzphotographien, Meteorolog. Zeitschr. 1903. *Großmann.*

Blitzableiter, Vorrichtung zur Abwendung der zerstörenden Wirkungen des Blitzes von Gebäuden, Schiffen, elektrischen Anlagen u. s. w.

Die in den Gewitterwolken durch irgendwelche, noch nicht genügend aufgeklärte Ursachen angesammelte Elektrizität wirkt durch Influenz verteilend auf die Elektrizitäten der Erde, indem sie die ihr ungleichnamige Elektrizität anzieht und die gleichnamige abstößt. Wird die Spannung dieser beiden Elektrizitäten so stark, daß der Widerstand der zwischenliegenden Luft den plötzlichen Spannungsausgleich nicht mehr aufhalten kann, so tritt letzterer in Gestalt eines Blitzes ein, der zwischen der Wolke und dem nächstgelegenen Punkt der Erdoberfläche (einem über dieselbe sich erhebenden Gebäude, Baume oder sonstigen Gegenstande) überspringt.

Gebäudeblitzableiter. Während der Blitz die Luft und ein Gebäude durchschlägt, findet er überall Widerstand, wobei sich seine elektrische Energie in Wärme, Licht, Bewegung, Schall, mechanische und chemische Energie umsetzt. Hierbei können Mauern und Hölzer zerspalten, leicht entzündliche Stoffe entzündet, schwache Metallteile geschmolzen, Menschen und Tiere getötet oder gelähmt werden. Größere Metallteile aber werden kaum merklich erwärmt und erleiden keinerlei Schaden. Darauf beruht die schützende Wirkung metallischer Blitzableiter. Indem durch letztere dem Blitz ein viel geringerer Widerstand entgegengesetzt wird als auf jedem andern Weg, den er in dem Gebäude nehmen könnte, folgt er dem Blitzableiter, und das Gebäude und sein Inhalt bleiben vor Schaden bewahrt.

Der Gebäudeblitzableiter besteht aus den Auffangvorrichtungen, den Gebäudeleitungen und den Erdleitungen.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Die Auffangvorrichtungen sind Metallkörper von beliebiger Form, die in den erfahrungsgemäßen Blitzeinschlagstellen (den Turm- und Giebelspitzen, Firstkanten des Daches, hochgelegenen Schornsteinköpfen und andern emporragenden Gebäudeteilen) oder in der Nähe derselben und sie überragend angebracht werden. Es ist also nicht immer nötig, Auffangstangen anzuwenden. Die Art ihrer oberen Endigung ist nicht von Bedeutung, sie kann spitzig oder stumpf sein. Die frühere Annahme, daß durch spitzige Auffangstangen das Zustandekommen eines Blitzes verhütet werden kann, hat sich nicht als zuverlässig richtig erwiesen.

Die Gebäudeleitungen bilden eine zusammenhängende Verbindung der Auffangvorrichtungen unter sich und mit den Erdleitungen. Im Augenblick der Blitzentladung entstehen namentlich in zusammenhängenden Metallmassen, z. B. in den eisernen Dach- und Gebäudekonstruktionen, Gas- und Wasserleitungen, elektrischen Licht- und Telephonleitungen u. s. w. elektrische Schwingungen, die eine solche Stärke annehmen können, daß aus einer Metallmasse in die andre Funken überspringen, die sowohl gefährliche Wirkungen an Menschen und Tieren als auch eine Entzündung leicht brennbarer Stoffe hervorrufen. Ebenso ist das Abspringen des Blitzes vom Blitzableiter selbst in das Innere des Gebäudes möglich, insbesondere wenn dieses bedeutende Metallmassen enthält. Es empfiehlt sich daher, möglichst alle größeren Metallmassen untereinander und mit den Gebäudeleitungen metallisch zu verbinden. Auch die in den Blitzleitungen auftretende Selbstinduktion kann Anlaß zu einem Abspringen des Blitzes oder zu Seitenentladungen geben; es sind deshalb Spiralen, spitze Winkel sowie Auf- und Abbewegungen in der Leitung tunlichst zu vermeiden, und selbst bei den kleinsten Gebäuden sollten statt einer mehrere Leitungen von den Auffangvorrichtungen zur Erde führen. Für kurze Verbindungsstrecken zwischen einzelnen Auffangvorrichtungen und den (verzweigten) Gebäudeleitungen kann man sich mit einfachen Leitungen begnügen. Verzweigte Leitungen aus Eisen sollen nach [1] nicht unter 50 qmm, unverzweigte nicht unter 100 qmm stark sein. Für Kupfer ist die Hälfte dieser Querschnitte ausreichend. Zink ist mindestens vom anderthalbfachen, Blei vom dreifachen Querschnitt des Eisens zu wählen. Die Leitungsverbindungen sind fest, dicht und großflächig herzustellen. Soweit die an den Gebäuden vorhandenen Metallteile (z. B. Metalldächer, Dachrinnen, Regenabfallröhren, Gas- und Wasserleitungen) diesen Anforderungen entsprechen, können sie an die Stelle besonderer Gebäudeleitungen treten.

Die Erdleitungen bestehen aus Metall und schließen an den unteren Enden der Gebäudeleitungen an; sie sollen sich hier unter Bevorzugung feuchter Stellen möglichst weit und großflächig ausbreiten, um einen möglichst widerstandslosen Uebergang der Blitzentladung zur Erde zu vermitteln. Die unterirdischen Rohrnetze der Gas- und Wasserleitungen, die in besonders ausgedehnter und großflächiger Berührung mit der Erde stehen, bilden erfahrungsgemäß die besten Erdleitungen und sollten deshalb, wo immer möglich, an den Blitzableiter angeschlossen werden. Es ist aber darauf zu achten, daß die Verbindungsstelle dauerhaft, fest und metallisch dicht hergestellt wird.

Gebäude, die ganz oder im wesentlichen aus Eisen bestehen (z. B. eiserne Bahnhofshallen, Wellblechschuppen und eiserne Schiffe) sind durch ihre großen Eisenmassen gegen Blitzschaden so gut geschützt, daß hier besondere Blitzschutzvorrichtungen in der Regel entbehrlich sind. Auch bei den Wohngebäuden gewöhnlicher Art mit harter Dachung ist die Blitzgefahr eine sehr geringe; dieselben werden äußerst selten vom Blitz entzündet, und unter zwei Millionen Menschen wird jährlich kaum einer innerhalb eines Wohngebäudes vom Blitz erschlagen. Es besteht daher bei dieser Art von Gebäuden ein Bedürfnis zur Anbringung von Blitzableitern im allgemeinen nur, soweit sie frei und exponiert auf erhöhten Punkten gelegen sind. Kirchtürme sind der Gefahr des Blitzschlages etwa 20 mal mehr ausgesetzt als Wohngebäude, weshalb sich die Anbringung von Blitzableitern an Kirchen und ähnlichen hohen Gebäuden sowie auch an hohen Fabrikschornsteinen empfiehlt. Gefüllte Scheunen und andre zur Aufbewahrung oder Verarbeitung größerer Mengen leicht entzündlicher Stoffe dienende Gebäude werden durch den Blitzschlag in der Regel entzündet und zerstört. Es ist deshalb die Anbringung von Blitzableitern an solchen Gebäuden besonders begründet. Die größte Vorsicht ist geboten bei Gebäuden zur Herstellung und Lagerung explosiver Stoffe. Solche Gebäude umgibt man mit einer vollständigen metallischen Hülle, oder man gestaltet den Blitzableiter nach Art eines Faradayschen Käfigs, von dem bekannt ist, daß bei genügend kleiner Maschenweite keine Elektrizität ins Innere des Käfigs dringt. Bei den besonders gefährlichen Gebäuden zur Herstellung nitroglyzerinhaltiger Sprengstoffe werden neuerdings zwei Blitzableitersysteme nebeneinander angewendet: 1. ein äußeres Netzsystem, das etwa 2 m über dem höchsten Punkte des Gebäudes wagerecht ausgebreitet, seitlich in größerem Abstand von dem Gebäude durch freistehende eiserne Stangen unterstützt und mit einer guten Erdleitung versehen ist; 2. ein weiteres Netzwerk von Drähten, unmittelbar an dem Gebäude angebracht, das den Zweck hat, einen vom äußeren System etwa nicht genügend aufgefangenen Blitz oder eine Teilentladung aufzunehmen, unschädlich abzuleiten und insbesondere das Innere des Gebäudes von elektrischen Spannungen frei zu halten. Außerdem werden die metallenen Gegenstände, die Rohr- und elektrischen Leitungen, im Innern des Gebäudes so angeordnet, daß elektrische Spannungen zwischen den einzelnen Teilen nicht vorkommen und durch die Leitungen nicht ins Innere geführt werden können.

Um den Blitzableiter dauernd in gutem Zustande zu erhalten, sind wiederholte Untersuchungen durch Sachverständige erforderlich, wobei auch zu beachten ist, ob inzwischen Aenderungen an dem Gebäude vorgekommen sind, die entsprechende Aenderungen oder Ergänzungen des Blitzableiters bedingen. Die übliche Messung des elektrischen Leitungswiderstandes der Gebäudeleitungen und des Uebergangswiderstandes der Erdleitung mit dem Galvanometer oder der Wheatstoneschen Brücke hat einen gewissen Wert, wenn sie von richtigen Sachverständigen vorgenommen wird; namentlich bei Anschlüssen an unterirdische Rohrleitungen kann mit Hilfe dieser Messungen ohne das umständliche Geschäft der Bodenaufgrabung gefunden

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

werden, ob die Verbindungsstellen noch gut leitende metallische Kontakte besitzen. Es ist aber nicht rätlich, sich ausschließlich auf das Ergebnis dieser Messungen zu verlassen. Das Resultat kann ein günstiges sein, wenn die Leitungsteile nur noch mit einer Faser zusammenhängen, die aber für den Durchgang des starken Blitzstromes zu schwach ist; umgekehrt kann bei einem schlechten Resultat doch ein so fester Zusammenhang vorhanden und der Uebergangswiderstand im Vergleich zu demjenigen der übrigen möglichen Blitzwege immerhin so gering sein, daß der Entladungsstrom dem vorgezeichneten Weg sicher folgt. Zu berücksichtigen ist, daß bei Vorhandensein mehrerer Erdleitungen zur Messung des Uebergangswiderstandes jeder einzelnen die sämtlichen unter sich zusammenhängenden Gebäudeleitungen bis auf eine von den Erdleitungen getrennt werden müssen, was in vielen Fällen, insbesondere dort, wo metallene Gebäudeteile als Leitungen benutzt werden, mit großen Schwierigkeiten verbunden oder unmöglich ist. Auch stößt die Herstellung der zur Messung des Uebergangswiderstandes einer Erdleitung erforderlichen Hilfserdleitungen häufig auf Schwierigkeiten. Das Sicherste sind wiederholte sachverständige Besichtigungen der Leitungen, nötigenfalls unter Anwendung eines Fernrohrs, und, soweit Zweifel über die Güte der Erdleitung bestehen, das Aufgraben des Bodens und Bloßlegen der Leitung.

Die allgemeine Literatur über Gebäudeblitzableiter findet sich in [2]; Anleitungen zur Vornahme galvanometrischer Messungen sind in [3] gegeben. Im Erscheinen begriffen ist das Werk des Verfassers: Findeisen, Praktische Anleitungen für die Herstellung von Gebäudeblitzableitern, Berlin (Springer).

Blitzableiter elektrischer Schwach- und Starkstromanlagen. Telegraphen- und Telephonleitungen sowie elektrische Leitungen für Beleuchtung und Kraftübertragung sind (insofern sie als Freileitungen auf Stangen geführt werden) dem Blitzeinschlag je nach der örtlichen Lage mehr oder weniger ausgesetzt; viel häufiger aber kommen ohne eigentlichen Blitzschlag elektrostatische Ladungen der Freileitungen durch die atmosphärische Elektrizität vor, oder es können plötzliche elektrische Ströme in denselben dadurch induziert werden, daß irgendwo in der Nähe ein Blitz zur Erde geht oder eine Entladung zwischen zwei über der Leitung befindlichen Gewitterwolken stattfindet. Durch direkte Blitzschläge in die Leitungen können die Drähte geschmolzen und zerrissen, die Isolatoren durchschlagen, die Leitungsstangen zersplittert, die Gebäude, in welche die Leitungen führen, beschädigt oder entzündet, die elektrischen Maschinen und Apparate zerstört und Menschen gefährdet werden, während infolge der obengenannten indirekten Blitzwirkungen gewöhnlich nur Beschädigungen an den Maschinen und Apparaten und lästige Betriebsunterbrechungen vorkommen.

Zur Verhütung dieser Gefahren werden besondere Blitzableiter oder Blitzschutzvorrichtungen für elektrische Schwach- und Starkstromanlagen angewendet. Wegen der verhältnismäßigen Seltenheit von wirklichen Blitzschlägen in elektrische Leitungen verzichtet man in der Regel auf einen Schutz der Leitungsdrähte selbst; nur an besonders blitzschlagreichen Orten wird zuweilen ein besonderer Blitzdraht über den Leitungsdrähten hinweg und in gewissen Abständen von den Leitungsstangen zur Erde geführt. Wenn bei Starkstromanlagen das Drei- oder Mehrleitersystem mit Nulleiter zur Anwendung kommt, läßt sich ein einfacher Blitzschutz dadurch erzielen, daß der Nulleiter, an höchster Stelle geführt, als Blitzdraht verwendet und mit Abständen von ca. 100 m an Erde gelegt wird. — Die Telephonständer auf Häusern werden zum Schutz der letzteren und der Telephonleitungen in der Regel mit gewöhnlichen Gebäudeblitzableitern versehen.

Die Konstruktion der Schwach- und Starkstromblitzableiter beruht im wesentlichen darauf, daß in von der Betriebsleitung abzweigende Ableitungen zur Erde eine oder mehrere kleine Unterbrechungsstellen eingeschaltet werden. Da solche Unterbrechungsstellen dem Uebergang des hochgespannten Entladungsstromes der atmosphärischen Elektrizität zur Erde einen erheblich geringeren Widerstand darbieten als die von der Erde isolierten elektrischen Leitungsdrähte und die eine große Selbstinduktion besitzenden Drahtwicklungen der Maschinen und Apparate, so überspringt die atmosphärische Elektrizität jene Unterbrechungsstellen und läßt die elektrische Anlage unbeschädigt. Durch Einschaltung von Induktionsspulen zwischen den Funkenstrecken und den zu schützenden Apparaten, also durch künstliche Erhöhung der Selbstinduktion in der Betriebsleitung, wird die Wirksamkeit der Blitzschutzvorrichtung erhöht. Bei Starkstromanlagen ist jedoch noch eine weitere wichtige Vorsichtsmaßregel erforderlich. Denn wenn hier in Leitungen verschiedener Polarität gleichzeitig Funkenübergänge durch atmosphärische Entladungen an den Blitzschutzvorrichtungen stattfinden, so ist das Leitungsnetz über den Erdleitungen der Blitzschutzvorrichtungen kurz geschlossen; infolgedessen entstehen Lichtbögen an den Funkenstrecken; dauern diese eine Zeitlang an, so hat dies wegen Abschmelzens der Schmelzsicherungen eine Betriebsstörung und eine Zerstörung der Blitzschutzvorrichtung zur Folge. Es müssen daher die Starkstromblitzableiter Einrichtungen erhalten, durch welche der obenerwähnte Lichtbogen verhindert oder, wenn er entstanden ist, so schnell wie möglich ausgelöscht oder abgerissen wird. Diese Blitzschutzvorrichtungen werden in der Regel beim Uebergang der Freileitungen in die Gebäude innerhalb der letzteren in der Nähe der Stromerzeuger und -verbraucher, der Transformatoren und Apparate angebracht.

Ganz unterirdisch verlaufende elektrische Leitungen bedürfen keines Blitzschutzes; dagegen sind Blitzableiter überall da anzubringen, wo eine Freileitung in ein unterirdisches Kabelnetz übergeht. Jede einzelne Hausinstallation, die an die Freileitung einer elektrischen Zentrale angeschlossen ist, zu schützen, erscheint nicht nötig; es genügen in der Regel Blitzableiter an den Verteilungspunkten der Leitung und an den Enden der Ausläufer. Bei langen exponierten Leitungen in gewitterreichen Gegenden empfiehlt sich jedoch die Anbringung, einer größeren Anzahl von Blitzschutzvorrichtungen auch auf der Leitungsstrecke. Da die Starkstromblitzableiter insbesondere bei Hochspannungsanlagen leicht versagen, sind die elektrischen Maschinen, Transformatoren und Apparate an feuersicherem Ort aufzustellen.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Elektrifche Signal- und Telephonleitungen fowie elektrifche Lichtleitungen mit eignem Stromerzeuger, die ausfchließlich im Innern eines Gebäudes verlaufen, bedürfen keines befonderen Blitzfchutzes. Es kommen zwar felbft bei Vorhandenfein guter Gebäudeblitzableiter öfters Befchädigungen durch Induktionswirkungen vor, doch find diefe in der Regel geringfügiger Natur, und es genügt, daß leicht entzündliche oder explofible Stoffe von den Leitungen und Apparaten, insbefondere von den Unterbrechungsftellen ferngehalten werden. Bei Gebäuden zur Herftellung und Lagerung fehr leicht explofibler Sprengftoffe wird die Einführung elektrifcher Leitungen ins Innere der betreffenden Räume womöglich ganz vermieden; andernfalls empfiehlt es fich, wenigftens bei der Einführungsftelle in das Haus oder den Raum eine Vorrichtung anzubringen, durch die beim Anzug eines Gewitters und während der ganzen Dauer desfelben die fämtlichen inneren Leitungen von den äußeren vollftändig getrennt werden können. Näheres über die Herftellung von Blitzableitern für elektrifche Anlagen f. [4].

Literatur: [1] Leitfätze des Elektrotechnifchen Vereins über den Schutz der Gebäude gegen den Blitz, Berlin 1903; Neuere Abhandlungen über Blitzableiter in der Elektrotechnifchen Zeitfchrift 1897, S. 457; 1898, Heft 50 und 51; 1900, S. 323, 340 und 583; 1901, S. 330, 389, 569 und 603; 1902, S. 525. — [2] Rouffeau, E. M., Electricité statique, Paratonnerres, Brüffel 1882; Melfens, M., Paratonnerres, notes et commentaires, Brüffel 1882; Report of the lightning rod conference, London 1882; Meidinger, H., Gefchichte des Blitzableiters, Karlsruhe 1888; Courtoy, R., und Boulvin, R., De la foudre et des moyens d'en prévenir les dangers, Brüffel 1889; Lecher, E., Neues über Blitzableiter, Wien 1891; Weber, L., Die Blitzgefahr, Nr. 1, Mitteilungen und Ratfchläge, betr. die Anlage von Blitzableitern für Gebäude, herausgegeben im Auftrage des Elektrotechnifchen Vereins, Berlin 1891; Der Anfchluß der Gebäudeblitzableiter an Gas- und Waffer-leitungen, Denkfchrift des Verbandes deutfcher Architekten- und Ingenieurvereine, Berlin 1893; Anleitung für die Anlage von Blitzableitern auf Militärhochbauten einfchließlich der Friedenspulvermagazine, Berlin 1893; Findeifen, F., Ratfchläge über den Blitzfchutz der Gebäude unter befonderer Berückfichtigung der landwirtfchaftlichen Gebäude, Berlin 1899; Neefen, F., Die Blitzgefahr, Nr. 2: Einfluß der Gas- und Waffer-leitungen auf die Blitzgefahr, herausgeg. im Auftrage des Elektrotechnifchen Vereins, Berlin und München 1901; Gemeinfaßliche Belehrung über die zweckmäßige Anlegung von Blitzableitern, im Auftrage des K. fächf. Miniferiums des Innern neu bearbeitet von der K. Technifchen Deputation, Dresden 1901. — [3] Nippold, W. A., Die Entftehung der Gewitter und die Prinzipien des Zweckes und Baues der Blitzableiter, mit einem Anhang über die Methoden der Blitzableiterprüfungen, Frankfurt 1897; Anfchluß von Blitzableitern an Waffer- und Gasleitungen, Gutachten der K. Akademie des Bauwefens, Zentralblatt der Bauverw. 1898, S. 13; Meidinger, H., Die Anlage der Blitzableiter, Karlsruhe 1899; Lindner, M., Prakt. Anleitung zur Projektierung, Herftellung und Prüfung von Gebäudeblitzableitern, Leipzig 1901. — [4] Neefen, F., Die Sicherungen von Schwach- und Starkftromanlagen gegen die Gefahren der atmofphärifchen Elektrizität, Braunfchweig 1899; Benifchke, Die Schutzvorrichtungen der Starkftromtechnik gegen atmofphärifche Entladungen, Braunfchweig 1902. *F. Findeifen.*

Fig. 1. Weißes Blitzfeuer. Dauer des Blitzes und der Verdunklung je 1 Sekunde.

Fig. 2. Gruppenblitzfeuer. 2 Blitze von je 2 Sekunden Dauer, Verdunklung zwifchen den Blitzen 1 Sekunde, nach denfelben 15 Sekunden.

Blitzableiter für Telegraphen- und Telephonleitungen f. Blitzableiter.

Blitzfeuer. Feuer von meift weißer Farbe, die durch gleichmäßig kurze Dunkelpaufen gefchiedene, plötzlich auftauchende Blitze von gleichmäßiger Stärke zeigen (Fig. 1). Folgen nach längerer Dunkelpaufe mehrere Lichtblitze fehr fchnell aufeinander, fo bezeichnet man diefe Leuchtfeuerart als Gruppenblitzfeuer (Fig. 2); f. a. Leuchtfeuer. *von Nieffen.*

Blitzlicht. Sehr rafch abbrennende Gemifche von Magnefium- oder Aluminiumpulver mit fauerftoffreichen Subftanzen, die in der Photographie als Lichtquelle zum Photographieren von dunkeln Innenräumen, Porträt- und Gruppenaufnahmen verwendet werden, bezeichnet man als Magnefium- oder Aluminiumblitzlicht.

Magnefium verbrennt z. B. mit Kaliumchlorat nach der chemifchen Gleichung $3\,Mg + KClO_3 = 3\,MgO + KCl$. — Müllers Blitzlicht befteht aus einem Gemifch von 30 Teilen Kaliumchlorat, 30 Teilen Kaliumperchlorat und 40 Teilen Magnefiumpulver; man verwendet gewöhnlich einige Gramm diefer Mifchung zum Photographieren kleinerer Innenräume oder Gruppen; das Blitzpulver muß auf einer Unterlage von Metall, Stein oder dergl. frei an der Luft abgebrannt werden (Vorficht!). Gut wirkt auch ein Gemifch von 3 Teilen feingepulvertem Kaliumhypermanganat mit 4 Teilen Magnefium. — Sehr gebräuchlich ift das ganz explofionsfichere Bayerfche Blitzlicht, ein Gemifch von Magnefiumpulver und Braunftein. Ein ebenfalls ficheres und raucharmes Blitzlichtpulver erhält man nach York Schwartz durch Mifchen von 4 Teilen Magnefiumpulver mit 5 Teilen Gips. — Alle drei Gemifche geben bei gleichem Magnefiumgehalte annähernd diefelbe Helligkeit. Die Verbrennungsdauer diefer Gemifche ift bei einem Gehalte von 1—4 g Magnefium ungefähr $^1/_{10}$—$^1/_{20}$ Sekunde. Die Entzündung erfolgt elektrifch (Erglühen eines feinen Platin-, Eifen- oder Nickelindrahtes) oder mittels Lunten (Vorficht!). — Papierlunten zum Entzünden von Blitzpulver ftellt man her durch Eintauchen von Fließpapier in warm gefättigte Salpeterlöfung, worauf das Papier zum Trocknen aufgehängt wird. Die trockenen Lunten find monatelang haltbar. Zu einer Porträt- oder

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Gruppenaufnahme genügen je nach der Diſtanz der Lichtquelle und Ausdehnung des Raumes 0,1—2 g Magneſium; es wird hierbei nach Eder pro 1 mg verbranntes Magneſium der photographiſche Lichteffekt von 200 Kerzenmeterſekunden entwickelt. — Vgl. a. Aluminiumblitzlicht.

Eine andre Art von Magneſiumblitzlicht entſteht, wenn man Magneſiumpulver aus einer ſchräg gehaltenen Röhre gegen eine Kerzen-, Weingeiſt- oder Gasflamme bläſt, oder geeignete pneumatiſche Vorrichtungen hierzu (Kautſchukbälle u. ſ. w.) anwendet; dieſes Blitzlicht wird auch „Puſtlicht“ genannt und erreicht eine Verbrennungsdauer von ungefähr $^1/_8$—10 Sekunden; es entwickeln hierbei 1 mg Magneſium im Mittel 385 Kerzenmeterſekunden (Eder); in reinem Sauerſtoff verbrennendes Magneſium liefert ungefähr doppelte Helligkeit.

Literatur: Schnauß, H., Die Blitzlichtphotographie, 3. Aufl., Leipzig 1902; Eders Jahrbuch für Photographie 1903, S. 394; Eder, Ausführliches Handbuch der Photographie, 2. Aufl., Bd. 1, erſte Hälfte; ferner Eder, Photometriſche Unterſuchung der chemiſchen Helligkeit von brennendem Magneſium, Aluminium und Phosphor, Sitzungsbericht der K. Akademie der Wiſſenſch. in Wien, mathem.-naturw. Klaſſe, Bd. CXII, Abt. IIa, April 1903; Holm, Photographie bei künſtlichem Lichte, Berlin 1903.

J. M. Eder.

Blitzröhren ſind 1. Glasröhren, welche man außen oder innen mit einer Staniolſpirale beklebt hat, die durch Auskratzen in rautenförmige Stückchen zerteilt wurde. Die beiden Enden ſind mit Metallfaſſungen verſehen, deren eine als Handgriff dient. Berührt man mit dem andern Ende den Konduktor einer Elektriſiermaſchine, die ſich im Gang befindet, ſo zeichnen ſich im Dunkeln die Entladungen von Raute zu Raute als Lichtlinie ab; 2. auch Fulgurite heißen in der Mineralogie röhrenförmige Bildungen im Sand, deren Entſtehung man einer Schmelzung des Sandes beim Durchſchlagen des Blitzes zuſchreibt. *Aug. Schmidt.*

Blitzſchutzvorrichtungen für elektriſche Leitungen, ſ. Blitzableiter.

Block. Das Blockwerk an Bord der Schiffe, d. h. die Blöcke mit ihrem Blockzubehör, bilden in Verbindung mit dem laufenden Gut der Takelage (ſ. d.) die mannigfachen Taljen (Flaſchenzüge) bezw. Leitrollen zum Holen der Läufer (Taue) für die Bewegung der Raaen, Bäume und Gaffeln ſowie zum Setzen, Bewegen und Bergen der Segel.

Der Block beſteht aus dem Gehäuſe, der Scheibe mit Bolzen oder Nagel und dem Stropp bezw. Beſchlag nebſt Haken, Auge oder Schäkel (Fig. 1). Nach der Zahl der Scheiben unterſcheidet man ein-, zwei- und dreiſcheibige Blöcke, mit Bezug auf das Material des Blockgehäuſes hölzerne und eiſerne Blöcke; letztere gliedern ſich in ſolche aus ſchmiedbarem Eiſenguß (Temperguß) und aus Stahlblech gebaute. Während hölzerne Blöcke, aus Rüſternholz gefertigt, früher in entſprechenden Keepen (Rillen) gelagert mit einem Stropp aus Hanf- oder Stahldrahttau zum Aufhängen des Blocks und der Zugorgane verſehen ſind, erhalten dieſelben neuerdings meiſt ſchmiedeeiſerne Beſchläge mit entſprechenden Augen und Haken. Verwendet man bei Holzblöcken eiſerne Beſchläge, ſo werden dieſelben im Innern des Gehäuſes angeordnet, um dem Blockbolzen unmittelbar neben den Scheiben eine Lagerung geben zu können, ſo daß bei mehrſcheibigen Blöcken ein Bolzen gleicher Stärke verwendet werden kann. Der Bolzen wird aus Tiegelſtahl von hoher Feſtigkeit gefertigt, durch eine Naſe am Drehen verhindert und durch Splintmutter oder eine am Gehäuſe befeſtigte Meſſingplatte am Herausfallen gehindert. Die Scheiben beſtehen bei Verwendung von Hanftauwerk aus Pockholz oder Bronze, bei Stahldrahttauwerk und bei Ketten aus Gußeiſen und erhalten eine Buchſe aus Rotguß [1]. Blöcke mit leichter Beweglichkeit, wie z. B. die Kuttertaljenblöcke, führen Scheiben mit Rollenbuchſen, ſogenannte Patentbuchſen. Auch kommen Buchſen mit Kugelringen zur Anwendung [2]. Der Durchmeſſer der Blockſcheibe wird meiſt gleich dem ſechsfachen Durchmeſſer des Läufers gewählt.

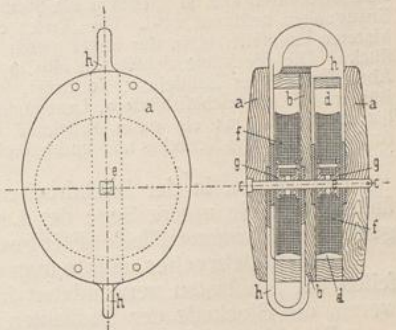


Fig. 1. Zweiſcheibiger gewöhnlicher Block aus Holz mit eiſernem Beſchlag für Hanftau. *a* Backen. *b* Damm. *c* Bolzengatt. *d* Scheibengatt. *e* Bolzen. *f* Scheibe. *g* Scheibenbuchſe. *h* Beſchlag.

Handelt es ſich um Bewältigung größerer Laſten und großer Weglängen, ſo wählt man den Scheibendurchmeſſer größer, ſind nur kleine Laſten und Wege zu zwingen, ſo beſchränkt man ſich auf kleinere Scheiben.

Je nach ihrem Verwendungszweck nehmen die Blöcke verſchiedene Formen an. Die gewöhnlichen Blöcke beſitzen normale Scheibengrößen; Blöcke mit größeren Scheiben, bei denen es auf ein leichtes Holen ankommt, heißen Flachblöcke, während Blöcke mit kleinen Scheiben und dementſprechend gedrungener Form Klumpblöcke genannt werden (Fig. 2). Sie finden in der Hauptſache als Hals- und Schotenblöcke der Segel Verwendung. Leitblöcke nennt man die in den Nagelbänken um eine vertikale Achſe drehbar gelagerten Blöcke, die bezwecken, die Bewegungsrichtung des Läufers abzulenken, d. h. ſie zu leiten. Eine beſondere Gattung derſelben bilden die Fußblöcke (Kinnbacksblöcke oder Einlegeblöcke), einſcheibige, an einem Auge mittels Wirbelſchäkel befeſtigte Blöcke, deren eine Backe nebſt

Beſchlag ſich öffnen läßt, damit man die Bucht des Läufers oder einer Troſſe in die Blockſcheibe einlegen kann (Fig. 3). Radblöcke, d. h. Blöcke mit großer, radförmiger Scheibe, werden beim Laden und Löſchen verwendet, Puppblöcke, zwei zu einem Gehäuſe verbundene einſcheibige Blöcke von verſchiedenem Scheibendurchmeſſer, dienen zum Setzen der Wanten und für Top-

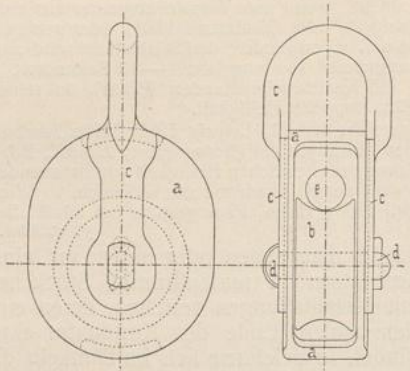


Fig. 2. Klumpblock aus ſchmiedbarem Gußeiſen für Hanftau. *a* Blockgehäuſe. *b* Scheibe. *c* Beſchlag. *d* Bolzen. *e* Läufer.

nanten. Das Blockzubehör beſteht aus Haken, Schäkeln und Augen; erſtere werden meiſt drehbar als Wirbelhaken und Wirbelſchäkel ausgebildet, um ein Drehen des aufgehängten Blocks zu ermöglichen.

Literatur: [1] Dick, C., und Kretſchmer, O., Handbuch der Seemannſchaft, Berlin 1899. — [2] Middendorf, F. L., Bemaſtung und Takelung der Schiffe, Berlin 1902. *T. Schwarz.*

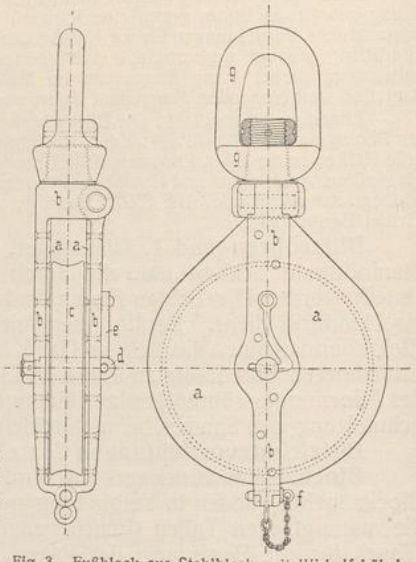


Fig. 3. Fußblock aus Stahlblech mit Wirbelſchäkel. *a* Blockgehäuſe. *b* Beſchlag. *c* Scheibe. *d* Bolzen. *e* Haken. *f* Vorſtecker zum Löſen der einen Backe. *g* Wirbelſchäkel.

Block (auch Baublock) iſt im Städtebau die techniſche Bezeichnung für eine von Straßen umgebene Grundſtücksgruppe oder Gebäudegruppe.

Die üblichſte, für die Bebauung bequemſte und vorteilhafteſte Form des Blocks iſt das Rechteck. Aber auch Quadrate, Trapeze, unregelmäßige Vierecke, Dreiecke und Vielecke kommen als Blockfiguren vor, je nachdem die Straßenführung durch Verkehrsanforderungen und ſonſtige Erwägungen beſtimmt wird. Die „Tiefe“ eines Blocks, d. h. der Abſtand von der vorderen zur hinteren Langſeite, iſt in der Regel gleich der Tiefe zweier hintereinander liegender Baugrundſtücke. Die Blocktiefe richtet ſich alſo in den Stadtbauplänen (ſ. d.) nach den erwünſchten Abmeſſungen der Bauſtellen; ſie ſteigt, je nachdem die Bebauung mit Arbeiterwohnungen, Bürgerhäuſern, Geſchäftshäuſern, Landhäuſern oder Fabriken beabſichtigt wird, von etwa 36 m bis zu etwa 150 m; ein gutes Mittelmaß iſt 70 m. Die Blocklänge wählt man, ſoweit nicht Anforderungen des Verkehrs und andre Rückſichten maßgebend ſind, gern etwa zweimal ſo groß als die Blocktiefe. *Stübben.*

Blockade, in der Buchdruckerei jene Stelle im Satze, wo ſtatt des Buchſtabenbildes die untere Seite der Letter abgedruckt erſcheint, ein in der Mitte getrennter ſchwarzer Fleck (Fliegenkopf).

Blockadebrecher nannte man die im nordamerikaniſchen Bürgerkriege von ſeiten der Südſtaaten verwendeten ſchnellaufenden Dampfer, die dazu beſtimmt waren, die Blockade der Südſtaaten zu durchbrechen. *T. Schwarz.*

Blockbandſägen, Blockkreisſägen, Band- und Kreisſägen, die beſonders zum Zerſchneiden großer Holzblöcke eingerichtet ſind, ſ. Sägemaſchinen.

Blockdecke (Tramdecke), ein aus dicht nebeneinander liegenden Stämmen beſtehendes Gebälke, bei dem die einzelnen Hölzer durch Dübel (ſ. d.) unter ſich verbunden ſind (Dübelgebälke). Eine zweite Art beſteht darin, daß ſchwächere Hölzer (Blockhölzer) zwiſchen nahe aneinander liegenden Balken eingenutet werden. *Weinbrenner.*

Blockdruck (Moſaikdruck, Paſtellſtiftdruck), gleichzeitiger Druck mehrerer Farben durch Herſtellung einer aus einzelnen, den verſchiedenen Farbenpartien des zu reproduzierenden Originals entſprechenden Farbeblöcken moſaikartig zuſammengeſetzten Druckform. Der Umſtändlichkeit und mangelhaften Ergebniſſe wegen wenig im Gebrauch. Näheres in: Albert, Der Moſaik- oder Blockdruck (Separatabdruck), Wien 1899. *A. W. Unger.*

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Blockeinrichtungen sind meist elektrisch betriebene Einrichtungen, die zur Sicherung des Zugverkehrs auf der offenen Strecke, der Fahrt durch Weichenstraßen, über Drehbrücken und ähnliche besonders gefährdete Stellen dienen. Das Wesen derselben besteht darin, daß die die Fahrt auf einer bestimmten Strecke sichernden Signale von einer über den Zustand dieser Strecke unterrichteten Stelle aus so lange gesperrt gehalten werden, bis die Strecke fahrbar ist. — Vgl. a. Blockstationen und Blocksystem.

Die Blockeinrichtungen dienen entweder zur Sicherung von Signalen allein — und zwar ist dies der Fall bei den Blocksignalen der freien Strecke und den Ein- und Ausfahrtsignalen solcher kleinen Bahnhöfe oder Haltestellen, die nicht mit Stellwerken für Weichen- und Signalstellung versehen sind — oder sie dienen auf größeren Bahnhöfen zur Sicherung der letztgenannten Einrichtungen. Da sie in diesem Falle in das Gebiet der Stellwerke (s. d.) gehören, so sollen hier nur die Blockeinrichtungen der ersteren Art besprochen werden, die das Wesen dieser Apparate auch am klarsten erkennen lassen.

Damit Züge, die von einer Station hintereinander in derselben Fahrrichtung abgelassen werden, auf offener Strecke nicht zusammenstoßen, ist es notwendig, daß zwischen der Abfahrt der aufeinander folgenden Züge von der Station ein gewisser Zeitraum innegehalten wird (Zeitblocksystem) oder daß zwischen den Zügen ständig ein gewisser Raumabstand bestehen bleibt (Raumblocksystem). Das letztere System bietet offenbar bei richtiger Handhabung vollkommene Sicherheit und ist bei starkem Betriebe allein empfehlenswert. — Die technischen Vereinbarungen ([1], § 167) empfehlen dringend, Vorkehrungen zu treffen, daß die Züge nur in Raumabstand einander folgen, und nach der Betriebsordnung für die Haupteisenbahnen Deutschlands ([2], § 25) darf ein Zug eine Station erst verlassen, nachdem der vorhergehende die nächste Station oder Blockstation erreicht hat. Dieselbe Bestimmung gilt auch für die Züge auf deutschen Nebenbahnen, deren Fahrgeschwindigkeit größer ist als 15 km in der Stunde ([3], § 29).

Den nachstehend beschriebenen Blockeinrichtungen liegt durchweg das Raumblocksystem zugrunde, bei dem Züge einander nur in Stationsabstand folgen dürfen. Um nun bei starkem Betriebe und großem Abstande der Stationen doch eine rasche Zugfolge zu ermöglichen, teilt man in solchen Fällen die Strecke zwischen den eigentlichen Verkehrsstationen in eine Anzahl von Abschnitten (Blockabschnitte), auf deren Grenzen sogenannte Blockstationen angelegt werden, d. h. einfache Wärterposten mit Signalmasten und den erforderlichen Blockeinrichtungen.

Fig. 1.

In Fig. 1 ist z. B. die Strecke zwischen dem Ausfahrtsignal 1 der Station *A* und dem Einfahrtsignal 5 der Station *B* in vier Blockabschnitte geteilt, auf deren Grenzen die Blockstationen 2—4 angeordnet sind. Unter der Voraussetzung, daß die Signale 1 und 5 in das Blocksystem eingeschlossen sind, spielt sich der Betrieb in folgender Weise ab: Befindet sich ein Zug bei der Fahrt von *A* nach *B* auf einem beliebigen Blockabschnitt, z. B. 2—3, so ist bei ordnungsmäßigem Betriebe das die Rückseite des Zuges deckende Signal 2 auf „Halt" gestellt und in dieser Stellung verriegelt (geblockt). Das Signal 3 ist dagegen entriegelt, vorausgesetzt, daß sich auf der folgenden Blockstrecke 3—4 kein Zug befindet. Der Wärter in 3 gibt daher beim Herannahen des Zuges von 2 demselben freie Fahrt und stellt nach dem Passieren desselben sein Signal wieder auf „Halt", um den Zug jetzt bei der Fahrt von 3 bis 4 von rückwärts zu decken. Hierauf entriegelt er mit Hilfe seines Blockapparates das Signal in 2, da die Strecke 2—3 jetzt frei ist. Durch dieselbe Manipulation verriegelt er jedoch sein eignes Signal 3 in der Haltstellung und begibt sich damit jeder Einwirkung auf die Bewegung desselben, bis letzteres durch den Posten in 4 wieder entriegelt wird, nachdem der Zug das Signal 4 passiert hat. Hiernach wird also die Blockung jedes Signals in der Haltstellung durch den betreffenden Blockwärter selber bewirkt, die Entblockung dagegen durch den in der Zugrichtung nächstfolgenden Wärter. Hieraus ergibt sich, daß das Ausfahrtsignal 1 der Station *A* durch den Wärter in 2, das Einfahrtssignal 5 der Station *B* dagegen durch letztere Station selbst entriegelt werden muß.

Von den Blockapparaten, die für den oben beschriebenen Zweck verwendet werden, soll hier nur der Apparat von Siemens & Halske in Berlin näher besprochen werden, der infolge seiner vorzüglichen Konstruktion und Bewährung wenigstens auf den Bahnen des Kontinents die weiteste Verbreitung gefunden hat. Die Sperrung des Signals, gewöhnlich eines Flügelsignals, erfolgt bei demselben mechanisch, das Festlegen und Auslösen dieser Sperrung dagegen auf elektrischem Wege, und zwar durch die Anwendung von Wechselströmen, wodurch die selbsttätige Auslösung der Apparate durch die atmosphärische Elektrizität vermieden wird. Das Aeußere eines Siemens & Halskeschen Blockapparates neuester Konstruktion für Streckenblockung ist aus Fig. 2 ersichtlich. Die erforderliche Anzahl der Sperreinrichtungen ist in einem gemeinschaftlichen gußeisernen Schutzkasten untergebracht, der an der Wand des Wärterhauses befestigt ist. In der Vorderwand des Kastens befinden sich die Blockfenster *F*, die je nach der Stellung des zugehörigen Sperrapparates rot oder weiß geblendet sind. Die Sperrapparate selber werden durch die nach oben aus dem Kasten hervorragenden Blocktasten *T* bewegt. An der Seite des Kastens befindet sich eine Kurbel *J* für den zur Erzeugung der Wechselströme dienenden Magnetinduktor. Im unteren Teile des Gehäuses sind die Winden für die Bewegung der Flügel des

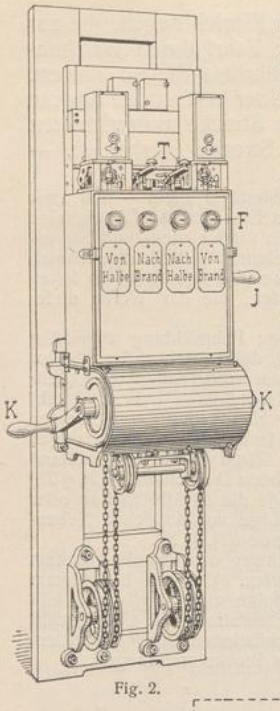


Fig. 2.

Signalmaftes gelagert, deren beide Kurbeln mit *K* bezeichnet find. Es möge hier noch bemerkt werden, daß die gewöhnlichen Streckenblockapparate nur zweiteilig, alfo mit zwei Blockfenftern (eines für je eine Zugrichtung) ausgeführt werden. Der Zweck der in Fig. 2 dargeftellten vierteiligen Anordnung, deren Konftruktion fich fonft im Prinzip nicht von der zweiteiligen unterfcheidet, wird weiter unten erörtert werden. — Die Anordnung der eigentlichen Sperrvorrichtung ift aus den fchematifchen Figuren 3—5 erfichtlich. Die bisher befprochenen Teile find in denfelben mit den gleichen Buchftaben bezeichnet wie in Fig. 2. Fig. 3 und 4 zeigen die beiden miteinander verbundenen Blockabteilungen oder Blockfelder zweier aufeinander folgenden Blockftationen, die, wie erfichtlich, genau gleich ausgeführt find. In Fig. 4 und 5 ift die Blockwinde mit dem Signal aus der Zeichnung fortgelaffen. Fig. 3 zeigt das Sperrfeld und damit das auf „Halt" ftehende Flügelfignal in gefperrtem (geblocktem) Zuftande. In demfelben verhindert zunächft das mit der Flügelwinde verbundene Sperrad *R*, in deffen Ausfchnitt fich die Klinke *k* legt, das Drehen der Kurbel *K* und damit das Ziehen des Signales, folange die Klinke *k* nicht unter dem Einfluß ihrer Spiralfeder nach oben in die punktierte Stellung gegangen ift. Hieran wird fie zurzeit verhindert durch die zweiteilige Blockftange S_1 S_2, deren unterer, gegen den oberen verfchiebbarer Teil S_2 in feiner tiefften Stellung die Klinke *k* feftfhält. Die Stange S_2 wird in ihrer Stellung durch einen am oberen Ende befindlichen Nocken gehalten, über deffen obere Kante die drehbare Sperrklinke *s* greift. In der gezeichneten Stellung liegt diefe Klinke mit ihrem oberen Ende an der Welle des Zahnkranzausfchnittes *Z* an, ift alfo an der Drehung nach links verhindert. Der Zahnkranz hat in der gezeichneten Stellung unter dem Einfluß der die Stange S_1 umgebenden Spiralfeder, die auf einen Stift in der Seitenfläche des Kranzes drückt, ebenfalls das Beftreben, fich nach links zu drehen. Er wird an diefer Drehung aber im Ruhezuftand des Apparates durch den in

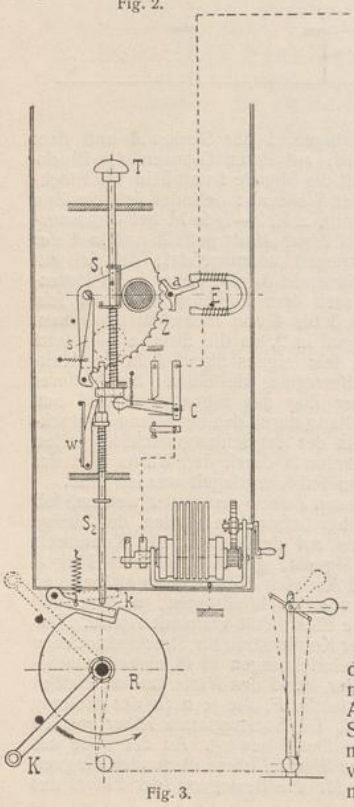


Fig. 3.

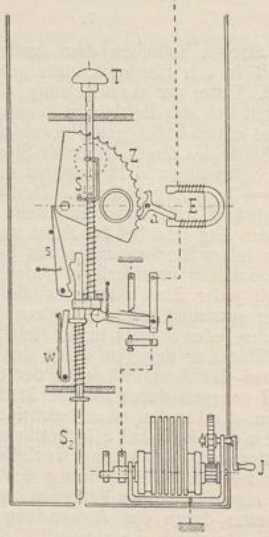


Fig. 4.

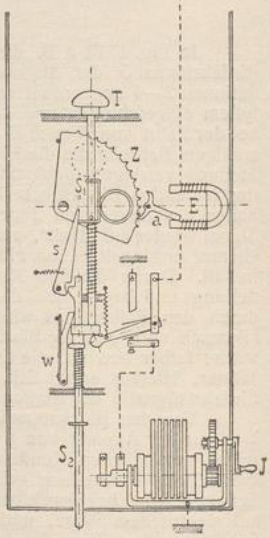


Fig. 5.

den Zahnkranz eingreifenden Anker *a* gehindert. Wird diefer nach dem Prinzip der Ankerhemmung der Uhren wirkende Anker, deffen horizontaler dritter Arm aus einem polarifierten Stahlmagneten befteht, unter dem Einfluß der den Elektromagneten *E* umfließenden Wechfelftröme in Schwingungen verfetzt, fo läßt er den Zahnkranz aus der in Fig. 3 gezeichneten Stellung in die in Fig. 4 und 5 gezeichnete auffteigen.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

In dieſer Stellung läßt ein in der Welle des Zahnkranzes befindlicher Ausſchnitt die Klinke *s* nach links hindurchtreten, die Blockſtange S_2 ſchnappt nach oben und ihr folgt die Klinke *k*, ſo daß hiermit das Sperrad *R* mit der Flügelwinde und dem Signal freigegeben wird. Um den Zuſtand des, wie bemerkt, vollſtändig eingeſchloſſenen Apparates dem Wärter von außen kenntlich zu machen, bewegt ſich der Zahnkranz *Z* hinter den obenerwähnten Blockfenſtern *F* der Fig. 2. Da die obere Hälfte der Fläche des Kranzes rot, die untere weiß geſtrichen iſt, ſo iſt erſichtlich, daß in der tiefſten Stellung, alſo in geblocktem Zuſtande, das Fenſter rot, in der höchſten freien Stellung dagegen weiß geblendet iſt.

Die Wirkungsweiſe zweier miteinander arbeitenden Blockfelder iſt nun die folgende: Fig. 3 und 4. Der Zug hat die Station Fig. 3 paſſiert, das Signal derſelben iſt auf Halt geſtellt und der Apparat geblockt. Der Apparat in Fig. 4 iſt frei. Beim Nahen des Zuges kann der Wärter dieſer Station demnach das Signal auf Fahrt ſtellen, der Zug fährt vorbei, und der Wärter ſtellt hinter ihm das Signal auf „Halt“. Da die rückliegende Strecke frei geworden iſt, ſo muß, um den Zugverkehr nicht aufzuhalten, die Station Fig. 3 durch den Wärter in Fig. 4 entblockt werden, der hierbei ſeinen eignen Apparat blocken muß. Er drückt deshalb die Blocktaſte *T* ſeines Apparates unter gleichzeitiger Drehung der Induktorkurbel *J*. Durch das Drücken der Blockſtange kommt der Mechanismus des Apparates aus der Stellung in Fig. 4 in die Stellung von Fig. 5. Die Wechſelſtröme des mit dem einen Pol an Erde geſchalteten Induktors gelangen über den nach unten gedrückten Kontakthebel *C* zum Elektromagneten *E*, deſſen Anker in Schwingung gerät. Da der Zahnkranz *Z* bei nach unten gedrückter Blocktaſte von dem Druck der die Stange S_1 umgebenden Spiralfeder entlaſtet iſt, ſo kann er durch ſein Eigengewicht beim Schwingen des Ankers allmählich herunterſinken. Er gelangt alſo in die tiefſte Stellung, wie in Fig. 3, und der Apparat in Fig. 4 iſt damit geblockt. Gleichzeitig gelangen jedoch die Wechſelſtröme von der Station Fig. 4 über eine Streckenleitung nach Fig. 3 und gehen über den Elektromagneten *E* und über den obenſtehenden Kontakthebel *C* zur Erde. Beim Schwingen des Ankers *a* dreht ſich der Zahnkranz demnach, wie beſchrieben, aus der tiefſten in die höchſte Stellung, und der Apparat wird entblockt. Das Blocken einer Station bewirkt ſomit das Entblocken der vorhergehenden, und der Wärter iſt gezwungen, das Blocken ſeiner Station nach Vorbeifahrt des Zuges vorzunehmen, weil er anders die vorhergehende Station nicht entblocken kann. Das Blocken iſt aber nur möglich, wie die Zeichnung der Flügelwinde in Fig. 3 zeigt, wenn das Signal vorher auf „Halt“ geſtellt, der vorbeigefahrene Zug durch dasſelbe alſo im Rücken gedeckt iſt.

Die vorſtehend beſchriebene Einrichtung entſpricht im weſentlichen der Anordnung, die ſchon bei den älteſten, in den ſiebziger Jahren des vorigen Jahrhunderts von Siemens & Halske gebauten Blockeinrichtungen angewendet wurde. Die neueren Apparate beſitzen neben den beſchriebenen noch eine Anzahl von Sperreinrichtungen, durch die gewiſſe Gefahren, die bei unrichtiger Handhabung der älteren Apparate entſtehen konnten, vermieden werden. Zu dieſen Sperrvorrichtungen gehört zunächſt die Wiederholungsſperre, beſtehend in einer einfachen Sperrklinke *w* (Fig. 3—5), die bei geblocktem Apparat (Fig. 3) unter einen Kloben am unteren Ende der Stange S_1 greift und das wiederholte Drücken der Blocktaſte *T* verhindert. Wäre dieſe Klinke nicht vorhanden, ſo wäre ein Niederdrücken der Taſte *T* und damit ein Entblocken der rückliegenden Station jederzeit möglich, ſo daß ein nachfolgender Zug in die noch beſetzte Blockſtrecke eingelaſſen werden kann. Dieſe Gefahr wird beſeitigt, indem man den oberen Teil S_1 der Stange $S_1 S_2$ durch eine Sperrklinke in der höchſten Stellung hält, bis letztere bei der Entblockung des Apparates von der folgenden Station mit ausgelöſt wird, ſo daß erſt dann wieder das Niederdrücken der Blocktaſte möglich iſt. Immerhin könnte auch bei dieſer Einrichtung noch der Fall eintreten, daß der Blockwärter, ehe er ſein Signal auf „Frei“ geſtellt hat, ſeinen Apparat wieder blockt und die vorliegende Station entblockt, indem er ſich beiſpielsweiſe beim Blocken der andern Fahrrichtung in der Blocktaſte vergreift. In dieſem Falle würde der kommende Zug vor ſeinem Signal liegen bleiben und ein nachfolgender in die noch beſetzte Blockſtrecke eingelaſſen werden können. Es iſt deswegen durch eine weitere Sperrvorrichtung an der Klinke *k*, die mechaniſche Block- oder Druckknopfſperre, die von der Signalwinde betätigt wird, dafür geſorgt, daß die Blockung des Apparates erſt erfolgen kann, nachdem das Signal erſt auf „Frei“ und darauf wieder auf „Halt“ geſtellt iſt. Um endlich das vorzeitige Blocken eines Apparates zu verhindern, ſind die neueren Apparate noch mit einer Sperrvorrichtung, der elektriſchen Druckknopfſperre, verſehen, die elektromagnetiſch mit Hilfe von Schienenkontakten (ſ. d.) durch den überfahrenden Zug ſelbſt ausgelöſt wird (vgl. über dieſe letzteren Einrichtungen [4] und [5]).

Wie bereits oben angeführt, werden neuere Blockapparate von Siemens & Halske unter Umſtänden vierteilig, alſo auch mit vier Blockfenſtern (je zwei für eine Fahrrichtung) ausgeführt (Fig. 2). Die Einrichtung erſchien namentlich für Strecken mit ſtarkem Verkehr notwendig und bezweckt, von einer Blockſtation der folgenden den Eintritt eines Zuges in die zwiſchenliegende Blockſtrecke durch ein ſichtbares Zeichen anzumelden, indem ein neben dem Blockfenſter befindliches zweites Fenſter rot geblendet wird. Dieſes Vormelden des Zuges erfolgt gleichzeitig mit dem Blocken der Station, die der Zug eben paſſiert hat, und zu dem Zweck ſind die Blocktaſten der nebeneinander liegenden Blockeinrichtungen gekuppelt (Fig. 2). Beim Blocken wird demnach das bisher weiße Blockfenſter der betreffenden Station in rot, das rote Vormeldefenſter in weiß, das weiße Vormeldefenſter der folgenden Station in rot und das rote Blockfenſter der rückliegenden in weiß verwandelt. Die Einrichtung der Apparate ſowie die Bedienung derſelben bleibt im übrigen dieſelbe.

Für die preußiſchen Staatsbahnen ſind im Jahre 1899 vom Miniſter der öffentlichen Arbeiten Vorſchriften über die Ausführung der elektriſchen Blockeinrichtungen und die Handhabung des Blockdienſtes erlaſſen, die unter [6] zu finden ſind.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Literatur: [1] Technifche Vereinbarungen über den Bau und die Betriebseinrichtungen der Haupt- und Nebeneifenbahnen, herausgegeben und verlegt von der gefchäftsführenden Verwaltung des Vereins deutfcher Eifenbahnen, Berlin 1897. — [2] Betriebsordnung für die Haupteifenbahnen Deutfchlands vom 5. Juli 1892, mit Nachträgen von 1897 und 1898. — [3] Bahnordnung für die Nebeneifenbahnen Deutfchlands, vom 5. Juli 1892, mit Nachträgen von 1897 und 1898. — [4] Schubert, Die Sicherungswerke im Eifenbahnbetriebe, Wiesbaden 1903. — [5] Der Eifenbahnbau der Gegenwart, 4. Abfchn.: Signal- und Sicherungsanlagen, Wiesbaden 1901. — [6] Eifenbahnverordnungsblatt, Berlin, 20. September 1899. *Köchy.*

Blocken, Sperren einer Blockeinrichtung (f. d.).

Blockhalden, größere Anfammlung von Blöcken an Gebirgshängen.

Blockhaus, ein Gebäude, aus unbehauenen, gleichmäßig runden Baumftämmen zufammengefetzt (f. Holzwände); dabei bilden in wagerechter Schichtung übereinander gelagerte Hölzer, an den Ecken überftehend miteinander verbunden, die Wände, nebeneinander gelagerte in ähnlicher Weife Decke oder Dach. In holzreichen Gegenden, z. B. Sibirien oder Amerika, dient diefe Bauweife zu den erften Anfiedlungen; die vollendetfte Ausbildung fand fie in den Alpengebieten, befonders im Berner Oberland. *Weinbrenner.*

Blocklehm, f. Gefchiebelehm.

Blockmeißel, ein neben dem Amboß auf dem Ambußftock ftehender Meißel des Nagelfchmieds mit aufwärts gerichteter Schneide zum Abhauen, Abfchroten (f. d.) des Eifens. *Dalchow.*

Blockmodell von Kirk, f. Schiffswiderftand.

Blocknagel, großer Holznagel zur Befeftigung der Bindeweiden und der Stämme eines Floßes.

Blockfägen, f. Sägen.

Blockfignale, f. Blockeinrichtungen.

Blockftationen, Hilfsftationen, die zwifchen den eigentlichen Verkehrsftationen einer Eifenbahnlinie eingerichtet werden, um eine rafche Zugfolge zu ermöglichen. S. Blockeinrichtungen. *Köchy.*

Blockftein oder Binderftein, großer Werkftein, der behufs guten Verbandes in das Mauerwerk tief eingreift. *L. v. Willmann.*

Blockftufen, f. Treppen.

Blockfyftem, die Gefamtheit der Einrichtungen, durch die im Eifenbahnverkehr hintereinander fahrende Züge gegen die Gefahr von Zufammenftößen gefichert werden. S. Blockeinrichtungen. *Köchy.*

Blockverband ift der am häufigften verwendete Backfteinverband, bei dem in der Gefichtsfläche der Mauer Binderfchichten mit Läuferfchichten abwechfeln und die Stoßfugen der einen Schicht immer mit denen der zweitnächften Schicht in einer lotrechten Linie liegen.

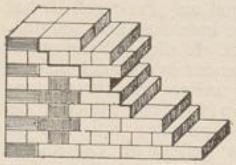


Fig. 1

Fig. 2.

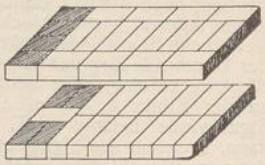


Fig. 3.

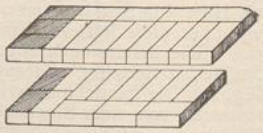


Fig. 4.

Die in der Anficht der Mauer fich bildenden Kreuze hängen zufammen und ergänzen fich gegenfeitig. Die Abtreppung erfcheint nicht gleichförmig, aber fymmetrifch; dagegen ift die Verzahnung vollkommen gleichförmig, regelmäßig und immer gleich $^1/_4$ Stein (f. Fig. 1). Die fenkrechte Endigung der Mauern wird durch Anbringen von Dreiquartieren in den Läuferfchichten (f. Fig. 1) oder durch Einlegen von Längsquartieren in den Binderfchichten erzielt (f. Fig. 2); erfteres ift vorzuziehen. Bei Mauern, deren Dicke durch ganze Steine ohne Reft teilbar ift oder die eine gerade Anzahl von Steinbreiten enthalten, erfcheinen die Läuferfchichten auf beiden Seiten der Mauer als Läuferfchichten, ebenfo die Binderfchichten, und alle in der Anficht der Mauer erfcheinenden Fugen gehen als Stoßfugenflächen durch die ganze Mauer hindurch (f. Fig. 1 und 3). Entfpricht jedoch die Dicke der Mauer einer ungeraden Anzahl von Steinbreiten, fo find die einzelnen Schichten an fich einander gleich und erfcheinen nur

umgelegt, ſo daß dieſelbe Schicht, die auf der einen Seite der Mauer eine Läuferſchicht iſt, auf der andern Seite zur Binderſchicht wird und immer nur die jedesmal in der Läuferſchicht ſich in der Geſichtsfläche der Mauer zeigenden Fugen als Stoßfugenflächen durch die ganze Mauer hindurchgehen (ſ. Fig. 4).

Literatur: S. Backſteinverband. *L. v. Willmann.*

Blockwagen, dient bei Sägewerken dazu, den Holzblock den Sägen zuzuführen. Er beſteht meiſt aus zwei langen Balken, die durch zwei Querbalken verbunden ſind, auf denen der Block ruht, und wird ſelbſttätig auf Rollen laufend oder auf Schienen gleitend weiterbewegt; ſ. Sägemaſchinen. *Dalchow.*

Blockwalzwerk, 1. dient zum Dichten (Blocken) der Flußeiſenblöcke im Gegenſatz zu den für die Umformung oder das Auswalzen des Eiſens beſtimmten Walzwerken (ſ. d.). Blockwalzwerke haben annähernd quadratiſche, offene Furchen mit wagerechten Druckflächen und ſind immer als Drillingswalzwerke eingerichtet. Die Blöcke werden auf Rollentiſchen der Walze zugeführt; das Wenden der Blöcke um 90° geſchieht durch Blockwendevorrichtungen (ſ. d.). Die Furchen der Blockwalzen beginnen mit 317 : 228 qmm und hören auf mit 170 : 171 qmm. 2. Beim Mannesmann-Verfahren (ſ. Röhrenfabrikation) das erſte Walzwerk, das die rohen Rohre liefert, deren weitere Verarbeitung auf dem Pilgerwalzwerk (Erweiterungs- und Verengerungswalzwerk) erfolgt.

Literatur: Kick, Mechaniſche Technologie, Leipzig und Wien 1898; v. Hoyer, Die Verarbeitung der Metalle und des Holzes, Wiesbaden 1897; Wedding, Grundriß der Eiſenhüttenkunde, Berlin 1890. *Dalchow.*

Blockwand, ſ. Holzwände.

Blockwende- und Verſchiebevorrichtung dient bei Blockwalzwerken (ſ. d.) zum Umwenden der glühenden Eiſenblöcke um 90° und zum Verſchieben dieſer von einem Walzenkaliber zum andern.

Die Vorrichtung beſteht meiſt aus einem wagenartigen Geſtell, das unter den Rollen, auf denen der glühende Block gegen die Walze geführt wird, hin und her geſchoben wird. Die das Umwenden und Verſchieben bewirkenden Teile des Wagens ragen durch die Zwiſchenräume der Rollen empor, ſtoßen von unten gegen eine Kante des Blockes und kippen ihn um. Das Verſchieben erfolgt dann durch wagerechte Bewegung des Wagens. Eine hydrauliſche Blockwendevorrichtung [1] von W. Oswald in Rombach iſt in Fig. 1 und 2 dargeſtellt. Auf dem Fahrgleiſe *c* läuft der Wagen *d*, der die Doppeldaumen *e* trägt, die das Verſchieben und Wenden bewirken. Das Gleis wird von vier um die

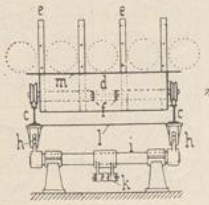


Fig. 1.

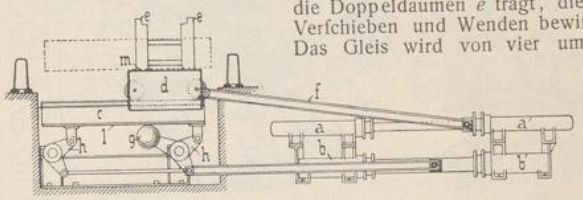


Fig. 2.

Wellen *i* drehbaren Winkelhebeln *h* getragen, die mittels Zugſtangen von den hydrauliſchen Zylindern *b b'* aus bewegt werden, wodurch ſich das Gleis *c* hebt oder ſenkt. Der Wagen *d* wird auf dem Gleiſe *c* durch die Stangen *f* von den hydrauliſchen Zylindern *a a'* aus verſchoben und damit zugleich der Block ſeitwärts zum nächſten Kaliber. Die hydrauliſchen Zylinder liegen der Zugänglichkeit wegen ſeitlich vom Walzwerk. Der Wagen und der das Gleis hebende Mechanismus ſind gegen die ſtrahlende Wärme des Blockes durch eine Eiſenplatte *m* geſchützt.

Literatur: Zeitſchr. f. Werkzeugmaſchinen und Werkzeuge 1900/01, S. 376 (D.R.P. Nr. 120127); ebend. 1899/1900, S. 21 (D.R.P. Nr. 100323) und S. 145 (D.R.P. Nr. 107065). *Dalchow.*

Blockzarge, ſ. Türen.

Blockzucker iſt gewöhnlicher feſter Traubenzucker, der in ganzen Blöcken von mehr oder weniger weicher Beſchaffenheit und feifigem Ausſehen in kleinen Fäſſern oder Kiſten in den Handel kommt.

Blockzug, ſ. Polygonifieren.

Blöchel, ein 50 cm langer, 13 cm breiter, 10 cm hoher, von zwei Arbeitern geführter Hobel der Böttcher zum Bearbeiten (Blöcheln) der Fugen von Faßdauben und Bodenſtücken, die zu groß ſind, um auf der Fugebank (ſ. d.) gehandhabt zu werden. *Dalchow.*

Blöchelſtock, die beim Blöcheln benutzte Einſpannvorrichtung, beſtehend aus einem ſchweren Block mit zwei ſenkrechten Hölzern, zwiſchen denen mittels einer Spindel das Werkſtück feſtgeklemmt wird. *Dalchow.*

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Blöckchen (Kaminſtein, Klötzchen), halbgebrannte Backſteine von kleinem Format, 10 : 10 cm, dient zur Ummauerung von Feuerungen.

Blöcke, erratiſche, Findlinge, die von früheren oder heutigen Gletſchern aus deren Urſprungsgebiet in der Bewegungsrichtung der Gletſcher abwärts getragenen und hier auf fremdem Boden, ſei es in End- oder in Grundmoränen, abgelagerten, meiſt wenig gerundeten Blöcke von oft ſehr bedeutendem Umfang (bis zu 1000 und mehr Kubikmeter Inhalt). *Leppla.*

Blöße. Als ſolche bezeichnet man die Häute oder Felle in dem Zuſtande, in dem ſie von den Haaren, von der Ober- und Unterhaut und von allen Unreinigkeiten möglichſt vollſtändig befreit ſind, alſo in dem für den Gerbeprozeß vorbereiteten Zuſtande. *Päßler.*

Blonden, geklöppelte Grundſpitzen; ſ. Spitzen.

Blue-Mettle, glatter Baumwollenſtoff mit blauer Kette und weißem Einſchlag; ſ. Weberei.

Blume, findet man neben dem Blattwerk in der Ornamentik faſt aller Stilarten in reicher Verwendung, und in der Regel dienen die im Lande ſelbſt wachſenden Blumen als Vorbilder. Die Art der Anwendung iſt ſehr verſchieden.

1. Es nehmen ganze Architekturteile die Form von Blumen an. Dies iſt ein verhältnismäßig ſeltener Fall. Das bekannteſte Beiſpiel hierfür ſind die altägyptiſchen Lotosblumen- und Lotosknoſpenkapitäle.

2. Blumen werden zur ſelbſtändigen Dekorierung von Architekturteilen verwendet. In dieſer Beziehung wären namentlich die im römiſchen Stile ſo beliebten Hängeroſetten zu erwähnen, die ſich an der Unterſeite der Hängeplatte zwiſchen Konſolen befinden und ungemein plaſtiſch

Fig. 2.

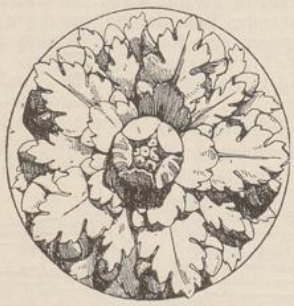


Fig. 1.

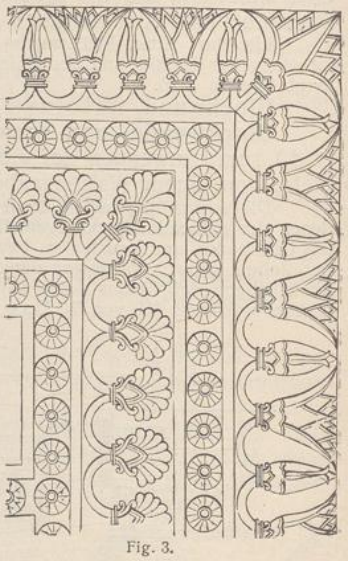


Fig. 3.

hervortreten (Fig. 1). Dieſe Roſetten wurden ſpäter in der Renaiſſanceperiode ſowie in neuerer Zeit in ganz ähnlicher Weiſe verwendet. Aber auch das Mittelalter wußte Roſetten zur Anwendung zu bringen, doch in weſentlich andrer Geſtaltung. Sie dienten zur Dekoration des Schlußſteines der Gewölbe. Als Endigung von Turmſpitzen und ähnlichen Bauteilen wurden in der Gotik faſt ausſchließlich die ſogenannten Kreuzblumen (Fig. 2) verwendet, die allerdings nicht immer die Geſtalt von Blumen beſaßen.

3. Blumen treten in Verbindung mit dem Rankenwerk auf oder bilden nebenſächliche Ausſchmückungen von Architekturteilen. Sie dienen dann neben vielen andern Formenelementen hauptſächlich zur Ausſchmückung der Wand, des Fußbodens und der Decke ſowie als wichtiger Faktor bei Dekorierung der verſchiedenen Arten von Teppichen und Stoffen. Im ägyptiſchen, aſſyriſch-babyloniſchen ſowie im griechiſchen Stile ſind es namentlich drei Formen, welche die ornamentalen Flächendekorationen zum Teile beherrſchen: die Lotosblume, die Palmette und die Roſette (Fig. 3). Auch in den orientaliſchen Teppichmuſtern finden roſettenartige Formen, das ſind Blumen, denen man gleichſam auf den Kopf ſieht, die häufigſte Verwendung; erſt ſpäter wurden ganz oder halb umgelegte Blumen in Gebrauch genommen. Je mehr ſich die Kunſtformen der modernen Kultur nähern, deſto verſchiedenartiger wird die nebenſächliche Anwendung der Blumen.

Literatur: Meyer, F. S., Handbuch der Ornamentik, Leipzig 1888; v. Schubert-Soldern, Stiliſieren der Pflanzen, Zürich 1887.

Blumengehänge, Feſtons oder Girlanden, beſtehen aus künſtlich zuſammengefügten Blättern, Blumen und wohl auch Früchten, die bandartig um Architekturteile herumgelegt erſcheinen oder an feſten Punkten aufgehängt werden.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

In klarer Darftellung fehen wir diefes Ornament zum erften Male im römifchen Stile auftreten, obwohl man auch fchon in der griechifchen Bauweife fpärliche Anwendungen von Blumengirlanden findet. In mannigfaltigfter Anordnung verwendete fie die pompejanifche Wandmalerei; dort winden fie fich an den Säulchen hinauf, fpannen fich von Gefchränke zu Gefchränke und füllen leere Wandflächen in zierlicher Weife aus. Aber auch in der monumentalen Architektur kommen Feftons nicht felten, namentlich auf Friefen, vor; fo find fie fehr häufig zwifchen Stierköpfen angebracht (Veftatempel zu Tivoli), oder fie werden von Putten gehalten und erfcheinen an Kandelabern befeftigt (Tempel der Fortuna virilis in Rom) oder es wird ein kurzes Gehänge an zwei Punkten befeftigt und von Bandwerk umflattert (Fig. 1). Letztere Anwendung ift namentlich typifch geworden und fand fowohl in der Renaiffanceperiode als auch in moderner Zeit fehr häufige Verwendung. Diefe Art von Feftons eignet fich namentlich fehr gut zu einer wirkungsvollen plaftifchen Dekoration kleiner neutraler Felder. Zu diefem Zweck erfcheint das Blumengehänge an feinen beiden Anfängen von Hülfen erfaßt und mit einer Schleife an einem Nagel befeftigt, die Enden der Bänder fallen lofe herab und füllen noch etwaige leere Räume des Feldes aus, das eigentliche Gehänge bildet eine elaftifche Linie und ift in der Mitte bedeutend dicker. Oberhalb der Einbiegung wurde häufig der leere Raum durch einen fchönen Frauenkopf oder durch eine Satyrmaske belebt. Die Renaiffancezeit wußte die dem römifchen Stile entnommenen Formen des Blumengehänges in reizendfter Weife nachzubilden und nach verfchiedenen Richtungen hin zu bereichern und zu erweitern, fo daß eine ganze Fülle von verfchiedenartigen Formen des Gehänges entftanden, die fich befonders in der dekorationsluftigen Frührenaissance großer Beliebtheit erfreuten und auch in den modernen Stil übergingen (Fig. 2).

Fig. 1.

Fig. 2.

Blumenpapier, ein feines, beiderfeitig gefärbtes, zur Erzeugung künftlicher Blumen verwendetes Papier; f. Buntpapierfabrikation, Papierblumen.

Blumenfpritzen, kleine Handfpritzen aus Meffingrohr mit Leder- oder Hanfkolben, an der Spitze mit kleinen Strahlöffnungen oder Braufen verfehen; fie dienen zur Benetzung der Blumen und Gewächfe im Zimmer, in Treibhäufern u. f. w. *Blecken.*

Blumenfpulen, aus Holzpappe erzeugte, zum Aufwickeln von Garn und Zwirn verwendete, rad- oder ftemförmige Spulen, deren Zacken den Blumenblättern ähnlich geformt find. *Kraft.*

Blumenftab, ein mit Blättern und Blumen umwundener Rundftab.

Blutlaugenfalze find Doppelfalze von Eifen- und Kaliumcyaniden.

1. Gelbes Blutlaugenfalz, Kaliumeifencyanür, Ferrocyankalium, blaufaures Kali, Blaukali, $K_4FeCy_6 \cdot 3\,H_2O$ oder $FeCy_2 \cdot 4\,KCy \cdot 3\,H_2O$ (Mol.-Gew. 422, fpez. Gew. 1,83), bildet gelbe durchfichtige, derbe, dem quadratifchen Kriftallfyftem angehörende Pyramiden, die bei gelindem Erhitzen (100°) ihr Kriftallwaffer verlieren. Bei ftärkerem Erhitzen, etwa bei beginnender Rotglut, zerfällt es in Kaliumcyanid, Stickftoff und in ein Karbid des Eifens: $K_4FeCy_6 = 4\,KCy + N_2 + FeC_2$. Es ift in Waffer leicht löslich (kalt 1 : 3, heiß 1 : 2). Durch verdünnte Säuren wird Cyanwafferftoff (Blaufäure) aus dem Salze entwickelt, durch ftärkere Säuren treten weitergehende Zerfetzungen ein. Unter gewiffen Vorfichtsmaßregeln kann man auch den Ferrocyanwafferftoff durch andre Säuren abfcheiden. Mit Ferrifalzen fetzt fich das Blutlaugenfalz zu einer intenfiv blauen, in Waffer unlöslichen Verbindung, dem Berlinerblau (f. d.), um. — Das gelbe Blutlaugenfalz bildet fich leicht, wenn Kaliumcyanid in wäfferiger Löfung mit Ferroverbindungen zufammenkommt. Bei den technifchen Gewinnungsmethoden diefes Salzes geht der Bildung desfelben meift die Bildung von Kaliumcyanid voran. Zu diefem

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Zwecke werden entwäſſerte ſtickſtoffhaltige Subſtanzen (tieriſche Abfallprodukte: Leder, Haare, Horn, Blut u. ſ. w.) mit Pottaſche unter Zuſchlag von Eiſenabfällen in eiſernen Keſſeln geſchmolzen. Es bildet ſich zunächſt Kaliumcyanid und Eiſenſulfür. Dieſe beiden Verbindungen ſetzen ſich bei der Behandlung mit Waſſer in Kaliumferrocyanid und Kaliumſulfid um:

$$FeS + 6\,KCy = FeCy_2\,4\,KCy + K_2S.$$

Auf denſelben Reaktionen beruht die Bildung von Ferrocyaniden bei der Pottaſchefabrikation. Das im erſteren Falle als Hauptprodukt, in letzterem Falle als Nebenprodukt durch Verdampfen der cyanhaltigen Laugen gewonnene Rohſalz wird durch Umkriſtalliſieren gereinigt. Alle bei den Kriſtalliſationsprozeſſen abfallenden, nicht mehr Kriſtalle führenden Laugen, die außer Cyaniden noch beträchtliche Mengen Pottaſche enthalten, gehen nach dem Eindampfen zur Trockne (unter dem Namen Blaukali, ſ. oben), wieder in den Betrieb zurück. Ein wichtiger Rohſtoff für die Blutlaugenſalzfabrikation iſt die Gasreinigungsmaſſe der Leuchtgasfabriken. In dieſem Abfallprodukte ſammeln ſich außer Schwefel, Sulfiden und andern Stoffen auch beträchtliche Mengen von Cyaniden an. Nach Gewinnung der ebenfalls wertvollen, in Waſſer leicht löslichen Ammonium- und Rhodanverbindungen werden die ſchwer oder gar nicht löslichen Eiſencyanide durch Behandlung mit baſiſchen Stoffen (Kalkhydrat) in Löſung gebracht. Sind, was meiſtens der Fall iſt, noch Ammoniumſalze mit in Löſung gegangen, werden dieſe durch Deſtillation mit Kalkhydrat ausgetrieben. Die ſchließlich noch rückſtändigen Calciumeiſencyanide werden mit Pottaſche in Kaliumeiſencyanide verwandelt, die dann durch Konzentration und Kriſtalliſation als gelbes Blutlaugenſalz erhalten werden. — Andre Darſtellungsmethoden, obwohl einige derſelben wiſſenſchaftlich höchſt beachtenswert ſind, haben für die Technik noch zu wenig Intereſſe. Das gelbe Blutlaugenſalz findet in der Farbeninduſtrie (Berlinerblau), Färberei, Cyankaliumfabrikation, zur Darſtellung des roten Blutlaugenſalzes ſowie zum Verſtählen ſchmiedeeiſerner Geräte ausgedehnte Anwendung. Mitte des vorigen Jahrhunderts von Macquer zuerſt als ſolches dargeſtellt, wurde es jedoch ſchon anfangs des 18. Jahrhunderts in einer (durch Erhitzen von Pottaſche mit Blut und Auslaugen der Schmelze erhaltenen) wäſſerigen Löſung von Dießbach zur Herſtellung eines blauen Farbſtoffes, des Berlinerblaus, benutzt. Von den zahlreichen Arbeiten über Blutlaugenſalz, ſeine Bildungsweiſe und Zerſetzung verdienen beſonders die von Liebig [1] beſondere Beachtung.

2. Rotes Blutlaugenſalz, Kaliumeiſencyanid, Ferricyankalium, $FeCy_3 \cdot 3\,KCy$ oder K_3FeCy_6 (Mol.-Gew. 329, ſpez. Gew. 1,85), bildet dunkelrote monokline Säulen, die nicht unzerſetzt ſchmelzbar ſind. Das Salz löſt ſich leicht in Waſſer (kalt 1 : 2,7, heiß : 1 : 1,3). Sowohl in Löſung als in trockenem Zuſtand iſt es, beſonders bei Gegenwart baſiſcher Stoffe, unter Rückbildung von gelbem Blutlaugenſalz leicht zerſetzbar; es wirkt in dieſem Falle oxydierend. Auch durch Sonnenlicht und andre chemiſch wirkſame Lichtſtrahlen wird es zu Ferrocyankalium reduziert. Bei ſeiner Darſtellung, Prüfung und einigen ſeiner Verwendungsarten iſt ſein Verhalten gegen Eiſenſalze beachtenswert. In Löſungen von Ferroſalzen erzeugt es einen tiefblauen Niederſchlag (Turnbulls Blau), während es mit Ferriſalzen nur eine braunrote Färbung gibt. Es bildet ſich leicht bei der Behandlung von gelbem Blutlaugenſalz mit Chlor und andern oxydierend wirkenden Stoffen und wird auch fabrikmäßig durch Einleiten von Chlor in gelöſtes oder durch Ueberleiten von Chlor über trockenes gelbes Blutlaugenſalz dargeſtellt: $K_4FeCy_6 + Cl = K_3FeCy_6 + KCl$.
Das Ende der Umſetzung erkennt man durch Prüfung einer gelöſten und verdünnten Probe mit Eiſenchlorid, das unzerſetztes Ferrocyanid durch einen blauen Niederſchlag anzeigt. An Stelle von Chlor iſt auch Bleiſuperoxyd mit einer zur Neutraliſation des frei werdenden Kalis hinreichenden Menge Säure empfohlen. Bleiſuperoxyd iſt im allgemeinen ein zu teures Oxydationsmittel; ſeine Verwendung iſt jedoch unter gewiſſen Bedingungen nicht ausgeſchloſſen [6]. Unter denſelben Vorausſetzungen iſt aber meiſt auch die bereits ſeit 1863 [5] bekannte elektrochemiſche Bildungsweiſe des roten Blutlaugenſalzes durchführbar. Beide Verfahren haben jedoch noch wenig Beachtung in der Praxis gefunden. Die Darſtellung eines einigermaßen reinen Salzes iſt nur nach den Methoden möglich, die das gelbe Blutlaugenſalz in wäſſeriger Löſung oxydieren. Aus einer ſolchen kann es durch Konzentration und Kriſtalliſation von Beimengungen (*KCl*) frei erhalten werden. Die Behandlung des trockenen gelben Salzes mit Chlor liefert begreiflicherweiſe ein für viele techniſche Zwecke brauchbares Gemenge von rotem Salz und Chlorkalium. — Verwendung: in der Färberei, beim Zeugdruck, für Lichtdruck-(Lichtpauſe-)Verfahren, Photographie, in chemiſchen Laboratorien als Reagens und Oxydationsmittel u. ſ. w. — Den geſchichtlichen Notizen unter Ferrocyankalium iſt noch hinzuzufügen, daß das Ferricyankalium zuerſt durch Gmelin [2] dargeſtellt wurde.

Die Literatur über dieſe und andre Cyanide iſt ſehr umfangreich. Es mögen daraus hervorgehoben werden: [1] Liebig in Annalen der Chemie, Bd. 38, S. 20. — [2] Gmelin in Schweiggers Journ., Bd. 34, S. 325. — [3] Fleck, Chemiſche Produkte aus tieriſchen Abfällen, Braunſchweig 1878. — [4] Stohmann u. Kerl, Encyklop. Handbuch der techniſchen Chemie, 4. Aufl., Braunſchweig 1889. — [5] Schlagdenhaufen, in Jahresber. der Chemie 1863, S. 305. — [6] Borchers, Elektrometallurgie, 2. Aufl., Braunſchweig 1895; die Verwertung der ausgebrauchten Gasreinigungsmaſſen auf Blutlaugenſalz, Ammoniak und Rhodanverbindungen, Leipzig u. Wien 1902. *Bujard.*

Blutmehl, ein Stickſtoffdüngemittel, dargeſtellt aus dem Blute durch Einführen von Dampf in dasſelbe, wobei das Blut ſich durch Gerinnen des Eiweißes in eine dicke, flockige Maſſe verwandelt. Nach Ablaufen des Blutwaſſers wird der Rückſtand getrocknet und zu feinem Pulver gemahlen. Die Ausbeute iſt ca. 20 %, das Blutmehl des Handels von rotbrauner Farbe, es enthält 14 bis 15 % Stickſtoff bei 7—8 % Aſche. *Weitz.*

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Blutſtein (Roteiſenſtein) iſt blutrot, kirſchrot bis bräunlichrot mit blutrotem Strich; feine Härte iſt 3—5, fein ſpez. Gew. 4,5—4,9. Sehr verwandt mit ihm iſt Eiſenglanz, von ſchwarzer bis dunkelſtahlgrauer Farbe, metallglänzend, Härte 5,5—6,5, ſpez. Gew. 5,2; beide ſind vor dem Lötrohr unſchmelzbar.

Blutſtein iſt in reinem Zuſtande Eiſenoxyd mit 70% Eiſen und 10% Sauerſtoff, enthält aber meiſtens auch etwas Kieſelſäure, bisweilen Spuren von Manganoxyd und Tonerde. Mit Ton verunreinigt bildet er den tonigen Roteiſenſtein. Man unterſcheidet noch faſerigen Roteiſenſtein, den ſogenannten roten Glaskopf, dichten Roteiſenſtein und aderigen Roteiſenſtein. An den Roteiſenſtein ſchließt ſich der Eiſenoolith an, beſtehend aus kleinen dunkelkaſtanienbraun oder dunkelrot gefärbten, gerundeten Körnern von Toneiſenſtein und Roteiſenſtein. Dieſe Steine bilden den Blutſtein und werden, wenn ſie dunkeleiſengrau mit metalliſchem Schimmer und in entſprechender Größe vorkommen, geſchliffen und zu Polierſteinen für Vergolder und Gold- und Silberarbeiter verwendet; kleinere und unanſehnliche Stücke, die aber trotzdem rein ſein müſſen, wie reiner roter Glaskopf, Hämatit und einige andre Erze, werden gepocht, gemahlen, geſiebt und geſchlämmt und dienen als Polier- und Putzmittel unter den Namen Crocus, Hartrouge, Rouge, engliſches Polierpulver u. ſ. w. *Andés.*

Board of Trade heißt das Handelsamt Großbritanniens, das zugleich eine Aufſichtsbehörde für alle die Handelsmarine betreffenden techniſchen und ſeemänniſchen Angelegenheiten bildet.

Von beſonderer Bedeutung ſind die vom Board of Trade zuſammengeſtellten und durch Geſetz genehmigten Vorſchriften über die Tiefladelinie der Schiffe und die Anbringung der Freibordmarke ſowie über die Vermeſſung der Schiffe, die Vorſchriften für Perſonendampfer, nach denen die Anzahl ſowie die Unterbringung der Fahrgäſte, die Bootsausrüſtung u. ſ. w. geſetzlich geregelt iſt, die Vorſchriften über den Bau und die Prüfung der Schiffskeſſel, über die Abmeſſungen der Schiffswellen ſowie über die Mitführung von Reſerveteilen für Schiffsmaſchinen, ſchließlich die Vorſchriften über die Prüfung der Anker und Ketten der Schiffe.

Literatur: Board of Trade, Tables of Freeboard, London 1903; Instructions as to Load Line Surveys, London 1902; Instructions and Regulations relating to the Measurement of Ships and Tonnage, London 1903; Instructions as to the Survey of Passenger Accomodation, London 1903; Instructions as to the Survey of Hull, Equipments and Machinery of Steam Ships carrying passengers, London 1901; Instructions relating to Carriage of Dangerous Goods and Explosives in Ships, London 1901; Laws relating to the Carriage of Passengers by Sea, London 1903; The Anchors and Chain Cables etc., London 1900. *T. Schwarz.*

Bobbinnet oder engliſcher Tüll (Tulle anglais; Bobbin-net), eine Art geflochtenen Erzeugniſſes, als Putz- und Kleiderſtoff allgemein bekannt und verbreitet. Man unterſcheidet glatten Tüll und Muſtertüll (engliſche Tüllgardinen u. ſ. w.).

Die Fäden, aus denen der glatte Tüll beſteht, bilden durch ihre Verſchlingungen fehr regelmäßige ſechseckige Oeffnungen oder Maſchen. Das Geflecht (oder Gewebe im weiteren Sinne) entſteht durch die Vereinigung von drei Fadenſyſtemen: eines, das in Schlangenform ſenkrecht von oben nach unten geht, das iſt die Kette; eines, das von rechts oben nach links unten läuft; eines, das von links oben nach rechts unten läuft, welche beiden letzten Syſteme den Schuß, den Eintrag darſtellen. Wenn man den Gang eines Eintragfadens verfolgt, ſo findet man, daß derſelbe ſeine Richtung bis an den äußerſten oder letzten Kettenfaden beibehält, ſich dann um dieſen zweimal herumſchlingt und dann, nach der andern Seite zurückkehrend, in einer der vorigen entgegengeſetzten Richtung läuft. Am Bobbinnetſtuhl ſelbſt iſt die Kette ſenkrecht ausgeſpannt. Das Einflechten des Eintrages geſchieht durch die Bewegung von kleinen Spulen (Bobbins), deren Anzahl ebenſo groß iſt wie jene der Kettenfäden, zwiſchen denen ſie bald vor-, bald rückwärts durchgeſchoben werden. Die Spulen müſſen natürlich ſo ſchmal ſein, daß ſie ungehindert zwiſchen zwei Kettenfäden hindurchgehen können. Man hat Maſchinen, die mit einer Spulenreihe, und ſolche, die mit zweien arbeiten [1].

Die Herſtellung des Muſtertülles kann auf folgende Weiſen geſchehen: 1. Man webt ſogenannte Stick- oder Schlingfäden in die auf die obenangegebene Weiſe erzeugten glatten Stoffe ein. Dieſes Einweben kann an einzelnen Stellen oder fortlaufend geſchehen. — 2. Man ändert die einfache Fadenverbindung des glatten Gewebes ab und bewirkt hierdurch, daß an gewiſſen Stellen im Zeuge größere Löcher oder Maſchen entſtehen, die von kleineren gewöhnlichen Maſchen umgeben ſind. Die Kette wird ſtatt in zwei in mehrere Teile abgeteilt, die nach Maßgabe der Muſter jeder für ſich eigentümliche und voneinander unabhängige ſeitliche Bewegungen erhalten (auch ſeitlich liegende ſogenannte Dropper-Jacquards). — 3. Endlich ſind 1. und 2. verbunden. Bei dem Gardinengrund (engliſche Tüllgardinen) wendet man drei Fadenſyſteme an, und zwar Kette, Muſterfäden, Bindefäden. Die Kette läuft längs durch das ganze Stück hindurch, die Muſterfäden gehen zwiſchen benachbarten Kettenfäden hin und her und werden an denſelben durch die Bindefäden feſtgebunden. Das Hin- und Hergehen der Muſter- oder Schußfäden wird dann direkt durch die Jacquardmaſchine beeinflußt, ſo daß jedes beliebige Muſter erzielt werden kann, dem die charakteriſtiſche Bindung zugrunde liegt [2]. — Die Teilung der Kettenfäden wird nach Points, Punkten, Maſchen auf 1 Zoll engl. angegeben, und die Maſchinen heißen demnach 6-, 8-, 9-, 10-, 11-, 12-Punkt-Maſchinen. Es iſt nun zwiſchen ſolchen Maſchinen zu unterſcheiden, bei denen eine ſeitliche Verſchiebung der die Spulen (Bobbins) tragenden Schlitten (Carriages) ſtattfindet [1], und zwiſchen ſolchen, bei denen die Schlitten immer in einer und derſelben Ebene ſchwingen [2]. Die Erzeugniſſe der erſten Maſchinengattung ſind dadurch gekennzeichnet, daß die Schuß-(Bobbin-)Fäden über mehrere nebeneinander

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

liegende Fäden der geraden Kette fortfchreiten (fogenannter glatter Tüll oder Tulle anglais, Quillings, Spotted net), während bei der zweiten Mafchinengattung teilbare Grundarten zuftande kommen (Twistlacemafchinen) [3].

Bezüglich des Antriebes der Schlitten kann man die Mafchinen noch unterfcheiden in folche mit Antrieb von unten bezw. von oben. Der Antrieb von unten erfolgt entweder durch Zug- bezw. Schubfchienen (fogenannte Lockermafchinen), oder die Schlitten haben unten die Form von Zahnbögen, in die eine Zahnwelle eingreift (fogenannte Rollermafchinen); beim Antrieb von oben greifen Treibftangen in Zahnlücken der Schlitten (fogenannte Levermafchinen). Als zweites Unterfcheidungsmerkmal für die Mufterftühle dient das Mittel, durch das die Stellung der Fäden erfolgt. Bei den Gardinenftühlen (Curtainmafchinen) bezw. bei den Mafchinen, die Tüllfpitzen mit Gardinengrund liefern, erfolgt die Auswahl der feitlich zu ftellenden Fäden durch hakenförmig gebogene „Auswähler" (Selectors oder Interpreters), die mit einer hinter der Mafchine in der Höhe angebrachten Jacquardeinrichtung in Verbindung ftehen. Die Fäden der Spitzenmafchinen (Lacemafchinen) find dagegen in befondere Schienen eingezogen, die durch an der Seite der Mafchine angebrachte Einrichtungen (Dropper-Jacquards) dem gewünfchten Mufter gemäß geftellt werden [3]. — Die Gardinenftühle werden jetzt meift fo gebaut, daß fie Weben bis zu einer Breite von 256 Zoll engl. = 6,5 m liefern. Das gibt bei einer 12-Point-Mafchine 3072 Fadenfyfteme, d. h. man ftellt je nach der Breite gleich vier oder fünf Stücke nebeneinander her. — Die Weber werden nach der Anzahl der Schuß bezahlt, die nach „Racks" abgeteilt werden; deshalb ift an jeder Mafchine ein Zählwerk angebracht. Da die Mafchinen von England nach Deutfchland kamen, werden noch überall englifche Bezeichnungen gebraucht. Der fogenannte Rack zählt in England bei Tattingsmafchinen 240 Vor- und Rückwärtsbewegungen der Schlitten, bei Mafchinen für glatten Tüll 720, bei Twistlacemafchinen 960 folcher Spiele.

Nach Art der Bobbinetmafchinen ift auch die außerordentlich geiftreich durchgebildete Spitzenklöppelmafchine von Auguft Matitfch [4] infofern gebaut, als fie gleichfalls nach Art der Scheiben gebaute fchmale Spulen (Bobbins) benutzt, die fich auf Schlitten (Carriages) befinden, die wiederum auf Kämmen (Combs) fich bewegen, nur unterfcheidet fie fich wefentlich dadurch, daß das Netzwerk (Net), hier die Spitze, ohne Zuhilfenahme von Ketten- oder Baumfäden, aus den Spulenfäden allein hergeftellt wird. Dies wird bei diefer Spitzenklöppelmafchine im Gegenfatz zu den bekannten Bobbinnetmafchinen dadurch ermöglicht, daß 1. beliebige Spulenfäden beliebig lange und beliebig oft außer Tätigkeit gefetzt werden, fo daß fie während diefer Zeit in keiner Weife an der Herftellung der Spitze teilnehmen; 2. beliebige Spulenfäden miteinander kreuzen; 3. die Aufeinanderreihung der Bindungen in beliebiger Aufeinanderfolge vorgenommen wird; 4. gerade fo wie beim Klöppeln mit Hand jeder Faden in ganz gleicher Weife verwendet und derfelbe allmählich von einer Spitzenkante zur andern geführt wird, falls dies die Konftruktion der Spitze erheifcht, wodurch auch die Herftellung unteilbarer Grundarten ausführbar wird; 5. die fertiggeftellten Bindungen an beliebiger Stelle beliebig lang feftgehalten werden, und 6. die fertige Spitze willkürlich erft nach Verwendung eines ganzen Mufters (Rapports) aufgewunden wird. Die Mafchine verwendet einen dreiteiligen Kamm bei einem feftftehenden Mittelkamm [5]; Vorder- und Hinterkamm find in ihrer Längsrichtung verfchiebbar. Unter dem Einfluß von Stechern, wie folche bei den zur Erzeugung von Bobbinnet in Streifen (Entoilage, Quillings) dienenden Mafchinen angewendet werden, und durch Zuhilfenahme der bei den Levermafchinen benutzten Zugftangen (Bars) können alle durch die Stecher verftellten Schlitten gleichzeitig an der Bewegung gehindert werden. Die Stecher erhalten hierbei ihre Bewegung von Jacquardmafchinen, und da erftere unabhängig voneinander angeordnet find, fo können je nach dem Mufter der Jacquardkarten beliebige Schlitten beliebig oft und beliebig lang zurückgehalten werden. Die gegenfeitige Umfchlingung der Fäden wird hierbei dadurch ausgeführt, daß die Spulen Vierfeitbewegungen (Square motions) umeinander vollführen. Die Bewegungen der das Spitzengebilde aufnehmenden Nadeln werden gleichfalls von Jacquardmafchinen beeinflußt.

Literatur: [1] Prechtls Technologifche Encyklopädie, Stuttgart 1830—69, 2. Bd., S. 497. — [2] Müller, E., Bobbinnetmafchinen und Jacquardeinrichtung, Civilingenieur 1884, S. 513; Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1885, S. 461, 481; Dinglers Polyt. Journ. 1885, 258. Bd., S. 305; Müller, E., Handbuch der Weberei, Leipzig 1895, S. 860. — [3] Kraft, M., Studien über mechanifche Bobbinnet- und Spitzenherftellung, Berlin 1892. — [4] D.R.P. Nr. 94337, 98936, 99140, 102023, 102778; Mafchine von Farigoule vgl. D.R.P. Nr. 132521 und brit. Patent Nr. 50595 vom Jahre 1899. — [5] D.R.P. Nr. 102778.

E. Müller-Dresden.

Bobine (bobine, Spule), die Aufwindung des am Selfaktor gefponnenen Fadens, konifch, in der Mitte zylindrifch, welche Aufwindungsform durch das Uebereinanderfetzen konifcher Windungslagen (in vertikaler Richtung, f. Windung am Selfaktor bei Baumwollfpinnerei) entfteht und fich von felbft hält durch die Fadenkreuzung, erzeugt durch die vielfach größere Steigung der abwärtsgehenden Windfpiralen gegenüber den aufwärtsgehenden.

Die Bobine braucht keine Spule; fie hat nur im unteren Ende ihres 5—8 mm weiten Hohlraumes eine diefem (refp. der Selfaktorfpindel) angepaßte Papierhülfe, das Hösli, das Röhrchen, und wird ohne weiteres auf die Stahlfpindel des Weberfchiffchens, der Spulmafchine, des Hafpels zur weiteren Verarbeitung aufgefteckt. — In der Schweiz verfteht man unter Bobine fpeziell die Windung, die zu Schußgarn verwendet wird, während die Cops mit Zettelgarn Drähtli genannt werden. In Deutfchland und Oefterreich find die Benennungen Schuß- und Zettelcops (Cops [engl.] = Spule) oder Schuß- und Zettelkötzer gebräuchlich. Die Schußwindung ift kleiner als die Zettelwindung. Erftere 1″ engl. Durchmeffer, 5″ engl. lang; letztere $1\frac{1}{2}$″ engl. Durchmeffer, 6″ engl. lang.

Boßhard.

Bobine im Bergbau, s. v. w. Seiltrommel für ein Flachseil; s. Schachtförderung.

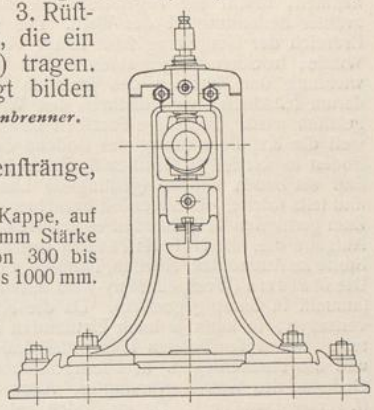
Bobinenfärberei, s. Copsfärberei.

Bobinoir, s. Kammgarnfärberei.

Boboeufs Pulver, s. Geschoßtreibmittel.

Bock, im Maschinenbau, s. Lagerbock.

Bock, in der Zimmerkunde 1. schrägstehende Unterstützung der Langhölzer (Pfetten) im Dachverbande. Bei Pultdächern einseitig, bei Satteldächern zweiseitig, wird der Bock bei größerer Weite zum Hängewerk (s. d.). 2. Gerüst, auf dem die Lehrbogen der Gewölbe aufsitzen. 3. Rüstbock, besteht aus vier schräggestellten Stützen, die ein wagerecht darauf befestigtes Holz (Bockholm) tragen. Mehrere Böcke mit einer Lage Bretter belegt bilden das Bockgerüst (s. a. Tunnelbau). *Weinbrenner.*



Bockgerüst, s. Baugerüst.

Bocklager, überhöhte Stehlager für Wellenstränge, die über dem Fußboden liegen.

Die Figur zeigt ein Bocklager mit abnehmbarer Kappe, auf Sohlplatte, vom Eisenwerk Wülfel. Für Wellen von 30 mm Stärke sind Ausladungen vom Fußboden bis Mitte Welle von 300 bis 600 mm vorgesehen, für Wellen von 100 mm Stärke 500 bis 1000 mm. Schwere Wellen lagert man besser in Stehlagern auf Lagerböcken (s. d.) oder Fundamentsockeln (wie bei Ausrücker, Fig. 2). *Lindner.*

Bockpfettendachstuhl, s. Dachstuhl.

Bockschere (Stockschere) dient zum Schneiden von Blechen von Hand und hat eine an einem Bock oder Tisch befestigte feststehende Schneide, während die andre mittels eines langen Hebels, häufig unter Anwendung doppelter Hebelübersetzung, bewegt wird; s. Scheren. *Dalchow.*

Bockwagen, s. Eisenbahnwagen.

Boden wird die oberste, der Vegetation dienende Schicht der Erdoberfläche genannt. Der Begriff deckt sich in den meisten Fällen mit dem Ausdruck „Vegetationserde".

Boden (hygienisch). In der Gesundheitslehre bezeichnet man den Boden [1] als den oberflächlichen Anteil der Erdkruste, der dem Menschen zur Anlage seiner Wohnungen und Kulturen dient.

Sandsteine und Sandablagerungen bilden im allgemeinen infolge Trockenheit und Wasserdurchlässigkeit einen gesunden Boden. Kalksteine verhalten sich mit wechselnder Struktur verschieden. In der Regel sind Kalkbildungen reichlich durchklüftet, so daß der Sauerstoff in den Untergrund eintreten und das Wasser abfließen kann. Auch der Kreideboden ist aus diesem Grunde gesund. Das Wasser gewisser Dolomitböden soll in den Alpen die Kropfbildung begünstigen. Der Gipsuntergrund wird für den menschlichen Bewohner hauptsächlich dadurch von Nachteil, daß das Grundwasser sich mit dem relativ leicht löslichen Gips sättigt ($^1/_{440}$) und damit fast ungenießbar wird. Tonboden bildet einen sehr schwer durchlässigen Untergrund, der besonders in Niederungslagen mit Nachteilen für die menschliche Gesundheit verbunden ist. Dem Ton schließt sich der Lehm an, während der Löß zufolge seiner vorzüglich entwickelten Porosität die guten Eigenschaften eines Sandbodens besitzt. Der Lehm der Flußauen und großen Niederungsgebiete enthält oft organische Substanzen in nicht unerheblicher Menge eingeschlossen. Diese rufen Fäulnisvorgänge im Untergrund hervor; die Schwerdurchlässigkeit des lehmigen Untergrundes, sein beträchtliches Imbibitionsvermögen für Wasser und der oft nicht sehr tiefe Grundwasserspiegel begünstigen dieselben. Das einem solchen Untergrund entnommene Wasser kennzeichnet sich nicht selten durch einen Beigeschmack faulender organischer Substanzen, auch Nitrite lassen sich oft darin nachweisen. Die Alluvialgebiete des Ganges, Po, Nil, der Rhone sind ebenso bekannt durch ihre Fruchtbarkeit wie durch ihre ungesunde Lage.

Von den chemischen Vorgängen, die sich im Boden abspielen, hängt die Natur der Bodenluft ab. Die Kohlensäure ist in der Tiefe (insbesondere wenn der Boden permeabel ist) reichlicher als an der Oberfläche, ebenso im Sommer mehr vorhanden als im Winter. Sinkt der Luftdruck, so steigt der CO_2-Gehalt; nachts steigt die Kohlensäure in die oberflächlichen Schichten. Sauerstoff wird in der Tiefe immer spärlicher. Bodenluft enthält ca. 16 % O (anstatt 20,9 %). Fodor fand in der Bodenluft 0,5—0,8 ‰ Ammoniak und Kohlenwasserstoff; Schwefelwasserstoff findet sich nur in Spuren, Leuchtgas nur abnormerweise (schadhafte Leitung) in der Bodenluft. Die Beschaffenheit der Bodenluft in Baugründen [2] ist keineswegs belanglos. Ist der Boden gefroren und die Luft kalt, dann saugen die in den Binnenräumen erwärmten Häuser leicht Bodenluft auf (vorausgesetzt, daß die Kellerfenster nicht immer offen sind). Im Sommer

ist dieser Diffusionsprozeß schwächer. Schwefelwasserstoff ist absolut schädlich, Kohlensäure, wenn über 1 %. — Hinsichtlich der äußeren Konfiguration ist mit Bezug auf die Gesundheitspflege Berg-, Tal-, Ebenengrund zu unterscheiden. Der Aufenthalt in bedeutenden Höhen bedingt wegen des geringen Luftdruckes organische Veränderungen; in 600—900 m Seehöhe sind Boden und Baugrund besonders vorteilhaft für die Gesundheit. Da das Sonnenlicht (s. Licht) ein bedeutender sanitärer Faktor ist, sind im allgemeinen die Talböden wegen geringer Besonnung ungesund. Es scheint auch eine gewisse Beziehung zwischen Talboden und einigen Krankheiten (Kropf und Kretinismus) zu bestehen. Die Gesundheit des Ebenenbodens hält die Mitte. Von Bedeutung für den Hygieniker ist der Umstand, ob ein Bodenstück „bekleidet" ist oder nicht. Da die Vegetation einen Einfluß hat auf Aufnahme und Abgabe von Wärme und Wasser, da des weiteren die Kulturen Grundwasser sowie Luft aus dem Boden nehmen, macht die Vegetation den Boden trockener und minder zur Gärung tauglich. Von größter Bedeutung ist der Wald. Die Wurzeln drainieren den Boden und fixieren auch das Erdreich der Umgebung samt seiner Vegetation. Dichtbelaubte Wälder mäßigen die Gewalt der Winde, trocknen wegen ihres großen Wasserbedarfs den Boden aus und hemmen so die Entwicklung der Miasmen des feuchten Bodens. Das Abholzen ist in hygienischer Hinsicht darum schädlich, weil dadurch den Winden, die das Klima rauh machen, allzu freies Spiel gelassen wird. Unzählige Parasiten bewohnen den Boden; ihre Anzahl nimmt mit der Tiefe ab, weil die Kapillarwirkung des Bodens Zellen und Sporen aufhält, so daß in 2—3 m Tiefe der Boden in der Regel förmlich sterilisiert ist. — Maggiora fand, daß Humus und Ton keimhaltiger sind als Sand, Kultur- (gedüngtes) Land keimreicher als unkultiviertes Land. Die Mikroben sind teils solche, die Sauerstoff brauchen (aërobe), teils solche, die in Sauerstoff sterben (anaërobe). Zum geringsten Teile handelt es sich im Boden um Krankheitskeime; in der Mehrzahl ist der Keime Aufgabe die, die Nitrifikation des Bodens zu bewirken (das ist die Oxydation animalischer Stoffe zu Ammoniak, Nitriten, Nitraten, Fetten [besonders bei Anwesenheit von Kalk und Gips]) [3]. Die Malaria (Wechselfieber) wird durch Plasmodien erzeugt, die Feuchtigkeit und Wärme lieben (zumeist in Sumpfgegenden). Da die Keime weder zu große Nässe noch zu große Trockenheit vertragen, so kann je nach Umständen das Ueberschwemmen oder das Versanden von Nutzen sein. Die wesentlichsten Hilfsmittel sind: Bepflanzung (insbesondere mit Eukalyptus), Drainage und das Trockenlegen. In oberflächlichen Schichten findet man noch den Bazillus des malignen Oedems, des Wundstarrkrampfes. Auch der Cholera- und Typhusbazillus finden sich im Boden (s. Grundwasser). Da im Boden entgiftende Vorgänge zweifellos stattfinden, wie dies Falk und Otto [3] sogar mit einer Strychninlösung nachwiesen, darf man die Gefahr der Infektion durch den Boden nicht in allen Fällen gar zu pessimistisch auffassen. Die hygienischen Untersuchungsmethoden des Bodens [5] zerfallen in die physikalische, die chemische und die bakteriologische (s. Bodenchemie, Bodenphysik). Die bakteriologische Untersuchung kann nur von geschulten Bakteriologen mit Erfolg vorgenommen werden.

Literatur: [1] Außer den betreffenden Abschnitten in den Lehrbüchern der Hygiene von Flügge, Leipzig 1894; Gärtner, 1892; Nowak-Rubner, 1895; Prausnitz, 1892; Rosenthal, 1890; Uffelmann, 1890 sind bezüglich des allgemeinen Teiles als Quellen anzusehen: Pettenkofer, Boden und Gesundheit, 1882, und Soyka, Der Boden, Leipzig 1887; der modernste Standpunkt offenbart sich in Rohes Text-Book of Hygiene, London 1895, und Whiteleggs Hygiena and public health, London 1895. — [2] Schülke, Gesunde Wohnungen, 1880. — [3] Behrend, Bedeutung der Mikroorganismen für die Nitrifikation, 1889. — [4] Falk und Otto, Ueber entgiftende Vorgänge im Boden, Berlin 1892 und 1893. — [5] Nach Boccis Guida tecnica del Medio igienista, Mailand 1893.

Sauer.

Boden, in der Müllerei, die einzelnen Stockwerke einer Mühle.

Zur näheren Kennzeichnung setzt man entweder die Zahl, mit der Zählung von unten beginnend, hinzu und spricht vom ersten, zweiten u. s. w. Boden, oder man benennt das Stockwerk nach der Hauptart von Maschinen, die es enthält, oder nach dem Zwecke, dem es dient. So spricht man vom Steinboden, Walzenboden, Zylinderboden, Plansichterboden, Abfackboden u. s. w.

Arndt.

Bodenanalyse, chemische, s. Bodenchemie.

Bodenanwuchs, s. Anwuchs des Schiffsbodens.

Bodenarten unterscheidet man im Erdbau nach der Schwierigkeit, die ihre Gewinnung, d. h. ihre Lösung und Ladung verursacht, so daß entweder die zur Gewinnung notwendige Arbeitszeit oder die dazu erforderlichen Werkzeuge für die Klasseneinteilung zugrunde gelegt werden. In Frankreich und Baden geschieht das erstere.

Man nannte dort die Erde 1-, 2-, 3- und *n*-männig, je nachdem sie unmittelbar weggeschaufelt werden kann oder noch weitere 1, 2, 3 und $n-1$ Arbeiter zum Lösen notwendig sind, um einen schaufelnden Arbeiter zu beschäftigen. Die „Männigkeit" der Erde kann also dadurch festgestellt werden, daß man die Zeit bestimmt, in der ein Arbeiter eine gewisse Menge der betreffenden Erdart, z. B. 1 cbm, zu lösen imstande ist. Beobachtet man ferner die Zeit, in der derselbe Arbeiter die vorhin von ihm gelöste Erde fortschaufeln kann, so ergibt der Quotient aus der gesamten Arbeitszeit, geteilt durch die zum Fortschaufeln erforderliche Zeit, die Männigkeit der Erde. Beträgt die Zeit des Lösens z. B. 4 Stunden, die Zeit des Wegschaufelns 2 Stunden, so ist die Erde eine $4+2:2=3$-männige. Kann ferner ein Arbeiter von einer Bodenart, die nicht gelöst zu werden braucht, 10 cbm im Tage fortschaufeln, so beträgt der Einheitspreis für 1 cbm Erde $^1/_{10}$ Tagelohn, für einen 2-männigen Boden das Doppelte u. s. w. Weil aber nicht jeder Arbeiter dieselbe Leistungsfähigkeit aufweist, so ist die Klasseneinteilung der Bodenarten

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

nach den zur Löfung erforderlichen Geräten, wie fie z. B. in Bayern üblich ift und wie fie auch G. Meyer in [1] und Barkhaufen in [2] annehmen, eine zuverläffigere. Erfterer ftellt fieben Bodenklaffen auf. Zur erften Klaffe gehören diejenigen Materialien, die nicht gelöft zu werden brauchen, fondern fich einfach fortfchaufeln laffen, wie trockener Sand, lofer Kies, Gerölle u. f. w. Die Arbeit gefchieht mit gewöhnlichen Schaufeln und Spaten. Die zweite Klaffe umfaßt Materialien, die fich noch mit dem Spaten ftechen laffen (Stichboden), wie Gartenerde, Torfmoor, fandiger Ton, Klaiboden. Bisweilen kann man bei den dichteren Bodenarten diefer Klaffe durch Herftellung fteiler Abtragswände von 3—4 m die oberen Lagen durch „Abkeilen“ löfen, indem parallel zur Kante der Abtragswand, in Entfernungen von 1—1,5 m, mit Eifen befchlagene Keile eingetrieben werden, die ein Abfpalten und Abftürzen der Bodenmaffe bewirken, jedoch ift hierbei Vorficht für die Arbeiter geboten, damit Unglücksfälle durch zufälliges Abftürzen der Maffen vermieden werden. Zur dritten Klaffe gehören diejenigen Bodenarten, die einer befonderen Auflockerung bedürfen, bevor fie gefchaufelt werden können. Es find dies die zähen Tonarten, Mergel, mit lofen Steinen durchfetzter Boden und grober Kies. Ein „Abkeilen“ ift hier nur bei den Mergelarten möglich, fefter Ton muß mit der Breithacke oder Breithaue (f. d.) gelöft und mit der Schaufel verladen werden, da bei den zähen Maffen nur felten eine Spaltung hervorzubringen ift. In manchen Fällen können Sprengungen mit Pulver von Nutzen fein. Die vierte Klaffe bildet den Uebergang zu den feften Felfen, es find dies Trümmergefteine, verwitterte Felfen, weiche Sandfteine in dünnen Lagen, fchieferige Gefteine u. f. w., die mit der Spitzhacke oder Einfpitze (f. d.), dem Kreuzpickel (f. d.), der Keilhaue (f. d.) und der Brechftange (f. d.) gelöft werden. Sind die Spalten mit dichten Erdarten ausgefüllt, fo kann auch hier Pulverfprengung mit Vorteil verwendet werden. Die fünfte, fechfte und fiebte Klaffe bilden die Felsarten, und zwar gehören zur fünften Klaffe die in Schichten von nicht zu großer Mächtigkeit gelagerten Sedimentgefteine, die noch mit der Spitzhacke, dem Brecheifen und durch Unterkeilung der Lager gelöft werden können, wie dies vielfach in Steinbrüchen gefchieht und das Schroten genannt wird. Die fechfte Klaffe umfaßt Felfen in gefchloffenen, mächtigen Bänken, die mit Pulver oder Dynamit gefprengt werden müffen, während zur fiebten Klaffe die fehr feften, fchwer fchießbaren Eruptivgefteine, wie Granit, Gneis, Quarz, Syenit und Porphyr gehören. An Geräten bedarf es bei den drei letzten Klaffen noch der Bohrer, Krätzer oder Raumlöffel und der Sprengmittel; f. a. Bodengewinnung, Bodenlöfung und Bohrarbeit und Sprengtechnik.

Literatur: [1] Handb. d. Ing.-Wiff., Leipzig 1897, Bd. 1, 2. Abt., 3. Kap., S. 25 (neue Auflage in Vorbereitung). — [2] Handb. d. Bauk., Berlin 1892, 3. Abt., 4. Heft, S. 28. *L. v. Willmann.*

Bodenbedeckung (topographifch), die Gefamtheit aller auf den feften Oberflächenformen (geologifche Oberfläche) befindlichen Gegenftände.

Bodenform und -bedeckung ergeben zufammen das Gelände, Terrain. Die Bodenbedeckung ift verfchieden, und zwar nach ihrer Entftehung eine natürliche oder künftliche und nach ihren Eigenfchaften eine tote oder lebende. Danach ift zu unterfcheiden: 1. die tote Bedeckung, z. B. Sand (Wüfte), Oedland, Schnee, Eis, Gletfcher; 2. die lebende Bedeckung durch das natürliche Wachstum, z. B. Steppe, Heide, Moor, Bruch, Bufch, Wald; 3. durch den künftlichen Anbau von Pflanzen und Bäumen, wodurch die verfchiedenften Anbauarten, die Kulturarten des Bodens, entftehen; 4. die tote Bedeckung durch den Aufbau der menfchlichen Wohn- und Betriebsräume, das find Städte, Ortfchaften, Verkehrsanlagen u. f. w. Sowohl tote wie lebende Bedeckung find nach Anordnung und Ausdehnung veränderlich, und zwar fowohl durch natürliche wie künftliche Entwicklung. Die Bodenbedeckung wird nach Art und Ausdehnung in geographifchen, topographifchen und geometrifchen Karten und Plänen durch befondere konventionelle Zeichen, die fogenannten Signaturen (f. Karte, Kartierung), zum Ausdruck gebracht. Zur Darftellung der fortfchreitenden Veränderungen in der Bodenbedeckung find fortlaufende kartographifche Darftellungen (ftatiftifche Karten) erforderlich. *Reinhertz.*

Bodenbeförderung. Je nach der Entfernung der Ablade- oder Verwendungsftelle des gewonnenen Bodens und je nach dem Umfang der betreffenden Erdarbeiten find verfchiedene Arten der Beförderung bei Erdbauten zur Anwendung gekommen. Man unterfcheidet [1]: das Tragen, das Werfen, die Beförderung mit Schubkarren, zweirädrigen Hand- oder Kippkarren, mit Pferdekarren und auf Hilfsbahnen in befonderen Erdtransportwagen. In befonderen Fällen kommt auch die Beförderung auf fchiefen Ebenen, den fogenannten Bremsbergen, ferner auf Drahtfeilbahnen und der Waffertransport in Kähnen in Frage. (S. a. Maffentransport.)

Das Tragen ift wohl die urfprünglichfte Beförderungsweife; fie ift im Orient auch heute noch üblich und werden dort die Tragkörbe und Tragbahren von den Arbeitern den Schubkarren vorgezogen [2]. Das Werfen mit der Wurffchaufel kommt überall dort in Betracht, wo kleine Maffen auf kleine Weiten und Höhen zu befördern find, alfo in fchmalen Baugruben bis zu Tiefen von 4 m, bei Grabenaushebungen und bei Ausgleichungsarbeiten innerhalb desfelben Profils. Als Anhaltspunkt mag dienen, daß ein Arbeiter etwa 10 cbm im Tag 2,5—3 m weit und 1,5—2 m hoch fchaufeln kann. Schubkarren find dort anzuwenden, wo man in der Breite beengt ift und wo die Beförderungsweite noch keine bedeutende ift, alfo auf Entfernungen von etwa 100—200 m. Für geringe Weiten ift übrigens der Schubkarren ftets am vorteilhafteften und namentlich beim Beginn einer Ausfchachtung oder einer Abtragsarbeit kaum zu umgehen. Um den Arbeitern das Schieben zu erleichtern, werden Bohlen von 0,21 m Breite und möglichft

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

großer Länge gelegt, die am beſten aus Buchen- oder Eichenholz herzuſtellen und an den Enden gegen ein Zerſplittern mit Bandeiſen zu umnageln ſind. Tannen- und Kiefernholz ſplittert ſeiner Längsfaſern wegen zu leicht. Das ſtärkſte zuläſſige Gefälle für dieſe Karrdielen beträgt $^1/_{10}$ der Länge. Doppelte Bahnen zum Hin- und Zurückfahren ſind ſehr bequem, aber teuer. Vorteilhaft iſt die Anordnung zweier oder mehrerer geſchloſſener Arbeiterkolonnen, für die an geeigneten Stellen Ausweichplätze anzulegen ſind. Die tägliche Leiſtung eines Arbeiters mit der Schubkarre iſt $= Jx$, wenn J den Karreninhalt in Kubikmetern und x die Zahl der täglichen Fahrten bezeichnet. Wird als größter täglicher Geſamtweg eines Arbeiters bei zehnſtündiger Arbeitszeit eine Strecke von 30 km angeſehen, bezeichnet ferner l die Beförderungsweite (Transportlänge) in Metern, und wird der jedesmalige Aufenthalt beim Laden und Abſtürzen bei jeder Fahrt zu 1,5 Minuten oder $^1/_{400}$ Arbeitstag angenommen, ſo iſt $x = \frac{30\,000}{2l + 75}$. Der Karreninhalt J ſchwankt zwiſchen 0,04—0,07 cbm feſter Erde und 0,03—0,055 cbm gewachſenen Felsbodens im Abtrag gemeſſen. Im Durchſchnitt kann man auf 1 cbm gewachſenen Stichboden 15—16 Karrenladungen, bei Fels 17—18 ſolcher rechnen.

Handkippkarren ſind bei Beförderungsweiten von über 150—600 m, bei denen die Schubkarrenbeförderung ſchon zu teuer wird, verwendet worden. Das Gefäll der Fahrbahn, die durch Bohlen von 8—13 cm Stärke oder durch ⊔-Eiſen von 13 cm Breite zweigleiſig hergeſtellt wird, darf, bei Verwendung von zwei Arbeitern für eine Karre, eine Neigung von 1 : 100 nicht überſchreiten. Für die leere Rückfahrt werden meiſt keine Fahrbohlen verlegt. Kolonnen werden nicht gebildet, ſo daß die zu einer Karre gehörenden Arbeiter unabhängig von den andern arbeiten und die fleißigeren daher mehr verdienen können, da nach geförderter Karrenzahl bezahlt wird. Die Arbeitskraft wird dadurch allerdings am beſten ausgenutzt, häufig jedoch überanſtrengen ſich dabei die Arbeiter. Die Leiſtung läßt ſich wie beim Schubkarren berechnen, nur ſind für jede Fahrt etwa 8 Minuten Zeitverluſt für das Abſtürzen, Wenden und Laden anzunehmen, ſo daß die Anzahl der täglich von einer Arbeitergruppe geförderten Karren $x = \frac{30\,000}{2l + 400} = \frac{15\,000}{l + 200}$ zu ſetzen wäre. Der Laderaum einer Karre enthält meiſt 0,5 cbm loſen Boden, was 0,34 cbm feſter Erde oder 0,28 cbm feſtem Geſtein im Abtrag gemeſſen entſpricht. Hier kommen alſo auf 1 cbm gewachſenen Stichboden 3 Karrenladungen, bei Fels 3,5 Ladungen.

Die Pferdekarrenbeförderung unterſcheidet ſich von der vorigen durch die Verwendung von Zugtieren ſtatt der Menſchenkraft, was namentlich bei größeren Beförderungsweiten und größeren Steigungen als 1 : 100 gerechtfertigt erſcheint. Um durch die der Zugkraft eines Pferdes entſprechende größere Erdmaſſe die Karren ſelbſt nicht zu ſchwerfällig zu machen, hat man einfach mehrere zweirädrige Karren an einen mit dem Pferde beſpannten Vorderwagen gehängt und ſie am Ent- und Beladeorte von je zwei oder drei Arbeitern bedienen laſſen, ſo daß mit Ausnahme der Pferdetreiber die Arbeiter ſelbſt nur am Gewinnungsorte mit der Bodenlöſung und Beladung und am Verwendungsorte mit der Wagenentleerung und Einebnung (Planierung) beſchäftigt ſind. In neuerer Zeit wird dieſe Beförderungsart übrigens nur ſelten verwendet, da ſie gegenüber den vollkommeneren Beförderungsweiſen auf Hilfsbahnen wohl kaum Vorteile bietet. Die letzteren werden daher ſtets anzuwenden ſein, wo es ſich um Beförderung großer Erdmaſſen auf größere Entfernungen handelt und dieſe Verhältniſſe die Legung von Schienengleiſen und die Anſchaffung des Betriebsmaterials rechtfertigen (ſ. Erdförderwagen).

Zur Ueberwindung großer Höhenunterſchiede ſind für die Bodenbeförderung ſogenannte Bremsberge in Form ſchiefer mit Gleiſen verſehener Ebenen angewendet worden; Drahtſeilbahnen [3] kommen hauptſächlich dort in Frage, wo das zwiſchen dem Gewinnungs- und Verwendungsorte liegende Gelände nicht zur Herſtellung von Zufahrtsſtrecken zu verwenden iſt.

Die Beförderung in Kähnen kann naturgemäß nur da Verwendung finden, wo ein Waſſerweg zur Verfügung ſteht und größere Erdmaſſen auf größere Entfernungen zu befördern ſind, wie dies bei Dock-, Hafen- und Kanalbauten vorkommt. So ſind z. B. beim Bau des Kaiſer Wilhelm-Kanals für die Dammſchüttungen im Flemhuder See Kähne benutzt worden, die das aus den Einſchnitten gewonnene Baggergut über die auszuſchüttenden Stellen führten und dort durch Aufklappen des Bodens entleert wurden. Bei Eiſenbahnbauten und bei der Anſchüttung von Landdämmen iſt dabei in der Regel noch eine beſondere Beförderung von der Gewinnungsſtelle zum Kahn und von letzterem an den Verwendungsort erforderlich.

Literatur: [1] Handb. d. Ing.-Wiſſ., Leipzig 1897, 3. Aufl., 1. Bd., 3. Kap., S. 44; Henz, Anleitung zum Erdbau, Berlin 1874, 3. Aufl., S. 83 u. 163; Handbuch der Baukunde, 3. Abt., 4. Heft, S. 13, 49, 56, 59. — [2] Zeitſchr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1867, S. 132, und Deutſche Bauztg. 1882, S. 492 u. 504. — [3] Erdtransport beim Straßburger Feſtungsbau, Bleichert, Deutſche Bauztg. 1877, S. 269.

L. v. Willmann.

Bodenbelag, der untere Abſchluß eines Raumes, kann aus den verſchiedenſten Stoffen erſtellt werden. Je nach den Anforderungen an Warmhaltung, Reinlichkeit, Undurchläſſigkeit, Schalldämpfung u. ſ. w. dienen zu dieſem Zwecke natürliche oder gebrannte Steine, Lehm, Holz, Mörtelguß, Aſphalt u. ſ. w. Um ein ſicheres und bequemes Begehen zu bewirken, wird der Bodenbelag meiſt eine wagerechte Ebene bilden.

Weinbrenner.

Bodenbeſchlag. Die Verkleidung des äußeren Bodens eines Schiffes hat den Zweck, denſelben rein von Anwuchs zu erhalten und bei Holzſchiffen

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

das Eindringen des Bohrwurmes zu verhindern; ſ. Anwuchs des Schiffsbodens und Schiffbau.

Literatur: Krieger, E., Johows Hilfsbuch für den Schiffbau, Berlin 1902; Croneau, A., Construction pratique de navires de guerre, Paris 1894. *T. Schwarz.*

Bodenbramſchnitt, ſ. Böttcherei.

Bodenchemie, die Lehre von der Bodenzuſammenſetzung, von den im Boden verlaufenden Vorgängen und deren Bedeutung für die Pflanzenernährung. Infolgedeſſen haben wir unter Bodenchemie zu berückſichtigen: die Entſtehung des Bodens, ſoweit chemiſche Agentien dabei in Frage kommen, und die ſich daran anſchließende Bodeneinteilung, die chemiſche Bodenanalyſe, die chemiſchen Eigenſchaften und die Düngung des Bodens.

Die Anfänge der Bodenchemie liegen im 18. Jahrhundert, und zwar ſind es die Arbeiten von Hales (1727), Senebier (1783), Sauſſure. Ihnen folgen Davy, Gazzeri und beſonders Thaer (Grundſätze der rationellen Landwirtſchaft), Schwerz (Anleitung zum praktiſchen Ackerbau), Koppe, Burger. Dieſem letzteren gilt der Humus als Hauptwertbeſtandteil des Bodens (Humustheorie). Bouſſingault, E. Wolff (Die naturgeſetzliche Grundlage des Ackerbaues), Stöckhardt, Lawes, Gilbert glaubten dem Stickſtoff im Humus die Hauptrolle zuſchreiben zu ſollen (Stickſtofftheorie). Sprengel wies zuerſt auf die Wichtigkeit der mineraliſchen Verbindungen des Bodens als Pflanzennährſtoffe hin und war ſomit der Vorläufer v. Liebigs (Die Chemie in ihrer Anwendung auf Agrikultur und Phyſiologie), der lehrte, daß die Fruchtbarkeit des Bodens durch den in demſelben vorhandenen Vorrat an mineraliſchen Pflanzennährſtoffen bedingt ſei, während die Kohlenſäure und die Stickſtoffverbindungen durch die atmoſphäriſche Luft geliefert würden (Mineralſtofftheorie). Aus dieſem Widerſtreit hat ſich dann endlich die Erkenntnis Bahn gebrochen, daß ſowohl der Stickſtoff als auch die Mineralſtoffe (Kalk, Kali und Phosphorſäure) für die Pflanzenernährung notwendig ſind und beide dem Boden zugeführt werden müſſen. Zu Ende des 19. Jahrhunderts haben ſich mit der Bodenchemie vorwiegend W. Knop, M. Fesca, Orth, K. Heinrich u. a. befaßt, während Schöne, E. W. Hilgard, A. Mitſcherlich u. a. die Kenntniſſe über die phyſikaliſchen Eigenſchaften des Bodens weſentlich erweiterten.

Für die **Entſtehung des Bodens** iſt der Verwitterungsvorgang der Geſteine von grundlegender Wichtigkeit. Dieſem Verwitterungs- und Zerſetzungsvorgange der Geſteine liegen teils phyſikaliſche, teils chemiſche Vorgänge zugrunde. Für die chemiſchen Vorgänge iſt das Vorhandenſein von Waſſer eine unumgängliche Vorbedingung; ferner greifen bei dem Verwitterungsvorgang noch Sauerſtoff, Kohlenſäure ſowie gewiſſe Salze ein und erhöhen die Wirkung des Waſſers. Der Einfluß des Waſſers auf die bodenbildenden Geſteine iſt teils zerſetzend, teils löſend. Dadurch, daß das Waſſer Sauerſtoff aufzunehmen vermag, bringt es dieſen in die Geſteinsporen und gibt ihm hier Gelegenheit, ſeine oxydierende Wirkung auszuüben; durch dieſe oxydierende Einwirkung auf die Geſteinsbeſtandteile iſt Anlaß zum Zerfall der Geſteine gegeben. Wichtiger aber wie der Sauerſtoff im Waſſer iſt für die Wirkung des Waſſers auf den Zerfall der Geſteine der Gehalt an Kohlenſäure; denn kohlenſäurehaltiges Waſſer hat eine bei weitem ſtärkere löſende und zerſetzende Wirkung als reines Waſſer. Unter Umſtänden kann die Wirkung des kohlenſäurehaltigen Waſſers durch die Anweſenheit gewiſſer Salze, ſo z. B. nach Dietrichs Unterſuchungen durch das Vorhandenſein von kohlenſaurem Ammon, unterſtützt und erhöht werden.

Für die Zerſetzung der Geſteine ſind auch die auf den Verwitterungserzeugniſſen wachſenden Pflanzen wichtig; auch hierbei iſt vorwiegend die von Wurzeln erzeugte Kohlenſäure bezw. organiſche Säure das treibende Agens (Korroſionserſcheinungen). Für die Schnelligkeit der Zerſetzung iſt ferner noch die Tätigkeit der Regenwürmer im Boden von Bedeutung (Darwin). Dieſe verzehren Laub, Pflanzenreſte u. ſ. w. und ſcheiden ſie in einem leichter zerſetzlichen Zuſtande wieder aus. Durch die Gänge, welche die Regenwürmer in der Ackerkrume anlegen, wird der Boden lockerer und ſo der Luftzutritt zu dem Bodeninnern erleichtert; zugleich dringt aber durch dieſe Gänge das Waſſer leichter ein und trägt zur Zerſetzung der bodenbildenden Geſteine bei. V. Hanſen berechnet pro Hektar Ackerland 130000 Würmer.

Neben den anorganiſchen Beſtandteilen finden ſich im Boden (abgeſehen von Moorboden) noch geringe Mengen organiſcher Subſtanzen (Humus) vor, die von der Verweſung oder Fäulnis pflanzlicher oder tieriſcher Reſte herrühren. Der Humus iſt keine einheitliche Verbindung, ſondern ein Gemenge von verſchiedenartig konſtituierten Stoffen. Die Humusſtoffe ſind keine direkten Pflanzennährſtoffe, wie wir ſie durch den Zerfall der Geſteine bekommen, ſondern ſie wirken mehr indirekt für die Pflanzenernährung, indem ſie durch ihre Umſetzungserzeugniſſe auf die Bodenbeſtandteile zerſetzend wirken, dieſe in eine für die Pflanzen aufnehmbare Form bringen und im Boden weiter verbreiten. Die Humusſubſtanzen zerfallen nämlich durch die Einwirkung von Mikroorganismen vorwiegend in die für den Verwitterungsvorgang wichtige Kohlenſäure und in Ammoniak. Als Ergebnis der Verwitterung der Geſteine und der Humusbildung haben wir den Naturboden, der durch die menſchliche Tätigkeit in Kulturboden umgewandelt wird. Je nach dem vorherrſchenden Beſtandteil des Bodens unterſcheidet man: Sand-, Lehm-, Ton-, Kalkboden. Hierzu kommt noch der Humus- oder Moorboden, der aus den mehr oder weniger verweſten, meiſt an Ort und Stelle gewachſenen und abgeſtorbenen Pflanzen ſowie aus Waſſer (bis zu 94%) beſteht. Während bei den erſtgenannten Bodenarten die mineraliſchen Beſtandteile vorherrſchend ſind, treten beim Moorboden die Mineralſtoffe gegen die organiſchen Stoffe, entſprechend der Entſtehungsweiſe, ſehr zurück. Je

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

nach der Zuſammenſetzung und der Entſtehung unterſcheidet man Hochmoor und Niederungs- oder Grünlandsmoor. Das Hochmoor beſteht im weſentlichen aus den Reſten von heidekrautartigen Gewächſen, von Waſſermoofen (Sphagnum), Wollgras (Eriophorum vaginatum) u. ſ. w. Das Hochmoor iſt auf ſterilem, des Zutritts nährſtoffreichen Waſſers entbehrendem Heideſandboden entſtanden. Das Niederungsmoor beſteht aus Ueberreſten von Phragmites, von Hypnumarten ſowie von verſchiedenen Holzarten und bildet ſich überall da, wo ein guter, kalkreicher Untergrund vorhanden iſt oder wo ein natürlicher Waſſerlauf den Pflanzen zeitweiſe ein fruchtbares, kalkhaltiges Waſſer zuführt. Das Hochmoor enthält in der Heidehumusſchicht im waſſerfreien Zuſtande etwa 1,2 % Stickſtoff, 0,35 % Kalk und 0,10 % Phosphorſäure, das Niederungsmoor durchſchnittlich 2,5 % Stickſtoff, 4,0 % Kalk und 0,25 % Phosphorſäure. Selbſtverſtändlich ſind dieſe Gehaltszahlen je nach dem Sandgehalt verſchiedenen Schwankungen unterworfen. Bei der augenblicklichen Bedeutung der Moorkultur ſei hier kurz das wichtigſte Kultivierungsverfahren derſelben hervorgehoben. Vorbedingung für jede Kultivierung der Moore iſt eine gut geregelte Entwäſſerung. Sollen Niederungsmoore zu Wieſenanlagen dienen, ſo genügt eine einfache Entwäſſerung auf 50 cm; wird das Waſſer tiefer als auf 50 cm geſenkt, ſo iſt eine Bedeckung mit grobem Sand oder mineraliſchen Bodenarten (Lehm, Lehmmergel, Wieſenkalk oder Seeſchlick) in einer 10—12 cm dicken Schicht angebracht. Als Düngung verwendet man für 1 ha 4 dz Thomasmehl und 8 dz Kainit. Nach der Düngung hat eine geeignete Graseinſaat zu erfolgen. Werden Niederungsmoore in Aecker umgewandelt, ſo wird die Fläche, nachdem das Waſſer bis auf 1 m tief geſenkt iſt, 10—12 cm dick überſandet (Moordammkultur, zuerſt 1856 von v. Rimpau auf ſeinem Rittergut Cunrau ausgeführt). Als Deckmaſſe verwendet man den Grabenauswurf oder gewinnt dieſe auf benachbarten Flächen. Iſt der Sand ſchwefelkieshaltig, ſo muß der für die nachfolgende Vegetation verderbliche Schwefelkies durch gleichzeitiges Aufbringen von Kalk oder Mergel unſchädlich gemacht werden. Vor der Beſandung iſt die Zerſtörung der Grasnarbe anzuempfehlen. Die Düngung erfolgt am beſten durch Thomasmehl und Kainit. Bei der Hochmoorkultur werden die Flächen durch 50—60 cm tiefe Gräben in 8—10 cm breite Dämme geteilt, dann 15 cm tief umgehackt, mit 40 dz Kalk für 1 ha gekalkt und nach weiterem zwei- bis dreimaligen Umhacken mit 6—8 dz Thomasmehl und 12—15 dz Kainit gedüngt. Zu dieſer Düngung hat aber noch eine Stickſtoffgabe (2—4 dz Chiliſalpeter oder entſprechende Mengen Ammoniakſalz) hinzuzutreten. Neuerdings iſt bei Neukulturen auf Hochmoor die ſogenannte Bodenimpfung, d. h. Zugabe von einem ſchon länger in Kultur befindlichen Boden, auf dem Leguminoſen gut gedeihen, mit gutem Erfolg zur Stickſtoffbereicherung des Bodens verwendet worden, indem eben durch dieſe Bodenimpfung das Wachstum von Leguminoſen auf Moorboden ermöglicht worden iſt (Salfeld). Bei nicht zu ſchwacher Humusſchicht kann ein- bis zweimaliges Brennen des Hochmoors — aber nur als Vorkultur — mit Vorteil angewendet werden. Im allgemeinen iſt die früher übliche fortgeſetzte Brennkultur zu verwerfen; nach fünf- bis achtmaligem Brennen iſt die Fläche totgebrannt und ertraglos. Nach Fleiſcher können derartig totgebrannte Flächen aber in folgender Weiſe wieder kultiviert werden: Nach der Entwäſſerung durch 60 cm tiefe und 50—60 cm breite Gräben wird die Fläche 20—25 cm tief umgepflügt und nachher gehörig geeggt, darauf mit 20—30 dz Kalk für 1 ha gekalkt und ſpäter mit 8 dz Thomasmehl und 16 dz Kainit für 1 ha gedüngt. Bei der ſogenannten Veenkultur geht der eigentlichen Kultivierung eine Austorfung des Moores vorher. Die unteren Schichten des Moorlagers, der ſogenannte ſchwarze, dichte Torf, wird ausgehoben (und findet als Brennſtoff Verwertung); dann wird die obere loſe Moostorfſchicht auf den Untergrundſand zurückgeworfen und darauf eine 10 cm dicke Sandſchicht gebracht. Durch 20—25 cm tiefes Pflügen wird das Moor mit dem Sand ſorgfältig gemiſcht; hierauf erfolgt Düngung und Einſaat.

Die **chemiſche Bodenanalyſe** ſoll uns Aufſchluß geben über die Beſchaffenheit und Menge der im Boden lagernden Stoffe; ſie ſoll uns ſowohl die Pflanzennährſtoffe als auch die für eine gedeihliche Entwicklung der Pflanzen ſchädlichen Subſtanzen angeben. Dieſer hat ſtets eine mechaniſche Analyſe (Schlämmanalyſe) vorherzugehen, ſ. Bodenphyſik. Um die einzelnen Beſtandteile des Bodens feſtzuſtellen, unterwirft man die Feinerde des Bodens einer ſtufenweiſen Behandlung mit verſchieden ſtarken Säuren, zunächſt mit einer ſchwächeren Säure (verdünnter Salzſäure), darauf mit konzentrierter Schwefelſäure und ſchließlich mit Flußſäure und verfährt bei der weiteren Beſtimmung der einzelnen Beſtandteile nach den allgemein üblichen Verfahren, auf die hier nur verwieſen werden kann. Das Bild, das durch eine derartige Unterſuchung von der Zuſammenſetzung des Bodens gewonnen wird, wird am beſten durch nachfolgende Zuſammenſtellungen erläutert. Zugleich mögen dieſelben als Typen für die verſchiedenen Bodenarten dienen:

	Sandboden	Lehmboden	Kalkboden
Waſſer	0,97 %	2,84 %	2,50 %
Humus	1,55 „	3,02 „	3,42 „
Mit Stickſtoff	0,102 „	0,187 „	0,194 „
	2,25 %	5,86 %	6,01 %
In Salzſäure löslich:			
Kohlenſaurer Kalk	0,424 %	1,212 %	55,95 %
Kali	0,046 „	0,098 „	0,060 „
Phosphorſäure	0,075 „	0,080 „	0,078 „
im ganzen:	1,99 %	3,61 %	60,00 %

Durch Schwefelfäure aufgeſchloſſen:			
Tonerde und Eiſenoxyd . .	0,97 %	4,30 %	2,88 %
Kalk	0,020 „	0,075 „	0,080 „
Magneſia	0,060 „	0,076 „	0,076 „
Kali	0,069 „	0,217 „	0,207 „
Kieſelſäure	4,57 „	10,02 „	6,06 „
Ton im ganzen:	5,69 %	14,66 %	9,30 %
Durch Flußſäure aufgeſchloſſen:			
Tonerde	1,08 %	1,06 %	0,46 %
Kali	1,48 „	1,42 „	0,38 „
oder Kalifeldſpat	8,70 %	8,35 %	2,23 %
Sand- (und Natronfeldſpat) .	81,10 %	67,52 %	22,46 %

Durch die Einwirkung der verſchieden ſtarken Säuren erhalten wir den Geſamtvorrat der Pflanzennährſtoffe des Bodens. Jedoch nicht die Menge, ſondern die Form der letzteren iſt beſtimmend für die Fruchtbarkeit des Bodens, d. h. die größere oder geringere Löslichkeit derſelben in der Bodenlöſung. Zur Ermittlung der Fruchtbarkeit bezw. Güte eines Bodens hat man verſchiedene Wege eingeſchlagen. Zunächſt glaubte man in der Größe der Abſorption der Ackererde, d. h. der Fähigkeit, gelöſte Baſen (beſonders Ammoniak) bezw. Säuren (Phosphorſäure) aufzunehmen und feſtzuhalten, ein Mittel für die Beſtimmung der Fruchtbarkeit des Bodens gefunden zu haben. Die Abſorption hat teils phyſikaliſche, teils chemiſche Urſachen. Die letzteren beſtehen hauptſächlich in der Wechſelwirkung von Salzen, indem die Baſen der auf die Bodenbeſtandteile einwirkenden Salze vom Boden feſtgehalten werden und die Säuren mit Baſen des Bodens in Löſung gehen (mit Ausnahme der Phosphorſäure und teilweiſe der Kieſelſäure). Bei den Alkalien findet dieſer Austauſch meiſtens gegen Kalk und Magneſia ſtatt. Bei der Kalk- und Magneſiaabſorption wirken beſonders die Karbonate des Bodens. Die Phosphorſäure wird im Boden durch die Karbonate des Kalks und der Magneſia ſowie der Sesquioxydhydrate feſtgehalten. Je konzentrierter die auf den Boden einwirkenden Löſungen ſind, deſto mehr wird aus denſelben im Boden zurückgehalten. Infolge der Abſorptionskraft der Ackererde werden die durch die Verwitterung frei werdenden Stoffe von dem Boden feſtgehalten, ſo daß trotz fortſchreitender Verwitterung nur wenig Stoffe in der Bodenlöſung vorhanden ſind. Die Abſorptionskraft des Bodens kann daher als auf den Nährſtoffgehalt des Bodens regelnd wirkend angeſehen werden, weil bei Mangel an Nährſtoffen in der Bodenlöſung die leicht löslichen adſorptiv gebundenen Stoffe Erſatz liefern können, ſie ſchützt aber auch zugleich die Ackererde vor Auswaſchung. Nach Knop iſt ein Boden um ſo beſſer und fruchtbarer, je mehr Stickſtoff in Form von Ammoniak er zu binden imſtande iſt. Jedoch gibt es hiervon auch Ausnahmen. Nach A. Mitſcherlich ſteht die Menge des aufzunehmenden Waſſerdampfes, die „Hygroſkopizität“ oder auch die „Benetzungswärme“, bis zu gewiſſen Grenzen in Beziehung zur Fruchtbarkeit eines Bodens. Man hat die Menge der leicht löslichen, d. h. für die Pflanze aufnehmbaren Nährſtoffe des Bodens auch direkt zu beſtimmen geſucht. M. Märcker und P. Wagner haben zur Beſtimmung der aufnehmbaren Phosphorſäure Ammoniumcitrat, O. Kellner zur Beſtimmung des adſorptiv gebundenen Kalis (auch des Kalkes) eine 10prozentige Chlorammoniumlöſung, A. Rümpler zu demſelben Zweck (d. h. Kali) Kalkwaſſer bezw. eine 20prozentige Chlorcalciumlöſung vorgeſchlagen. M. Gerlach und B. Dyer u. a. verwenden eine 1- oder 2prozentige Zitronenſäurelöſung, Bogdanow eine 2prozentige Eſſigſäurelöſung, Schlöſing und Sigmund eine ſchwache Salpeterſäurelöſung, um die Menge der für die Pflanzen direkt aufnehmbaren Nährſtoffe des Bodens (Phosphorſäure, Kali, Kalk) zu beſtimmen. Hilgard beurteilt das Stickſtoffbedürfnis eines Bodens aus dem Stickſtoffgehalt des Humus, Grandeau glaubt aus dem Gehalt der in verdünntem Ammoniak aus einem von kohlenſaurem Kalk befreiten Boden löslichen Menge Kali u. ſ. w. in der ſogenannten „Matière noire“ auf die Menge der aufnehmbaren Bodennährſtoffe ſchließen zu können. Aber alle dieſe Vorſchläge haben ſich bis jetzt für alle Fälle noch nicht bewährt. Aus dem Grunde hat man auch verſucht, durch die Pflanzenanalyſe einen Maßſtab für die im Boden vorhandene Menge aufnehmbarer Nährſtoffe, alſo ein Maß für die Fruchtbarkeit des Bodens zu gewinnen. Weinhold, Emmerling und Hellriegel analyſierten zu dieſem Zwecke die ganzen Pflanzen, Heinrich dagegen nur die Wurzeln. Aus dem größeren oder geringeren Gehalt der Wurzeln an Nährſtoffen ſchließt Heinrich auf den Nährſtoffgehalt des betreffenden Bodens. Iſt der Nährſtoffgehalt der Wurzeln hoch und enthält der Boden gleichzeitig eine hohe abſolute Menge Nährſtoffe, ſo kann die weitere Aufſchließung der Bodenbeſtandteile der Verwitterung ohne beſonderes Zutun überlaſſen bleiben; iſt aber der abſolute Gehalt des Bodens an Pflanzennährſtoffen ein hoher, der Gehalt der Wurzeln ein geringer, ſo muß für die Aufſchließung der im Boden ſchlummernden Kräfte durch entſprechende Kulturen u. ſ. w. (Stalldünger, Gips, Kalk) geſorgt werden. Atterberg und Stahl-Schröder kommen auf Grund ihrer Haferunterſuchungen zu dem Schluſſe, daß zwiſchen dem Stickſtoff- und Phosphorſäuregehalt der Haferkörner beſtimmte Verhältniſſe beſtehen, die den im Boden vorhandenen Mengen Stickſtoff und Phosphorſäure entſprechen. Helmkamp ſucht dadurch, daß er Pflanzenanalyſe und Düngungsverſuch verbindet, zu einem Ergebnis zu gelangen. Vorläufig aber haben auch dieſe Verſuche noch zu keinem ſicheren Verfahren zur Beſtimmung der aufnehmbaren Pflanzennährſtoffe im Boden geführt, und muß daher vorläufig noch der Düngungsverſuch als empiriſches Hilfsmittel, um Aufſchluß über das Nährſtoffbedürfnis eines Bodens zu erhalten, angeſehen werden.

Durch die Pflanzen werden organiſche und anorganiſche Bodenbeſtandteile aufgezehrt, die, abgeſehen von den Wurzeln und Stoppelreſten, durch die Ernten weggeführt werden; der

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Erſatz muß ſich daher auf beide Formen erſtrecken. Die organiſchen Stoffe, die zur Humusbildung notwendig ſind, werden vorwiegend durch den Stallmiſt und die Gründüngung geliefert. Der Stallmiſt iſt ein wertvolles Erzeugnis der Wirtſchaft und muß daher beſonders vor Entwertung geſchützt werden. Dieſe Entwertung kann namentlich durch Stickſtoffverluſte verurſacht werden. Um ſie zu verhindern, ſind vielerlei Konſervierungsmittel vorgeſchlagen, wie z. B. Superphosphat, Superphosphatgips, Gips, Kainit u. ſ. w.; jedoch iſt das einfachſte und beſte Mittel möglichſter Abſchluß der Luft (alſo des Sauerſtoffs), damit der Zerſetzung entgegengewirkt wird, ferner tunlichſte Abhaltung von Regen und Licht. Im Anſchluß hieran ſei noch auf die Nitrifikation, d. h. auf die Bildung der Salpeterſäure aus Ammoniak und weiter aus organiſch gebundenem Stickſtoff, und auf die Denitrifikation, d. h. auf die Rückwandlung der Salpeterſäure in ſalpetrige Säure und ſogar in Stickſtoff — beides Erzeugniſſe der Tätigkeit niederer Organismen — hingewieſen, weil dieſe Vorgänge bei der Lagerung des Stallmiſtes vorkommen, dieſelben ferner auch im Boden u. ſ. w. ſich abſpielen.

Bei der Gründüngung, d. h. dem Unterbringen grüner Pflanzen in den Acker, tritt in neuerer Zeit neben der Abſicht, dem Boden humusbildende Stoffe zuzuführen, als Hauptabſicht hinzu, den Boden zugleich mit Stickſtoff anzureichern; denn die vielfach als Gründüngungspflanzen angebauten Leguminoſen haben durch die in den an den Wurzeln haftenden Knöllchen lagernden Bakterien die Kraft, den Stickſtoff der Luft aufzunehmen und für die Pflanze verwertbar zu machen. Die anorganiſchen Stoffe werden außer durch obige beiden Dünger größtenteils durch künſtliche Düngemittel zugeführt.

Wenn uns die chemiſche Analyſe bei Feſtſtellung des Nährſtoffbedürfniſſes des Bodens die nötige Aufklärung nicht geben kann, ſo kann ſie dieſes eher, wenn es ſich um ſchädliche Beſtandteile des Bodens handelt, denn hier iſt nicht immer die Form, ſondern oftmals ſchon das Vorhandenſein gewiſſer Stoffe überhaupt und die abſolute Menge derſelben das Entſcheidende. Als direkt ſchädliche Beſtandteile des Bodens ſeien folgende angeführt: Schwefelkies, weil ſich bei der Zerſetzung desſelben im Boden die für Pflanzen giftige freie Schwefelſäure und das ebenſo giftige Ferroſulfat bilden; Schwefelcalcium, das in Abfällen der Soda- und Pottaſchefabrikation ſowie in denjenigen der Gasfabriken als Gaskalk zur Verwendung gelangt; letzterer enthält auch das ſehr giftige Rhodanammonium; Zinkblende, die ſich im Boden leicht zu dem für Pflanzen ſchädlichen Zinkſulfat umſetzt. Wirkt zinkvitriolhaltiges Waſſer auf Boden ein, ſo bildet ſich unlösliches kohlenſaures Zink im Boden, und die frei werdende Schwefelſäure verbindet ſich mit Kalk, Magneſia und Kali; dieſe leicht löslichen Sulfate werden durch das Regen- und Berieſelungswaſſer mit fortgeführt, ſo daß hierdurch ein Nährſtoffverluſt im Boden eintritt. In gleicher Weiſe wirkt Kupferſulfat. Die Umſetzung dieſer ſchädlichen Metallſulfate zu unſchädlichen Metallkarbonaten hält aber nur ſo lange an, als der Vorrat an Karbonaten der Erdalkalien nicht erſchöpft iſt. Sobald dieſes eintritt, wirken die Metallſulfate auch direkt ſchädlich. Zu den ſchädlichen Beſtandteilen gehören ferner Chlornatrium, Chlorcalcium und Chlormagneſium in größerer Menge. Abgeſehen davon, daß Waſſer, das größere Mengen dieſer Salze enthält, als Rieſelwaſſer verwendet, den Boden phyſikaliſch verſchlechtert (dicht ſchlämmt), wirkt es auch durch Wechſelzerſetzung und durch ſeine ſtärker löſende Kraft gegenüber gewöhnlichem Waſſer ſchädigend, indem durch dasſelbe Pflanzennährſtoffe (Kali u. ſ. w.) ausgewaſchen werden. Die löſende Wirkung dieſer Salze tritt ſchon bei einem Gehalt von 1 g pro Liter hervor. Aeußerſt ſchädlich für die Vegetation iſt die arſenige Säure, die durch Abwaſſer aus Gerbereien, Färbereien u. ſ. w. in den Boden gelangt.

Literatur: Knop, Der Kreislauf des Stoffes, 1868; Bonitierung der Ackererde, 1873; Detmer, Die naturwiſſenſchaftliche Grundlage des Ackerbaues in „Handbuch der geſamten Landwirtſchaft“, herausgegeben von v. d. Goltz, 1893, ferner Die naturwiſſenſchaftl. Grundlagen der landw. Bodenkunde; Sachſe, R., Lehrbuch der Agrikulturchemie, 1888; Mayer, A., Lehrbuch der Agrikulturchemie, Heidelberg; Wahnſchaffe, F., Anleitung zur wiſſenſchaftlichen Bodenunterſuchung, Berlin 1903, 2. Aufl; König, J., Die Verunreinigung der Gewäſſer, deren ſchädliche Folgen u. ſ. w., Berlin 1899, 2. Aufl., und Die Unterſuchung landwirtſchaftlich und gewerblich wichtiger Stoffe, Berlin 1905, 3. Aufl.

J. König, E. Hafelhoff.

Bodendraht, diejenigen Drähte, die bei der Erzeugung des gerippten Handpapiers das Gitterwerk der Papierformen bilden, auf denen die erſte Entwäſſerung des Papierzeuges vor ſich geht; ſ. Papierfabrikation. *Kraft.*

Bodeneis, ſ. Grundeis.

Bodeneiſen, 1. Ausſtreicheiſen (ſ. d.), 2. amboßartiges, in den Schraubſtock einſpannbares Werkzeug der Uhrgehäuſemacher mit polierter Bahn zum Ausrunden der Gehäuſeböden; vgl. Schlagſtock. *Dalchow.*

Bodenförderung, ſ. Bodenbeförderung, Bodengewinnung, Erdförderwagen.

Bodengaſe, ſ. Bodenphyſik.

Bodengeſchoß, in manchen Gegenden für Speicher (Dachgeſchoß) üblich.

Bodengewinnung bezeichnet die Löſung und Verladung der betreffenden Bodenart (ſ. d.) fertig für den Transport zur Ablade- oder Verwendungsſtelle.

Bei der für Eiſenbahn- und Straßenbauten üblichen Handarbeit können nach G. Meyer [1] folgende Grenzwerte für den Kubikmeter Abtragsboden zur Preisermittlung für die ſieben verſchiedenen Klaſſen der Bodenarten in Arbeitsſtunden angenommen werden:

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

		Arbeitsstunden
1. Klasse	loser Sand	0,5—0,9
2. „	Lehm, Torfmoor u. s. w. .	0,9—1,5
3. „	schwerer Lehm, Ton, Mergel u. s. w.	1,5—2,3
4. „	Trümmergestein, Gerölle u. s. w.	2,3—3,3
5. Klasse	Felsen in brechbaren Bänken	3,3—4,5
6. „	Felsen in zu sprengenden Bänken	4,5—6
7. „	sehr feste, schwer schießbare Felsen	6—10

Hierzu kommt noch die Abnutzung der bis auf Spaten und Schaufeln vom Arbeitgeber zu liefernden Geräte und der etwaige Verbrauch an Sprengmaterial, was einen Zuschlag von 10—50 Pf. für den Kubikmeter bedingt. Bei den größeren Erdarbeiten der Neuzeit (Suezkanal, Kaiser Wilhelm-Kanal, den verschiedenen Dockbauten u. s. w.) fand die Bodengewinnung auf maschinellem Wege durch Grabmaschinen (s. d.) statt, da einerseits die Handarbeit, selbst bei großer Arbeiteranzahl, nicht genügte, anderseits eine genügende Anzahl von Arbeitskräften schwer erlangt werden konnte. Allerdings können diese Grabmaschinen nur für die beiden ersten und höchstens noch für einige Bodenarten der dritten Klasse, solange es sich nicht um Mergel handelt, verwendet werden.

Literatur: [1] Handb. d. Ing.-Wiss., Leipzig 1897, 3. Aufl., Bd. 1, 3. Kap. *L. v. Willmann.*

Bodenimpfung, s. Bodenchemie, S. 104.

Bodenkämmchen (Faustkröse) dient zuweilen statt des Kimmhobels (s. d.) zum Einschneiden einer Nut (Falz, Kröse, Kimme) in den Rand kleiner hölzerner Gefäße oder in die Dauben von Fässern zur Befestigung des Bodens. Das Werkzeug gleicht einem Streichmaß (s. Meßwerkzeuge), das statt der Reißspitze ein sägeartig gezahntes Eisen, das Kröseeisen oder den Kamm, trägt. Große Krösen führen den Namen Schwanzkrösen. *Dalchow.*

Literatur: Karmarsch-Fischer, Die Bearbeitung der Metalle und des Holzes, Leipzig 1891.

Bodenkarten geben die stoffliche Beschaffenheit, Ausdehnung und Mächtigkeit derjenigen Erdschichten wieder, die am Tag (also zu oberst) liegen und daher für die Bewirtschaftung fast allein in Betracht kommen.

Sie lassen die Frage nach der Entstehung der einzelnen Bodenarten, ihrem Alter und ihrer Reihenfolge unberücksichtigt im Gegensatz zu den geologischen Karten und dienen vornehmlich praktischen land- und forstwirtschaftlichen Zwecken, für die Auswahl des Düngers, der Melioration überhaupt, für Drainage, Wert- und Ertragsschätzungen, Neukulturen u. s. w. Ihr Maßstab muß ein sehr großer sein, in den meisten Fällen dürfte 1 : 10000, mitunter selbst 1 : 5000 kaum genügen. Da indessen weder die stofflichen Eigenschaften der Bodenarten noch ihre Ausdehnung und Mächtigkeit ohne Berücksichtigung ihrer Entstehung, ihrer Muttergesteine und ihrer Lagerung genau erkannt zu werden vermögen, so hat man im Bestreben, den Bedürfnissen der Bodenbewirtschaftung Rechnung zu tragen, die geologischen Spezialkarten zu geologisch-agronomischen Karten erweitert, indem man auf den ersteren noch durch Zeichen und Signaturen auch die petrographische Beschaffenheit des Bodens, die Ausdehnung der einzelnen Bodenarten und ihre Mächtigkeit bis zu einer gewissen Tiefe zur Darstellung bringt. Derartige geologisch-agronomische Karten werden durch die geologischen Aufnahmen der meisten deutschen Staaten von den für die Landwirtschaft besonders wichtigen großen Niederungen und Ebenen in einem großen Maßstab (meist 1 : 25000 der Natur) veröffentlicht (von Preußen, Sachsen, Baden, Elsaß-Lothringen, Hessen-Darmstadt und Württemberg). Vgl. Karten, geologische. *Leppla.*

Bodenlösung bezeichnet die Arbeit des Auflockerns einer zu entfernenden Abtragsmasse. Da die erste Klasse der Bodenarten (s. d.) trockener Sand, loser Kies, Gerölle u. s. w. sich einfach durch Fortschaufeln gewinnen läßt, so kommen für die Bodenlösung nur die zweite bis siebte Klasse der Bodenarten in Betracht und ist im betreffenden Artikel die Art der Lösung und die Benutzung der gebräuchlichen Geräte besprochen.

Der durch Abkeilen, Abhauen, Schroten und Sprengen gelöste Boden nimmt naturgemäß einen bedeutend größeren Rauminhalt ein als im gewachsenen Zustande. Es ist daher für die Verwendung desselben zu Anschüttungen und Dammbauten von Wichtigkeit, die bleibende Raumvergrößerung zu kennen, und sind hierfür entsprechende Versuche anzustellen. Von Henz [1] wird aus einer Reihe von Beobachtungen bei Ausführung größerer Erdarbeiten die bleibende Raumvergrößerung nach Vollendung der Anschüttungen für Sandboden zu 1—1,5%, Lehm und leichtere Erdarten 3%, Keuper- und Mergelarten 4—5%, festen Ton 6—7% und Felsen 8—12% angegeben; s. a. Bodenarten.

Literatur: Wie bei Bodenarten [1] Henz, Prakt. Anleitung zum Erdbau, Berlin 1874, 3. Aufl., bearb. von Streckert, S. 62; vgl. a. Handb. d. Ing.-Wiss., Leipzig 1897, 3. Aufl., Bd. 1, 3. Kap., S. 25. *L. v. Willmann.*

Bodenlüftung. Die Versorgung der Kulturböden mit atmosphärischer Luft kann für den Pflanzenwuchs nicht entbehrt werden. Sie erfolgt durch die kapillaren und nichtkapillaren, natürlichen oder künstlich geschaffenen Zwischenräume im Boden.

Das Luftbedürfnis der verschiedenen Pflanzen ist sehr verschieden. Wasserpflanzen brauchen wenig Luft; Kartoffeln, Rüben, Mais erfordern mehr wie Weizen, Hafer und Reis. Die Mittel

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

zur Bodenlüftung ſind 1. ſorgfältige und tiefe Bearbeitung im günſtigen phyſikaliſchen Zuſtande der Böden; 2. Entwäſſerung und Drainage; 3. ſchmale, hohe Beete mit tiefen Zwiſchenfurchen (Bifangbau). Schwere Ton- und Torfböden werden durch Aufbringung von Sand und ſtrohigem Dünger der Luft zugänglich gemacht.

Literatur: Die landw. Annalen des mecklenburgiſchen patriotiſchen Vereins im Jahr 1888, Folge XXVII, Jahrg. Nr. 21; Unterſuchungen über die Durchlüftungsfähigkeit der Bodenarten von R. Heinrich in Roſtock.

Bodenmelioration, ſ. Melioration.

Bodenmiſchung. Dieſe Kulturmaßregel (Melioration) beſteht in der allmählichen Vermengung eines Bodens von ungünſtiger chemiſcher Zuſammenſetzung oder von ſchlechtem phyſikaliſchen Zuſtande mit einem andern Boden entgegengeſetzten Charakters, um die extremen Eigenſchaften beider auszugleichen. Die am meiſten wirkſame und weitverbreitetſte Bodenmiſchung iſt die Zufuhr von Mergel auf Sand- und von Sand auf ſchwere Tonböden.

Literatur: Ullmann, Martin, Kalk und Mergel, Berlin 1893, S. 50 ff. — Ein Beiſpiel ausgedehnter Anwendung von Erdmiſchungen ſ. G. Krafft, Ein Großgrundbeſitz der Gegenwart, Wien 1872, S. 249 und 258.

Bodennagel, geſchmiedeter vierkantiger Nagel mit Spitzkopf, 7 cm lang, zur Befeſtigung der Bretter eines Fußbodens dienend.

Bodenpfahl (Bodenpflock), bei Nivellements und Abſteckungen von Höhenpunkten für Bauanlagen Pfähle, die ſo weit eingetrieben ſind, daß ihre Köpfe mit der Bodenfläche abſchneiden.

Bodenphyſik, die Lehre von den phyſikaliſchen Eigenſchaften des Bodens und deren Beziehungen zu den chemiſchen Vorgängen in der Vegetationsſchicht ſowie zu dem Wachstum der Kulturpflanzen; von G. Schübler [1] begründet, durch W. Schumacher u. a. [2] gefördert, von E. Wollny durch Verſchmelzung mit der Pflanzenphyſik und Agrarmeteorologie unter der Bezeichnung „Agrikulturphyſik“ zu einer ſelbſtändigen Wiſſenſchaft erhoben [3].

Die unter Benutzung exakter Methoden ermittelten Reſultate der bisherigen Forſchungen laſſen ſich in Kürze wie folgt zuſammenfaſſen:

I. Die Hauptbodengemengteile (Bodenkonſtituenten).

Als Hauptbeſtandteile des Bodens, die für die mechaniſche Beſchaffenheit und das Verhalten der Geſamtmaſſe zum Waſſer, zur Luft und zur Wärme von maßgebendem Einfluß ſind, ſind anzuſehen: Quarz, Kalk, Ton und Humus. Unter Umſtänden üben die Eiſenverbindungen, unter dieſen in erſter Linie Eiſenhydroxyd und gewiſſe lösliche Salze, z. B. Gips und Alkalikarbonate, gleichergeſtalt einen Einfluß auf das phyſikaliſche Verhalten des Erdreichs aus. Inſoweit die Beſchaffenheit der Maſſe von der Größe der dieſelbe zuſammenſetzenden Elemente bedingt iſt, laſſen ſich die konſtituierenden Beſtandteile auch unterſcheiden in Sand (reſp. Grus), abſchlämmbare Teile (Feinerde) und humoſe Stoffe [4], S. 45. Für die beträchtlichen Unterſchiede in der phyſikaliſchen Beſchaffenheit der natürlichen Böden ſpricht der Umſtand, daß die bezeichneten Beſtandteile ſehr weſentlich voneinander abweichende Eigenſchaften beſitzen und in äußerſt wechſelnder Menge an der Zuſammenſetzung des Bodens teilnehmen. Zur Beurteilung der einſchlägigen Verhältniſſe hat daher die Kenntnis der beſonderen Eigentümlichkeiten der einzelnen Konſtituenten und ihrer gegenſeitigen Beziehungen, ſowie der Menge, in der ſie im gegebenen Fall vorkommen, ein hervorragendes Intereſſe in Anſpruch zu nehmen.

II. Allgemeine phyſikaliſche Eigenſchaften der Bodenkonſtituenten und der Bodenmaſſe.

1. Die Größe der Bodenteilchen. Die Größe der Bodenpartikeln ſchwankt innerhalb ſehr weiter Grenzen; bei den plaſtiſchen Tonteilchen beträgt die Korngröße 0,005—0,0001 mm (nach [5]), bei den gröbſten Sandſorten 2 mm. Von 1—2 mm Durchmeſſer bezeichnet man den Sand als ſehr grob, von 0,5—1 mm als grob, von 0,2—0,5 mm als fein, bei 0,2—0,05 mm Durchmeſſer als ſehr fein. Der unterhalb der Korngröße 0,05 mm liegende Anteil bildet die feinſten Teile mit der kolloidalen Tonſubſtanz [7], S. 43. Beſtandteile von 2—5 mm Korndurchmeſſer bezeichnet man mit Kies oder Grand, von 5—10 mm mit Grus, während jene über 10 mm als Steine anzuſprechen ſind. Alle Beſtandteile über 0,5 mm bilden das Bodenfkelett, die feinkörnigeren die Feinerde. Je nach dem Ueberwiegen der betreffenden Kornſortimente unterſcheidet man Stein-, ſteinreiche, Grus-, kiesartige, grob-, feinkörnige, ſtaubförmige Böden. Gleichkörnig iſt ein Boden, wenn ſeine Beſtandteile annähernd gleiche Größe haben, ungleichkörnig dagegen, wenn die Partikeln in der Größe auffallend voneinander abweichen.

2. Die Form der Bodenteilchen iſt eine ſehr verſchiedene und ſelten regelmäßige. Die feinſten Teilchen des Tones ſind von äußerſt feinſchuppiger Geſtalt und unmeßbarer Dünne, zum Teil auch ohne charakteriſtiſche Begrenzung. Bei den Sandſorten finden ſich Formen, die ſich der Kugelgeſtalt mehr oder weniger nähern. Insbeſondere neigt Quarz zu kugeliger Abrundung. Im übrigen ſind Form und Größe der gröberen Bodenelemente in erſter Linie abhängig von der Beſchaffenheit des Urſprungsmateriales, d. h. des unterliegenden Geſteines, das durch Verwitterung den Boden lieferte, und zugleich von der Art und Weiſe der Verwitterung ſelbſt. Aus kriſtallinen Geſteinen hervorgegangene Böden, alſo Granit-, Gneis-, Glimmerſchiefer, Porphyr- und ähnliche Böden beſtehen aus großen und kleinen, ſchwach oder ſtark verwitterten, aber ausſchließlich eckig begrenzten Geſteins- und Mineraltrümmern, die mehr oder weniger reichlich

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

vermiſcht ſind mit den Endprodukten der Verwitterung, mit Tonſubſtanz, Eiſenhydroxyd und andern Stoffen. Abgerundete Mineralſtücke und Steinfragmente finden ſich nur da im Boden, wo das bodenbildende Geſtein oder wo allgemein die bodenbildende Ablagerung derartige Elemente ſchon als Beſtandteile enthielt, wo alſo der Boden hervorging aus Sandſtein oder einem Konglomerate z. B. des Rotliegenden, der Triasformation, der Kreide oder der Tertiärformation oder irgend einer jüngeren Ablagerung, die unter Mitwirkung von Waſſer, Eis oder Wind zuſtande gekommen iſt.

3. Molekularkonſtitution der Bodenteilchen. Soweit dieſe dem Mineralreich angehören, ſind ſie entweder kriſtalliniſch oder amorph. Im erſteren Fall, ſowie teilweiſe im zweiten ſind ſie für Waſſer und Gaſe ganz oder beinahe undurchdringbar. Ein Teil der amorphen Beſtandteile, wie z. B. die plaſtiſche Tonſubſtanz, die amorphen ſogenannten Bodenzeolithe, das Eiſenoxyd und die Kieſelſäure in gewiſſen Zuſtänden, haben in gleicher Weiſe wie einige bei der Zerſetzung der organiſchen Subſtanzen entſtehende Humusſtoffe die Eigenſchaften der Kolloidſubſtanzen, d. h. ſie quellen bei dem Benetzen mit Waſſer durch Einlagerung von Flüſſigkeitsmolekülen zwiſchen die Moleküle der Subſtanz auf und bilden quaſi eine Gallerte, hierbei ihr Volumen bedeutend vermehrend, während ſie zuſammenſchrumpfen, ſobald ihnen das Waſſer entzogen wird [6]. Dieſe zum größten Teil hypothetiſchen Stoffe ſind für die phyſikaliſchen und chemiſchen Eigenſchaften des Bodens von großer Bedeutung. [6] *) Auf dieſen Beſtandteilen beruht die Plaſtizität der Böden, die in hervorragendem Grade beſonders bei den Ton- und tonreichen Bodenarten in die Erſcheinung tritt. — In Zerſetzung begriffene Pflanzenreſte im Boden zeigen, ſoweit ſich noch ihr Urſprung erkennen läßt, die Eigentümlichkeit, daß ſie durch Zerſtörung eines Teils der Gewebe porös und dadurch für Flüſſigkeiten und Gaſe durchdringbar ſind.

4. Beſtimmung der Korngröße (mechaniſche Bodenanalyſe) und der Bodenkonſtituenten. Zur Beſtimmung des quantitativen Mengenverhältniſſes der den Boden zuſammenſetzenden Kornſortimente dient die mechaniſche Analyſe, mittels der die mechaniſche Trennung des Bodens in die einzelnen Korngrößen durch Sieben und durch Schlämmen bewirkt wird. Hierbei wird der Boden zweckmäßig in folgende Produkte zerlegt:

Bezeichnung	Korndurchmeſſer mm	
1. Steine	> 10	Bodenſkelett
2. Grobkies	10—5	
3. Feinkies	5—2	
4. Grand	2—1	
5. Grobſand	1—0,5	
6. Feinſand	0,5 —0,05	Feinerde
7. Mineralſtaub	0,05—0,01	
8. Tonſubſtanz	0,01—0,0001	

Von 1—5 werden die Anteile durch Rundlochſiebe ausgeſchieden, von 6—8 durch Schlämmung.

Bei der Vorbereitung der zu unterſuchenden Erdprobe für die Analyſe iſt zunächſt dafür Sorge zu tragen, daß die gröberen Sortimente von der anhaftenden Erde befreit und die vorhandenen Aggregate zerſtört werden. Dies geſchieht durch ein mehrſtündiges — E. W. Hilgard ([3], II, 57) empfiehlt ein 10—12ſtündiges — Kochen mit deſtilliertem Waſſer. Die ſo behandelte Probe wird durch die Rundlochſiebe mit deſtilliertem Waſſer, wenn nötig unter Zuhilfenahme eines Pinſels, gewaſchen, die Teilchen unter 0,5 mm Durchmeſſer werden dagegen durch Schlämmen in die einzelnen angegebenen Produkte zerlegt. Bei letzterer Prozedur bedient man ſich zweier Methoden, von denen die eine ſich auf den freien Fall feſter Körper in Waſſer gründet, Dekantier- oder Hydroſtatiſche Methode genannt (Davy, Schübler, Sprengel, Bennigſen-Förder, Knop,

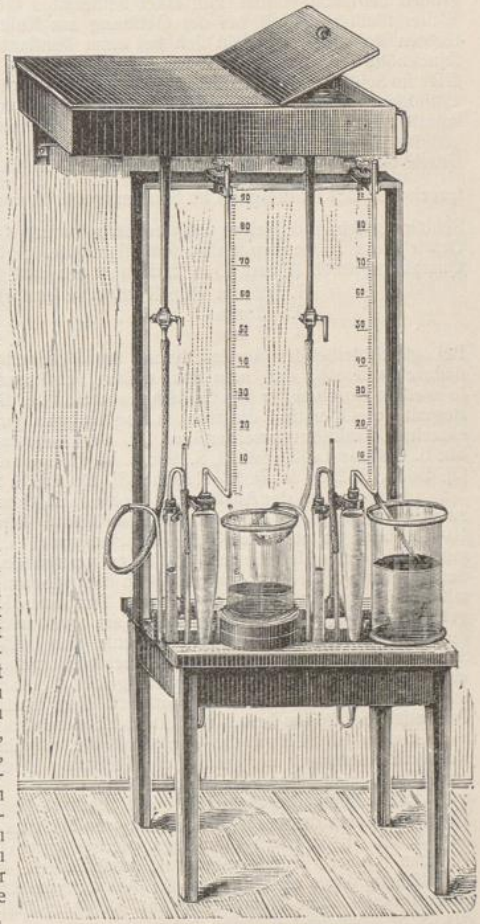


Fig. 1. Schöneſcher Schlämmapparat.

*) Gegenüber der zurzeit herrſchenden Anſicht über die Exiſtenz der kolloidalen mineraliſchen Beſtandteile in den Böden wird neuerdings von einigen Seiten die Meinung geltend gemacht, daß die dieſen Subſtanzen zugeſchriebenen Wirkungen einfach auf die außerordentliche Feinheit der betreffenden Elemente zurückzuführen ſeien, auf Grund der Beobachtung, daß ganz allgemein die allerfeinſten Mineralpartikeln, vermöge der ihnen zu Gebote ſtehenden Attraktionskräfte, das Waſſer in großen Mengen anziehen.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Schlöſing, Kühn, Osborne, Fadejeff), während bei der andern der Stoß aufwärts fließenden Waſſers (Hydrauliſche Methode) verwendet wird (Nöbel, Schöne, Ad. Mayer, Hilgard). Von der Methode der erſteren Gruppe iſt die Kühnſche wegen ihrer Einfachheit bei gewöhnlichen Unterſuchungen vorzuziehen; genauere und übereinſtimmendere Reſultate liefert jene von Fadejeff. Unter den Verfahren der zweiten Gruppe erfreut ſich die Schöneſche Schlämmethode einer großen Verbreitung. Die weſentlichen Beſtandteile des in Fig. 1, S. 109, dargeſtellten Schöneſchen Schlämmapparates ſind Schlämmzylinder und Druckmeſſer (Piëzometer). Die Schlämmzylinder ſind U-förmig gebogen, in dem einen zum Schlämmraum beſtimmten Schenkel 5 bezw. 2,5 cm weit, während der die Zuführung des Waſſerſtromes beſorgende andre Schenkel eng iſt und ganz allmählich in den weiten Schenkel übergeht. Die Zylinder ſind mit Hilfe eiſerner Muffen an vertikalen Trägern befeſtigt und durch Gummiſchläuche mit dem aus einem flachen Zinkkaſten beſtehenden Waſſerreſervoir verbunden. Der in der Zeichnung zum Gebrauch fertig montierte Apparat beſitzt zwei Paare von Schlämmzylindern, um gleichzeitig zwei Schlämmanalyſen ausführen zu können. Es ſind immer ein großer und ein kleiner Schlämmzylinder miteinander verbunden. Aus dem Reſervoir fließt das Waſſer zuerſt durch den kleinen, dann durch den großen Zylinder. Mit Hilfe eines einfach durchbohrten Gummiſtopfens iſt letzterem der Druckmeſſer (Piëzometer) aufgeſetzt, der am unteren Ende zweimal unter 45° gebogen, an ſeinem äußeren Knick mit einer feinen, 0,5 mm weiten Ausflußöffnung, in ſeinem ſenkrecht aufſteigenden, genau 1 m langen Teil mit einer Einteilung verſehen iſt. Unter Schlämmgeſchwindigkeit verſteht man in dieſem Schöneſchen Apparat die ſenkrechte Hubhöhe eines Bodenteilchens in der Sekunde. Das aus dem großen Schlämmzylinder mit einer beſtimmten Geſchwindigkeit in das Piëzometer eintretende Waſſer fließt zum Teil bei der Oeffnung am Knick aus, ſteigt zum andern Teil in dem ſenkrechten Rohr auf und ſtellt ſich bei einer konſtanten Ausflußgeſchwindigkeit auf eine konſtante Druckhöhe ein. Damit wird das Piëzometer zum Indikator für die Stromgeſchwindigkeit. Was dieſe im Schlämmraum betrifft, ſo iſt ſie in erſter Linie abhängig von dem Querſchnitt des Schlämmzylinders und der Größe der Ausſtrömungsöffnung am Piëzometer. Es iſt daher der Querſchnitt des Schlämmraumes (= C in Quadratmillimetern) an der Stelle, wo er genau zylindriſch geſtaltet iſt, ſorgfältig feſtzuſtellen, ſodann empiriſch die in der Zeiteinheit bei einer gewiſſen Druckhöhe ausgefloſſene Waſſermenge (= Q in Kubikmillimetern). Die dieſer Druckhöhe entſprechende Geſchwindigkeit im Schlämmraum iſt dann $v = \frac{Q}{C}$ mm in der Zeiteinheit. Beſtimmten Schlämmgeſchwindigkeiten entſprechen beſtimmte Korngrößen bei annähernd gleichem ſpezifiſchen Gewicht der zu trennenden Bodenbeſtandteile. Schöne hat die Schlämmgeſchwindigkeiten auf Quarzkorngrößen (Quarz $D = 2{,}65$) bezogen und gefunden, daß einer Geſchwindigkeit von

1. 0,2 mm eine Korngröße entſpricht von 0,01 mm und darunter;
2. 2 mm „ „ „ „ 0,05—0,01 mm;
3. 7 mm „ „ „ „ 0,1 —0,05 mm.

Bei gleichbleibender Ausflußöffnung am Piëzometer wird die Geſchwindigkeit von 7 mm nur dadurch erreicht, daß man dem weiten Schlämmzylinder einen engeren vorlegt mit nur halb ſo weitem Durchmeſſer des Schlämmraumes, wie dies auch hier geſchehen. In dieſen wird beim Beginn der Operation die trocken abgewogene, gut ausgekochte Bodenprobe eingebracht. Die einzelnen Fraktionen werden auf 100 der angewandten Subſtanz berechnet ([7] S. 31; [7], 23; Th. B. Osborne [3], Bd. 10, S. 196; E. W. Hilgard [3], Bd. 2, S. 57 und Bd. 6, S. 52; Ad. Mayer [3], Bd. 5, S. 228; W. R. Williams [3], Bd. 18, S. 225).

Bei jeder Art der Ausführung der mechaniſchen Bodenanalyſe ſind verſchiedene Bedingungen zu erfüllen, wenn ein ſicheres oder annähernd ſicheres Reſultat erlangt werden ſoll. Außer dem 10—20ſtündigen lebhaften Kochen der Bodenprobe iſt es unbedingt notwendig, bei dem Schlämmen möglichſt reines (deſtilliertes) Waſſer zu verwenden, weil in kalk- und ſalzhaltigem ſich infolge der Flockung Aggregate bilden, die in die gröberen Produkte übergehen. Aus demſelben Grunde müſſen die Apparate vor allen grellen Temperaturſchwankungen, vor dem Einfluß des Lichtes geſchützt werden; ſie erhalten daher am zweckmäßigſten Aufſtellung in einem dunkeln Keller. Zur ſicheren Abſcheidung der Sedimente von beſtimmtem hydrauliſchen Wert muß ferner dem Schlämmen eine Abſcheidung des Tones vorhergehen, indem ſonſt das ſchwere und hydrauliſch viel wirkſamere Tonwaſſer im Anfang der Operation viel gröbere Korngrößen, als der Geſchwindigkeit entſprechen, mit fortführt. Dies iſt durch wiederholtes Abſetzen aller Körner vom Tonboden bei 20 cm hoher Waſſerſchicht zu bewerkſtelligen, wobei die Abſetzzeit auf 24 Stunden zu bemeſſen iſt (Hilgard). — Inſoweit die phyſikaliſche Beſchaffenheit des Bodens von der Korngröße abhängig iſt, genügt die Trennung in die beſchriebenen Sortimente, mit Ausnahme der Kolloid- und Humusſubſtanzen. Unter erſteren iſt der kolloidale Teil des Tones der wichtigſte, weil durch dieſen die Plaſtizität des Bodens bedingt iſt.*) Zur Beſtimmung dieſes „wirkſamen" Tones kann man das vorerwähnte Verfahren Hilgards oder jenes von Th. Schlöſing benutzen ([4], S. 50). Es bleiben allerdings hierbei unter Umſtänden noch verſchiedene andre feinſte Teilchen (Quarz, Eiſenoxydhydrat, verſchiedene Mineralien) zurück, deren Menge dann auf chemiſchem Wege zu ermitteln iſt. Am zweckmäßigſten wird es indeſſen ſein, den Ton direkt zu beſtimmen. Die Humusſtoffe ſind gleichergeſtalt durch die chemiſche Analyſe zu ermitteln ([7], S. 57—64), und dasſelbe gilt auch von der in phyſikaliſcher Hinſicht wichtigen kolloidalen Humusſubſtanz (Matière noire), die am beſten nach der Methode von L. Grandeau [8] feſtgeſtellt wird. — Sobald neben der Korngröße die Subſtanz ſelbſt für das phyſikaliſche Verhalten des Bodens in Betracht kommt, wie z. B. der Wärme gegenüber, wird man nicht umhin

*) Die Kaolinitpartikeln, die im übrigen im Boden vorkommen, wirken wie jeder andre mechaniſche Beſtandteil und ſind nicht plaſtiſcher als Kalk und feine Kiefelerde.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

können, die Bodenkonſtituenten mittels der chemiſchen Analyſe zu beſtimmen, weil die mechaniſche hierüber keinerlei Auskunft gibt ([7], S. 43—85). Unter beſonderen Verhältniſſen kann es auch aus gleichem Anlaß erwünſcht ſein, die Gemengteile der Schlämmprodukte einer mineralogiſchen Prüfung mit Hilfe von Lupe oder Mikroſkop zu unterziehen [9].

5. Die Lagerungsverhältniſſe der Bodenteilchen (Struktur) des Bodens.

a) Die Einzelkonſtruktur (E. W. Hilgard). Denkt man ſich den Boden in ſeine einzelnen Partikeln zerlegt und dieſe mehr oder weniger dicht aneinander gelagert, ſo iſt die Größe der zwiſchen den Teilchen befindlichen und für die Waſſer- und Luftbewegung maßgebenden Zwiſchenräume von der Größe (dem Durchmeſſer) und der Form der Teilchen vollſtändig abhängig, weshalb man dieſe Art ihrer Zuſammenlagerung zweckmäßig mit „Einzelkornſtruktur" bezeichnet. Nimmt man an, daß die Partikeln Kugelgeſtalt und gleiche Größe beſäßen, ſo kann die Aneinanderlagerung entweder derart ſein, daß jede Kugel in dem Zwiſchenraum zwiſchen den benachbarten Kugeln ruht (Fig. 2) oder daß die in den Berührungspunkten der Kugeln errichteten Tangentialebenen ſämtlich aufeinander ſenkrecht ſtehen (Fig. 3). Die erſtere Anordnung führt zum Aufbau einer drei- oder vierſeitigen regulären Pyramide, bei der letzteren bilden die Kugeln zuſammen einen Würfel. In jedem Fall iſt die Lagerung der gleichartigen Elemente die möglichſt dichte, und die Summe der Zwiſchenräume (Porenvolumen) beträgt 25,95 % des Geſamtvolumens; in dem zweiten Falle hat man es mit der lockerſten Lagerung zu tun, und das Porenvolumen beläuft ſich auf 47,64 % des Geſamtvolumens (J. Soyka [3], Bd. 8, S 1). Die abſolute Raumerfüllung der feſten Beſtandteile iſt in beiden Fällen von der relativen Größe der Kugeln, wenn dieſe innerhalb des Sortimentes eine gleiche Größe haben, unabhängig (C. Lang [3], Bd. 1, S. 109).

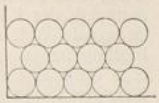


Fig. 2.

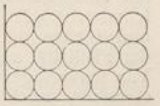


Fig. 3.

Die geſchilderten Verhältniſſe paſſen nur auf Böden, die aus ſandigen oder ſandſteinartigen Ablagerungen hervorgegangen ſind, nicht aber auf Böden, deren Subſtrat Schiefertone, Tonmergel, Tone, kriſtalline Schiefer, kriſtalline und tonige Kalkſteine ſowie Eruptivgeſteine aller Art bilden; ſie gelten auch nicht für jene Böden, die aus weit ausgedehnten innerkontinentalen äoliſchen Aufſchüttungen hervorgegangen ſind, die wir als Löß bezeichnen. In Böden dieſer Kategorien herrſchen eckige Körner entſchieden vor. Hier ein Schema für die Lagerung der kleinſten Teilchen anzugeben iſt unmöglich. Doch lehrt die unmittelbare Beobachtung, daß die Uebereinanderlagerung der Bodenelemente eine äußerſt wechſelnde, bald lockere, bald dichte iſt. Unter ſolchen Verhältniſſen kann es nicht wundernehmen, daß das Porenvolumen, das einen Maßſtab für die Lagerungsverhältniſſe der Bodenteilchen abgibt, innerhalb weiter Grenzen liegt. Nach den diesbezüglichen Verſuchen von C. Flügge [10], E. Wolff [11], F. Renk [12], E. Ramann [4] und Veitmeyer [13] ſchwankt das Porenvolumen bei Mineralböden zwiſchen 20 und 57,8 %, bei Torf- und Moorböden ſteigt es nach Ramann ([4], S. 60) und v. Schwarz ([3], Bd. 2, S. 164) bis auf 85,2 %.

b) Die Krümelſtruktur (E. Wollny). In manchen Bodenarten bilden ſich unter gewiſſen Umſtänden Aggregate (Krümel) durch mehr oder weniger enge Aneinanderlagerung einer größeren Zahl von Partikeln. Dieſe Art der Lagerung (Krümelſtruktur) unterſcheidet ſich von der vorſtehend beſchriebenen hauptſächlich durch das Auftreten einer beträchtlichen Zahl größerer Hohlräume (Fig. 4) zwiſchen den Aggregaten, indem gewiſſermaßen durch die Krümelung die Korngröße bedeutend erhöht wird. Jene größeren Lücken zwiſchen den Krümeln oder Bröckchen führen ſehr durchgreifende Veränderungen in der phyſikaliſchen Beſchaffenheit des Bodens, beſonders bezüglich des Verhaltens desſelben zum Waſſer und zur Luft herbei. — Die Urſachen der Krümelbildung, auch Flockung genannt, ſind ſehr verſchiedener Art. Die Neigung zur Bildung von Aggregaten verhält ſich annähernd umgekehrt wie die Größe der Teilchen und hört bei Quarzpulver ziemlich auf, wenn der Korndurchmeſſer ungefähr 0,2 mm überſteigt, vorausgeſetzt, daß alle Körner von derſelben Größe ſind, denn in Komplexe kleinerer Körner gehen noch größere Teilchen als die von 0,2 mm Korndurchmeſſer mit ein. Die Anzahl der Körnchen, die zu einem Krümel kohärieren können, iſt weſentlich demſelben umgekehrten Verhältnis unterworfen. Je größer die Einzelkörner ſind, deſto leichter zerfallen die Aggregate. Weiter wurde nachgewieſen, daß die Neigung zur Krümelbildung ſich raſch mit zunehmender Temperatur vermindert. Im Waſſer nahe dem Siedepunkt iſt dieſelbe ſehr ſchwach (E. W. Hilgard [3], Bd. 2, S. 441). Die Kolloidſubſtanzen ſind der Krümelbildung ſehr förderlich, und zwar in dem Grade, als ſie in größerer Menge in dem Boden auftreten. Die freien, nicht löslichen Humusſäuren leiſten der Bildung von Aggregaten in dem gleichen Sinne Vorſchub, indem ſie die Rolle eines Bindemittels für die übrigen Bodenbeſtandteile übernehmen [14]. Bei einem mittleren Waſſergehalt (ca. 40 % der Maximalmenge, die der Boden zu faſſen vermag) iſt die Neigung zur Krümelbildung am größten; bei höherem und geringerem Waſſergehalt nimmt ſie ſtetig ab ([3], Bd. 12, S. 239). — Von beſonderer Wichtigkeit iſt die Tatſache, daß die löslichen Salze des Bodens auf die Struktur desſelben, ſelbſt wenn ſie in geringen Mengen auftreten, einen hervorragenden Einfluß ausüben (E. W. Hilgard in [3], Bd. 2, S. 441, und Bd. 16, S. 82; Ad. Mayer [3], Bd. 2, S. 251). Kauſtiſche, kohlenſaure und phosphorſaure Alkalien (Kali, Natron, Ammoniak) bedingen ein Dichtſchlämmen des Bodens (Einzelkornſtruktur) und verhindern die Krümelbildung unter Umſtänden vollſtändig, während die Mineralſäuren, Salz-, Schwefel- und Salpeterſäure und deren Salze, mit Ausnahme der neutralen Alkaliſulfate, die ſich der erſtgenannten Gruppe nähern, die Bildung von Aggregaten weſentlich fördern. Bei den Chloriden und den

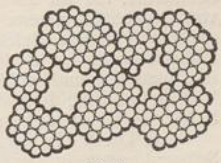


Fig. 4.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Nitraten iſt dies nur ſo lange der Fall, als dieſe ſich in der Bodenlöſung vorfinden; werden ſie jedoch durch das in den Boden eindringende atmoſphäriſche Waſſer ausgewaſchen, was um ſo leichter erfolgt, als bekanntlich dieſe Salze vom Boden nicht abſorbiert werden, ſo tritt nachträglich ein Dichtſchlämmen ein (Einzelkornſtruktur). Dem Boden beigemiſcht, befördert Kalkhydrat (Aetzkalk) in hohem Grade, kohlenſaurer Kalk in geringerem Grade die Bildung loſer, flockiger Aggregate (Krümel), die allen auf ihre Zerſtörung hinwirkenden äußeren Einflüſſen je nach der angewendeten Subſtanzmenge mehr oder weniger lange Zeit widerſtehen. Unter den äußeren Faktoren, die auf die Struktur des Bodens einen Einfluß ausüben, würde zunächſt der Froſt in Betracht kommen. Durch das zu Eis erſtarrende und ſich hierbei ausdehnende Waſſer werden die Teilchen auseinander gerückt. Dies hat in einem zur Krümelbildung neigenden, aber dichtgelagerten Boden in der Regel die Ueberführung desſelben in eine krümelige Maſſe (Krümelſtruktur), in einem bereits mechaniſch zerkleinerten oder grobkörnigen (Sand-)Boden aber eine ſo weitgehende Trennung der Partikeln zur Folge, daß derſelbe in ſeine einzelnen Elemente zerfällt (Einzelkornſtruktur) oder ſich unter der Froſtwirkung feſt zuſammenlagert (Sand). — Auf die Zerſtörung der Krümelſtruktur (in der Technik „Verſchmieren“ oder auch „Verſtampfen“ genannt) wirkt auch heftiges Schütteln mit Waſſer, Kneten und Kochen der Ton- oder Erdmaſſe. Dieſe Mittel werden in der Keramik zur Vermehrung der Plaſtizität angewendet, die weſentlich auf der möglichſt feinen Verteilung der Teile beruht. Von hervorragendem Einfluß auf die Struktur des Bodens erweiſt ſich das atmoſphäriſche Waſſer, einerſeits durch Veränderung der Lage der Bodenteilchen, anderſeits durch Fortführung der feinſten Elemente in die Tiefe. Durch das eindringende Waſſer wird die Krümelſtruktur infolge Loslöſung der Partikeln von den Bröckchen und Einſchlämmen derſelben in die Hohlräume vernichtet, und zwar um ſo ſchneller, je größer die einſickernden Waſſermengen ſind und je geringer die Neigung des Bodens zur Krümelbildung iſt. Je größer die Kraft des auffallenden Waſſers iſt, um ſo eher geht der Boden in den Zuſtand der Einzelkornſtruktur über. Daher können heftige Gewitterregen den mechaniſchen Zuſtand des Bodens innerhalb kurzer Zeit vollſtändig ändern, und es unterliegen hauptſächlich gleichmäßig feinſandig-tonige Bodenarten bei Schlagregen leicht einer Verſchlämmung in ihren oberſten Teilen, die bei der Abtrocknung des Bodens oft zu der von dem Landwirt gefürchteten Kruſtenbildung führt. Aus ſolchen Tatſachen wird gefolgert werden dürfen, daß die Niederſchlagshäufigkeit unter ſonſt gleichen Umſtänden für die Struktur des Bodens von großer Bedeutung iſt; häufigere aber wenig ergiebige Niederſchläge ſind von ungleich geringerer Wirkung als ſeltener erfolgende aber ſtärkere. Durch die Bedeckung des Bodens mit lebenden Pflanzen oder abgeſtorbenen Pflanzenteilen (Streu, Stroh, Holz u. ſ. w.) werden die geſchilderten mechaniſchen Wirkungen der Niederſchläge abgeſchwächt, weil die Kraft des auffallenden Waſſers gebrochen und das Eindringen desſelben in den Boden verlangſamt wird. Der betreffende Einfluß der Pflanzendecke iſt um ſo größer, je dichter die Pflanzen ſtehen und je kräftiger ſie ſich entwickelt haben. Iſt der Boden mit einer Streu- oder Strohdecke verſehen, ſo vermindert ſich mit der Zunahme der Mächtigkeit derſelben die Verdichtung des Erdreiches ſeitens des Regens (E. Wollny [3], Bd. 12, S. 31). — Strukturveränderungen können durch die Niederſchläge außerdem in der Weiſe bewirkt werden, daß ein mehr oder weniger großer Teil der feinerdigen Beſtandteile durch das nicht eingeſickerte, bei geneigtem Terrain oberflächlich abfließende Waſſer mitgeriſſen (Abſchlämmung) oder durch das in den Boden eindringende Waſſer in die Tiefe abgeführt wird (Ein- oder Durchſchlämmung). Der Wald wirkt auf die Abſchlämmung in ſtärkerem Maße retardierend ein als perennierende krautartige Gewächſe. Ebenſo ſchützt eine geſchloſſene Bodendecke gegen die ausſaigernde Wirkung des Windes. Wo aber wenig geſchützter Boden unter der kontinuierlich auflockernden Wirkung nächtlich eintretender Fröſte, der ausblaſenden Wirkung heftig wehender Winde ausgeſetzt iſt, wie das in ausgedehnten Steppengebieten der Fall iſt, da werden die ſtaubförmigen Anteile des Bodens im Laufe der Zeit in ungeheuern Maſſen fortgeführt und an windruhigen Stellen wieder abgelagert. Vorgänge dieſer Art führen zur Bildung äoliſcher Sedimente, die wir als Löß bezeichnen. Sie decken in Zentralaſien Flächenräume von Tauſenden von Quadratkilometern. In den Regionen der Ausblaſung beſitzt der Boden allenthalben eine grobſandig-kieſige Beſchaffenheit. — Einen erheblichen Einfluß auf die Krümelbildung üben ſchließlich die im Boden vorkommenden Tiere — insbeſondere die Regenwürmer — durch ihre grabende und wühlende Tätigkeit oder durch ihre Ausſcheidungen aus (C. Darwin [15]; V. Henſen [16]; P. E. Müller [17]; E. Ramann [3], Bd. 11, S. 299; E. Wollny [3], Bd. 13, S. 382; E. Ebermayer [18]).

6. Die Volumänderungen des Bodens dokumentieren ſich hauptſächlich durch Schwankungen in der Raumanfüllung bei wechſelnder Anfeuchtung und Austrocknung der Böden. Sie treten im allgemeinen am ſtärkſten bei den Kolloidſubſtanzen enthaltenden Erdarten auf und ſind am größten bei den Humusſtoffen (Torf), denen der Ton in dieſer Richtung ſehr nahe ſteht, während ſie bei dem Sande entweder gar nicht oder nur bei großer Feinkörnigkeit in mäßigem Grade beobachtet werden. Im letzteren Falle wird die Ausdehnung der Maſſe ausſchließlich durch die Waſſerhüllen bewirkt, mit denen ſich die Teilchen bei ergiebiger Benetzung mit Waſſer umgeben. Man kennt Böden (Haida, Erzgebirge), die äußerlich den Tonböden durch große waſſerhaltende Kraft und Schwerdurchläſſigkeit ſehr gleichen, gleichwohl wenig Tonſubſtanz aufweiſen, dagegen vornehmlich aus feinſtem Quarzſtaub beſtehen (G. Schübler [1], Bd. 2, S. 82; E. Wolff [11], S. 71; F. Haberlandt [19], S. 481; F. A. v. Schwarz [3], Bd. 2, S. 166.) — Bei den Ton- und tonreichen Böden haben die mit der Austrocknung verbundenen Volumänderungen gewiſſe Spannungen in der Maſſe zur Folge, die ſich ſowohl in vertikaler als auch namentlich in horizontaler Richtung geltend machen. Der in der Oberfläche eintretende Waſſerverluſt bedingt zunächſt eine Zuſammenziehung der oberſten Bodenſchicht, wodurch ein Zug von unten nach oben ausgeübt wird, der in dem Grade weiter nach

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

abwärts rückt, als die Austrocknung nach der Tiefe hin zunimmt (Eintrocknungsriſſe). (F. Haberlandt [20], S. 22; [3], Bd. 1, S. 148; E. Wollny [3], Bd. 5, S. 43.) Volumveränderungen werden auch bei dem Gefrieren und Auftauen wahrgenommen. Dieſelben werden in jenem Fall durch die Ausdehnung des Waſſers und durch die oben geſchilderte Verſchiebung der Bodenteilchen, bei dem Flüſſigwerden des Waſſers durch das Zuſammenfallen der Partikeln oder Aggregate bewirkt. Je höher der Waſſergehalt des Erdreiches iſt, um ſo ſtärker tritt dieſer Wechſel in der Raumerfüllung hervor (humus- und tonreiche Bodenarten).

7. Die Kohärenz (Bündigkeit) des Bodens, das iſt die Kraft, mit der die Teilchen aneinander haften. Als Maß derſelben kann der Widerſtand dienen, welchen die Bodenmaſſe einer Trennung, ſei es durch Zug (relative Feſtigkeit), ſei es durch Druck (abſolute Feſtigkeit) oder dem Eindringen eines keilförmigen Körpers (Trennungswiderſtand) entgegenſetzt. Die Kohärenz iſt ſowohl von der mechaniſchen Zuſammenſetzung und dem Feuchtigkeitsgehalt des Bodens als auch von dem Vorhandenſein verſchiedener Salze abhängig. Von den verſchiedenen Bodenkonſtituenten beſitzt der Ton die größte Feſtigkeit, während die Bodenteilchen bei dem Quarz, Kalk und Humus mit einer ungleich geringeren Kraft aneinander haften. Daher nimmt die Bündigkeit der Bodenarten mit dem Tongehalt derſelben zu und in dem Maße ab, je größer die Menge iſt, in der Quarz, Kalk und Humus auftreten. Unter ſonſt gleichen Verhältniſſen iſt die Anziehungskraft, welche die Teilchen des Bodens aufeinander ausüben, um ſo größer, je feiner die Partikeln ſind, und iſt abhängig von der Lagerungsweiſe der letzteren. Im Zuſtand der Einzelkornſtruktur beſitzen die Böden unter übrigens gleichen Umſtänden eine ungleich größere Konſiſtenz als bei krümeliger Beſchaffenheit (Krümelſtruktur); durch Zuſammenpreſſen der Maſſe wird nach Maßgabe des angewendeten Druckes die Kohärenz derſelben vergrößert. Der Einfluß des Waſſers macht ſich in der Weiſe geltend, daß die Kohärenz bei dem Ton und den tonreichen Bodenarten um ſo größer iſt, je geringer deren Feuchtigkeitsgehalt, während bei dem Quarz, Kalk und Humus der Zuſammenhang der Bodenelemente untereinander bei einem mittleren Feuchtigkeitsgehalt am ſtärkſten iſt, hingegen bei höherem oder niedrigerem Waſſergehalt ſtetig abnimmt. Alle Mittel, welche die Flockung befördern, vermindern unter ſonſt gleichen Verhältniſſen die Kohärenz. (W. Schumacher [2], S. 125; G. Schübler [1], S. 74; F. Haberlandt [20], S. 22, und [3], Bd. 1, S. 148; H. Puchner [3], Bd. 12, S. 195.)

8. Die Adhäſion (Klebrigkeit) des Bodens macht ſich in der Weiſe bemerkbar, daß derſelbe mit größerer oder geringerer Kraft an den hölzernen oder eiſernen Werkzeugen der Bearbeitungsinſtrumente haftet. Nach den diesbezüglichen Unterſuchungen (G. Schübler [1], S. 76; F. Haberlandt [21], S. 393; J. Schachbaſian [3], Bd. 13, S. 193) erweiſen ſich verſchiedene Momente für dieſe Kraft maßgebend. Dieſelbe iſt proportional der Fläche, mit der die Erde in Berührung tritt, und wächſt mit der Größe und der Dauer der Einwirkung des Druckes. Bei den ſandigen Böden iſt die Adhäſion an Holz und Eiſen um ſo größer, je feiner die Bodenteilchen ſind; im pulverförmigen Zuſtande des Bodens (Einzelkornſtruktur) iſt dieſelbe bei einer und derſelben Erdart beträchtlich größer als im krümeligen (Krümelſtruktur). Von den Bodenkonſtituenten beſitzt der Ton die größte Adhäſion an Holz und Eiſen, der Humus die geringſte, während der Quarz bei annähernd gleicher Größe der Partikeln zwiſchen jenen beiden Bodenarten ſteht, ſich im übrigen aber dem Humus ähnlich verhält. Der Einfluß des Waſſers iſt unter den in Rede ſtehenden Bedingungen je nach der Beſchaffenheit des Erdreiches ein verſchiedener. Bei den ſandigen Bodenarten nimmt die bezeichnete Kraft bis zur vollen Sättigung derſelben zu; bei den tonreichen Böden iſt die Adhäſion von Holz und Eiſen bei einem gewiſſen Waſſergehalt am größten (80 % der Maximalwaſſermenge), während dieſelbe bei höherem oder niedrigerem Waſſergehalt ſtetig abnimmt. Der Humus ſcheint ſich in bezug auf die Wirkungen der Feuchtigkeit dem Quarz ähnlich zu verhalten. Im lufttrockenen Zuſtande iſt bei allen Bodenarten die Adhäſion derſelben gleich Null.

9. Die Reibung der Bodenarten an Holz und Eiſen. Der Widerſtand, der bei dem Gleiten der Werkzeuge über den Boden durch Reibung entſteht, wird ausgedrückt durch das Verhältnis der Kraft, die zur Ueberwindung des Reibungswiderſtandes erforderlich iſt, zum Gewicht des gleitenden Körpers (Reibungskoeffizient). Je nach Beſchaffenheit der betreffenden Materialien ſchwankt der Reibungskoeffizient zwiſchen 0,33 bis 0,82. Er iſt zunächſt im feuchten Zuſtande des Bodens um ſo größer, im trockenen um ſo geringer, je feiner die Bodenteilchen bei ſonſt gleicher Beſchaffenheit des Erdreiches ſind. Iſt die Erde feucht, ſo iſt die Reibung hölzerner und eiſerner Werkzeuge an derſelben im pulverförmigen Zuſtande des Materials (Einzelkornſtruktur) größer als im krümeligen, während bei trockener Beſchaffenheit der Bodenmaſſe ſich dieſe Verhältniſſe umgekehrt geſtalten. Hinſichtlich des Verhaltens der einzelnen Bodenkonſtituenten vgl. J. Schachbaſian [3], Bd. 13, S. 214.

10. Das ſpezifiſche Gewicht der Böden bezeichnet das Verhältnis des Gewichtes der Maſſe zu dem eines gleichen Volumens Waſſer, letzteres gleich 1 geſetzt. Für die Bodenkonſtituenten im engeren Sinne iſt dasſelbe wie folgt beſtimmt worden:

Quarz	2,65	Gips (gefällt)	2,31
Ton	2,50	Eiſenoxyd	4,54—5,2
Kalk, kohlenſaurer, kriſtalliniſch	2,75	Eiſenoxydhydrat	3,76
„ „ gefällt	2,67	Humus	1,46

Mit Hilfe dieſer Werte iſt es möglich, die Dichte jeder Bodenart aus derjenigen der einzelnen Beſtandteile zu berechnen, ſofern das Maß ihrer Beteiligung an der Zuſammenſetzung bekannt iſt. (E. Wollny, [3], Bd. 8, S. 348.) Die wichtigſten in den Böden ſonſt noch vorkommenden Mineralien beſitzen folgendes ſpezifiſche Gewicht:

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Feldſpat	2,5—2,8	(Magneſiaglimmer)	3,0—3,2
(Orthoklas)	2,5—2,6	Kalkſpat	2,7—2,8
(Oligoklas)	2,6	Dolomit	2,9
(Labrador)	2,7	Chlorit	2,8
Augit	3,2—3,4	Talk	2,7
Hornblende	2,9—3,4	Zirkon	4,5
Epidot	3,4	Rutil	4,3
Gem. Granat	4,3	Magneteiſen	5,2
Glimmer	2,8—3,2	Brauneiſen	3,4—4,0
(Kaliglimmer)	2,8—3,0	Roteiſen	5,2

(G. Schübler [1], Bd. 2, S. 61; C. Trommer [22], S. 258; A. v. Liebenberg [23]; C. Lang [3], Bd. 1, S. 136; G. Ammon [3], Bd. 2, S. 26; E. Wollny [3], Bd. 8, S. 347; E. Ramann [4], S. 61.)

11. Das Volumgewicht der Böden, auch als ſcheinbares ſpezifiſches Gewicht bezeichnet, iſt das Gewicht eines Volumens Boden, verglichen mit einem gleichgroßen Volumen Waſſer. Während bei dem ſpezifiſchen Gewicht nur das Volumen der Bodenmaſſe ohne die zwiſchen derſelben befindlichen, mit Luft und Waſſer erfüllten Hohlräume in Betracht kommt, wird bei dem Volumgewicht der Raum in Anrechnung gebracht, den der Boden mit den Lücken einnimmt. Im lufttrockenen Zuſtande beſitzt unter den Bodenkonſtituenten nach E. Wollny ([3], Bd. 8, S. 349) der Quarz das höchſte (1,4485), der Humus das geringſte (0,3349) und der Ton ein mittleres Volumgewicht (1,0108). Mit dem Gehalt an Eiſenoxyd reſp. an Eiſenoxydhydrat ſowie an Steinen nimmt das Volumgewicht des Bodens unter ſonſt gleichen Verhältniſſen zu. Im übrigen iſt das Volumgewicht bei einer und derſelben Bodenart von der Lagerungsweiſe und von der Größe der Bodenteilchen ſehr beeinflußt und unterliegt großen Schwankungen. Je dichter ſich die Partikeln aneinander legen, um ſo größer iſt das Gewicht der Maſſe bei gleichem Volumen und umgekehrt. Die Größe der Bodenteilchen erweiſt ſich bei ſonſt gleicher Beſchaffenheit der Subſtanz in der Weiſe von Einfluß, daß das Volumgewicht um ſo größer ausfällt, je gröber die Partikeln ſind. Das Gemiſch verſchiedener Kornſortimente beſitzt ein größeres Volumgewicht als jedes einzelne derſelben. Durch Krümelung des Bodens wird das Volumgewicht desſelben beträchtlich vermindert, und zwar um ſo mehr, je gröber die Aggregate ſind. Bezüglich des Einfluſſes des Waſſers haben die einſchlägigen Verſuche ergeben, daß das Volumgewicht mit dem Waſſergehalt ſteigt, und zwar in um ſo ſtärkerem Maße, je größer die Waſſerkapazität des Bodens iſt. Die Unterſchiede in den Volumgewichten treten bei annähernd gleichem Sättigungsgrade im allgemeinen in demſelben Sinne hervor wie bei lufttrockener Beſchaffenheit der Böden, nur ſind die betreffenden Werte im feuchten Zuſtand der Maſſe mehr genähert als im trockenen. (G. Schübler [1], S. 61; Meiſter [24], S. 1; A. v. Liebenberg [23], S. 6; E. Wollny [3], Bd. 8, S. 349; E. Ramann [4], S. 62.)

12. Die Farbe des Bodens iſt bedingt durch die Gegenwart gewiſſer Beſtandteile. Die eigentlichen mineraliſchen Hauptbodengemengteile (Ton, Sand, Kalk) ſind zwar im reinen Zuſtande weiß, aber kaum je in dieſem reinen Zuſtande im Boden anzutreffen. Wo der Boden anders gefärbt erſcheint, ſind es Beimengungen von humoſen Stoffen, von Eiſen- und Manganverbindungen, die dies bewirken; erſtere rufen je nach ihrer Menge eine graue, braune bis ſchwarze, letztere, als Eiſenoxyd oder Eiſenoxydhydrat, eine rote, gelbe bis bräunliche Farbe hervor. Die färbende Kraft dieſer Subſtanzen iſt eine verſchiedene, je nach der Zuſammenſetzung des Bodens. Eine grüne Färbung wird faſt ausnahmslos durch Eiſenoxydulverbindungen hervorgerufen, doch fehlt dieſelbe in allen gut durchlüfteten Böden, weil ſich in dieſen die Eiſenoxydulſalze leicht oxydieren. Ein Wechſel der Farbe wird bei einer und derſelben Bodenart einerſeits durch verſchiedenen Waſſergehalt, anderſeits durch Veränderung der Eiſenverbindungen oder humoſen Stoffe hervorgerufen. Im allgemeinen erſcheinen die Böden um ſo dunkler gefärbt, je höher ihr Waſſergehalt iſt, und umgekehrt. (W. Schumacher [2], S. 139; E. Wollny [3], Bd. 4, S. 354; E. Ramann [4], S. 86.)

13. Das Bodenprofil. Die Bodenmaſſe zeigt in der Regel von oben nach unten eine mehr oder weniger deutliche Gliederung; dieſe beruht entweder auf einer ſchnell wechſelnden ſtofflichen und mechaniſchen Zuſammenſetzung der urſprünglichen Ablagerung von oben nach unten oder lediglich auf der nachträglichen Veränderung, welche die Oberflächenſchichten, unter Mitwirkung von Makro- und Mikroorganismen, unter Mitwirkung der atmoſphäriſchen Einflüſſe und zugleich auch der Bodenkultur ſelbſt erfahren haben. Da die Geſamtheit dieſer Erſcheinungen in hohem Maße das Verhalten des Bodens gegen Waſſer, Luft und Wärme wie ſeine chemiſche Tätigkeit zu beeinfluſſen imſtande iſt, wird man ſich zwecks rationeller Beurteilung der Bodenverhältniſſe nicht auf die Kenntnis der unmittelbar zutage ausgehenden Bodenſchichten beſchränken dürfen, ſondern die Unterſuchung bis zu einer gewiſſen Tiefe (von etwa 1 m) auszudehnen und den Wechſel der Schichten im Untergrunde genau feſtzuſtellen haben. Mit dieſer Ermittlung gewinnt man das Bodenprofil, das immer die Grundlage für jede umfangreichere Bodenunterſuchung bilden muß. Die ſyſtematiſche Darſtellung desſelben auf den geologiſch-agronomiſchen Karten, wie ſie in der Gegenwart von Preußen, Heſſen, Sachſen, Baden und Württemberg und wenig andern Kulturſtaaten noch in beſchränktem Umfange herausgegeben werden, muß als ein bedeutender Fortſchritt auf dem Gebiete der Bodenkunde angeſehen werden. Man bedient ſich hierbei zweckmäßigerweiſe eines Erdbohrers. Wo dieſer verſagt, muß man Probelöcher ausheben. Für diejenigen Zonen des Bodenprofiles, die lediglich unter Einwirkung der Verwitterung, der Bodenkultur und der Vegetation entſtanden ſind, hat man ſich auf folgende Bezeichnung und Gliederung geeinigt. Man nennt die obere, von den Wurzeln der Pflanzen beſetzte und durch den Pflanzenwuchs veränderte Schicht des Bodens zweckmäßig „Vegetationsſchicht“ (Obergrund), die darunterliegenden Schichten „Unter-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

grund". Die äußerſte, zutage tretende, durch die Kultur (Bearbeitung, Düngung u. ſ. w.) veränderte Schicht bezeichnet man mit „Kulturſchicht" oder „Ackerkrume" (Bodenkrume, Muttererde). Die Vegetationsſchicht würde ſonach aus zwei Schichten beſtehen: aus einer durch Kultur künſtlich veränderten (Kulturſchicht oder Ackerkrume) und einer darunterliegenden, nur durch die Tätigkeit der Pflanzen beeinflußten, im übrigen im natürlichen Zuſtande ſich befindenden Schicht. Man könnte hiernach eine „obere" und eine „untere" Vegetationsſchicht unterſcheiden. In der landwirtſchaftlichen Praxis verſteht man unter „Ackerkrume" meiſt nichts andres als die obere Vegetationsſchicht (Kulturſchicht), unter „Untergrund" die darunterliegende Bodenpartie. Letztere fängt hiernach unmittelbar unter der Ackerkrume an, gleichviel wie ſtark oder wie ſchwach dieſe ſein mag. Mit „Untergrund" bezeichnet man auch wohl jene Schicht, von deren Beſchaffenheit der Waſſergehalt der darüberliegenden Bodenpartien abhängig iſt (durchlaſſender, undurchlaſſender Untergrund). Eine übereinſtimmende Bezeichnungsweiſe exiſtiert zurzeit noch nicht. (J. Lorenz v. Liburnau [25], S. 223; A. Nowacki [26], S. 39; F. W. Dafert [27], S. 162; W. Schumacher [2], S. 326.)

14. Die Mächtigkeit des Bodens, d. h. die Tiefe der von den Wurzeln der Pflanzen durchdringbaren Bodenſchicht bezeichnet man als Gründigkeit; ſie hat unter Umſtänden für die Nutzgewächſe eine große Bedeutung, inſofern dieſe ſich innerhalb gewiſſer Grenzen um ſo kräftiger entwickeln, je ſtärker die Erdſchicht iſt, in der ſie ihre Wurzeln ausbreiten und den Nährſtoffbedarf decken können. Für die Bodenmächtigkeit iſt daher jene Schicht maßgebend, die das Vordringen der unterirdiſchen Pflanzenorgane oder deren Wachstum überhaupt hindert. In Gebirgsgegenden beſtimmt die Tieflage des feſten Geſteins die Mächtigkeit des Bodens. Im Flachlande iſt letztere eine größere oder geringere, je nachdem ſich mehr oder weniger tief unter der Oberfläche Schichten aus feſt zuſammenhängenden Materialien (Ton, Letten, Ortſtein, Raſeneiſenſtein u. ſ. w.) oder aus derart groben Beſtandteilen (Schotter, Grus, Kies) vorfinden, daß das Wachstum der Pflanzenwurzeln in dieſen Schichten aus Mangel an Feuchtigkeit und Nährſtoffen vollſtändig oder doch größtenteils behindert iſt. In bezug auf die „Gründigkeit" können folgende Abſtufungen aufgeſtellt werden:

ſehr flachgründig: unter und bis 15 cm,
flachgründig: 15—30 cm, tiefgründig: 60—100 cm,
mittelgründig: 30—60 „ ſehr tiefgründig: über 1 m.

15. Die Lage des Bodens. Die Oberfläche des Bodens iſt entweder horizontal (eben) oder geneigt. Im letzteren Falle kann die Neigung der Fläche eine gleichmäßige oder ungleichmäßige und zur Himmelsrichtung ſowie zum Horizont eine verſchiedene ſein. Die Lage der Fläche zur Himmelsrichtung bezeichnet man mit Expoſition, jene zum Horizont mit Inklination. Die Expoſition kann eine öſtliche, ſüdliche, weſtliche, nördliche und eine dazwiſchen liegende (ſüdöſtliche, ſüdweſtliche, nordöſtliche, nordweſtliche u. ſ. w.) ſein. Bei der Inklination unterſcheidet man folgende Abſtufungen:

flach oder lehnig	0— 5°	Neigungswinkel gegen den Horizont.
abhängig	5—10°	
abſchüſſig	10—20°	
ſteil	20—30°	
ſehr ſteil	30—45°	
ſchroff	über 45°	

Die Expoſition und die Inklination des Bodens ſind in mehrfacher Beziehung für die Kultur von großer Bedeutung, weil hiervon einerſeits die Wärme- und Feuchtigkeitsverhältniſſe der Vegetationsſchicht, anderſeits die Abſchwemmungen des Erdreiches abhängig ſind. Erſtere ſind beſtimmend für die Auswahl der Gewächſe, letztere für die Möglichkeit der Kulturen.

III. Das Verhalten des Bodens zum Waſſer.

Die Quellen der Bodenfeuchtigkeit ſind teils von oben zuführende (atmoſphäriſche Niederſchläge), teils von unten näſſende (Grundwaſſer u. ſ. w.). Bei gleicher Zufuhr iſt die Durchfeuchtung des Bodens außerordentlich verſchieden. Die hierbei maßgebenden Einwirkungen ſind bedingt 1. durch die phyſikaliſche Beſchaffenheit, 2. die Mächtigkeit, 3. die Lage, 4. die Bedeckung des Bodens, 5. Einfluß der meteorologiſchen Elemente.

1. Einfluß der phyſikaliſchen Beſchaffenheit des Bodens. In bezug hierauf ſind zur Erklärung der einſchlägigen komplizierten Vorgänge verſchiedene Momente in Betracht zu ziehen:

a) Die Leitung des Waſſers im Boden. Stellt man ſich zunächſt den Boden im Zuſtande der Einzelkornſtruktur vor, ſo können die zwiſchen den kleinſten Teilchen befindlichen Hohlräume in ihrer Kontinuität als Röhrchen aufgefaßt werden, die bei genügender Feinheit der Partikeln kapillare Wirkungen beſitzen. Bei einem Durchmeſſer der Bodenelemente von 2 mm hören die Kapillarerſcheinungen auf. Letztere treten unter der bezeichneten Grenze, je nach der Feinheit der Bodenteilchen, in ſehr verſchiedener Weiſe auf. Hinſichtlich der Höhe, bis zu welcher das Waſſer von einer in der Tiefe befindlichen Waſſerſchicht gehoben wird, und der Geſchwindigkeit, mit der es ſich hierbei fortbewegt, läßt ſich das allgemeine Geſetz aufſtellen, daß das Waſſer um ſo höher, aber um ſo langſamer kapillar gehoben wird, je feiner die Bodenteilchen ſind und je größer der Gehalt des Bodens an kolloidalen Beſtandteilen iſt, und umgekehrt. Die bezüglichen Unterſchiede zwiſchen den verſchiedenen Bodenarten ſind ſehr bedeutend. So beträgt z. B. die kapillare Steighöhe in einem Tonboden oft bis zu 2 m, in einem Sandboden von mittlerer Feinheit dagegen meiſt nicht mehr als 0,40 m. Während aber in dieſem der höchſte Stand des Kapillarwaſſers in kürzeſter Friſt eintritt, bedarf es hierzu in dem Ton, ſelbſt bei geringen Steighöhen, eines ſehr langen Zeitraums. Analog geſtalten ſich die Vorgänge in der Leitung des Waſſers, wenn die Zufuhr von oben her erfolgt. Der Schwerkraft,

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

die das Eindringen des Waſſers in den Boden bedingt, ſtellen ſich verſchiedene Widerſtände entgegen, die teils durch die Wirkungen der Kapillarkraft, teils durch Adhäſion und Reibung des Waſſers an den Bodenteilchen hervorgerufen werden und die in dem Grade wachſen, als die Bodenteilchen feiner ſind und die Menge größer iſt, in der die Kolloidſubſtanzen an der Zuſammenſetzung des Bodens partizipieren. Aus dieſem Grunde ſteht die Tiefe und die Geſchwindigkeit bei dem Eindringen des Waſſers in das Erdreich in einem umgekehrten Verhältnis zur Korngröße und zu dem Reichtum des Bodens an kolloidalen Beſtandteilen. Die in einem krümeligen Boden vorkommenden größeren, ſogenannten nichtkapillaren Hohlräume verlangſamen das kapillare Aufſteigen des Waſſers, befördern aber anderſeits die Bewegung desſelben von oben nach unten. Das Aufſteigen und das Sinken des Waſſers geht aus der grobkörnigen in die feinkörnige Schicht viel leichter von ſtatten als umgekehrt. Bemerkenswert iſt die Tatſache, daß die durch Kapillarität bedingte Waſſerbewegung nur bei einem höheren Waſſergehalt des Bodens ſtattfindet. Je nach der Feinheit der Partikeln hört dieſe Art der Leitung bei ca. 20—50 % der Maximalwaſſermenge, die der Boden zu faſſen vermag, auf, und tritt an deren Stelle eine ungleich langſamere Bewegung, die durch den Uebertritt des von den Oberflächen feſtgehaltenen Waſſers von einem Teilchen zum andern hervorgerufen wird. Sind die Waſſerhüllen dadurch über eine gewiſſe Grenze hinaus verringert, ſo wird die Waſſerbewegung überhaupt ſiſtiert. Der Einfluß des Waſſergehaltes des Bodens macht ſich in der Weiſe geltend, daß ſowohl das kapillare Steigen als auch das Eindringen des Waſſers mit zunehmender Trockenheit des Bodens erſchwert wird, weil in demſelben Maße die Oberflächenſpannung der Flüſſigkeit eine Zunahme erfährt. (Meiſter [24]; W. Schumacher [2], S. 91; A. v. Liebenberg [23]; F. Haberlandt [20], Bd. 1, S. 9; A. Schleh [28]; H. v. Klenze [29], S. 83; A. Mayer, Lehrbuch der Agrikulturchemie, Bd. 2, und [3], Bd. 14, S. 254; W. Edler [30]; E. Wollny [3], Bd. 7, S. 269, und Bd. 8, S. 206.)

b) Die Waſſerkapazität des Bodens oder das Waſſerauffpeicherungsvermögen bezeichnet die Fähigkeit des Bodens, das demſelben zugeführte Waſſer in mehr oder minderem Grade feſtzuhalten. Die diesbezüglichen Waſſermengen werden in Prozenten des Volumens des Bodens ausgedrückt. Das ältere Verfahren, die Waſſerkapazität in Gewichtsprozenten anzugeben, iſt unzweckmäßig, weil die betreffenden Zahlen ein durch das verſchiedene ſpezifiſche Gewicht der Böden verdecktes Bild liefern. (A. Mayer [31], S. 753.) — Das Waſſer wird im Boden nach dem Aufhören der Bewegung ſowohl durch Flächenattraktion als auch durch Anziehung ſeitens der Kolloidſubſtanzen ſowie durch Kapillarkraft zurückgehalten. Abgeſehen von Nebenumſtänden iſt die vom Boden aufgeſpeicherte Waſſermenge um ſo größer, je feiner die Bodenteilchen ſind und je reicher der Boden an kolloidalen Subſtanzen iſt, und zwar, weil in demſelben Maße die vom Waſſer benetzte Oberfläche (J. Soyka [3], Bd. 8, S. 14) und die Zahl der feinſten Kapillaren ſowie der Einfluß der Kolloidſubſtanzen wächſt. Man unterſcheidet eine abſolute oder kleinſte Waſſerkapazität, die in denjenigen Waſſermengen zum Ausdruck gelangt, die in den oberſten Schichten genügend langer Erdſäulen lediglich durch Adhäſion und mit Hilfe der kleinſten Kapillaren zurückgehalten werden, und eine volle oder größte Waſſerkapazität, bei der ſämtliche kapillaren Hohlräume des Bodens mit Waſſer erfüllt ſind. (A. Meyer [31].) Für die Beurteilung der Böden im allgemeinen bietet die größte Waſſerkapazität ein ungleich geringeres Intereſſe als die kleinſte. Die kleinſte Waſſerkapazität wächſt unter ſonſt gleichen Verhältniſſen mit der Feinheit der Bodenelemente und dem Gehalt an Kolloidſubſtanzen. Sie wird durch Krümelung des Bodens bedeutend herabgeſetzt, durch Zuſammenpreſſen des gelockerten Erdreiches dagegen erhöht. Steine vermindern die Kapazität, ſofern ſie für Waſſer undurchdringlich ſind. Mit Zunahme der Temperatur ſinkt die Waſſerkapazität infolge der Verminderung der Zähigkeit (Viskoſität) des Waſſers. (G. Schübler [1], Bd. 2); C. Trommer [22]; Meiſter [24]; W. Schumacher [2], S. 86; A. v. Liebenberg [23]; F. Haberlandt [20], Bd. 1, S. 9; A. Mayer [32], S. 18; H. v. Klenze [29], S. 122; E. Wollny [3], Bd. 8, S. 177.)

c) Die Permeabilität (Durchläſſigkeit) des Bodens für Waſſer ſteht in engſter Beziehung zu den bisher beſprochenen Eigenſchaften des Bodens. Sie tritt von dem Moment ab in die Erſcheinung, wo der Boden mit Waſſer geſättigt iſt und eine weitere Zufuhr zu demſelben von obenher ſtattfindet, und hat demgemäß die Bedeutung, daß ſie die Ueberſättigung des Bodens mit Waſſer verhindert. Als Maß für die Permeabilität kann die Waſſermenge dienen, die unter ſonſt gleichen Verhältniſſen durch den Boden filtriert. Die in dieſer Richtung ausgeführten Verſuche haben zunächſt gezeigt, daß die Durchläſſigkeit des Bodens für Waſſer mit der Zunahme des Korndurchmeſſers und mit der Abnahme des Gehaltes an kolloidalen Beſtandteilen ſteigt. Ton, Humus, feinſter Sand (Triebſand) ſowie durch Niederſchläge (kohlenſaurer Kalk, Eiſenoxydhydrat, Eiſenphosphat) oder Verkittung der Bodenteilchen (Ortſtein, Orterde) hervorgerufene Bildungen ſind für Waſſer faſt vollſtändig undurchdringlich. Die große Durchläſſigkeit grobkörniger Böden kann durch Miſchung derſelben mit feinkörnigem Material bedeutend vermindert werden. Im krümeligen Zuſtande des Bodens iſt die Filtrationsfähigkeit beträchtlich größer als im pulverförmigen, und ſie nimmt im gelockerten Erdreich in dem Maße ab, als der Boden dichter zuſammengepreßt wird. Die durch den Boden tretenden Waſſermengen nehmen mit dem Waſſerdruck zu, aber nicht proportional dem letzteren, ſondern in einem kleineren Verhältnis, jedoch ſo, daß bei gleichmäßigen Intervallen im Druck die in den geförderten Waſſermengen hervortretenden Unterſchiede für das betreffende Material und für eine beſtimmte Schichthöhe konſtant ſind. (E. Wolff [11], S. 74; C. Flügge [33], S. 465; A. R. v. Schwarz [34], S. 51; F. Seelheim [35], S. 393; D. v. Welitſchkowsky [36], S. 499; E. Wollny [3], Bd. 14, S. 1.)

d) Das Verdunſtungsvermögen des Bodens wird am zweckmäßigſten nach den Waſſermengen bemeſſen, die von der Flächeneinheit in Dampfform an die Atmoſphäre abgegeben

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

werden. Das bisher übliche Verfahren, die Verdunſtungsgröße auf das Gewicht des Bodens zu beziehen, erſcheint aus denſelben Gründen, die oben gegen die Beſtimmung der Waſſerkapazität nach dem Gewicht angeführt wurden, verwerflich. Die Verdunſtungsmengen ſind, ſoweit lediglich die phyſikaliſche Beſchaffenheit der Erde dabei in Betracht kommt, davon abhängig, in welchem Umfange einerſeits die Verdunſtungsfaktoren (Temperatur, Feuchtigkeit und Bewegung der Luft) ihre Wirkung geltend zu machen, anderſeits die Böden den an der Oberfläche ſtattfindenden Verluſt aus tieferen Schichten zu erſetzen vermögen. Bei verſchiedener Lage des Bodens gegen die Himmelsrichtung werden die größten Waſſermengen auf der Südſeite verdunſtet, demnächſt auf der Oſt-, weiterhin auf der Weſtabdachung, während die Verdunſtung bei Nordexpoſition am geringſten iſt. Die Verdunſtungsgrößen nehmen bei ſüdlicher Expoſition zu, bei nördlicher ab in dem Maße, als die Fläche ſtärker gegen den Horizont geneigt iſt. Bei öſtlichen und bei weſtlichen Hängen übt die Inklination einen kaum wahrnehmbaren Einfluß auf die Verdunſtung aus. Bei größerem Waſſervorrat im Boden verliert letzterer um ſo größere Mengen von Waſſer durch Verdunſtung, je dunkler ſeine Oberfläche gefärbt iſt; ſind dem Boden größere Feuchtigkeitsmengen entzogen, ſo tritt das umgekehrte Verhältnis ein (C. Efer [3], Bd. 7, S. 46, 47, 97, 53). — Der Einfluß verſchiedener phyſikaliſcher Beſchaffenheit des Erdreiches auf die Verdunſtung läßt ſich ohne Schwierigkeiten beurteilen, wenn man die hierbei ſtattfindenden Vorgänge im Boden näher in das Auge faßt. Tritt das an der Oberfläche eines gut durchfeuchteten Bodens vorhandene Waſſer in Dampfform in die Atmoſphäre über, ſo werden dadurch die zutage liegenden Poren allmählich entleert und dadurch gleichzeitig die in der nächſten Schicht befindlichen Waſſerteilchen zum Nachrücken gegen die Oberfläche veranlaßt. Indem ſich dieſer Prozeß naturgemäß in derſelben Weiſe auf die tieferliegenden Schichten fortpflanzt, wird durch die Verdunſtung in der ganzen Maſſe eine Aufwärtsbewegung des Waſſers auf kapillarem Wege hervorgerufen. Infolge dieſes Vorganges vermindert ſich der Waſſervorrat im Boden ſtetig, bis zu einer gewiſſen Grenze, bei welcher die kapillare Bewegung aufhört, und zwar je nach der Korngröße bei 20—50 % der vollen Waſſerkapazität. Von dieſem Moment ab wird das Waſſer, das an der Oberfläche verdunſtet, nicht mehr erſetzt, weil die nunmehr nur von Teilchen zu Teilchen auf deren Oberfläche erfolgende Bewegung des Waſſers (ſ. III, 1a) eine äußerſt geringe Geſchwindigkeit beſitzt. Infolgedeſſen trocknet die Oberfläche ab. Die obenaufliegende trockene Schicht verhindert jetzt den direkten Einfluß der Verdunſtungsfaktoren, beſonders denjenigen der Winde, weshalb die Verdunſtung nach erfolgter Abtrocknung der oberen Schicht bedeutend abnimmt, und zwar um ſo mehr, je weiter die Austrocknung von oben nach unten fortſchreitet, weil dadurch die feuchte Partie des Bodens immer tiefer zu liegen kommt. In naher Beziehung ſteht das Verdunſtungsvermögen zur Waſſerkapazität; es iſt um ſo größer, je feinkörniger der Boden und je höher ſein Gehalt an Kolloidſubſtanzen iſt und vice versa. Im krümeligen Zuſtande des Bodens iſt die Verdunſtung geringer als in jenem der Einzelkornſtruktur, weil im erſteren Fall die nichtkapillaren Hohlräume den Aufſtieg des Waſſers verlangſamen. In gleicher Weiſe wirken Steine. Dichteres Gefüge fördert die kapillare Bewegung und erhöht demgemäß die verdunſtenden Waſſermengen. (G. Schübler [1]; Meiſter [24]; Fr. E. Schulze [37]; E. Wolff [11], S. 61; W. Schumacher [2], S. 102, 111; [38], S. 62; J. Neßler [39], S. 217; P. Wagner [40], S. 87; A. Schleh [28]; F. Haberlandt [20], Bd. 2, S. 25; S. W. Johnſon [41], S. 76; F. Mafure [42], S. 161; R. Heinrich [43], S. 101; H. Hellriegel [44], S. 625; E. Wollny [3], Bd. 3, S. 117, 325, 328; Bd. 4, S. 360; Bd. 5, S. 21, 157; Bd. 16, S. 1, und Landw. Jahrbücher 1876, S. 457; C. Efer [3], Bd. 7, S. 1.) — Die unter den jeweiligen lokalen Verhältniſſen auftretenden Waſſermengen reſultieren, abgeſehen von den ſonſtigen Einflüſſen, aus der Geſamtwirkung der geſchilderten Faktoren der Bodenfeuchtigkeit. Im allgemeinen iſt der durchſchnittliche Waſſergehalt der Böden in der Natur um ſo größer, je feiner die Bodenteilchen und je reicher die Böden an tonigen und humoſen Beſtandteilen ſind. Von den verſchiedenen Bodenkonſtituenten enthält der Humus in der Regel die größten Feuchtigkeitsmengen, dann folgen in abſteigender Reihe Ton und Lehm, während der Quarz in den gewöhnlich auftretenden Formen die geringſten Waſſermengen einſchließt. Im Zuſtande der Einzelkornſtruktur weiſt der Boden im Mittel einen weſentlich höheren Waſſergehalt auf als in jenem der Krümelſtruktur. Steine ſetzen den volumprozentiſchen Waſſergehalt des Bodens, entſprechend ihrer Menge, herab. (E. Wollny [3], Bd. 5, S. 1, 145.) Daß die Verdunſtung in manchen Fällen als wichtigſter Faktor der Bodenfeuchtigkeit auftritt, ergibt ſich aus der Tatſache, daß der Boden bei vergrößerter (gewellter) und dunkelgefärbter Oberfläche durchſchnittlich einen geringeren Waſſergehalt beſitzt als bei ebener und hellgefärbter. (E. Wollny [3], Bd. 3, S. 117; Bd. 12, S. 386.) Das Auflockern der oberſten Schicht ſteigert zwar zunächſt die Verdunſtung, nach kurzer Zeit wirkt aber die gelockerte abgetrocknete Oberfläche erhaltend auf die Feuchtigkeit der übrigen Schichten, weil der direkte Einfluß der Verdunſtungsfaktoren auf den Boden vermindert und der kapillare Aufſtieg des Waſſers an die Oberfläche gehindert iſt. (E. Wollny [3], Bd. 3, S. 325.) Je höher das Waſſer kapillar gehoben wird, um ſo mehr machen ſich die Wirkungen des Grundwaſſers nach oben hin geltend, und umgekehrt. Iſt aber die über dem Grundwaſſerſpiegel liegende Schicht ſo mächtig, daß das Waſſer nicht mehr kapillar in die oberen Bodenpartien ſteigen kann, ſo werden dieſe nicht mehr von der in der Tiefe befindlichen Waſſerſchicht beeinflußt.

2. Einfluß der Mächtigkeit der Bodenſchicht. Die diesbezüglichen Unterſuchungen haben ergeben, daß der abſolute Waſſergehalt des Bodens mit der Mächtigkeit der Bodenſchicht zu- und abnimmt, und daß auch der volumprozentiſche Waſſergehalt ſich analog geſtaltet, aber nur bis zu einer gewiſſen, für die verſchiedenen Bodenarten verſchiedenen Grenze, über welche hinaus derſelbe bei weiterem Anwachſen der Bodenſchicht keine Aenderung erleidet. Die angedeutete Grenze liegt dort, wo der kapillare Aufſtieg des Waſſers aus den tieferen, feuchten Partien des Bodens aufhört; ſie rückt daher um ſo weiter nach unten, je

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

höher die Maſſe das Waſſer kapillar zu heben vermag, und vice versa. Die Schwankungen im Feuchtigkeitsgehalt nehmen in dem Maße zu, als die Mächtigkeit der Bodenſchicht ſich verringert. (E. Wollny [3], Bd. 16, S. 1.)

3. Einfluß der Lage des Bodens.

a) Inklination. Das horizontal gelegene Land iſt unter übrigens gleichen Verhältniſſen feuchter als das abhängige, und letzteres beſitzt einen um ſo geringeren Waſſergehalt, je ſtärker die Fläche gegen den Horizont geneigt iſt. Die Bodenfeuchtigkeit iſt bei horizontaler Lage gleichmäßiger verteilt als bei geneigter; in letzterem Fall nimmt der Waſſergehalt von oben nach unten zu. Die in dieſer Richtung zwiſchen den höher und tiefer gelegenen Bodenpartien beſtehenden Differenzen ſind um ſo größer, je ſtärker geneigt die Fläche iſt.

b) Expoſition. Bei verſchiedener Lage der Bodenflächen gegen die Himmelsrichtung ſind die nördlichen Seiten am feuchteſten, dann folgt die Weſtſeite, hierauf die Oſtſeite, während die ſüdlich exponierten Hänge am trockenſten ſind. Dieſe Unterſchiede wachſen mit dem Böſchungswinkel. (E. Wollny [3], Bd. 9, S. 3, und Bd. 10, S 3.)

4. Einfluß der Bedeckung des Bodens. Bei ſonſt gleichen Verhältniſſen iſt der Waſſergehalt des mit einer vegetierenden Pflanzendecke verſehenen Bodens während der Wachstumsperiode ſtets niedriger als im nackten Zuſtande. Die Urſache dieſer Erſcheinung iſt darauf zurückzuführen, daß die Pflanzen durch ihre oberirdiſchen Organe ſehr bedeutende Waſſermengen tranſpirieren, die ſie, um ſich am Leben zu erhalten, dem Waſſervorrat des Bodens mittels ihrer Wurzeln entnehmen. Die Austrocknung des Bodens in der Wurzelregion, die übrigens auch bei den Waldbäumen beobachtet wird, iſt um ſo größer, je kräftiger die Pflanzen entwickelt ſind, je dichter ihr Stand und je länger ihre Vegetationsperiode iſt. Die in Rede ſtehende Beeinfluſſung der Bodenfeuchtigkeit nimmt in dem Maße ab, als die Organe der Pflanzen gegen die Reifezeit hin abſterben. Eine Decke von abgeſtorbenen Pflanzenteilen (Stalldünger, Stroh, Streu u. ſ. w.) oder von lebloſen Gegenſtänden (Holz, Steine, Kies u. ſ. w.) erhöht während der wärmeren Jahreszeit den Waſſergehalt des Bodens, weil eine ſolche Decke letzterem einen Schutz gegenüber den Wirkungen der Verdunſtungsfaktoren gewährt. Im allgemeinen ſind die Feuchtigkeitsmengen im Boden um ſo größer, je mächtiger die aus den bezeichneten Materialien gebildete Decke iſt. Bei Zuſammenfaſſung dieſer Tatſachen ergibt ſich, daß der durch lebende Pflanzen beſchattete Boden unter übrigens gleichen Umſtänden während der Vegetationszeit am trockenſten, der durch lebloſe Gegenſtände bedeckte am feuchteſten iſt, während der nicht bebaute nackte Boden ſich bezüglich ſeiner Feuchtigkeitsverhältniſſe in der Mitte hält. (G. Wilhelm [45]; [46], S. 174; [47], S. 31; [48], S. 40; J. Breitenlohner [49], S. 497; E. Risler [50], S. 131; W. Schumacher [51], 1872, S. 604; 1873, S. 683; A. Vogel [52]; J. N. Woldrich [53]; E. Ebermayer [54], und [3], Bd. 12, S. 147; E. Wollny [55] und [3], Bd. 10, S. 261, 415; Bd. 12, S. 21; Bd. 13, S. 134; Bd. 14, S. 138; R. Lorenz v. Liburnau [56]; E. Ramann [57], [4], S. 255, und [3], Bd. 11, S. 299.)

5. Einfluß der meteorologiſchen Elemente. Je nach dem durchſchnittlichen Gange (Klima) und dem zeitlichen Verlauf dieſer Elemente (Witterung) erfahren die Wirkungen der im Boden ſelbſt liegenden Faktoren mannigfache Modifikationen. — Die Erſcheinungen, die durch das Klima bedingt ſind, laſſen ſich im allgemeinen dahin präziſieren, daß ein höheres Maß von Bodenfeuchtigkeit mit reichlicher Niederſchlagsmenge, größerem Feuchtigkeitsgehalt der Luft, mäßiger Luftbewegung, niedriger Temperatur und höherer Waſſerkapazität des Bodens Hand in Hand geht, während eine mehr trockene Beſchaffenheit des Erdreiches unter entgegengeſetzten Verhältniſſen hervorgerufen wird. Im konkreten Fall laſſen ſich die bezüglichen Einwirkungen nur nach dem Klima und der Bodenbeſchaffenheit der betreffenden Oertlichkeit ermeſſen. — Die Beziehungen der Bodenfeuchtigkeit zur Witterung ſind je nach der Verteilung der meteorologiſchen Faktoren gleichergestalt ſehr mannigfaltig. Obwohl die Niederſchlagsmenge in den meiſten Ländern Mitteleuropas während der kälteren Jahresperiode eine geringere iſt als während der wärmeren, iſt im erſteren Fall die Durchfeuchtung des Bodens wegen verminderter Verdunſtung infolge niedriger Temperatur eine ungleich beſſere als im letzteren, wo durch die herrſchende höhere Temperatur die Verdunſtungsmengen in bedeutendem Grade geſteigert ſind. Dies iſt beſonders der Fall bei dem mit Pflanzen beſtandenen Boden, weil dieſe in der Regel die während der Vegetationsperiode aus der Atmoſphäre zugeführten und nicht ſelten noch größere Waſſermengen zur Unterhaltung der Tranſpiration verbrauchen. (E. Wollny [55], S. 119, und [3], Bd. 4, S. 85; F. v. Höhnel [58] und [3], Bd. 4, S. 435.) Aus ſolchen Tatſachen folgt, daß die während der vegetationsfreien Zeit im Boden angeſammelte Waſſermenge (Winterfeuchtigkeit) unter Umſtänden für die Pflanzenwelt ſehr belangreich werden kann [59]. In Trockenperioden überwiegt hauptſächlich der Einfluß der Verdunſtung. Bei längerer Dauer derſelben kann letztere ſogar einen Ausgleich in dem Waſſergehalt der Böden von verſchiedener phyſikaliſcher Beſchaffenheit herbeiführen, gleichviel wie hoch deren Waſſergehalt urſprünglich geweſen iſt. (C. Efer [3], Bd. 7, S. 1.) Die Unterſchiede in dem Feuchtigkeitsgehalt zwiſchen dem bedeckten und dem kahlen Boden treten dagegen unter ſolchen Verhältniſſen ſtärker hervor. Dies gilt auch für den Boden mit vergrößerter und dunkelgefärbter Oberfläche gegenüber dem ebenen und hellgefärbten. (E. Wollny [55] und [3], Bd. 3, S. 147, Bd. 12, S. 386.) — Die Winde beeinfluſſen die Verdunſtung in außerordentlichem Grade, die trockenen Oſtwinde mehr als die feuchten Weſtwinde. (J. A. Henſele [3], Bd. 16, S. 311.) Ueber die Beziehungen zwiſchen Niederſchlagshäufigkeit und Waſſerauffpeicherung im Boden ſ. E. Wollny [3], Bd. 14, S. 138. — Soweit der Feuchtigkeitsgehalt von den Strukturverhältniſſen des Bodens abhängt, entſpricht die aufgeſpeicherte Waſſermenge während der Regenperiode meiſtens der Waſſerkapazität des Bodens. Wo dagegen die Unterſchiede in der Bodenfeuchtigkeit nur durch ſolche in den Verdunſtungsmengen hervorgerufen werden, kann durch den Niederſchlag ein Ausgleich des Waſſervorrates hergeſtellt werden. Daher können die durch verſchiedene Beſchaffenheit der Oberfläche

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

(Größe, Farbe u. ſ. w.), verſchiedene Bedeckung oder die durch die Expoſition und Inklination bedingten Abänderungen der Bodenfeuchtigkeit bei längeren Regenperioden oder während der kälteren Jahreszeit vollſtändig verſchwinden. — Aus dem Umſtande, daß die atmoſphäriſchen Wäſſer zunächſt zum Erſatz des verdunſteten Waſſers dienen und daß erſt nach der Sättigung des Bodens ein in die Tiefe abſickernder Ueberſchuß ſich ergibt, wird gefolgert werden müſſen, daß ſowohl die Sickerwaſſermengen als auch die Grundwaſſerſtände nicht ohne weiteres weder aus der Niederſchlagsmenge noch aus dem Durchläſſigkeitsvermögen des Bodens abgeleitet werden dürfen. Die in fraglicher Richtung beſtehenden Geſetzmäßigkeiten laſſen ſich in Kürze wie folgt charakteriſieren: Im vegetationsloſen Boden ſteigen und fallen die Sickerwaſſermengen mit der atmoſphäriſchen Zufuhr, aber in einem wechſelnden Verhältnis. Letzteres iſt abhängig von der phyſikaliſchen Beſchaffenheit des Bodens und deſſen Oberfläche ſowie von der Verteilung der Niederſchläge und der Jahreszeit. Je größer das Verdunſtungsvermögen und die Waſſerkapazität und je geringer die Permeabilität des Bodens iſt, um ſo kleiner ſind unter ſonſt gleichen Umſtänden die jeweils in demſelben auftretenden Sickerwaſſermengen, und umgekehrt. Aus dieſen Gründen iſt die Abſickerung des Waſſers in die Tiefe in dem Maße vermindert, als der Gehalt des Erdreiches an feinkörnigen, ton- und humusreichen Beſtandteilen zunimmt, an größeren, nicht kapillaren Hohlräumen abnimmt, und vice versa. Der Waſſerabfluß in die Tiefe nimmt mit der Mächtigkeit der Bodenſchicht bis zu einer gewiſſen Grenze (ca. 60 cm Bodentiefe) zu; darüber hinaus iſt die Höhe der Bodenſäule ohne Einfluß auf die Sickerwaſſermenge. Bei hellgefärbter und gelockerter ſowie bei ebener Oberfläche iſt die unterirdiſche Waſſerabfuhr größer als bei dunkelgefärbter, nicht gelockerter und gewölbter. Die Bedeckung des Bodens mit lebloſen Materialien hat eine beträchtliche Vermehrung, die Bedeckung mit vegetierenden Pflanzen dagegen eine ganz außerordentliche Verminderung der Sickerwaſſer zur Folge. — Der Einfluß der Verteilung der Niederſchläge auf die abſolute Menge des unterirdiſch abgeführten Waſſers macht ſich im vegetationsloſen Erdreich in der Weiſe geltend, daß die größten Sickerwaſſermengen in jenen Jahreszeiten auftreten, in denen die Niederſchläge am ergiebigſten ſind. Eine Ausnahme hiervon machen jene Gegenden, in denen der Boden im Winter gefriert und dadurch undurchläſſig wird. Unter ſolchen Umſtänden verſchiebt ſich meiſt die unterirdiſche Abfuhr von der kälteren Jahreszeit auf das Frühjahr. In bezug auf das relative Verhältnis der Sickerwaſſer zu den Niederſchlagsmengen gilt im allgemeinen das Geſetz, daß von dem zugeführten Waſſer verhältnismäßig um ſo größere Mengen abſickern, je kälter die Jahreszeit iſt. — In dem mit Pflanzen beſtandenen Boden folgen die Sickerwaſſer während der Vegetationszeit nicht dem Gange der Niederſchläge, ſondern werden infolge der bedeutenden Verdunſtung ſeitens der Pflanzen in ungewöhnlicher Weiſe vermindert. Aus dieſem Grunde fällt in allen bebauten Ländereien, gleichviel wie die Niederſchläge verteilt ſind, die Periode der ſtärkſten Abſickerung in die kältere vegetationsloſe Jahreszeit, je nach den herrſchenden Wärmeverhältniſſen in den Winter oder in das Frühjahr (J. Dalton [60]; J. Dickenſon [61]; Maurice [62]; Gasparin [63], S. 116; G. v. Möllendorf [64]; E. Risler [65]; F. Pfaff [66], 1868, Bd. 1, S. 311; 1869, Bd. 2, S. 125; J. N. Woldrich [53], S. 97; J. H. Gilbert [67]; E. Ebermayer [54], S. 215, und [3], Bd. 12, S. 147, Bd. 13, S. 1; E. Wollny [55], S. 137, und [3], Bd. 10, S. 321, Bd. 11, S. 1). Die Schwankungen der Grundwaſſerſtände ſind, abgeſehen von der Horizontalbewegung des Waſſers, teils von der phyſikaliſchen Beſchaffenheit des Bodens ſeines tieferen und tiefſten Untergrundes, teils von der Menge und Verteilung der atmoſphäriſchen Niederſchläge beherrſcht. In Trockenperioden nehmen die Schwankungen des Grundwaſſerſpiegels in dem Maße zu, je weniger mächtig die permeable Schicht iſt, in der ſich das Grundwaſſer befindet, und je leichter letzteres kapillar an die Oberfläche gehoben wird. In dem nackten, ſowie in dem mit lebloſen Gegenſtänden bedeckten Boden ſteigt und fällt das Grundwaſſer mit der Niederſchlagsmenge, ſolange das in dem Boden ſich anſammelnde Waſſer die Oberfläche nicht erreicht hat. In einem mit einer lebenden Pflanzendecke verſehenen Boden bildet ſich während der Vegetationsperiode ſelbſt bei größerer Mächtigkeit der Bodenſchicht (1,20 m und darüber) kein Grundwaſſer oder nur vorübergehend (Hofmann [68]; J. Soyka [69], S. 251 und [70]; E. Wollny [3], Bd. 14, S. 335).

IV. Das Verhalten des Bodens zur Luft und zu Gaſen.

1. Die Luftkapazität (Poroſität) des Bodens wird durch das Verhältnis zwiſchen dem Volumen der in demſelben enthaltenen Hohlräume (Poren) zu dem Geſamtvolumen ausgedrückt. Das Porenvolumen ſchwankt, wie bereits oben (I. 5. a) dargetan wurde, bei den verſchiedenen Böden im natürlichen Zuſtande innerhalb weiter Grenzen, und zwar bei trockener Beſchaffenheit zwiſchen 20—85,2%. Bei einem und demſelben Boden iſt die Poroſität beſonders von den Strukturverhältniſſen desſelben abhängig. Im trockenen Zuſtande iſt das Volumen der luftführenden Hohlräume um ſo größer, je feiner die Partikel ſind. Lockerung (Krümelung) des Erdreiches erhöht das Porenvolumen meiſt in einem beträchtlichen Maße, während das Zuſammenpreſſen der Maſſe die entgegengeſetzte Wirkung ausübt. Weiter iſt anzuführen, daß die vom Boden eingeſchloſſene Luftmenge um ſo kleiner iſt, je höher deſſen Gehalt an Steinen. Mit der Zunahme des Waſſergehaltes vermindert ſich naturgemäß das Porenvolumen, aber je nach der Waſſerkapazität des Bodens in einem verſchiedenen Grade. Unter den verſchiedenen Bodenkonſtituenten enthält der Ton und demnächſt der Humus in feuchtem und naſſem Zuſtande die geringſte Luftmenge; letztere kann ſogar in dieſen Böden bis auf Null herabſinken, wenn dieſelben mit Waſſer geſättigt ſind. Mit der Menge der grobkörnigen Beſtandteile nimmt der Luftgehalt der durchfeuchteten Maſſe ſtetig zu. Der geſchilderte Einfluß des Waſſers auf das Porenvolumen macht ſich in dem krümeligen Boden in minderem Grade geltend als im pulverförmigen, weil in jenem die nicht kapillaren Hohlräume ſich nicht mit Waſſer füllen. Die Verminderung der Luftmenge mit der Verdichtung der Maſſe tritt dagegen bei feuchter

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Beſchaffenheit derſelben in höherem Maße in die Erſcheinung als bei trockener. (I. 5. a.; E. Wollny [3], Bd. 8, S. 371.) — Die im Boden eingeſchloſſene Luft iſt ſelten ſtagnierend, ſondern befindet ſich meiſt in einer fortwährenden Bewegung, die einen Austauſch der Luftſchichten zwiſchen Boden und Atmoſphäre herbeiführt. Die Urſache dieſer Bewegung beruht auf den durch Luftdruckſchwankungen, durch Temperaturunterſchiede zwiſchen Boden und Atmoſphäre und durch Winde bedingten Wirkungen.

2. Die Permeabilität (Durchläſſigkeit) des Bodens für Luft wird nach den Luftmengen bemeſſen, die unter ſonſt gleichen Verhältniſſen durch den Boden hindurchgehen. Dieſe Luftmenge ſteht, von gewiſſen Fällen abgeſehen, in keiner direkten Beziehung zum Porenvolumen, ſondern wird vornehmlich von der Größe der Poren beeinflußt, weil von dieſer faſt ausſchließlich die Widerſtände abhängig ſind, die ſich dem durchſtreichenden Luftſtrom entgegenſtellen. Die Permeabilität nimmt notwendigerweiſe in dem Maße ab, als dieſe Widerſtände wachſen. Sie iſt daher um ſo geringer, je kleiner die Bodenteilchen ſind, und umgekehrt. Unter den verſchiedenen Bodenkonſtituenten im lufttrockenen Zuſtande iſt der Ton am wenigſten zugänglich für Luft; die Durchdringbarkeit der Maſſe nimmt im allgemeinen mit dem Gehalt an grobem Quarzſand zu. Die ausſchließlich aus Humus beſtehenden Böden verhalten ſich, ſolange ſie trocken ſind, dem grobkörnigen Sande analog. Bei Böden, in denen die an der Zuſammenſetzung partizipierenden Bodenelemente bezüglich ihrer Größe weſentlich voneinander abweichen, iſt die Durchlüftbarkeit vornehmlich von dem feinkörnigen Material abhängig. Deshalb kann z. B. die außerordentliche Durchläſſigkeit der meiſten Sandſorten durch Miſchung mit verhältnismäßig geringen Mengen einer feinkörnigen Bodenart (Ton, Lehm, Mergel) bedeutend reduziert werden. Bei geſchichteten Böden iſt für die durch dieſelben tretende Luftmenge jene Schicht ausſchließlich maßgebend, welche die feinſten Bodenelemente enthält, ſelbſt dann, wenn dieſe nur eine geringe Mächtigkeit beſitzt. In einem für Luft ſchwer zugänglichen Boden wird durch Ueberführung desſelben in den krümeligen Zuſtand die Permeabilität in einem außerordentlichen Grade erhöht. Das Zuſammenpreſſen eines lockeren Bodens hat die entgegengeſetzte Wirkung zur Folge. Mit wachſendem Feuchtigkeitsgehalt nimmt die Permeabilität des Bodens ab, und zwar in um ſo ſtärkerem Grade, als die Waſſerkapazität des Bodens eine größere iſt. Alle an Ton und Humus reichen Bodenarten werden ſchon bei einem Waſſergehalt impermeabel, der mehr oder weniger tief unter dem Sättigungspunkt gelegen iſt. Der krümelige Boden wird bei ſtärkerer Durchfeuchtung in ſeiner Durchlüftbarkeit in einem ungleich geringeren Grade beeinträchtigt als im pulverförmigen Zuſtande (Einzelkornſtruktur). Wird der Boden bei Eintritt atmoſphäriſcher Niederſchläge zunächſt nur in den oberen Schichten durchfeuchtet, ſo wird dadurch der Ein- und Austritt der Luft vermindert, und zwar um ſo mehr, je feinkörniger der Boden iſt. Dieſe Verminderung der Permeabilität kann ſich bei ton- und humusreichen Böden ſelbſt bei geringen Niederſchlägen infolge von Sättigung der zutage tretenden Schichten bis zu vollſtändiger Undurchläſſigkeit ſteigern. Das Gefrieren des Waſſers im Boden hat eine Verminderung der Permeabilität zur Folge, die mit dem Waſſergehalt wächſt. — Wenn Luft unter Druck durch einen Boden ſtrömt, ſo iſt deren Menge dem Druck direkt und der Höhe der Schicht umgekehrt proportional, ſolange die Geſchwindigkeit nicht größer als 0,5 m iſt. Sobald dieſe Größe überſchritten wird, ändert ſich das Verhältnis und die Volumina der geförderten Luft nehmen alsdann in einem geringeren Verhältnis ab, als der Druck abnimmt reſp. die Höhe der Schicht zunimmt, und umgekehrt. (H. Fleck [72], S. 42; Erſter Ber. d. chem. Zentralſtelle f. öffentl. Geſundheitspflege in Dresden; F. Renk [71]; G. Ammon [3], Bd. 3, S. 209; D. v. Welitſchkowsky [36]; R. Heinrich [43], S. 123, 221; E. Wollny [3], Bd. 16, S. 193.)

3. Die Diffuſion der Gaſe aus dem Boden. Die Poren des Bodens enthalten neben atmoſphäriſcher Luft und Waſſerdampf verſchiedene Gaſe, unter denen die Kohlenſäure das wichtigſte iſt, inſofern es gegenüber den andern in größter Menge in der Bodenluft auftritt. Die Kohlenſäure rührt vornehmlich aus der Zerſetzung der organiſchen Stoffe her und kommt je nach dem Verlauf der bezüglichen Prozeſſe und dem Reichtum des Erdreichs an humoſen Subſtanzen zwar in verſchiedener, aber faſt ſtets in ungleich größerer Menge im Boden als in der Atmoſphäre vor. Unter dieſen Verhältniſſen bietet die Tatſache nichts Befremdendes, daß auch ohne äußere Veranlaſſung eine lediglich durch Diffuſion, d. h. durch Ausgleich des eingeſchloſſenen Gaſes mit dem der Atmoſphäre, hervorgerufene Bewegung der Bodenluft ſtattfindet. — Die Diffuſion der Kohlenſäure (ſowie des Ammoniaks und der übrigen etwa in Betracht kommenden Gaſe) aus dem Boden iſt bei konſtanter Temperatur hauptſächlich von der Summe der Poren des Querſchnittes und nicht von deren Größe abhängig. Daher ſind die abſoluten Mengen des diffundierten Gaſes um ſo größer, je größer das Geſamtporenvolumen iſt, und vice versa. (F. Hannén [3], Bd. 15, S. 1.)

4. Das Adſorptionsvermögen (Abſorptions- oder Kondenſationsvermögen) des Bodens für Gaſe. Die Adſorption im weiteſten Sinne des Wortes bezeichnet eine molekulare Erſcheinung und umfaßt in dieſem Sinne alle jene urſächlichen Momente, die ein Zurückhalten von Gasmolekülen an und in feſten Körpern bewerkſtelligen. Nur dem Sprachgebrauch nach unterſcheidet man zwiſchen Hygroſkopizität und Gasabſorption (Abſorption im engeren Sinne), die im Grunde identiſche Erſcheinungen ſind. Bedingt wird das Zurückhalten von Gasmolekülen durch eine Reihe von Einzelvorgängen. Dieſe ſind: 1. Oberflächenattraktion. Es beſtehen an der Oberfläche aller feſten Körper molekulare Kräfte, die, der Adhäſion verwandt, ſehr energiſch auf die zunächſt liegenden Gasmoleküle wirkend, dieſelben faſt momentan an die Oberfläche des feſten Körpers bringen und hier zu einer dichten, teilweiſe flüſſigen, vielleicht auch feſten Hülle zuſammendrängen, bis eine Gleichgewichtslage herrſcht, in welcher der Körper verharren würde, wenn nicht Aenderungen in ſeiner Umgebung oder in ſeiner Beſchaffenheit eintreten. 2. Molekularinvaſion. Die alſo angezogenen Gasteile dringen teils infolge des hohen Druckes, unter dem ſie ſich befinden, teils infolge feinſter Kapillaren in die

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Molekularzwiſchenräume des feſten Körpers ein und bieten eine der Abſorption von Gaſen in Flüſſigkeiten analoge Erſcheinung. Der Prozeß erfolgt langſamer als der erſtere und iſt beendet, wenn die Widerſtände, die ſich dem vordrängenden Gasmoleküle entgegenſtellen, nicht mehr überwunden werden können. 3. Abſorption bezw. Adſorption. Bedingt durch die Oberflächenanziehung bildet ſich ſehr bald um die Oberfläche des feſten Körpers eine feinſte Flüſſigkeitsſchicht, die nunmehr andern Gaſen zum Abſorbens dient. Begünſtigt von dem hohen Druck, unter dem ſie ſich befindet (Bunſen berechnet Hunderte von Atmoſphären), ſteigert ſich ihre Fähigkeit, Gaſe zu abſorbieren, bis zu Zahlen, die unſre Vorſtellung über derartige Vorgänge überbieten. Der Prozeß erſtreckt ſich bis zu ſeiner Beendigung über Jahre hinaus (Bunſen). 4. Chemiſche Reaktionen. Abgeſehen von einfachen chemiſchen Bindungen, die nicht eigentlich in das Gebiet der Gasadſorption gehören, regen ſich nun zwiſchen den eingewanderten Gasmolekülen und den Molekülen des feſten Körpers die verſchiedentlichſten, unter gewöhnlichen Verhältniſſen größtenteils unbekannten chemiſchen Tätigkeiten. Der hohe kapillare Druck zuſammen mit der bei der anfänglichen Verdichtung recht bedeutenden Wärmeentwicklung führt dazu, Prozeſſe, welche die chemiſche Verwandtſchaft allein nicht zu erzeugen vermochte, einzuleiten und dauernd zu erhalten. Die äußerſt zahlreichen, über vorliegenden Gegenſtand ausgeführten Unterſuchungen haben, kurz zuſammengefaßt, folgende Ergebniſſe geliefert: Die Bodenkonſtituenten beſitzen alle ein nicht unbeträchtliches Adſorptionsvermögen. Dasſelbe iſt bei dem Humus (und dem Eiſenoxydhydroxyd) am größten, dann folgt der Ton, während dasſelbe bei dem Quarz am geringſten iſt. Bodengemiſche wirken mit ihren einzelnen Beſtandteilen. Das Adſorptionsvermögen nimmt für die gleiche Subſtanz zu mit der Feinheit der Partikeln. Mit ſteigender Temperatur nimmt die Adſorptionsgröße ab. Bei der Entnahme des Waſſergaſes aus damit geſättigter Luft wird dieſe Geſetzmäßigkeit nur dadurch modifiziert, daß mit der Temperatur zugleich der abſolute Waſſergehalt erhöht wird. Im letzteren Fall wird der Einfluß der Temperatur durch den ſteigenden Waſſergehalt nahezu ausgeglichen. Bleibt aber der abſolute Feuchtigkeitsgehalt der Luft auch bei ſchwellenden Temperaturen konſtant, ſo zeigt ſich ein gleicher Einfluß der Temperatur, wie er bei der Gasadſorption beobachtet wird. Bei gleichbleibender Temperatur ſteigt die Hygroſkopizitätsgröße mit dem relativen Feuchtigkeitsgehalt der Luft. Iſt der Boden mehr als hygroſkopiſch angefeuchtet, ſo tritt an die Stelle der Adſorption die Abſorption der Gaſe im Bodenwaſſer. Steigende Temperatur beſchleunigt den Verdichtungsprozeß. Die Gaſe werden im allgemeinen in um ſo höherem Grade adſorbiert, je leichter ſie ihren Aggregatzuſtand ändern und je leichter ſie ſich zerſetzen. (G. Ammon [3], Bd. 2, S. 1; A. v. Dobeneck [3], Bd. 15, S. 163. Beide Arbeiten enthalten reichhaltige Literaturangaben.) Die Bedeutung des Adſorptionsvermögens für die Fruchtbarkeit des Bodens wird vielfach überſchätzt. (R. Heinrich [73], S. 74; A. Mayer [32], S. 87; A. v. Liebenberg [74], S. 419; W. Detmer [3], Bd. 1, S. 166; E. W. Hilgard [3], Bd. 8, S. 93; S. Sikorski [3], Bd. 9, S. 413.) — Das Adſorptionsvermögen des Bodens für gewiſſe Gaſe dürfte auch bei manchen Verwitterungserſcheinungen eine erhebliche Rolle ſpielen. In dieſer Hinſicht ſei beſonders auf das Eiſenhydroxyd hingewieſen, das ein recht hohes Adſorptionsvermögen für Kohlenſäure beſitzt. Indem es einen weſentlichen Beſtandteil der als Terra rossa bezeichneten Verwitterungsrückſtände der Kalkſteingebirge ausmacht, wirkt es hier vermöge der ebengenannten Eigenſchaft geradezu als Kohlenſäureüberträger und beſchleunigt die Zerſetzung und Auflöſung des Kalkſteines in hohem Grade. (Sauer.)

5. Die Zuſammenſetzung der Bodenluft. Die vom Boden eingeſchloſſene Luft unterſcheidet ſich hauptſächlich von der atmoſphäriſchen durch größeren Reichtum an Kohlenſäure ſowie durch ſtets vorhandene Sättigung mit Waſſerdampf. Die verſchiedenfällig konſtatierte Tatſache, daß die Luft in dem Maße ſauerſtoffärmer als ſie kohlenſäurereicher iſt, und zwar derart, daß das Volumen der Kohlenſäure und des Sauerſtoffs ziemlich dasſelbe bleibt, wird gefolgert werden müſſen, daß die Kohlenſäure das Produkt von Oxydationsvorgängen iſt. Als ſolche kommen vornehmlich die Prozeſſe bei der Zerſetzung (Verweſung) der organiſchen Stoffe in Betracht. Der Kohlenſäuregehalt der Bodenluft, der ſtets höher, zuweilen mehrere hundert mal größer iſt als derjenige der Atmoſphäre, unterliegt großen Schwankungen, die hervorgerufen werden 1. durch verſchiedenen Reichtum des Bodens an organiſchen Stoffen, 2. durch verſchiedene Intenſität der Zerſetzungsprozeſſe, 3. durch Unterſchiede in den Vorgängen bei dem Entweichen der Kohlenſäure aus dem Boden. — Erſteren Punkt anlangend, haben die diesbezüglichen Unterſuchungen ergeben, daß der Gehalt des Bodens an freier Kohlenſäure nur dann der Menge der vorhandenen organiſchen Subſtanzen proportional iſt, wenn dieſe gering; daß dagegen die Kohlenſäureproduktion bei höherem Gehalt des Bodens an dieſen Stoffen in einem geringeren Grade wächſt als die Menge der vorhandenen ſich zerſetzenden Beſtandteile, oder daß dieſelbe unter Umſtänden, trotz verſchiedenen Reichtums des Bodens an pflanzlichen und tieriſchen Reſten, ſich gleichbleibt, und zwar weil bei höherem Kohlenſäuregehalt der Bodenluft die Tätigkeit der bei der Verweſung beteiligten niederen Organismen gehemmt wird und mit zunehmender Menge der organiſchen Stoffe über eine gewiſſe Grenze hinaus die für deren Zerfall wichtigſten Eigenſchaften des Bodens in einer der Intenſität des Prozeſſes nachteiligen Weiſe abgeändert werden. Die Intenſität der Zerſetzung der organiſchen Subſtanzen wird weſentlich beherrſcht von der Luftzufuhr, der Feuchtigkeit und der Wärme des Bodens, infolgedeſſen dieſe Momente für den Kohlenſäuregehalt der Luft von großer Bedeutung ſind. Der Einfluß der Menge der organiſchen Stoffe auf den Kohlenſäurereichtum des Bodens kann durch die verſchiedene Permeabilität der Böden verdeckt werden. So kann z. B. ein grobkörniger humusreicher Boden weniger Kohlenſäure enthalten als ein feinkörniger humusarmer, weil in jenem Falle das Gas in ungleich größeren Mengen an die Atmoſphäre übertritt als in dieſem. Derartige Tatſachen, im Zuſammenhalt mit den obenangeführten, berechtigen zu der Schlußfolgerung, daß die Menge der im Boden vorhandenen freien Kohlenſäure weder für die

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Intenſität der organiſchen Prozeſſe noch für die Menge der im Boden vorhandenen organiſchen Stoffe einen Maßſtab abgeben kann (Bouſſingault und Lévy [75], S. 1; J. v. Fodor [76], S. 106; Derſ. [77], S. 205; M. v. Pettenkofer [78]; G. Wolffhügel [79]; P. Smolenski [80]; H. Fleck [81]; Lewes und Cunningham [82]; R. Nichols [83]; E. Ebermayer [3], Bd. 1, S. 158; Bd. 13, S. 15; J. Möller [84] und [3], Bd. 2, S. 329; E. Wollny [85], [86], [87] und [3], Bd. 3, S. 1; Bd. 4, S. 1; Bd. 5, S. 299; Bd. 9, S. 165).

V. Das Verhalten des Bodens zur Wärme.

Als Wärmequellen für den Boden kommen in Betracht: die Sonnenwärme, die Wärme infolge chemiſcher Prozeſſe oder von Adſorption von Gaſen ſowie die innere Erdwärme. Die Sonnenwärme erweiſt ſich von maßgebendſtem Einfluß, während die übrigen Momente faſt ganz belanglos ſind. Die durch Verweſung (Eremakauſis) der organiſchen Bodenſtoffe entſtehende Wärmemenge iſt in der Regel nicht ausreichend, eine erheblichere Temperaturſteigerung des Bodens zu bewirken. Ebenſo iſt die temperaturerhöhende Wirkung des ſich zerſetzenden Stalldüngers ohne Bedeutung, ſie hält zwiſchen 4 bis 12 Wochen an und beträgt im Mittel 0,1—0,4° C., jedoch nur bei Anwendung großer Mengen ſich leicht zerſetzender Materialien und unter günſtigen Zerſetzungsbedingungen. Im Hinblick auf dieſe Daten ſowie auf den Umſtand, daß die Wärmeentwicklung bei den gewöhnlich angewendeten Düngergaben oder bei der Verweſung der im Boden bereits vorhandenen Humusſtoffe in der Mehrzahl der Fälle kaum meßbar iſt, wird geſchloſſen werden dürfen, daß die fragliche Wärmequelle nur von untergeordneter Bedeutung iſt. (F. Wagner [3], Bd. 5, S. 373.) Von noch geringerer Wichtigkeit erweiſt ſich die bei der Zufuhr von Waſſer oder bei der Adſorption von Gaſen und Waſſerdampf ſeitens des Bodens entwickelte Wärme. Ganz zu vernachläſſigen für die thermiſchen Verhältniſſe des Bodens iſt die innere Erdwärme. (A. Stellwaag [3], Bd. 5, S. 210; J. Breitenlohner [3], Bd. 7, S. 208.) Nach alledem können die in der Natur beobachteten außerordentlichen Unterſchiede in der Bodenerwärmung nur durch die Sonnenwärme hervorgerufen werden. Die Wirkungen der Sonnenwärme ſind vornehmlich abhängig: 1. von der phyſikaliſchen Beſchaffenheit des Bodens, 2. von der Lage, und 3. von der Bedeckung des Bodens.

1. Einfluß der phyſikaliſchen Beſchaffenheit des Bodens. Zum Verſtändnis der ziemlich komplizierten Erſcheinungen bei der Erwärmung des Bodens bedarf es vorerſt einer Darlegung der einzelnen hierbei in Betracht zu ziehenden Momente.

a) Das Abſorptions- und Emiſſionsvermögen des Bodens für die Sonnenſtrahlen. Hinſichtlich des Abſorptionsvermögens des Bodens für die eigentlichen Wärmeſtrahlen, d. h. für die unſichtbaren ultraroten Strahlen des Sonnenſpektrums, liegen keine Verſuche vor; über die Abſorption der leuchtenden Strahlen belehrt die Farbe. Man kann daher ſagen, daß, unter der Vorausſetzung des gleichen Verhaltens der dunkeln Strahlen, die Böden bei gleicher Wärmekapazität ſich um ſo mehr erwärmen werden, je dunkler die Farbe iſt. Die Abſorption der leuchtenden Strahlen iſt von um ſo größerer Wichtigkeit, als das Verhältnis zwiſchen den leuchtenden und dunkeln Strahlen kein ſehr weites iſt; die unſichtbare Strahlung beträgt nur das Doppelte der ſichtbaren. Hinſichtlich des Emiſſionsvermögens des Bodens für die Wärmeſtrahlen kann die Farbe keinen Aufſchluß geben; das Kirchhoffſche Geſetz ſagt zwar, daß das Verhältnis zwiſchen dem Emiſſions- und dem Abſorptionsvermögen aller Körper dasſelbe iſt, aber nur für Strahlen gleicher Wellenlänge bei derſelben Temperatur. Die Böden nehmen indeſſen unter dem Einfluß der Inſolation ein Gemiſch von Strahlen jeder Brechbarkeit und Temperatur auf, geben aber immer nur Strahlen geringer Brechbarkeit und Temperatur von ſich. Es werden ſonach andre Strahlen aufgenommen, als abgegeben werden, eine Erſcheinung, aus der folgt, daß von dem Abſorptionsvermögen nicht ohne weiteres auf das Emiſſionsvermögen geſchloſſen werden darf. Soweit ſich die einſchlägigen Verhältniſſe auf Grund der bisher angeſtellten Verſuche überblicken laſſen, kann zurzeit angenommen werden, daß die Farbe des Bodens keinen Einfluß auf die Emiſſion der Wärmeſtrahlen ausübt und daß die Unterſchiede in dem Strahlungsvermögen der verſchiedenen Bodenkonſtituenten verhältnismäßig gering ſind. Die in dieſer Beziehung hervortretenden Unterſchiede laſſen ſich dahin präziſieren, daß die mineraliſchen Bodenbeſtandteile insgeſamt die Wärme beſſer ausſtrahlen als die aus organiſchen Reſten beſtehenden organiſchen Beſtandteile. Unter den mineraliſchen Bodenkonſtituenten ſcheint der Quarz die Wärme am beſten auszuſtrahlen. Bei den in der Natur vorkommenden Bodenarten, die meiſt aus verſchieden zuſammengeſetzten Gemiſchen der Bodenkonſtituenten beſtehen, ſind die Unterſchiede im Strahlungsvermögen noch geringer, als wie ſolche ſich bei den einzelnen Beſtandteilen ergeben. Das Waſſer hat ein höheres Ausſtrahlungsvermögen als alle Bodenbeſtandteile. Der Waſſergehalt des Bodens wirkt daher erhöhend auf das Ausſtrahlungsvermögen der Bodenarten ein. Bei lufttrockenen Bodenarten macht ſich noch der Einfluß des verſchiedenen Strahlungsvermögens der verſchiedenen Bodenkonſtituenten geltend; doch bewirkt auch hier ſchon das Vorhandenſein des Waſſers, daß die Differenzen zwiſchen dem Wärmeſtrahlungsvermögen der Bodenkonſtituenten geringer werden. Im allgemeinen kann angenommen werden, daß ein und derſelbe Boden ſowohl im mäßig feuchten wie auch im waſſergeſättigten Zuſtande die Wärme in beiden Fällen in gleich hohem Betrage auszuſtrahlen vermag, und daß ferner dieſe Gleichheit im Ausſtrahlungsvermögen ſich auch auf die verſchiedenen Bodenarten erſtreckt, wenn dieſelben ſich in mehr oder weniger durchfeuchtetem Zuſtande befinden. (A. v. Liebenberg [88]; C. Lang [3], Bd. 1, S. 379; E. Wollny [3], Bd. 1, S. 43; Bd. 4, S. 327; J. Ahr [3], Bd. 17, S. 397.)

b) Der Wärmeverbrauch durch Verdunſtung an der Oberfläche des Bodens. Die vom Boden empfangene Sonnenwärme geht zum Teil dadurch für die Erwärmung der tieferen Schichten verloren, als durch die Verdunſtung Wärme gebunden wird. Dieſer Wärmeverluſt ſteigt und fällt demnach mit der Verdunſtungsgröße und hat eine entſprechende Temperaturerniedrigung des Bodens zur Folge.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

c) Die Wärmekapazität (ſpezifiſche Wärme) des Bodens wird am zweckmäßigſten in gleicher Weiſe wie die Waſſerkapazität auf das Volumen bezogen und durch die Anzahl von Wärmeeinheiten ausgedrückt, die erforderlich ſind, ein beſtimmtes Volumen des Bodens im Vergleich zu einem gleich großen Volumen Waſſer — die ſpezifiſche Wärme des letzteren gleich 1 geſetzt — um 1° zu erwärmen. Die Wärmekapazität der Böden im trockenen Zuſtande beträgt ca. $^1/_6$—$^1/_3$ derjenigen des Waſſers. Von den verſchiedenen Bodenkonſtituenten beſitzt der Quarz die höchſte (0,29), der Humus die kleinſte (0,16) und der Ton eine mittlere Wärmekapazität (0,23). Mit der Zunahme des Waſſergehaltes nimmt notwendigerweiſe die ſpezifiſche Wärme des Bodens zu. Sie iſt daher bei einer und derſelben Bodenart um ſo größer, je größer deren Abſorptionsvermögen für Waſſerdampf und Waſſerkapazität iſt, und umgekehrt. Aus dieſem Grunde iſt die Wärmekapazität bei gleicher relativer Sättigung mit Waſſer bei dem Humus am größten, dann folgt der Ton, während der Quarz die kleinſte ſpezifiſche Wärme beſitzt. Bei einer und derſelben Bodenart iſt ferner bei höherem Waſſergehalt die Wärmekapazität um ſo kleiner, je gröber die Bodenteilchen, und nimmt zu, je dichter dieſe aneinander gelagert ſind. Befindet ſich der Boden im Zuſtande der Krümelſtruktur, ſo iſt die ſpezifiſche Wärme kleiner als in jenem der Einzelkornſtruktur. (W. Schumacher [2], S. 242; L. Pfaundler [89]; H. Platter [90]; A. v. Liebenberg [88]; C. Lang [3], Bd. 1, S. 109; R. Ulrich [3], Bd. 17, S. 1.)

d) Die Wärmeleitungsfähigkeit des Bodens. Die von der oberflächlichen Schicht angenommene Temperatur wird den tieferen Schichten durch Wärmeleitung mitgeteilt. Die zwiſchen den oberen und tieferliegenden Bodenſchichten beſtehenden Temperaturdifferenzen ſuchen ſich auszugleichen; ſelbſtverſtändlich iſt dazu eine gewiſſe Zeit erforderlich, und dieſer Umſtand erklärt eine Reihe von Erſcheinungen, die man bei dem Studium der thermiſchen Verhältniſſe des Bodens beobachtet. Die Bewegung der Wärme erfolgt ſowohl von oben nach unten als auch umgekehrt in dem Humus am langſamſten, in dem Quarz am ſchnellſten und geht im Ton, da ſich derſelbe in dieſer Beziehung immer in der Mitte hält, mit mittlerer Geſchwindigkeit vor ſich. Kohlenſaurer Kalk und Eiſenoxyd ſtehen hinſichtlich ihrer Wärmeleitungsfähigkeit zwiſchen Ton und Quarz. In einem und demſelben Boden im trockenen Zuſtande ſteigt die Wärmeleitung im allgemeinen mit der Zunahme der Größe der Bodenpartikeln und der Aggregate. Steine erhöhen, ihrer Menge entſprechend, die Fortpflanzung der Wärme im Boden. Weiter iſt die Wärmeleitungsfähigkeit eines Bodens um ſo größer, je dichter die Bodenteilchen aneinander gelagert ſind. Die betreffenden Unterſchiede fallen in der Regel um ſo höher aus, je größer gleichzeitig der Waſſergehalt der Maſſe iſt. Das Waſſer ſteigert überhaupt die Wärmeleitungsfähigkeit eines und desſelben Bodens in ganz bedeutendem Grade, und zwar um ſo mehr, je größer die Mengen ſind, in denen es im Erdreich unter übrigens gleichen Verhältniſſen vorkommt. (F. Haberlandt [20], Bd. 1, S. 33; A. v. Littrow [91]; E. Pott [92]; F. Wagner [3], Bd. 6, S. 1.) Bei ſteigender Temperatur (während der Inſolation und wärmeren Jahreszeit) erwärmt ſich von den verſchiedenen Bodenkonſtituenten der Quarz am ſtärkſten, dann folgt in abſteigender Reihe der Ton, dann der Kalk, während der Humus die geringſte Temperaturerhöhung erfährt. Bei ſinkender Temperatur (während der Nacht und kälteren Jahreszeit) geſtalten ſich die Wärmeverhältniſſe der Hauptbodengemengteile gerade umgekehrt, inſofern ſich der Quarz am ſchnellſten, der Humus am langſamſten abkühlt, und der Ton und der Kalk in dieſer Beziehung in der Mitte ſtehen. Demgemäß ſind die Temperaturſchwankungen bei dem Quarz am größten, bei dem Humus am kleinſten und bei dem Ton und Kalk vergleichsweiſe von mittlerer Intenſität. Die Urſachen hiervon ſind hauptſächlich in den oben geſchilderten Unterſchieden in der ſpezifiſchen Wärme der betreffenden Beſtandteile im feuchten Zuſtande und in deren Wärmeleitungsfähigkeit zu ſuchen. Bei gleicher ſubſtantieller Beſchaffenheit iſt die Erwärmung des Bodens von der Oberflächenbeſchaffenheit, der Größe und Lagerung der Bodenteilchen ſowie von dem Waſſergehalt weſentlich abhängig. Bezüglich des Einfluſſes der Oberflächenbeſchaffenheit iſt vorerſt zu erwähnen, daß die Abtrocknung der oberſten Schicht mit einer Erhöhung der Bodentemperatur verknüpft iſt, weil unter ſolchen Umſtänden die Waſſerverdunſtung überhaupt und namentlich von der Oberfläche vermindert wird. Das Aufbringen dünner Schichten einer leicht austrocknenden Bodenart (Sand) hat dieſelbe Wirkung zur Folge. Werden die oberſten Schichten gelockert, ſo wird dadurch die Temperatur des Bodens herabgedrückt, weil die Wärmeleitung der oberſten Schicht wegen größerer Mengen eingeſchloſſener Luft vermindert wird und die oben aufliegenden Bröckchen nur teilweiſe mit der darunterliegenden Schicht in leitender Verbindung ſtehen. Bei annähernd gleicher Beſchaffenheit hat die Farbe des Bodens auf deſſen Erwärmung bis in verhältnismäßig größere Tiefen einen nicht unbedeutenden Einfluß. Während der wärmeren Jahreszeit, bei ungehinderter Beſtrahlung, iſt der Boden um ſo wärmer, je dunkler deſſen Farbe iſt. Die Temperaturunterſchiede zwiſchen dem hell- und dunkelgefärbten Erdreich verſchwinden mehr oder weniger in der kälteren Jahreszeit, bei verminderter Inſolation. Dieſer Einfluß der Farbe nimmt jedoch in dem Grade ab, als der Waſſergehalt zunimmt und die ſonſtigen für die Erwärmung des Erdreiches maßgebenden Faktoren das Uebergewicht gewinnen. Bei größeren Unterſchieden in den phyſikaliſchen Eigenſchaften, hauptſächlich bedingt durch größeren Humusgehalt und größere Waſſerkapazität, kann der Einfluß der Farbe vollſtändig beſeitigt werden. Hinſichtlich der Erwärmung des Bodens bei verſchiedener Struktur laſſen die einſchlägigen Beobachtungen erkennen, daß die Bodentemperatur während der Sommermonate um ſo wärmer, während der Wintermonate um ſo kälter iſt, je gröber die Partikel ſind. Im krümeligen Zuſtande iſt der Boden im allgemeinen wärmer als im pulverförmigen, doch ſind die betreffenden Unterſchiede nicht beträchtlich. Dagegen hat die Verdichtung der Bodenmaſſe auf die Temperatur derſelben einen ausgeſprochenen Einfluß, der ſich in der Weiſe bemerklich macht, daß der Boden während der wärmeren Jahreszeit und bei ſteigender Temperatur um ſo wärmer, während der kälteren Jahreszeit und bei ſinkender Temperatur um ſo kälter iſt, je dichter die

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Bodenteilchen aneinander gelagert ſind. In gleichem Maße nehmen die Temperaturſchwankungen zu. Zur Erklärung dieſer Unterſchiede iſt die Tatſache heranzuziehen, daß durch die Verdichtung der Bodenmaſſe das Wärmeleitungsvermögen derſelben eine Erhöhung erfährt, und zwar in einem ſolchen Maße, daß die Wirkungen des gleichzeitig vermehrten Wärmeverbrauchs infolge ſtärkerer Verdunſtung meiſtenteils beſeitigt werden. Durch Steine erhält der Boden eine größere Erwärmungsfähigkeit bei ſteigender Temperatur, infolge der durch dieſelben erhöhten Leiſtungsfähigkeit; dieſe iſt aber auch gleichzeitig die Urſache der ſtärkeren Abkühlung des ſteinhaltigen Erdreiches gegenüber dem ſteinfreien bei abnehmenden Temperaturen. Hieraus folgt, daß die Temperaturſchwankungen des Bodens mit dem Gehalt desſelben an Steinen zu- und abnehmen. — Die Wärmeverhältniſſe des Bodens ſind in ganz beſonderem Grade von deſſen Waſſergehalt abhängig. Während der wärmeren Jahreszeit iſt die Temperatur des Bodens im allgemeinen um ſo niedriger, je größer der Waſſergehalt in demſelben iſt, weil in gleichem Maße der durch Verdunſtung bedingte Wärmeverbrauch von der Oberfläche wächſt und die ſpezifiſche Wärme zunimmt. Die bezüglichen Temperaturunterſchiede ſind um ſo geringer, je mehr die Verdunſtung abnimmt und die dem höheren Waſſergehalt entſprechende beſſere Wärmeleitung zur Geltung kommt; ſie ſind daher während der kälteren Jahreszeit, bei mangelnder Inſolation, niedriger Luftwärme, Windſtille, hoher Luftfeuchtigkeit und bei ſtärkerer Austrocknung der oberſten Schicht des Bodens am kleinſten, in den entgegengeſetzten Fällen caeteris paribus am größten. Der Effekt der Abkühlung infolge der Verdunſtung wird unter gleichen äußeren Bedingungen durch die Wirkung der Wärmeleitung um ſo eher und leichter beglichen und überwogen, je weniger Waſſer der Boden enthält, je kleiner deſſen Waſſerkapazität und je geringer ſeine Fähigkeit iſt, den an der Oberfläche ſtattgehabten Verdunſtungsverluſt durch kapillare Hebung aus der Tiefe zu erſetzen. Die Temperaturſchwankungen des Bodens nehmen im allgemeinen mit ſteigendem Waſſergehalt ab. In allen Fällen jedoch, wo die Wärmeleitung aus den vorerwähnten Gründen über die übrigen mitwirkenden Faktoren das Uebergewicht gewinnt, wachſen die Schwankungen und finden Ausnahmen von der bezeichneten Regel ſtatt. Daher iſt der Abſtand zwiſchen den Temperaturextremen im feuchten Zuſtande des oberflächlich ſtark ausgetrockneten Erdreiches während der wärmeren Jahreszeit nicht ſelten beträchtlich größer als im trockenen und naſſen. Bei dem Gefrieren des Waſſers im Boden macht ſich die Erſcheinung der ſogenannten Unterkühlung (Ueberkaltung) bemerkbar. Das unter kapillaren Spannungen ſtehende Bodenwaſſer kühlt ſich beim Eintritt des Froſtes auf eine gewiſſe, unter dem Gefrierpunkt gelegene Temperatur ab, ohne zu erſtarren, geht aber, ſobald ein Anſtoß zur Eisbildung gegeben iſt, ſofort in den feſten Zuſtand über. Das Eindringen des Froſtes in den Boden erfolgt am ſchnellſten bei dem Quarzſand, langſamer bei dem Ton und am langſamſten bei dem Humus. Das Auftauen vollzieht ſich in gleicher Reihenfolge. (E. Wollny, Landw. Jahrbücher, Bd. 5, S. 441, und [3], Bd. 1, S. 43; Bd. 2, S. 133; Bd. 3, S. 325; Bd. 4, S. 147, 327; Bd. 5, S. 34, 167; E. Ebermayer [3], Bd. 14, S. 195; A. Petit [3], Bd. 16, S. 285.)

2. Einfluß der Lage des Bodens. Bei verſchiedener Lage des Bodens gegen die Himmelsrichtung iſt der ſüdliche Hang am wärmſten, dann folgen die Oſt- und die Weſtſeite, während die Nordexpoſition die niedrigſte Temperatur zeigt. Das Maximum der Temperatur zeigt im Lauf der Jahreszeiten eine ziemlich regelmäßig wiederkehrende Wanderung in den ſüdlichen Expoſitionen. In den Wintermonaten (November—April) fällt das Maximum auf Südweſt, im Sommer (Mai—Auguſt) auf Südoſt, im Herbſt auf Süd, wonächſt es auf Südweſt zurückgeht. Die Südhänge ſind um ſo wärmer, die Nordhänge um ſo kälter, je größer die Neigung der Fläche gegen den Horizont iſt. Der Einfluß letzterer auf die Erwärmung der Oſt- und Weſtſeiten iſt vergleichsweiſe bedeutend geringer und tritt in der Weiſe in die Erſcheinung, daß die Oſtſeite gemeinhin um ſo wärmer, die Weſtſeite um ſo kälter iſt, je ſtärker geneigt die Bodenfläche. Der Temperaturunterſchied zwiſchen Süd- und Nordhängen iſt bedeutend größer als derjenige zwiſchen Oſt- und Weſtſeiten. Die Schwankungen der Bodentemperatur ſind in den ſüdlichſten Expoſitionen am größten, in den Nordlagen am geringſten. Das gilt auch für wechſelnden Böſchungswinkel. (F. Kerner v. Marilaun [93]; E. Wollny [3], Bd. 1, S. 263; Bd. 10, S. 8, 345; C. Efer [3], Bd. 7, S. 100.)

3. Einfluß der Bedeckung des Bodens. Der von lebenden Pflanzen oder abgeſtorbenen Pflanzenteilen (Dünger, Stroh, Blätter, Holz u. ſ. w.) bedeckte Boden iſt während der wärmeren Jahreszeit kälter, während der kälteren Jahreszeit wärmer als der kahle Boden unter ſonſt gleichen Verhältniſſen. Die bezüglichen Temperaturunterſchiede ſind am größten im Sommer und im Winter, am geringſten im Frühjahr und Herbſt. Bei dem Eintritt kälterer Perioden im Sommer oder wärmerer im Winter macht ſich der Einfluß der Bedeckung des Bodens auf deſſen Temperatur in entgegengeſetzter Richtung geltend. Der Boden im nackten Zuſtand erwärmt ſich im Frühjahr und erkaltet im Herbſt ſchneller als der mit Pflanzen oder mit abgeſtorbenen Pflanzenteilen bedeckte. Der Froſt dringt in den bedeckten Boden langſamer und weniger tief ein als in den kahlen. Umgekehrt wird der bepflanzte oder mit einer Dünger-, Stroh- oder Streuſchicht verſehene Boden im Frühjahr ſpäter froſtfrei als der nackte. Der Einfluß der Bodendecke tritt in der wärmeren Jahreszeit in um ſo ſtärkerem Grade hervor, je intenſiver die Inſolation iſt, und vice versa. (E. Ebermayer [54] und [3], Bd. 13, S. 379; E. Wollny [55], S. 15 und [3], Bd. 6, S. 197; Bd. 10, S. 30, 345; Bd. 13, S. 143; A. Müttrich [94]; Th. Nördlinger [95]; E. Ramann [4], S. 96; A. Petit [3], Bd. 16, S. 285.) — Bodendecken aus Materialien mineraliſchen Urſprungs wirken je nach ihren thermiſchen Eigenſchaften auf die Temperaturverhältniſſe des Bodens in verſchiedener Weiſe ein. Vgl. das thermiſche Verhalten von Steinen, Sand, Ton, Lehm, Kalk u. ſ. w. (E. Wollny [55], S. 36 und [3], Bd. 1, S. 44.) — Der Schnee verhindert als ſchlechter Wärmeleiter während der Kälteperiode ein ſtärkeres Sinken der Bodentemperatur und ſchwächt die Schwankungen der letzteren ab. Auch dringt der Froſt unter ſonſt gleichen Verhältniſſen in den mit einer Schneedecke verſehenen Boden langſamer

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

und weniger tief ein als in den kahlen. (E. Wollny [55], S. 24; E. und H. Becquerel [96]; A. Woeikof [97]; A. Petit [3], Bd. 16, S. 285.)

4. Die Verteilung der Wärme im Boden.

Tägliche Schwankungen. Während der kühleren und inſolationsfreien Tageszeit geht die Temperatur der Bodenoberfläche in der Regel dem Minimum der Lufttemperatur parallel, dagegen übertrifft das Maximum der Temperatur in der oberſten Schicht während der wärmeren Tageszeit das der Luft, und zwar um ſo mehr, je kräftiger die Inſolation und je größer das Abſorptionsvermögen der Oberfläche iſt. Die täglichen Schwankungen der Temperatur ſind in der Oberfläche am größten und nehmen mit der Tiefe immer mehr ab. Sie verſchwinden meiſt ſchon in der Tiefe von 1 m. Mit Rückſicht darauf, daß die Leitung der Wärme nach unten eine allmählich fortſchreitende iſt, wird die Tatſache erklärlich, daß die Temperaturextreme in den tieferen Bodenſchichten entſprechend der Tieflage ſpäter eintreten als an der Oberfläche.

Jährliche Schwankungen. Die jährlichen Temperaturſchwankungen ſind in den oberen Bodenſchichten während eines Jahres von erheblicher Größe und nehmen mit der Tieflage der Bodenſchicht ſtetig ab, um ſchließlich völlig zu verſchwinden. Die Tiefe, in der eine gleichbleibende oder wenigſtens von den Schwankungen der Jahreszeiten unabhängige Temperatur herrſcht, iſt je nach den klimatiſchen Verhältniſſen eine verſchiedene. In den Tropen liegt ſie bei etwa 6 m, in der gemäßigten Zone bei 20—30 m Tiefe. Alle Bedingungen, welche die Temperaturextreme abſchwächen, ſo insbeſondere die Einwirkung des Seeklimas, Bodendecken verſchiedenſter Art u. ſ. w. vermindern auch die Schwankungen der Bodentemperatur. (C. S. Cornelius [98]; J. Soyka [69], S. 142; J. R. Lorenz v. Liburnau [99], S. 34; E. Ramann [4], S. 95.)

Einfluß des Klimas und der Witterung. Bei ſonſt gleicher Beſchaffenheit des Bodens iſt die Temperatur desſelben ſowohl von der Verteilung der Wärme über die Erdoberfläche als auch von gewiſſen örtlichen, die Wirkungen der Sonnenſtrahlung abändernden Urſachen abhängig. Die Intenſität der Beſtrahlung ändert ſich mit der Sonnenhöhe und nimmt demnach mit der geographiſchen Breite ab. Demgemäß nimmt auch die Bodentemperatur im allgemeinen vom Aequator zu den Polen ab, und zwar um ſo ſchneller, je mehr man ſich dem Parallelkreiſe von 45° nähert, wogegen ſie höher hinauf einen langſameren Gang in ihrer Abnahme befolgt. Indeſſen iſt dieſe Verminderung der Bodenwärme nicht regelmäßig der Breite proportional, ſondern weiſt mannigfache Abweichungen auf, die bedingt ſind durch verſchiedene Inſolationsdauer, durch verſchiedene Verteilung von Waſſer und Land, ſowie durch lokale Einwirkungen. Die längere Beſtrahlungsdauer während des Sommers in nördlichen Gegenden hat eine relative Erhöhung der Bodentemperatur zur Folge, ohne die in jenen Breiten eine Kultur des Landes nicht möglich wäre. Im Inſel- und Küſtenklima ſind die Maxima und die Minima der Bodentemperatur ungleich geringer als im Kontinentalklima, in dem nach dem Innern zu die Temperaturextreme ſtetig zunehmen. Rechnet man die Wirkungen zahlreicher lokaler Einflüſſe hinzu (Bodengeſtaltung, Expoſition und Inklination des Bodens, Bedeckung desſelben u. ſ. w.), ſo kann es nicht wundernehmen, daß die Iſogeothermen, d. h. die Linien, welche die Orte gleicher mittlerer Bodenwärme miteinander verbinden, von den Breitengraden mancherlei und zum Teil erhebliche Abweichungen zeigen. Die Bodentemperatur nimmt außerdem bei gleicher Breite mit ſteigender Meereshöhe ſowohl im Jahresmittel als auch in den einzelnen Monaten und Jahreszeiten ab. Dieſe Abnahme der Bodenwärme in vertikaler Richtung ſcheint ſchneller zu erfolgen als die der Luft und macht ſich im Frühjahr und im Sommer in höherem Grade bemerkbar als im Herbſt und im Winter. Trotz der ſtärkeren Inſolation in höheren Lagen während des Sommerhalbjahres iſt die Bodentemperatur eine niedrigere als in der Ebene, weil die Wirkung der Sonnenwärme nur von kurzer Dauer iſt und die Wärmeausſtrahlung und demgemäß die Abkühlung bei Nacht überwiegt. Lokale Einflüſſe (Expoſition und Inklination der Hänge, Maſſenhaftigkeit des Gebirges u. ſ. w.) führen auch unter ſolchen Verhältniſſen mannigfache Modifikationen bezüglich der Bodenerwärmung herbei. — Hinſichtlich der lokalen Einwirkungen ſei bemerkt, daß die Beſchaffenheit der Atmoſphäre, die Niederſchläge, das Vorhandenſein von Waſſerflächen, die Winde, die Lage und Bedeckung des Bodens, in dem regelmäßigen Gange der Bodentemperatur mannigfache Abänderungen herbeizuführen vermögen. Die Beſchaffenheit der atmoſphäriſchen Luft erweiſt ſich inſofern als belangreich, als die Beſtrahlung ab-, die Ausſtrahlung dagegen zunimmt in dem Maße, als die Luft dünner und mit einer geringeren Maſſe von Waſſer- und Staubteilchen verſehen iſt. Trüber Himmel ſowie Nebel vermindert ſowohl den Effekt der Beſtrahlung als auch den der Ausſtrahlung. Die flüſſigen Niederſchläge ſetzen in der Regel die Bodentemperatur herunter, nicht ſowohl weil ſie meiſt kälter ſind als das Erdreich, ſondern auch inſofern, als die Verdunſtung infolge der Durchfeuchtung und damit der Wärmeverluſt an der Oberfläche eine Erhöhung erfährt. Entgegengeſetzte Wirkungen machen ſich jedoch zuweilen im Sommer geltend, wenn der Boden mit Pflanzen beſetzt iſt und infolgedeſſen austrocknet. In dieſem Falle können reichliche Niederſchläge unter Umſtänden die Bodentemperatur erhöhen, weil infolge der Durchfeuchtung die Wärmeleitungsfähigkeit des Bodens eine Steigerung erfährt. Die Winde tragen im allgemeinen nach Maßgabe ihrer Geſchwindigkeit zu einer Erniedrigung der Bodentemperatur bei, weil ſie im gleichen Grade die Verdunſtung vermehren, und zwar iſt dieſer Einfluß um ſo größer, je feuchter das Erdreich iſt und je leichter der Verdunſtungsverluſt durch kapillares Aufſteigen des Waſſers erſetzt wird. In gewiſſen Fällen kann die Temperatur der Winde ſich belangreich erweiſen. Eine entſchiedene Depreſſion der Frühlings- und Sommertemperaturen und keine weſentliche Milderung der Herbſt- und Wintertemperaturen, folglich eine mäßige Depreſſion der Jahrestemperaturen iſt im allgemeinen die Wirkung der Gewäſſer auf die Temperaturverhältniſſe der Uferländer und ſomit auch auf deren Bodentemperatur. Die Beeinfluſſung der Bodenwärme durch die Lage und Bedeckung wurde bereits oben erörtert. Der Einfluß der Vegetation, beſonders des Waldes, iſt analog derjenigen einer Waſſerfläche. (C. S. Cornelius [98], S. 113;

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

J. R. Lorenz v. Liburnau [99], S. 230; J. Soyka [69], S. 135; J. A. Henfele [3], Bd. 16, S. 311; E. Ebermayer [54]; J. R. Lorenz v. Liburnau und F. Eckert [100].) — Inwieweit ſich die Beeinfluſſung der Bodentemperatur durch Witterungsverhältniſſe im konkreten Fall nachweiſen laſſe, wurde von K. Singer [101] für das Klima der ſüdbayriſchen Hochebene dargetan.

VI. Die Bedeutung der phyſikaliſchen Eigenſchaften des Bodens für das Pflanzenwachstum.

Für den mächtigen Einfluß, den die mechaniſche Beſchaffenheit des Bodens auf die Vegetation direkt und indirekt ausübt, ſpricht der Umſtand, daß eine Reihe höchſt wichtiger Lebensbedingungen ſowohl für die im Boden wurzelnden Pflanzen ſelbſt als auch für jene (niederen) Organismen, an deren Tätigkeit die verſchiedenen Zerſetzungsprozeſſe im Boden und dadurch deſſen Fruchtbarkeitsverhältniſſe zum großen Teil geknüpft ſind, lediglich von dem phyſiſchen Zuſtand des Erdreichs abhängig iſt. — Die Strukturverhältniſſe des Bodens ſind zunächſt maßgebend für das Wachstum der nahrungs- uud waſſeraufnehmenden Organe, der Wurzeln, weil dieſe je nach den Widerſtänden, die ſie zu überwinden haben, ſich in ſehr verſchiedenem Grade ausbreiten. Das Verhalten des Bodens zur Luft iſt inſofern bedeutungsvoll, als die unterirdiſchen Organe der Pflanzen, die des Sauerſtoffs bei ihrer Entwicklung nicht entbehren können, entſprechend den zur Verfügung ſtehenden Luftmengen ſich entfalten. Weiter erweiſt ſich die Bodenwärme von ganz hervorragendem Einfluß auf das Pflanzenwachstum. Durch erhöhte Bodenwärme wird die Entwicklung der Pflanzen vorzugsweiſe in den erſten Vegetationsſtadien beſchleunigt. Unmittelbar wirkt dieſelbe auf die Ausbreitung der Wurzeln, mittelbar auf die oberirdiſchen Organe und damit auf das Wachstum der ganzen Pflanze ein. Mit ſteigender Bodenwärme nimmt nicht allein die Verzweigung und Ausbildung, ſondern auch die Tätigkeit der Wurzeln in bezug auf Waſſer- bezw. Nährſtoffaufnahme weſentlich zu. Erhöhte Bodenwärme wirkt auch auf die Saftbewegung innerhalb der Pflanze, indem ſie die Blatttätigkeit und namentlich die Verdunſtung des Waſſers durch die Blätter beſchleunigt. Die Bodentemperatur ſpielt zumal eine wichtige Rolle bei dem Keimen der Samen und dem Erwachen der Vegetation im Frühjahr. Je nach der Pflanzenart ſind die Anſprüche an die Bodentemperatur verſchieden; unter konkreten Verhältniſſen iſt daher auch letztere für das Produktionsvermögen der Gewächſe von maßgebendem Einfluß. Das Gedeihen der Pflanzen iſt ferner ſo lange nicht geſichert, als ihnen die erforderlichen Waſſermengen nicht zu Gebote ſtehen. Mit ſteigendem Waſſergehalt des Bodens nimmt die Produktion an organiſcher Subſtanz in einem bedeutenden Grade bis zu einer gewiſſen mittleren, für die verſchiedenen Pflanzenarten und Kulturen verſchiedenen Grenze zu, über welche hinaus bei weiterer Erhöhung des Waſſervorrates im Boden der Ertrag eine ſtetige Verminderung erleidet, bis ſchließlich bei vollſtändigem Erfülltſein des Bodens das Wachstum der Landpflanzen faſt vollſtändig beeinträchtigt wird. (H. Hellriegel [44], S. 305, 334, 545, 598; E. Wollny [3], Bd. 10, S. 154; Bd. 12, S. 423.) — Außer den vorbezeichneten direkten Wirkungen kommt aber der phyſikaliſchen Beſchaffenheit des Erdreiches noch eine wichtige indirekte auf das Pflanzenleben zu, und zwar durch Beeinfluſſung der chemiſchen Prozeſſe, welche die Bildung aſſimilierbarer Nährſtoffe zur Folge haben. Der Verlauf der Verwitterung ungelöſter Mineralſtoffe, vorzüglich aber derjenige der Zerſetzung der im Boden vorhandenen oder demſelben zugeführten organiſchen Subſtanzen iſt weſentlich von der Bodenwärme und -feuchtigkeit ſowie vom Zutritt der Luft beherrſcht und vollzieht ſich je nach dieſen äußeren Bedingungen in ſehr verſchiedener Weiſe. Von Details abgeſehen, laſſen die Prozeſſe bei der Zerſetzung der organiſchen Stoffe nach zwei Richtungen Unterſchiede erkennen, die vornehmlich durch die Gegenwart oder Abweſenheit des Sauerſtoffs bedingt und dadurch charakteriſiert ſind, daß in dem einen Fall Oxydations-, in dem andern Fall Reduktionsprozeſſe in die Erſcheinung treten. Man unterſcheidet danach einerſeits Verweſung (Eremakausis), anderſeits Fäulnis (Putrefactio). Im erſten Fall verflüchtigt ſich die organiſche Subſtanz unter Bildung von Kohlenſäure, Waſſer und Ammoniak unter Zurücklaſſung der Aſchenbeſtandteile in meiſt löslicher Form, im letzteren Fall iſt die Verflüchtigung der organiſchen Stoffe eine minimale; dieſelben bilden eine ſchwer zerſetzbare torfähnliche Maſſe, welche die ſtickſtoffhaltigen und mineraliſchen Beſtandteile in einer den Pflanzen meiſt unzugänglichen Form einſchließt. Beide Prozeſſe ſind an die Tätigkeit von Mikroorganismen gebunden. In dem der Luft zugänglichen Boden findet Verweſung, in dem impermeablen Boden Fäulnis ſtatt. — Die Intenſität der Verweſung nimmt mit der Temperatur und dem Waſſergehalt des Bodens zu bis zu einer gewiſſen Grenze, über die hinaus bei weiterer Steigerung der bezeichneten Faktoren eine Abnahme und ſchließlich ein Stillſtand in der ganzen Erſcheinung eintritt oder der Zerſetzungsprozeß den Charakter der Fäulnis annimmt, ſobald das Waſſer im Uebermaß vorhanden und dadurch der Luftzutritt zu dem Boden aufgehoben iſt. Aus dieſer kurzen Andeutung ergibt ſich zur Genüge die große Bedeutung der phyſikaliſchen Eigenſchaften des Bodens für die in demſelben vor ſich gehenden chemiſchen Prozeſſe bezw. für den Nährſtoffvorrat im Bereich der Wurzelregion der Pflanzen. (E. Wollny [102].) — Die geſchilderten direkten und indirekten Wirkungen des Bodens auf die Pflanzenwelt ſind nach einem einfachen Geſetz geregelt, das ſich dahin präziſieren läßt, daß ſowohl das Wachstum der im Boden wurzelnden höheren Gewächſe als auch die Tätigkeit der in demſelben enthaltenen, bei den Zerſetzungsprozeſſen der organiſchen Subſtanzen beteiligten Mikroorganismen in quantitativer wie in qualitativer Hinſicht von dem im Minimum bezw. im Maximum auftretenden Faktor beherrſcht wird. Nach demſelben Geſetz iſt aber auch das Verhältnis der durch die phyſikaliſche Beſchaffenheit des Bodens bedingten bezw. abgeänderten zu den übrigen unerläßlichen Vegetationsfaktoren (Nährſtoffe, klimatiſche Elemente u. ſ. w.) bemeſſen, ſo daß das Geſetz des Minimums bezw. des Maximums jedes der für die Pflanze unbedingt notwendigen Vegetationsfaktoren ſich auf die Erfüllung der einzelnen Bedingungen des Wachstums in phyſikaliſcher Hinſicht erſtreckt. (E. Wollny [103].)

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Literatur: [1] Schübler, G., Grundſätze der Agrikulturchemie, Leipzig 1838. — [2] Schumacher, W., Die Phyſik des Bodens, Berlin 1864. — [3] Forſchungen auf dem Gebiete der Agrikulturphyſik, herausgeg. von E. Wollny, Heidelberg, ſeit 1878, jährlich 1 Band (5 Hefte). — [4] Ramann, E., Forſtliche Bodenkunde und Standortslehre, Berlin 1893. — [5] Whitney, M., U.S.A. Dep. of Agric. Weather Bureau, Bull. 4, Waſhington 1892. — [6] Bemmelen, J. M. van, Recueil des travaux chimiques des Pays-Bas, Bd. 7, Nr. 2. — [7] Wahnſchaffe, F., Anleitung zur wiſſenſchaftlichen Bodenunterſuchung, Berlin 1903. — [8] Grandeau, L., Journal de l'agriculture pratique 1872, Nr. 14—17; Comptes rendus, Bd. 74, S. 988. — [9] Steinriede, F., Anleitung zur mineralogiſchen Bodenanalyſe, Leipzig 1889. — [10] Flügge, C., Beiträge zur Hygiene, Leipzig 1879. — [11] Wolff, E., Anleitung zur chemiſchen Unterſuchung landwirtſchaftlich wichtiger Stoffe, Berlin 1875. — [12] Renk, F., Zeitſchrift für Biologie, Bd. 15. — [13] Veitmeyer, Vorarbeiten zur Waſſerverſorgung der Stadt Berlin, Berlin 1871 ff. — [14] Schloeſing, Th., Comptes rendus, Bd. 74, S. 1408. — [15] Darwin, C., Bildung der Ackererde durch die Tätigkeit der Würmer, Stuttgart 1882. — [16] Henſen, V., Landwirtſchaftliche Jahrbücher, 1882, S. 661. — [17] Müller, P. E., Die natürlichen Humusformen, Berlin 1887. — [18] Ebermayer, E., Allgem. Forſt- und Jagdzeitung 1891, S. 171. — [19] Haberlandt, F., Fühlings landwirtſchaftl. Zeitung 1877, S. 481. — [20] Haberlandt, F., Wiſſenſchaftl.-prakt. Unterſuchungen auf dem Gebiete des Pflanzenbaues, Wien 1875. — [21] Derſ., Der allgemeine landwirtſchaftliche Pflanzenbau, Wien 1879. — [22] Trommer, C., Die Bodenkunde, Berlin 1857. — [23] Liebenberg, A. v., Ueber das Verhalten des Waſſers im Boden, In.-Diſſert., Halle 1873. — [24] Meiſter, Programm des Jahresberichts 1857/58 der Landwirtſchaftl. Zentralſchule zu Weihenſtephan. — [25] Liburnau, J.R. Lorenz v., Die geologiſchen Verhältniſſe von Grund und Boden, Wien 1883. — [26] Nowacki, A., Prakt. Bodenkunde, Berlin 1892. — [27] Dafert, F. W., Kleines Lehrbuch der Bodenkunde, Bonn 1885. — [28] Schleh, A., Ueber die Bedeutung des Waſſers in den Pflanzen und Regulierung desſelben in unſern Kulturböden, In.-Diſſert., Leipzig 1876. — [29] Klenze, H. v., Landwirtſchaftl. Jahrbücher 1877. — [30] Edler, W., Die kapillare Leitung des Waſſers in den durch den Schöneſchen Schlämmapparat abgeſchiedenen hydrauliſchen Werken, In.-Diſſert., Göttingen 1882. — [31] Mayer, A., Landwirtſchaftl. Jahrbücher 1874. — [32] Derſ., Fühlings landwirtſchaftl. Zeitung 1875. — [33] Flügge, C., Zeitſchrift für Biologie, Bd. 13. — [34] Schwarz, A. R. v., Erſter Bericht über Arbeiten der k. k. Landwirtſchaftl. chemiſchen Verſuchsſtation in Wien, 1878. — [35] Seelheim, F., Archives Néerlandaises des sciences exactes et naturelles, Bd. 14. — [36] Welitſchowsky, D. v., Archiv für Hygiene, Bd. 2. — [37] Schulze, Fr. E., Beobachtungen über Verdunſtung, Roſtock 1860. — [38] Schumacher, W., Der Ackerbau, Berlin 1864. — [39] Neßler, J., Landwirtſchaftl. Korreſpondenzblatt für das Großh. Baden 1860. — [40] Wagner, P., Bericht über Arbeiten der Verſuchsſtation Darmſtadt 1874. — [41] Johnſon, S. W., Rep. of the Conn. agr. Exper. Station for 1877. — [42] Maſure, F., Annales agronomiques, Bd. 8. — [43] Heinrich, R., Grundlagen der Beurteilung der Ackerkrume, Wismar 1882. — [44] Hellriegel, H., Beiträge zu den naturwiſſenſchaftl. Grundlagen des Ackerbaues, Braunſchweig 1883. — [45] Wilhelm, G., Der Boden und das Waſſer, Wien 1861. — [46] Wochenblatt für Forſt- und Landwirtſchaft in Württemberg 1866. — [47] Land- und Forſtwirtſchafts-Zeitung 1867. — [48] Fühlings landwirtſchaftl. Zeitung 1876. — [49] Allgem. Land- und Forſtwirtſchafts-Zeitung 1867. — [50] Chemiſcher Ackersmann 1870. — [51] Fühlings landwirtſchaftl. Zeitung 1872. — [52] Vogel, A., Abhandlungen der K. bayriſchen Akademie der Wiſſenſchaften, 2. Kl., Bd. 10, 2. Abt., 1867. — [53] Woldrich, J. N., Zeitſchrift der Oeſterr. Geſellſchaft für Meteorologie, Bd. 6, Nr. 8. — [54] Ebermayer, E., Die phyſikaliſchen Einwirkungen des Waldes auf Luft und Boden, Aſchaffenburg 1873. — [55] Wollny, E., Der Einfluß der Pflanzendecke und Beſchattung auf die phyſikaliſchen Eigenſchaften und die Fruchtbarkeit des Bodens, Berlin 1877. — [56] Liburnau, J.R. Lorenz v., Wald, Klima und Waſſer, München 1878. — [57] Ramann, E., Die Waldſtreu, Berlin 1890. — [58] Höhnel, F. v., Mitteilungen aus dem forſtlichen Verſuchsweſen Oeſterreichs, Wien 1879. — [59] Havenſtein, G., Landwirtſchaftl. Jahrbücher, Bd. 7. — [60] Dalton, J., Mem. Lit. Phil. Soc. of Manchester, Bd. 5, Part 2. — [61] Dickenſon, J., Journal of the Royal agric. Soc., Bd. 5. — [62] Maurice, Bibl. univ. de Genève, Sciences et Arts, Bd. 1. — [63] Gasparin, Cours de l'agriculture, Bd. 2. — [64] Möllendorf, G. v., Die Regenverhältniſſe Deutſchlands, Görlitz 1862. — [65] Risler, E., Archiv de science de la Bibl. univ., 1869. — [66] Pfaff, F., Sitzungsberichte der K. bayriſchen Akademie der Wiſſenſchaften. — [67] Gilbert, J. H., Proceedings of the Institut. of civil engineers, Bd. 45, Part 3; Bd. 105, Part 3. — [68] Hofmann, Archiv für Hygiene, Bd. 1. — [69] Soyka, J., Der Boden, Handbuch der Hygiene von v. Pettenkofer und v. Ziemſſen, Leipzig 1887. — [70] Soyka, J., Die Schwankungen des Grundwaſſers, Geograph. Abhandlung von Penck, 1888, Bd. 2, Heft 3. — [71] Renk, F., Zeitſchrift für Biologie, Bd. 15. — [72] Fleck, H., Zeitſchrift für Biologie, Bd. 16. — [73] Heinrich, R., Landwirtſchaftl. Verſuchsſtationen, Bd. 18. — [74] Liebenberg, A. v., Landwirtſchaftl. Zentralblatt für Deutſchland 1876. — [75] Bouſſingault und Lévy, Annales de chimie et de physique, Bd. 3, Ser. 37, 1853. — [76] Fodor, J. v., Hygieniſche Unterſuchungen über Luft, Boden und Waſſer, Bd. 2, Braunſchweig 1882. — [77] Derſ., Vierteljahrsſchrift für öffentliche Geſundheitspflege, Bd. 7. — [78] Pettenkofer, M. v., Zeitſchrift für Biologie, Bd. 7, 9, 12. — [79] Wolffhügel, G., ebend., Bd. 15. — [80] Smolenski, P., ebend., Bd. 13, S. 383. — [81] Fleck, H., Jahresbericht der chemiſchen Zentralſtelle für öffentliche Geſundheitspflege in Dresden, Bd. 2, S. 15; Bd. 3, S. 3. — [82] Lewes und Cunningham, Ann. Rep. of the sanitary Commission with the government of India, 1874. — [83] Nichols, R., Ann. Rep. of the Massach. State Board of Health, 1873; Rep. of sewerage Commission, Boſton 1876. — [84] Möller, J., Mitteilungen aus dem forſtlichen Verſuchsweſen Oeſterreichs, Wien, Bd. 1, S. 121. — [85] Wollny, E., Vierteljahrsſchrift für öffentliche Geſundheitspflege, 1883. — [86] Derſ., Landwirtſchaftl. Verſuchsſtationen, Bd. 25 und 36. — [87] Derſ., Journal für Landwirtſchaft 1886, S. 213. — [88] Liebenberg, A. v., Unterſuchungen über die Bodenwärme, Halle 1875. — [89] Pfaundler, L., Poggendorffs Annalen,

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Bd. 129, S. 102. — [90] Platter, H., Annalen der Landwirtſchaft in Preußen, Monatsblatt 1870, Nr. 52, S. 52. — [91] Littrow, A. v., Sitzungsberichte der k. k. Akademie der Wiſſenſchaften, Wien 1875, Bd. 71, 2. Abt. — [92] Pott, E., Landwirtſchaftl. Verſuchsſtationen, Bd. 20. — [93] Kerner v. Marilaun, F., Zeitſchrift der Oeſterr. Geſellſchaft für Meteorologie, Bd. 6, S. 66; Sitzungsberichte der k. k. Akademie der Wiſſenſchaften, Bd. 100, Abt. 2a, Wien 1891. — [94] Müttrich, A., Beobachtungen der Erdtemperatur an den forſtlichen meteorologiſchen Stationen, Berlin 1880. — [95] Nördlinger, Th., Der Einfluß des Waldes auf die Luft- und Bodenwärme, Berlin 1885. — [96] Becquerel, E. und H., Comptes rendus, Bd. 92, S. 1253. — [97] Woeikof, A., Der Einfluß einer Schneedecke auf Boden, Klima und Wetter, Geograph. Abhandlungen von A. Penck, 1889, Bd. 3, Heft 3. — [98] Cornelius, C. S., Meteorologie, Halle 1863, S. 96. — [99] Liburnau, J. R. Lorenz v., Lehrbuch der Klimatologie, Wien 1874. — [100] Derſ. und Eckert, F., Mitteilungen aus dem forſtlichen Verſuchsweſen Oeſterreichs, Bd. 12, Heft 1890; Bd. 13, Heft 1892. — [101] Singer, K., Beobachtungen der meteorologiſchen Stationen im Königreich Bayern, Bd. 11. — [102] Wollny, E., Journal für Landwirtſchaft, Bd. 34, S. 213; Vierteljahrsſchrift für öffentliche Geſundheitspflege 1883; Deutſche Landwirtſchaftl. Preſſe 1883, Nr. 47, 84, 85, 87, 89; 1884, Nr. 23, 24, 27—29, 31. — [103] Derſ., Das Grundgeſetz der Pflanzenproduktion, Illuſtr. Monatshefte für die Geſamtintereſſen des Gartenbaues, 1887; Fühlings landwirtſchaftl. Zeitung 1879; Allgem. Brauer- und Hopfenzeitung 1886, Nr. 90, 91; Der Landwirt 1890, Nr. 38. *(† Wollny) Sauer.*

Bodenplanken, ſ. Schiffbau.

Bodenplaſtik (Bodenkonfiguration), der allerorts auf der Erde hervortretende Gegenſatz und Wechſel zwiſchen konkaven und konvexen Oberflächenformen.

Unſer Wiſſen hiervon in ſyſtematiſche Formen zu bringen, hat man mit mehr oder weniger Glück ſchon im 18. Jahrhundert und zu Beginn des 19. verſucht [1], aber erſt viel ſpäter iſt es den Bemühungen hervorragender Geographen, zumal F. v. Richthofens [2] und A. Pencks [3], geglückt, die Begriffe Gebirge, Berg, Tal, Mulde, Wanne, Hochland, Plateau, Tiefland u. ſ. w. ſachgemäß zu definieren; der Berliner Geographenkongreß hat eine eigne Kommiſſion niedergeſetzt, um auch für den Meeresboden eine klare und allen Verhältniſſen angepaßte Nomenklatur zu ſchaffen [4]. Faſt alle neueren Beſtrebungen auf dieſem Gebiete nahmen die morphologiſch-genetiſchen Geſetze der Oberflächenbildung zum Ausgangspunkte, und der auch gemachte Verſuch, eine von der Rückſichtnahme auf Geologie ganz unabhängige „Topographie“ zu begründen, kann nicht als geglückt betrachtet werden. — Es iſt ſogar gelungen, dieſen anſcheinend aller Geſetzlichkeit entbehrenden Beſtandteil der allgemeinen Erdkunde der ſtrengen Kontrolle der Mathematik zu unterwerfen und eine ſelbſtändige Disziplin der Orometrie, die nach Penck [5] natürlich ganz ebenſo auch auf die Hohlformen angewendet werden kann, ins Leben zu rufen. Den Anlaß dazu gab A. v. Humboldts „Stereometriſche Geognoſie“ [6], und ein erſtes ſelbſtändiges Werk darüber ſchrieb v. Sonklar [7]; aber erſt in neueſter Zeit iſt die Orometrie, die auch vor der Inhaltsbeſtimmung der Kontinentalblöcke [8] nicht zurückſcheut, durch L. Neumann, Penck, v. Boehm, Gſaller, Elfert, Ricchieri, Stange und andre, vor allem aber durch Finſterwalder [9] und Peucker [10], welch letzterer ſeiner Schrift auch eine für damals ganz vollſtändige Literaturüberſicht beigegeben hat, derart ausgebildet worden, daß ſie auf die meiſten Fragen, die ſich auf Bodenplaſtik beziehen, eine exakte Antwort zu erteilen befähigt wurde.

Literatur: [1] Börſch, Von den Unebenheiten des feſten Landes, insbeſondere vom Gebirge, Marburg i. H. 1817. — [2] v. Richthofen, Führer für Forſchungsreiſende, Berlin 1886, S. 631 ff. — [3] Penck, Die allgemeinen Formen der Landoberfläche, Verhandlungen des Neunten deutſchen Geographentages zu Wien, Berlin 1891, S. 28 ff. — [4] Verhandlungen des Siebenten internationalen Geographenkongreſſes, London, Berlin, Paris 1899, 1. Teil, S. 164 ff. — [5] Penck, Morphometrie des Bodenſees, 15. Jahresbericht der Geographiſchen Geſellſchaft zu München, 1894, S. 119 ff. — [6] Bruhns, Alexander v. Humboldt, eine wiſſenſchaftliche Biographie, Leipzig 1872, 3. Bd., S. 194 ff. — [7] v. Sonklar, Allgemeine Orographie, die Lehre von den Reliefformen der Erdoberfläche, Wien 1873. — [8] Humboldt, A. v., Verſuch, die mittlere Höhe der Kontinente zu beſtimmen, Annalen der Phyſik und Chemie, 57. Bd., S. 107 ff.; Wagner, H., Areal und mittlere Erhebung der Landflächen ſowie der Erdkruſte, Beiträge zur Geophyſik, 2. Bd., S. 731 ff.; Haack, Orometrie von Südamerika, Halle a. S. 1896. — [9] Finſterwalder, Ueber den mittleren Böſchungswinkel und das wahre Areal einer topographiſchen Fläche, Sitzungsberichte der Akademie zu München, math.-phyſ. Klaſſe, 1890, S. 35 ff. — [10] Peucker, Beiträge zur orometriſchen Methodenlehre, Breslau 1890. *Günther.*

Bodenplatte (Bodenplättchen), aus gebranntem Ton oder Steinzeug erſtellt, in Stärke von 25—40 mm, von vier-, ſechs- oder achteckiger Form. Die beſte Größe iſt von 16—35 cm Durchmeſſer. Auf einer feſten Unterlage von Gußmörtel ſind dieſelben in gutbindendem Zementmörtel zu verlegen. Um dichte Fugen zu erhalten, iſt der Querſchnitt ſchwach keilförmig zu bilden. — S. a. Schiffbau. *Weinbrenner.*

Bodenporen, ſ. Bodenphyſik.

Bodenpunkt, eine zuweilen bei trigonometriſchen Punkten angewendete Bezeichnung für die Feſtlegung (Vermarkung) des Punktes am Erdboden, wenn neben dieſer noch eine andre Bezeichnung über dem Erdboden, z. B. durch einen Signalpfeiler, Pyramidenſpitze u. ſ. w., vorkommt (ſ. Triangulierung). *Reinhertz.*

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Bodenrad, ſ. Uhren.

Bodenſchichten, ſ. Bodenprofil in Bodenphyſik, S. 114.

Bodenſpeicher werden diejenigen Lagerhäuſer genannt, die aus mehreren (in der Regel 5—6, aber auch bis 10) Stockwerken beſtehen und meiſt nur durch wenige ſenkrechte Zwiſchenwände (mindeſtens 38 cm ſtarke und 1—1,5 m über Dach geführte Brandmauern, durch die keinerlei Konſtruktionsteile gelegt werden dürfen) unterteilt ſind. Die Bodenſpeicher dienen zur Lagerung von loſer oder gefackter Frucht (Getreide, Kaffee, Reis u. ſ. w.), ferner von Fäſſern, Ballen, Kiſten u. dergl. Vgl. a. Siloſpeicher und Maſſentransport.

Der beſte Bauplatz für einen Speicher iſt naturgemäß die Stelle, wo die Verkehrsmittel (Schiffe, Eiſenbahnwagen und Landfuhrwerk) ſich ſo weit als möglich nähern, damit auch der häufig ſogar durch den Speicher vermittelte Umſchlagverkehr die kürzeſten Wege nehmen kann. — Die Grundrißform der Bodenſpeicher iſt meiſt rechtwinklig (lange Front); die Tiefe ſchwankt zwiſchen etwa 12 und 32 m (eine noch vorteilhafte Lagerung der Waren gibt die untere, die genügende Tagesbeleuchtung und Lüftung die obere Grenze). Die Hauptabmeſſungen (Gebäudetiefe, Geſchoßhöhen) einiger Bodenſpeicher gibt Tabelle I [1]; im übrigen vgl. [2].

Tabelle I.

Geſchoßhöhe	Frankfurt a. M.	Worms	Mannheim	Ludwigshafen	Hamburg Block G. u. D.	Hamburg Kaiſerkai	Militärſpeicher Berlin		
							Moabit	Tempelhof	Köpenickerſtraße
	m	m	m	m	m	m	m	m	m
Keller . . .	3,30	2,75	—	—	3,02	3,00	2,80	—	—
Erdgeſchoß	4,64	4,20	4,20	4,50	4,00	4,00	3,20	3,30	3,45
1. Stock . .	3,28	3,10	3,10	3,20	3,20	3,00	2,80	2,90	2,93
2. „ . .	3,28	3,10	3,10	3,20	2,95	3,00	2,80	2,90	2,93
3. „ . .	3,28	3,10	3,10	3,20	2,95	3,00	2,80	2,90	2,93
4. „ . .	—	3,10	3,10	—	2,95	3,00	2,80	2,90	2,93
5. „ . .	—	3,10	—	—	—	—	2,80	—	—
Dachſtock .	5,59 bezw.3,20	2,55	4,20	5,00	5,00	—	4,00	4,00	4,50
Lichte Tiefe	25,2	23,7 bis 24,4	24,60	22,75	27,9 bezw.16,0	17,0	27,00	22,50	30,71

Als Grenzwerte finden ſich die lichten Höhen für Keller 2,3—3,5 m, Erdgeſchoß 3,0—4,8 m, obere Stockwerke 2,7—4,0 m, Dachgeſchoß 2,5—5,5 m. Die Entfernung der zweckmäßig ſenkrecht zu den einfallenden Lichtſtrahlen anzuordnenden Unterzüge beträgt in der Regel 4—5 m, die der Balken 3—4 m. Die Nutzlaſtbelaſtung auf 1 qm wird meiſt angenommen bei leichten Speichern 1000 kg, bei ſchweren Speichern für das Erdgeſchoß 1800—2000 kg, für die Böden 1250—1800 kg und für den Dachboden 500—1000 kg. Ueber die Gründung von Bodenſpeichern vgl. [3] (Rammtafeln und Formeln) und unten (erſtes Beiſpiel). Die Mauern werden durch Wandſäulen und Unterzüge entlaſtet und mit der demnach unabhängig aufzuſtellenden Tragkonſtruktion nur leicht verankert; die zweckmäßig mit 6 cm Luftſchichten auszuſtattenden Umfaſſungswände erhalten im Keller meiſt eine Stärke von 63—75 cm, für das Erdgeſchoß und die erſten zwei Böden 50—63 cm, für die oberen Stockwerke 50 cm (alles einſchließlich Luftſchicht); Wände unter 1½ Stein (38 cm) ſind für Bodenſpeicher nicht empfehlenswert. Als Material für die Tragkonſtruktion, deſſen Wahl insbeſondere abhängig iſt von den örtlichen Baupolizeibeſtimmungen, kommen in Betracht: Holz, Guß- und Schmiedeeiſen, Mörteldecken, Monierkappen oder andre maſſive Decken (Hennebique) u. ſ. w.

Die meiſt zur Lagerung von Butter, Oel, Spiritus u. dergl. verwendeten Keller ſind mit ihrer Sohle über das bekannte höchſte Grundwaſſer zu legen oder mit waſſerdichten Fußböden und Wänden auszuſtatten. Wegen der Feuersgefahr werden die Stützen meiſt aus Eiſen oder Stein hergeſtellt und die Decken gewölbt oder aus Betonguß gefertigt. Das Erdgeſchoß wird gern in Höhe der Ladebühnen (1,12 m über Schienenoberkante) angeordnet. Vorteilhaft iſt es, allen Decken von der Mitte nach den Luken ein Gefälle von etwa 1 : 200 zu geben und in die Wände Tonröhren einzumauern zum Abfluß etwaigen Löſchwaſſers. Empfohlen wird eine Entfernung der 1,8—2,9 m hohen und 1,7—2,3 m breiten, nach innen ſchlagenden Luken von etwa 10 m; die Fenſter pflegt man 20 : 25 cm zu wählen (zwei Scheiben zum Oeffnen, häufig Drahtgitter zum Schutze gegen Vögel). Die maſſiven, vom Keller bis zum Dachboden führenden und nur dem Perſonenverkehr dienenden Treppenhäuſer haben meiſt Umfaſſungswände wie die Brandmauern (ſ. oben), Stufen 20 cm hoch, 24 cm tief und mindeſtens 90 cm breit. In der Regel werden hier auch die Aborte, Leitungsröhren und Kabel untergebracht; Türen ſelbſtſchließend, eiſenbeſchlagen, mit Gucklöchern und Vorlegeſchlöſſern. Für den Warentransport dienen Hebezeuge (Aufzüge ſ. d.). Ueber Schutzmaßregeln gegen Feuersgefahr ſ. [3], ferner Vorrichtungen für Feuerlöſchzwecke vgl. [1] und [4].

In den für die Lagerung und Erhaltung von loſe geſchüttetem Getreide beſtimmten Bodenſpeichern, den ſogenannten Schüttbodenſpeichern, die namentlich in Europa heutzutage ſehr oft mit Siloſpeichern (ſ. d.) vereinigt werden, wird das Korn in einer Schicht von 1,2—2,5 m Höhe auf dem Fußboden ausgebreitet (für friſch geerntete Frucht die beſte Lagerung); die bei dieſer Aufbewahrungsart zur Erhaltung der Frucht nötige Lüftung wird durch zahlreiche Fenſter und Luken bewirkt. Das Korn wird in — Gänge von 0,8—1,5 m Breite (Feuerpolizei)

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

zwiſchen ſich freilaſſende — Beete oder Felder abgeteilt, die um ſo flacher ſein und um ſo häufiger umgeſchaufelt werden müſſen, je feuchter das Getreide iſt. Schneller und billiger als von Hand geſchieht das Umlagern (Umſtechen) durch nahezu ſelbſttätig arbeitende Rieſeleinrichtungen [5]. Die für größere, maſchinell betriebene Bodenſpeicher überaus zweckmäßige Anordnung beſteht nach Fig. 1 in einer der Balkenteilung entſprechenden reihenweiſen Durchlochung des Fußbodens und aus entſprechend gelochten, durch Handhebel verſtellbaren Flacheiſenſchiebern unter dem Fußboden (Durchmeſſer der Rieſellöcher für Weizen und Roggen 3—4 cm, für den ſperrigeren Hafer 6 cm, Abſtand etwa 0,6 m). Sobald die Schieber geöffnet werden, fließt das Getreide durch die Rieſelöffnungen ab und fällt auf unterhalb der Schieber angebrachte, durchgehende Abweiſewinkel (Spritzdächer), die den Getreideſtrom fein verteilen und in innige Berührung mit Luft bringen. Gleichzeitig mit der Umlagerung und Lüftung findet eine Reinigung des Getreides von leichteren Beimengungen ſtatt. Der Rückſtand auf dem oberen Lagerboden (etwa $^1/_{10}$ der Getreidemaſſe) wird den Rieſellöchern von Hand zugeführt. Das Abrieſeln einer Getreideſcheibe von 1,2 m Schütthöhe erfordert nach den Beobachtungen in den neuen Speichern der Heeresverwaltung in Berlin (das Faſſungsvermögen eines Bodens beträgt dort rund 250—300 t) etwa 10 Minuten, während bei Handarbeit nur rund 2,5 t in 1 Stunde umgeſtochen werden können. In bezug auf Raumausnutzung (ſ. unten) hat jedoch der Bodenſpeicher mit Rieſelung gegen den gewöhnlichen Bodenſpeicher den Nachteil, daß ſtets ein Lagerboden frei ſein muß. Beſonders gut eignet ſich das Syſtem für Speicher mit möglichſt einheitlicher Fruchtart (Mühlen, Mälzereien, Futterſpeicher; Inhalt der Mühlenſpeicher bei großen Mühlen gleich dem 25—30fachen Betrag der Tagesvermahlung). Die Koſten der Rieſeleinrichtung betragen für 1 qm Bodenfläche etwa 2,75—3 ℳ.

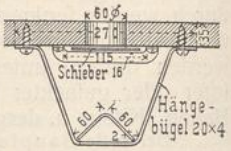


Fig. 1. Rieſeleinrichtung.

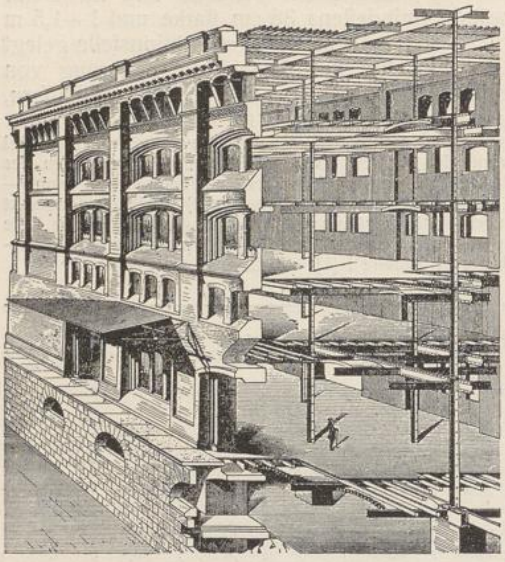


Fig. 2. Packhofsanlage in Berlin (Schnitt durch das Niederlagegebäude).

Auf die Böden gelangt das Getreide mittels Elevatoren (ſ. d.), Gurtförderern (ſ. d.) bezw. Schnecken (ſ. d.); entnommen wird es mit Hilfe von Drehſchiebern durch Fallrohre, als welche häufig die hohlen eiſernen Stützſäulen dienen [6]. Meiſt wird das Korn vor der Einlagerung einer Vorreinigung unterworfen, durch die Staub und Unkraut entfernt werden (ſ. unten, zweites Beiſpiel).

Die Vorteile der (älteren) Bodenſpeicher gegenüber den (jüngeren) Zellenſpeichern (Silos) liegen darin, daß außer dem je nach der trockeneren oder feuchteren Beſchaffenheit in mehr oder minder hoher Schicht aufzubewahrenden Körnergut auch Stückgut gelagert werden kann, daß Proben leicht zu entnehmen ſind und dauernd Zugluft möglich iſt. Demgegenüber ſteht als weſentlicher Nachteil, daß die Raumausnutzung verhältnismäßig klein iſt. Praktiſch wird das durch die Beiſpiele in Tabelle II bewieſen; ein theoretiſches Beiſpiel liefert faſt dasſelbe Durchſchnittsergebnis: ein Bodenſpeicher von 30 : 20 m Grundfläche und 6 Stockwerken von

Tabelle II.

	Belaſtungsgrundfläche qm	Geſamtfaſſungsgewicht t	Faſſungsgewicht für 1 qm Belaſtungsgrundfläche kg
6geſchoſſige Bodenſpeicher der Magazinanlage Tempelhof	2 400	5 000	~ 2 080
7geſchoſſige Bodenſpeicher der Magazinanlage Moabit	1 680	3 500	2 080
Silos in Münſter	500	4 000	8 000
Silos in Mannheim	990	10 000	10 100
Silos in Ludwigshafen	1 000	5 000	5 000
Silos in Bernburg	96	945	9 840

je 3 m Höhe hat einen Rauminhalt von $R = 10\,800$ cbm. Beträgt die Schütthöhe des Getreides 1,2 m, ſo iſt die lagernde Fruchtmenge nach Abzug von rund 25 % für Gänge u. ſ. w.:

$M = 0{,}75 \cdot (30 \cdot 20 \cdot 1{,}2 \cdot 6) = 3240$ cbm, d. h. $M : R = 0{,}3$. Ueber weitere Vorteile der Siloſpeicher ſ. d. Im allgemeinen wird man ſagen können: Wo Grunderwerbs- und Baukoſten groß ſind, werden ſich Silos empfehlen, wenn das Korn Zellenlagerung verträgt; ſonſt iſt die Wahl zwiſchen Silo, Bodenſpeicher und vereinigtem Syſtem von den jeweiligen gegebenen Verkehrs-, Betriebs- und ſonſtigen beſonderen Verhältniſſen abhängig.

Fig. 2 zeigt als Beiſpiel eines Bodenſpeichers für Waren aller Art einen Schnitt durch das Niederlagegebäude des „Packhofes“ in Berlin [5]. Die Koſten des in Backſteinrohbau mit Vollklinkerverblendung hergeſtellten Gebäudes haben ſich — ausſchließlich der 107900 ℳ erfordernden künſtlichen Gründung — auf 1068380 ℳ belaufen. Bei einem Inhalt der bebauten Grundfläche von 4595 qm kommt auf das Quadratmeter der Einheitsbetrag von 232,50 ℳ (ohne Gründung). Der Rauminhalt des Bodenſpeichers beträgt 95116,50 cbm, der Einheitspreis für den Kubikmeter alſo 11,20 ℳ. Die nutzbare Lagerfläche mißt 17300 qm, demnach berechnet ſich der Einheitsbetrag der Geſamtkoſten für das Quadratmeter auf 68 ℳ.

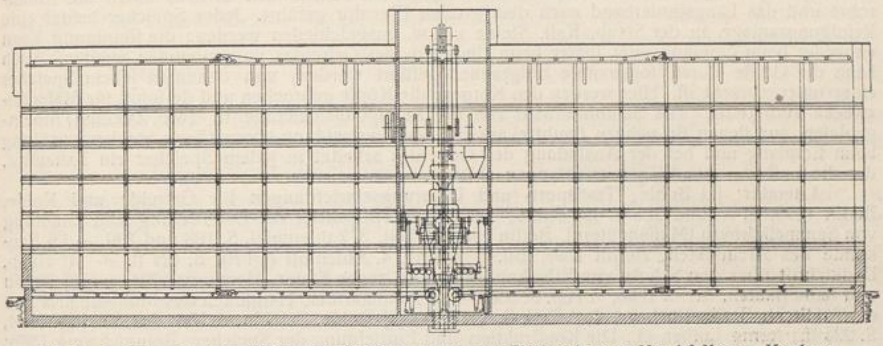


Fig. 3. Speicheranlage im Hafen von Dérindjé, gebaut vom Eiſenwerk vorm. Nagel & Kaemp, Hamburg.

Als Beiſpiel eines neueren, maſchinell betriebenen Bodenſpeichers für Getreide ſei die im Hafen von Dérindjé an der Anatoliſchen Bahn (Kleinaſien) [7] erbaute Speicheranlage (Fig. 3—5) kurz beſchrieben. Dieſe enthält mechaniſche Einrichtungen für die Entnahme des Getreides von der Bahn, für die Reinigung, Verwiegung und Einlegung ſowie für die unmittelbare Verladung in den Dampfer. Von den beiden Speichern iſt der eine auf das feſte Land, der andre zum Teil

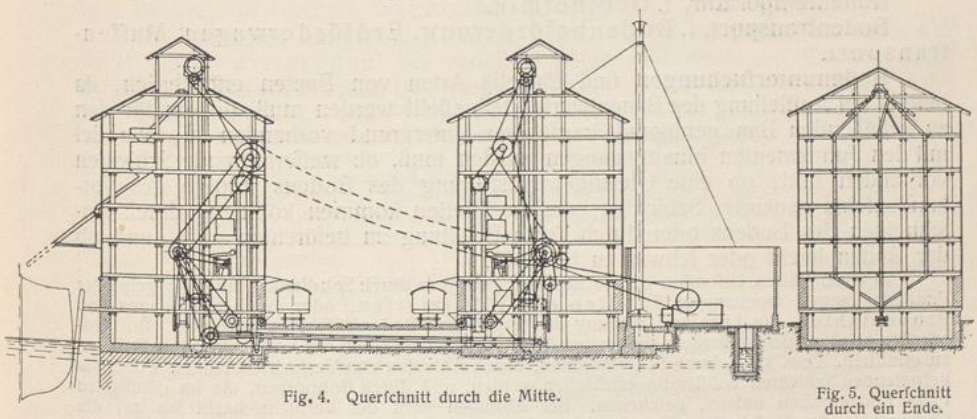


Fig. 4. Querſchnitt durch die Mitte.

Fig. 5. Querſchnitt durch ein Ende.

ins tiefe Waſſer gebaut; ſie liegen unmittelbar hintereinander und laſſen zwiſchen ſich Raum für vier Betriebsgleiſe. Hinter den Speichern befindet ſich das Maſchinenhaus mit zwei Dampfmaſchinen von je 40 PS., welche die mechaniſche Einrichtung der beiden Speicher antreiben; eine dritte, kleinere Maſchine (in der Zeichnung nicht mit dargeſtellt) dient zur Beleuchtung der Speicherräume. Der Landſpeicher iſt auf einem Pfahlroſt gegründet. Das Fundament des Waſſerſpeichers wurde auf der waſſerſeitig gelegenen Hälfte mit Hilfe von hölzernen Senkkaſten hergeſtellt, die ſchwimmend herangebracht und an Ort und Stelle verſenkt wurden. Dieſes Senkkaſtenfundament reicht bis zu 8,5 m, und die Waſſertiefe vor der Speicheranlage beträgt im Striche des anlegenden Schiffes etwa 8 m. Die 75,9 m langen und 15 m breiten Speichergebäude beſtehen aus Holz und haben einen Mantel aus verzinktem Wellblech. Ueber dem Kellergeſchoß erheben ſich ſechs Schüttböden, von denen die fünf unteren je 3,10 m, der oberſte 2,5 m hoch iſt. Jeder Boden hat eine Schüttfläche von etwa 850 qm; in beiden Speichern ſind alſo 10200 qm Schüttfläche vorhanden. Die Beſchüttung der Böden iſt durchſchnittlich zu 1,6 m Höhe = 1,2 t/qm angenommen, ſo daß ſich eine Aufnahmefähigkeit von 12240 t für beide Speicher ergibt.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Jeder Speicher iſt mit einer Empfangsvorrichtung für 50 t/Stunden und einer Ausladevorrichtung für 100 t/Stunden ausgerüſtet. Falls nichts aufgenommen wird, können aus jedem Speicher 100 t/Stunden, zuſammen alſo 200 t/Stunden, in den Dampfer verladen werden. Die Empfangsvorrichtung beſteht je in einer 20 m langen Längsſchnecke, mit der das Getreide, das aus den Wagen unmittelbar in die Schnecke hineinläuft, nach einem Elevator befördert wird; dieſer bringt es zunächſt nach einer ſelbſttätigen Wage (ſ. Wagen), auf der es in ungereinigtem Zuſtande gewogen wird. Von da geht es zur Reinigungsmaſchine, dann zu einer zweiten Wage, wird darauf von dem zweiten Elevator auf ein Förderband gehoben und von dieſem ſchließlich durch Abfallrohre nach den einzelnen Böden befördert. Bei der Ausgabe gelangt das Getreide durch die Abfallrohre und das Längsförderband — wenn es aus dem Landſpeicher kommt, weiter über ein Querband im Verbindungstunnel — zu dem großen Elevator im Waſſerſpeicher und wird durch dieſen über eine ſelbſttätige Wage nach den dreh- und ausziehbaren Ausladeröhren befördert, die es unmittelbar in das Schiff auslaufen laſſen. Die Einrichtungen geſtatten auch, das Getreide umzulagern. Zu dem Zweck wird es durch die Abfallrohre und das Längsförderband nach dem großen Elevator geführt. Jeder Speicher beſitzt eine Reinigungsanlage, in der Staub, Kaff, Steine u. ſ. w. ausgeſchieden werden; die Reinigung kann entweder beim Empfang oder ſpäter beim Umlagern des Getreides vorgenommen werden. Auch kann die Gerſte durch ſogenannte Entgranner geführt werden, von denen in jedem Speicher einer untergebracht iſt. Hier werden den Körnern die Köpfe gebrochen und ſie ſomit für Mälzereizwecke vorbereitet. Die Staubluft wird von der Reinigungsmaſchine in zwei Zyklone hineingeblaſen, aus denen ſie nahezu ſtaubfrei austritt. Zur Vermeidung übermäßiger Staubentwicklung beim Empfang und bei der Ausladung des Getreides arbeitet in jedem Speicher ein Exhauſtor, der die Luft aus den Wägevorrichtungen abſaugt.

Literatur: [1] Buhle, Transport- und Lagerungseinrichtungen für Getreide und Kohle, Berlin 1899, S. 15 und 25. — [2] Buhle, Techniſche Hilfsmittel zur Beförderung und Lagerung von Sammelkörpern (Maſſengütern), Berlin 1904, 2. Teil, 3. Zahlentafel, S. 198 und 199. — [3] Baukunde des Architekten, Berlin 1897, Bd. 2, 1. Teil, 4. Abſchnitt (Ohrt), S. 427 ff. — [4] Hagn, Denkſchrift über den Schutz von Eiſenkonſtruktionen gegen Feuer, Hamburg 1904. — [5] Berlin und ſeine Bauten, Berlin 1896, 1. Teil, S. 500. — [6] Baumgartner, Handbuch des Mühlenbaues und der Müllerei, Berlin 1902, Bd. 1, 2. Teil, S. 824 ff. — [7] Buhle, Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ing. 1904, S. 225 ff.; ferner Luther, G., Die Konſtruktion und Einrichtung der Speicher, Braunſchweig 1886; Burmeſter, Die großen Speicherbauten Hamburgs und Altonas, Hamburg 1891; Hamburg und ſeine Bauten, Hamburg 1890; Klaſen, Grundrißvorbilder, Liefg. 74 und 75, Leipzig 1893; Die Hafen- und Uferbauten zu Worms, Worms 1893; Der neue Rheinhafen zu Düſſeldorf, Düſſeldorf 1896; Neue Werft- und Hafenanlagen zu Köln, Köln 1898; Die Hafenanlagen zu Breslau, Breslau 1901; Das ſtädtiſche Tiefbauweſen in Frankfurt a. M., Frankfurt a. M. 1903. *M. Buhle.*

Bodenſtein, ſ. Mahlgang.

Bodentemperatur, ſ. Geothermik.

Bodentransport, ſ. Bodenbeförderung, Erdförderwagen, Maſſentransport.

Bodenunterſuchungen ſind für alle Arten von Bauten erforderlich, da bereits bei Aufſtellung des Bauentwurfes feſtgeſtellt werden muß, ob ein für den zu erſtellenden Bau genügend tragfähiger Untergrund vorhanden iſt, wie tief mit den Fundamenten hinabgegangen werden muß, ob waſſerführende Schichten vorhanden ſind, ob eine Gleichgewichtsſtörung des Bodens infolge des Vorhandenſeins geneigter Schichten, die ins Gleiten kommen könnten, durch Anſchneiden des Bodens oder durch ſeine Belaſtung zu befürchten wäre, und ob der Boden leicht oder ſchwer zu löſen iſt.

In vielen Fällen, beſonders bei Hochbauten, genügt es durch Sondierung mittels zugeſpitzter Rundeiſenſtangen, ſogenannten Sondier- oder Viſitiereiſen, oder durch Einſchlagen von Probepfählen, die Lage und Stellung der tragfähigen Bodenſchicht zu erkennen. Bei Erdarbeiten wird es ſich außerdem darum handeln, die Beſchaffenheit der vorkommenden Erdarten zu ermitteln. Dies kann durch Schürfarbeiten, durch Abteufen von Verſuchsſchächten, wobei die betreffenden Schichten vollſtändig erſchloſſen werden, und durch Bohrungen, die im günſtigſten Falle Bodenproben liefern, geſchehen. Bei Abträgen wird der Verſuchsſchacht bis auf die Grabenſohle des Einſchnittprofils oder bis auf vorkommenden Fels abzuteufen ſein. Läßt ſich aus der Geſtaltung der Oberfläche ſchließen, daß ſich die geologiſche Beſchaffenheit ändert, ſo ſind in entſprechenden Abſtänden mehrere Verſuchsſchächte anzuordnen, die in der Regel rechteckig, etwa 1,5 m breit und 2 m lang, mit entſprechender Verzimmerung angelegt werden (ſ. Schacht). An den Wandungen des Schachtes kann die Art der durchſtochenen Schichten erkannt und ihre Mächtigkeit genau gemeſſen werden. Zur Feſtſtellung des Streichens und Fallens der Schichten ſind um einen ſolchen Schacht in Entfernungen von 20—60 m Bohrlöcher niederzutreiben. Hierzu verwendet man bei weicheren Bodenarten den Erdbohrer, der zwar nur für geringe Tiefen brauchbar iſt, aber gute Proben liefert, ferner für größere Tiefen den Löffelbohrer, der jedoch ſchlechte Proben ergibt, und endlich den Ventilbohrer, der aus beliebigen Tiefen Proben zu entnehmen geſtattet. Bei hartem Felsboden wird der Meißel- oder Kronenbohrer und der Diamantringbohrer verwendet. Beide ergeben nicht unmittelbar Bodenproben, jedoch gibt der von Zeit zu Zeit abzubrechende und heraufzuholende Kern des Ringbohrers die natürliche Lagerung des Geſteins ſelbſt. Bohrungen in Kies, Sand, Schlamm und unter Waſſer müſſen verrohrt werden. Die Ergebniſſe der Boden-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

unterſuchungen werden entweder tabellariſch zuſammengetragen oder in die Erdprofile eingeſchrieben. Zeigt dabei die Lage, die Mächtigkeit, die Neigung, die Aufeinanderfolge und die Art der Schichten eine Uebereinſtimmung, ſo liegt eine regelmäßige Formation vor, während im entgegengeſetzten Falle weitere Unterſuchungen zur genauen Feſtſtellung der beſtehenden Verwerfungen und Verſchiebungen und der vorhandenen Gleichgewichtslage auf ihre Beſtändigkeit notwendig werden; ſ. a. Schürfen und Tiefbohren.

Literatur: Handb. d. Ing.-Wiſſ., Leipzig 1900, 3. Aufl., 1. Bd., 3. Abt., 6. Kap., S. 5; Handb. d. Baukunde, Berlin 1892, 3. Abt., 4. Heft, S. 2. *L. v. Willmann.*

Bodenunterſuchungen für Eiſenbahnbauten müſſen Gewißheit geben: einmal über die ſichere Lage des Bahnkörpers, ſodann über die bei den Bauwerksentwürfen vorzuſehenden Gründungsarten und Koſten, endlich über die zur Einſchnitt- (Tunnel-) und Dammbildung anzunehmenden Einheitspreiſe und die dafür zu treffenden Einrichtungen; insbeſondere auch zur rechtzeitigen Anlage von Entwäſſerung waſſerführender Schichten und Maſſen tunlichſt vor Inangriffnahme der Ausſchachtungen, um ſpäteren Erdbewegungen (Rutſchungen), die oft Jahrzehnte und länger dauern, vorzubeugen (ſ. den vorhergehenden Artikel). *Goering.*

Bodenventil, im Boden von Flüſſigkeitsbehältern angebrachtes Ventil, durch das eine periodiſche Entleerung der Flüſſigkeit bewirkt werden kann, wie z. B. die Ventile in den Böden der Behälter der Waſſertonnenaufzüge.

Bodenventil im Schiffbau, auch Kingſtonventil genannt, heißt ein an der Innenſeite der Außenhaut unterhalb der Waſſerlinie eingebautes Ventilgehäuſe mit auf- und niederſchraubbarem Ventilteller, durch das Seewaſſer Zutritt zu beſtimmten Rohrleitungen erhält oder durch das Friſch- oder Seewaſſer nach außenbord gelenzt werden kann.

Bei Schiffen mit Doppelboden werden die Bodenventile auf dem Innenboden befeſtigt und iſt für den Waſſerzufluß zwiſchen Innen- und Außenboden ein ſtählernes Rohr waſſerdicht eingebaut. Die Bewegung der Bodenventile erfolgt meiſt unter Einſchaltung beſonderer Geſtänge von einem über Waſſer liegenden Deck aus; ſ. Drainageeinrichtung. *T. Schwarz.*

Bodenwärme, ſ. Bodenphyſik und Geothermik.

Bodenwrangen, ſ. Schiffbau.

Bodenziegel (Bodenplättchen), hartgebrannte, ſcharfkantige Backſteine zum Belage von Küchen, Waſchküchen u. dergl.

Bö, plötzlich einſetzender ſtarker Wind von kurzer Dauer, ſo beim Gewitter die Gewitterböen. Sie verleihen böiger Witterung den Charakter, der in unſern Gegenden meiſt bei nordweſtlichen Winden auf der Rückſeite der Zyklonen (ſ. Maxima und Minima, barometriſche) auftritt.

Dem Eintritt der Bö geht das Herannahen einer dunkeln, drohend erſcheinenden, wulſtartigen, zur Zugrichtung etwa ſenkrecht geſtreckten Wolke voran, mit deren plötzlicher ſcheinbarer Auflöſung die Bö, vorwiegend mit einem Schauer von Regen, Schnee oder Hagel, losbricht. Die Böen ſind wohl als Luftwirbel mit horizontaler Achſe gedacht, indem die aus der Wolke herabſtürzende Luft, nachdem ſie ſich eine Strecke längs der Oberfläche bewegt hat, wieder gehoben wird, um ſpäter abermals, wenn die Bö fortgeſchritten iſt, in den abſteigenden Teil des Wirbels zu geraten.

Literatur: Möller, Unterſuchung über die Lufttemperatur und Luftbewegung in einer Bö, Meteorologiſche Zeitſchr. 1884. *Großmann.*

Böhmiſche Erde, ſ. Grüne Erde.

Bölzung, der bergmänniſche Ausdruck für Ausbau mit Holz, die bergmänniſche Zimmerung; auch ſonſt für Ausbau mit Holz gebraucht, z. B. Bölzung der Baugrube, Ausbau derſelben mit Holz. *Treptow.*

Bördeleiſen, Bördelmaſchine, ſ. Bördeln.

Bördeln (Börteln), Umbiegen des Randes von Blechen zum Zwecke der ſpäteren Verbindung zweier Bleche durch Falzen (ſ. d.) oder zum Zwecke, Blechgegenſtände zur bequemen Handhabung oder zum beſſeren Ausſehen mit einem Rande zu verſehen.

Fig. 1.

Das Bördeln erfolgt von Hand oder mittels Maſchinen. Bei erſterem wird der Blechrand mit einem häufig zur Schonung des Bleches aus Holz beſtehenden Hammer über die Kante des Amboßes oder des Bördeleiſens gebogen. Dieſes hat eine gerade Kante zur Herſtellung gerader Bördelkanten oder eine gekrümmte (Fig. 1) für Umbördelung runder oder ovaler Gegenſtände. Die Wirkungsweiſe der Bördelmaſchinen geht aus Fig. 2 hervor. Das Blech *a* wird aus der Lage I allmählich in die Lage II gehoben, während die Scheiben oder die Walzen *b* und *c* ſich entgegengeſetzt drehen, *d* iſt ein feſter Anſchlag, an dem das Blech entlang geführt wird.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Die untere Walze läßt ſich mittels Hebels *g* und Schraube *f* verſchieben, um die Breite des Blechrandes ändern zu können. Runde, ſcheibenförmige Gegenſtände erhalten beim Umbördeln häufig eine Mittelpunktführung. Fig. 3 ſtellt eine Bördelmaſchine für Handbetrieb mit Mittelpunktführung für Handzuſpannung dar, Fig. 4 eine ſolche für Kraftbetrieb. Sie dient

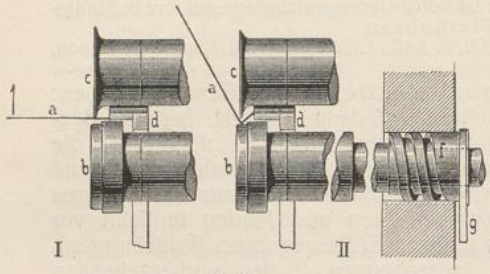


Fig. 2.

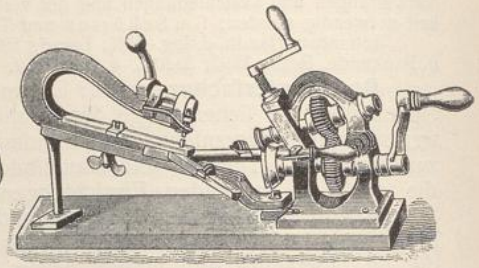


Fig. 3.

zum Bearbeiten von Blechen bis zu $1\frac{1}{4}$ mm Stärke und für Bordhöhen bis 10 mm. Der Führungsbogen iſt mittels Zahnſtange, Trieb- und Handrad zu verſtellen. Bei der in Fig. 5 dargeſtellten Bördelmaſchine liegt der Führungsbogen quer zur Maſchine und iſt mit dieſer feſt verbunden. Bördelmaſchinen ſind häufig mit Kreisſcheren verbunden zum Ausſchneiden von Scheiben und Bördeln ohne die Scheibe erſt auszuſpannen. Das Bördeln geht in Sieken (ſ. d.) über, wenn mittels der Scheiben Wülſte in das Blech eingewalzt werden. Das Umbördeln runder Gegenſtände erfolgt häufig durch Preſſen. Ebenſo werden Preſſen zum Umbördeln ſtarker Bleche verwendet. Der Preßſtempel biegt den freiſtehenden Rand des eingeſpannten Bleches gegen ein feſtes Widerlager. Vgl. a. Bördelpreſſe.

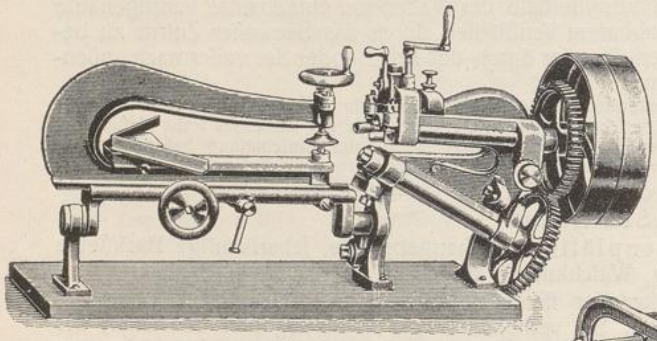


Fig. 4.

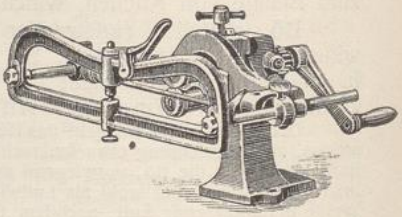


Fig. 5.

Literatur: v. Hoyer, Die Verarbeitung der Metalle und des Holzes, Wiesbaden 1897; Karmarſch-Fiſcher, Mechan. Technologie, Leipzig 1888 und 1891; Kannegießer, Das Preſſen, Stanzen und Prägen der Metalle, Leipzig 1903; Haedicke, Die Technologie des Eiſens, Leipzig 1900. Kataloge: Schuler, Werkzeugmaſchinenfabrik Göppingen; Erdmann Kircheis, Maſchinenfabrik Aue, Erzgebirge.

Dalchow.

Bördelpreſſe, eine zum Umbördeln ſtarker Bleche beſtimmte Preſſe.

Fig. 1—3 veranſchaulichen die Konſtruktion einer hydrauliſchen Bördelpreſſe [3]. Der ſchräg angeordnete Preßkolben *e* trägt den Arbeitsſtempel *f*, der die vorſtehende Kante des Werkſtückes gegen den Unterſtempel *c* biegt. Ober- und Unterſtempel ſind auswechſelbar. In Fig. 1 und 2 iſt die Biegekante des Arbeitsſtempels zum Bördeln des Flammrohres *v* rund, in Fig. 3 zum Bördeln des ebenen Werkſtückes *w* gerade. Das Geſtell *a* iſt an ſeinem oberen Ende als Waſſerdruckzylinder ausgebildet, an ſeiner Vorderfläche trägt es den Zylinder *s* mit dem Druckzylinder *p* und dem zum Feſthalten des Werkſtückes dienenden Stempel *r*. Der Kolben *o* iſt mit dem Deckel verbunden. Das Druckwaſſer tritt nach Oeffnung des Ventils *m* vom Akkumulator durch das Rohr *l* und wird durch das Rohr *n* in das Steuerventilgehäuſe *k* und durch das Rohr *g* in eine ringförmige Höhlung um den Kolben *e* geleitet. Beim Abſtellen des Druckes auf die obere Fläche des Kolbens *e* wird dieſer gehoben, da das Druckwaſſer mit der ringförmigen Höhlung in Verbindung bleibt. Mit dem einen Steuerhebel *t* wird Druckwaſſer durch das Rohr *i* in den Zylinder *p*, mit dem andern durch das Rohr *h* in den Zylinder *d* eingelaſſen, ſo daß der Oberſtempel *f* niedergeht. Das Rohr, das bei der tiefſten Stelle des Kolbens *e* Druckwaſſer austreten läßt, dient zur Begrenzung des Kolbenhubes. Die Halteſtempel *r* mit dem Zylinder *p* werden durch die Schraubenfeder *q* gehoben, ſobald der Druck auf den Stempel abgeſtellt wird. Fig. 3 zeigt die Anordnung zum Umbördeln ebener Bleche. Es ſind zwei Halteſtempel *r r* vorhanden. Um das Umbördeln auf einer beſtimmten, beſonders einer gekrümmten Linie vornehmen zu können, bedient man ſich zweier ſenkrecht verſtellbarer Körner *u u*, die auf eine der Bördellinie parallel aufgezeichnete Markierlinie eingeſtellt werden.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

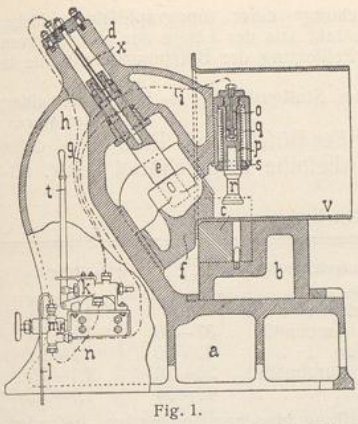


Fig. 1.

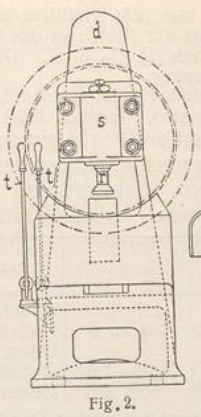


Fig. 2.

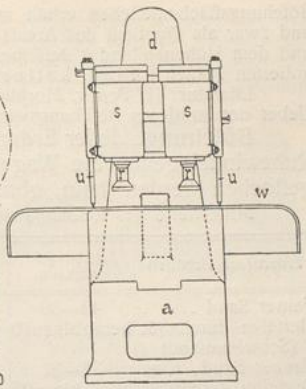


Fig. 3.

Sobald die Körner in die Markierlinie eingefetzt find, läßt man die Halteftempel *r r* und dann den Oberftempel niedergehen.

Literatur: [1] Fifcher, Die Werkzeugmafchinen, Bd. 1, Berlin 1900. — [2] Zeitfchrift für Werkzeugmafchinen und Werkzeuge 1899/1900, S. 249. — [3] D. R. P. Nr. 94547. *Dalchow.*

Böfchung. Mit Böfchung bezeichnet man ganz allgemein jeden an der Erdoberfläche vorkommenden geneigten Flächenteil.

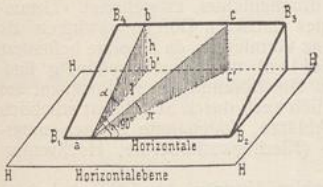


Fig. 1.

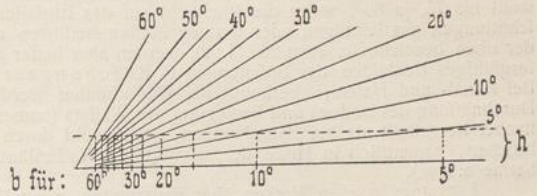


Fig. 2.

Wird eine ebene Böfchung $B_1 B_2 B_3 B_4$ (Fig. 1) durch eine lotrechte Ebene gefchnitten, fo erhält man einen Profilfchnitt ($a c c'$) der Böfchung; der Winkel π, den die Schnittlinie $a c$ mit der Horizontalen $a c'$ bildet, ift der Neigungswinkel der Linie $a c$ (Profilwinkel). Wird die lotrechte Schnittebene gedreht (z. B. um das durch a gehende Lot), fo ändert fich dementfprechend der Winkel π. Fällt die Schnittlinie $a c$ in die Richtung der Horizontalen $B_1 B_2$, fo wird $\pi = 0°$, von hier aus wächft π, bis er in der zur Horizontalen rechtwinklig ftehenden Richtung $a b$ und $a b'$ fein Maximum α erreicht; diefer Winkel α fowie die Schnittlinie $a b$ und ihre Projektion $a b'$ find charakteriftifch für die Böfchung. Der Winkel α ift der Neigungswinkel der Böfchung oder der „Böfchungswinkel", die geneigte Linie $a b$ ift die kürzefte Verbindungslinie zwifchen den Horizontalen $B_1 B_2$ und $B_3 B_4$; fie gibt die Richtung des ftärkften Falles an (Fall-Linie). Ihre Projektion $a b'$ ift für den Höhenunterfchied h ein Maßftab für die Stärke des Fallens der Böfchung, fie ift ein „Böfchungsmaßftab" nach der Beziehung $\operatorname{tg} \alpha = h : l$. Der Quotient $h : l$ ift das Böfchungsverhältnis, auch kurzweg Böfchung (Doffierung) oder Anlage genannt; wird $h : l = 1 : 1$, $1 : 1{,}5$, $1 : 2$, $1 : 3$ u. f. w., fo hat man „einfache, anderthalbfache, zweifache, dreifache Böfchung oder Anlage". (Die konventionellen Bezeichnungen wechfeln im Sprachgebrauch, z. B. *n*-füßige Böfchung u. f. w.) Der Quotient $l : h = i$ ift die zu der Einheit des Höhenunterfchiedes h gehörende horizontale Länge (in Fig. 1 $a b'$ wenn $h = 1$); man nennt fie das „Intervall" der Böfchung. Dasfelbe entfpricht demnach dem Böfchungsmaßftab. Fig. 2 zeigt die Konftruktion eines Böfchungsmaßftabes; daraus können die horizontalen Projektionen für einen beftimmten Höhenunterfchied h und einen beftimmten Böfchungswinkel φ ohne weiteres entnommen werden.

Fig. 3.

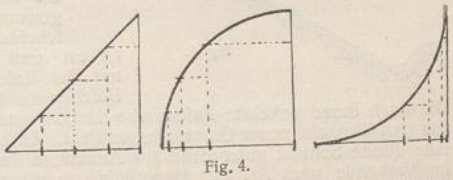


Fig. 4.

Fig. 3 gibt eine für den praktifchen Gebrauch bequeme Anordnung des Böfchungsmaßftabes für den Kartenmaßftab 1 : 10 000 und den Höhenunterfchied $h = 10$ m. Ergibt fich für einen Geländeteil das Böfchungsverhältnis für alle Oberflächenelemente konftant, fo hat man eine ebene Böfchung; nimmt der Quotient $h : l$ von unten nach oben ab oder das Intervall $l : h$ zu, fo hat man eine konvexe Böfchung, im umgekehrten Fall eine konkave (vgl. Fig. 4). Aus den Böfchungsquotienten für alle einzelnen

Böſchungsflächenteilchen erhält man die „mittlere Böſchung“ einer topographiſchen Fläche, und zwar als Quotient des Areals der Fläche in das Produkt aus der Länge der Höhenkurven und dem Höhenabſtand h derſelben [1], [2], S. 47. Die Feſtlegung der Böſchungsſchnittlinie in kotierten Plänen ſ. Plan, kotierter.

Literatur: [1] Penck, Morphologie der Erdoberfläche, Stuttgart 1894. — [2] Finſterwalder, Ueber den mittleren Böſchungswinkel, München 1890. *Reinhertz.*

Böſchung. Jeder Erdart entſpricht ein gewiſſer Böſchungs-, Reibungs- oder Ruhewinkel gegen die Wagerechte, unter dem dieſelbe aufgeſchüttet bezw. abgeſtochen werden kann, ohne abzurutſchen.

Mittelwerte des Reibungswinkels für einige Erdarten ſind:

Erdart (aufgeſchüttet)	Reibungswinkel α	cotg α	Erdart (aufgeſchüttet)	Reibungswinkel α	cotg α
Feiner Sand . . .	40—30	1,2—1,7	Dammerde . . .	40	1,2
Derſelbe durchnäßt	herab bis zu 10	bis zu 6	Dieſelbe durchnäßt	37—30	1,3—1,7
(Schwimmſand)			Lehm, Ton . . .	45—40	1—1,2
Grober Sand, Kies	38—32	1,25—1,6	Derſelbe durchnäßt	25—20	2,1—2,7
Derſelbe durchnäßt	herab bis zu 25	bis 2	Gerölle	42—34	1,1—1,5

Dieſer Böſchungswinkel nimmt bei ſtarker Durchnäſſung mancher Bodenarten, beſonders der lehm- und tonhaltigen, ſehr ab, iſt dagegen bei gewachſenem Boden wegen der darin noch beſtehenden Kohäſion im allgemeinen größer als bei dem ſchon gelöſten und dann aufgeſchütteten Boden. Bei Eiſenbahn- und Straßendämmen pflegt man deshalb, zugleich in Rückſicht auf die Erſchütterungen, den Böſchungswinkel etwas flacher zu geſtalten, als der eigentliche Ruhewinkel der Erdart im trockenen Zuſtande iſt, und namentlich bei Aufſchüttungen im allgemeinen nicht unter $33\frac{1}{2}^0$ (Tangente des Winkels $= 1 : 1{,}5$) zu gehen. Nur die Böſchungen des gewachſenen Bodens (im Einſchnitte) werden bei feſten Erdarten ſteiler ausgeführt, bei Felſen günſtigenfalls wohl bis 75, ja 80^0, wenn die Rückſicht auf das Einfallen der Schichten es geſtattet. Dammſchüttungen aus lehmigen oder tonigen Maſſen bedürfen eines flacheren Böſchungswinkels als der oben bezeichnete, etwa 26^0 (1 : 2), werden aber beſſer ganz vermieden, da ſie ohne beſonders ſorgfältiges Bekleiden der Böſchungen (ſ. Böſchungsarbeiten) nicht wetterbeſtändig ſind. Bei Kanal- und Hafen-, überhaupt bei Waſſerbauten werden die Böſchungen in Rückſicht auf Durchnäſſung des Bodens und Bewegung des Waſſers (namentlich auch durch Schiffahrt) erheblich flacher hergeſtellt als bei Bahndämmen, auch wohl durch Abſätze, ſogenannte Bermen unterbrochen, namentlich in Höhe der wichtigeren Waſſerſtände (Niedrigwaſſerberme, Hochwaſſerberme u. ſ. w.).

Literatur: In allen Werken über Erdarbeiten, u. a.: Winkler, Vorträge über Eiſenbahnbau, Prag 1877, 3. Aufl., 5. Heft, Unterbau; Handbuch der Ing.-Wiſſ., Leipzig 1897, 3. Aufl., 3. und 4. Kap., von Guſtav Meyer; Handbuch der Baukunde, Berlin 1892, 3. Abt., 4. Heft, Erdarbeiten von Barkhauſen; v. Kaven, Rutſchungen, Wiesbaden 1882; Derſ., Anwendung der Theorie der Böſchung, Leipzig 1885. *Goering.*

Böſchungsarbeiten, Herſtellung und Planierung von Erdböſchungen, erfolgen in der Regel nach Lattenprofilen unter dem im einzelnen Fall gewählten Böſchungswinkel. Bei Dammböſchungen wird manchmal auf ein nachträgliches „Setzen“ der Böſchungsflächen Rückſicht genommen und hat ſich nach Henz, beſonders bei Steinſchüttungen, eine dem zu erwartenden Setzen entſprechende konvexe Formgebung bewährt [1]. Zur Erhaltung und zum Schutz der Böſchungen gegen die Witterungs- und Waſſerangriffe iſt eine entſprechende Befeſtigung der Böſchungsflächen erforderlich.

Bei Damm- und Einſchnittböſchungen in lockerem Boden geſchieht dies durch Herſtellung einer Raſendecke, indem bei fruchtbaren Erdarten unmittelbar eingeſät wird (Gras, Klee, Hafer), während bei unbeſäbaren Bodenarten, wie Sand oder Steingerölle, vorher eine 10—15 cm ſtarke Schicht Humuserde zur Beſamung aufgebracht werden muß. Es kann die Böſchung auch mit regelmäßigen Raſenſtücken (Raſenziegel) abgedeckt werden, die mittels des Raſenmeſſers und der Raſenſchaufel gewonnen werden. Bei der Raſenabdeckung unterſcheidet man allgemein Flachraſen oder Deckraſen und Kopfraſen: der erſtere wird am beſten mit der Raſennarbe nach innen gelegt und auf ſteileren Böſchungen durch Pflöcke gegen das Abrutſchen geſichert. Die nach innen gekehrte Raſennarbe verfault und bildet eine gute Humuserde, während außen aus den Wurzeln neuer Graswuchs entſteht. Zu empfehlen iſt es auch hier wie für das Beſamen, eine dünne Schicht guter Erde zur Aufnahme des Raſens auszubreiten. Der Kopfraſen wird im Verbande nach Art der Mauerſteine in wagerechten Lagen ſo gelegt, daß Erde auf Erde und Grasnarbe auf Grasnarbe zu liegen kommt und die Böſchung durch die äußeren Kanten der Raſenziegel, die ſorgfältig abzuſtechen ſind, gebildet wird. — Beſondere Aufmerkſamkeit erfordern bei der Beſamung und Berafung die Einſchnittböſchungen, wenn ſie aus Ton beſtehen, da die aufgebrachten Schichten beim Feuchtwerden des Tons leicht abrutſchen. Um das Feuchtwerden durch das vom oberhalb liegenden Gelände herabfließende Waſſer zu verhindern, wird

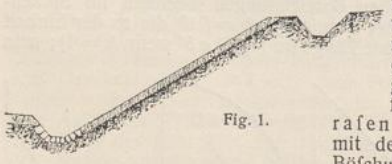


Fig. 1.

häufig parallel zur oberen Kante des Einfchnitts ein Graben (Fanggraben) geführt, der das Waffer abfängt (f. Fig. 1); auch können kleine grubenähnliche Terraffen mit $^1/_{100}$ Längsgefälle in die Böfchung eingefchnitten werden, in denen die Deckfchicht Halt findet und die außerdem zur oberflächlichen Entwäfferung der Böfchung dienen (f. Fig 2). Ferner können rautenförmig angeordnete Flechtzäune und gitterartig, in einzelnen mit Pflöcken befeftigten Streifen, angebrachte Rafenziegel der in die fo gebildeten Felder gebrachten zu befamenden Humuserde Halt geben. Ift die Einfchnittböfchung von waffer führenden Schichten durchzogen, fo nutzt ihre Abdeckung nichts, bevor nicht für eine richtige Entwäfferung Sorge getragen wurde. Eine einzelne Waffer ader, die als Quelle zutage tritt, muß abgegraben und in den Einfchnittgraben geleitet werden. Ift dagegen eine ausgedehntere waffer führende Schicht vorhanden, fo wird der Einfchnittböfchung entlang eine mit Steinen ausgepackte Sickerdohle oder Sickerrinne (f. Fig 3) von 0,25 bis 0,3 m Breite hergeftellt, die mit ihrer abzupflafternden oder fonft zu befeftigenden Sohle in den feften Boden reicht, mit Rafen oder flachen Steinen abgedeckt wird und ein Längengefälle von etwa 1 : 100 erhält. Von diefer Sickerdohle müffen an geeigneter Stelle Querdrains zum Einfchnittgraben abzweigen, die oft ebenfalls als bedeckte Sickerkanäle ausgeführt werden. Bei geneigter Lage der waffer führenden Schicht entftehen leicht Rutfchungen, gegen die befondere Maßregeln getroffen werden müffen (f. Rutfchungen und Dammbewegungen). Treten im Lehmboden viel verzweigte waffer führende Sandadern im Einfchnitt zutage, fo kann die Böfchung nur durch ein Netz von Drainröhren oder durch ein Syftem von Sickerdohlen entwäffert werden, die entweder nach Fig. 4 in fchrägen Streifen an der Böfchung entlang geführt

Fig. 2. Fig. 3.

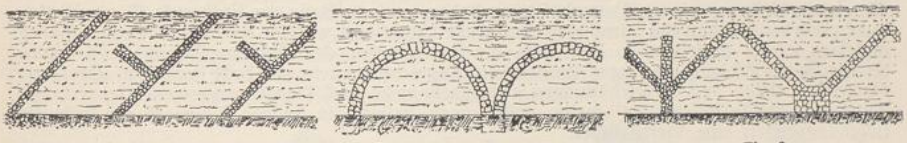


Fig. 4. Fig. 5. Fig. 6.

oder nach Fig. 5 und 6 fattel- oder bogenartig angeordnet werden. Nach Henz können folche feuchte Einfchnittwände nach der punktierten Linie in Fig. 7 ftaffelförmig angefchnitten werden, worauf in den Ecken Sickerkanäle mit Längsgefälle anzulegen find, die in gewiffen Abftänden untereinander verbunden und mit dem Material der vorftehenden Ecken zugedeckt werden. Diefe Anlage ift fchon während der Ausführung wirkfam und fichert daher fchon von Anfang an die Einfchnittböfchung vor Waffer befchädigung [2]. Der Fuß der Böfchung muß in feuchten Einfchnitten befonders forgfältig ausgebildet werden, weil hier die Waffer anfammlung am größten ift und er überdies dem im Graben fließenden Waffer ausgefetzt wird. Den beften Dienft tut in diefem Falle Mauerwerk, das mit Sickerfchlitzen durchfetzt ift. Auch eine Steinauspackung des Fußes nach Fig. 8 genügt bisweilen, wenn der Waffer zudrang nicht zu groß ift, ebenfo wie eine Abpflafterung auf einer 5—10 cm hohen Schicht von Steinbrocken, die fich gegen die Ausmauerung des Grabens ftützt (f. Fig 9), und für tonige Einfchnitte der Eifenbahn Epinay-Luzarches mit Vorteil zur Anwendung gekommen ift [3]. Auch die Sohle des Grabens ift durch Pflafterung oder Betonierung zu fichern. — Ueber die Bepflanzung der Böfchungen find die Anfichten geteilt; während fie in England vermieden wird, da fie bei dem dortigen feuchten Klima das Eindringen des Waffers in die Böfchung begünftigt, find in Frankreich bei dem dortigen wärmeren und trockeneren Klima, zum Teil auch in Deutfchland, günftige Erfahrungen mit ihr gemacht worden [4].

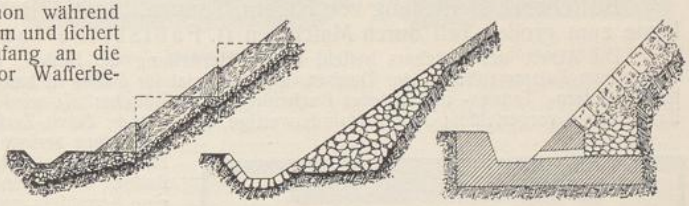


Fig. 7. Fig. 8. Fig. 9.

Die Befamung, Berafung und in manchen Fällen auch die Bepflanzung bieten, nach Bildung einer feften Rafendecke bezw. nach erfolgter Bewurzelung, einen äußerft wirkfamen Schutz gegen die Angriffe des Waffers; jedoch gedeiht der Rafen nicht unter Waffer, fo daß alfo in allen Fällen, wo andauernde Ueberflutungen zu erwarten find oder wo die Böfchungen ftark fließendem Waffer und Eisgang ausgefetzt find, eine tief eingreifende Abpflafterung mit lagerhaft gefchichteten Steinen oder Trockenmauerwerk anzuordnen ift. Dabei kann die Böfchung fteiler, etwa 1 : 1,5—0,5 : 1 (Breite zur Höhe), gewählt werden. — Böfchungen in wetterbeftändigem Fels bedürfen im Einfchnitt in der Regel keiner befonderen Befeftigung, nur ift das Eindringen des Tagwaffers zur Verhütung von Froftfchäden zu verhindern; kommen Höhlungen, Klüfte und weiche, nachgiebige Schichten vor, fo find diefe mit gutem Mauerwerk auszufüllen bezw. durch folches zu erfetzen. Die Anbringung von Bermen in den Böfchungen von Erdeinfchnitten und Dämmen ift unvorteilhaft (f. a. Berme).

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Literatur: Handbuch d. Ingen.-Wiſſ., 1. Bd., 2. Abt., Leipzig 1897, 4 Kap., S. 153 und 161; Handbuch f. ſpez. Eiſenbahnbau, 1. Bd., Leipzig 1880, 3. Kap., S. 85 und 103; Handbuch d. Baukunde, Berlin 1892, 3. Abt., 4. Heft, S. 56 und 67; Henz, Anleitung zum Erdbau, Berlin 1874, S. 191. — [1] Ebend., S. 192. — [2] Ebend., S. 121; vgl. a. Handbuch d. Ing.-Wiſſ., 1. Bd., 4. Kap., S. 171. — [3] Ebend., S. 161. — [4] Handbuch f. ſpez. Eiſenbahnbau, Bd. 1, 7. Kap., S. 116.
L. v. Willmann.

Böſchungsdreiecke, ſ. Zeichnen, technifches.

Böſchungsfläche, ſ. Böſchung, Flächen, abwickelbare.

Böſchungsflügel, diejenigen Mauern, welche die an Bauwerke (Brücken oder längere Stützmauern) anſchließenden Erdböſchungen abfangen, im Grundriß gegen die Längsachſe des oberen Erdkörpers unter ſpitzem bis rechtem Winkel geneigt ſind und in ihrer oberen Begrenzung der Böſchungsneigung folgen. Im Gegenſatz dazu ſtehen die „Stirnflügel“ im Grundriß parallel der Längsachſe des oberen Erdkörpers, alſo in der Flucht der Stirn des Bauwerks; ſie folgen in ihrer oberen Begrenzung der Höhenlage des oberen Erdkörpers (Bahndamm u. ſ. w.), ſind alſo in der Regel oben ganz oder nahezu wagerecht begrenzt. *Goering.*

Böſchungskegel. Wenn ein Durchlaß oder eine Brücke, die in einem Straßen- oder Eisenbahndamm gelegen iſt, an den Stirnen durch ſogenannte Stirnflügel (Flügelmauern, ſenkrecht zur Durchlaßachſe bezw. parallel zur Brückenachſe) abgeſchloſſen iſt, ſo ſchließen ſich an letztere die angrenzenden Dammböſchungen in Form von Kegeln, den ſogenannten Böſchungskegeln, an.

Iſt, wie meiſt der Fall, der Damm aus Erde geſchüttet und will man den Böſchungskegel aus gleichem Material herſtellen, ſo entſteht ein Erdkegel; die Erzeugenden des letzteren müſſen die gleiche Neigung wie die Dammböſchung haben, und die Baſis des Erdkegels iſt ein Viertelkreis. Hierbei erhalten die Stirnflügel eine große Länge und werden dadurch ſehr teuer. Sollen dieſelben kürzer ausfallen, ſo muß man die Erzeugenden des Böſchungskegels ſteiler halten als die Dammböſchung und kann deshalb den Kegel nicht mehr aus Erde herſtellen. Geeignete Materialien dafür ſind Steinſchüttungen, Steinpackungen und Trockenmauerwerk; letzteres geſtattet die ſteilſte Böſchung ($^1/_6$malig, ſelbſt noch ſteiler); in ſolchen Fällen iſt die Baſis des Böſchungskegels eine Viertelellipſe.

Literatur: Schmitt, E., Der Erdkunſtbau auf Straßen und Eiſenbahnen, Teil I, Leipzig 1871.
Schmitt-Darmſtadt.

Böſchungsmauern, ſ. Stützmauern.

Böſchungswinkel, ſ. Böſchung.

Böſe Wetter, ſ. Wetter.

Böttcherei, Herſtellung von Fäſſern, Tonnen, Eimern, Bottichen. Sie erfolgt heute zum großen Teil durch Maſchinen (ſ. Faßfabrikation, maſchinelle).

Die Arbeit des Böttchers beſteht in der Herſtellung der Böden, der Dauben und der Reifen zum Zuſammenhalten der Dauben. Das Material für Fäſſer iſt hauptſächlich Eichenholz, ferner Kiefern-, Tannen- und ſeltener Buchenholz. Das Böttcherholz wird durch Zerſpalten der Baumſtämme vorgerichtet; nur für minderwertige Gegenſtände durch Zerſägen, da hierbei die Holzfaſern zerſchnitten werden und die Feſtigkeit des Holzes leidet. Die Herſtellung der Böden und Dauben erfordert eine beſonders genaue Arbeit, da ihre Fugen dicht ſchließen müſſen. Die Faßböden werden aus mehreren ſtumpf gegeneinander ſtoßenden Brettern hergeſtellt und dieſe durch Dippel, d. h. kurze hölzerne Rundſtifte, miteinander verbunden. Die runden oder ovalen Böden werden mit ihrem zugeſchärften Rande in eine Nut oder Kimme der Dauben eingeſetzt. Die Dauben werden ohne Verbindung aneinander gefügt und durch Reifen zuſammengehalten. Die Reifen beſtehen aus zuſammengenieteten Bandeiſen oder bei weniger guten Fäſſern aus geſpaltenem Birken- oder Weidenholz. Die Schneidwerkzeuge des Böttchers ſind Beile, Meſſer, Sägen, Hobel, Bohrer.

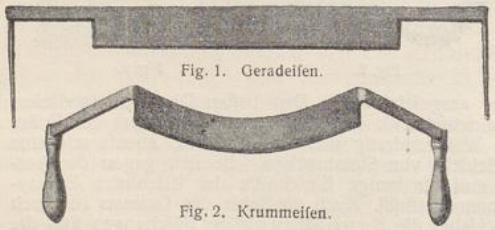


Fig. 1. Geradeiſen.

Fig. 2. Krummeiſen.

Zu den Beilen gehört: das Segerz oder Breitbeil (ſ. Beil) zum Behauen der rohen geſpaltenen Stäbe. Es hat eine breite, gekrümmte, in eine Spitze auslaufende Schneide; ferner das Lenkbeil oder die Binderbarte mit gerader langer Schneide und rechteckigem Blatt, beſonders zum Behauen der Daubenſeiten, und die Kliebhacke, welche die Form einer kleinen Axt hat. Als Schnittmeſſer benutzt der Böttcher Geradſchneidemeſſer (Geradeiſen), Krummſchneidemeſſer (Krummeiſen und Krummhaue oder Dechſel, mit quer zum Stiel ſtehender Schneide) und Stemmmeſſer. Fig. 1 zeigt ein etwa 27 cm langes und 5 cm breites Geradeiſen. Zum Spalten der Hölzer wird die Spaltklinge oder das Klöbeiſen verwendet, indem man es durch Schläge auf den Rücken mit der hölzernen Kimmkeule in das Holz eintreibt. Zur Bearbeitung der hölzernen Faßreifen dienen die Binderſchnitzer und Bindermeſſer; erſtere beſonders zur Herſtellung der Einſchnitte, mit denen die Reifenenden ineinander gehakt werden und ſo das Schloß bilden. Krummſchneidemeſſer werden zu ſehr verſchiedenen Arbeiten gebraucht und kommen in mannig-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Fig. 3. Krummeiſen.

facher Geſtalt vor. Sie dienen beſonders zur Aushöhlung der Dauben. Fig. 2 und 3 zeigen Krummeiſen, deren Länge etwa 25 cm, deren Breite 5 cm beträgt. Zum Ausarbeiten kleiner offener Gefäße dienen Schaber. Fig. 4 und 5 zeigen Rundſchaber. Rundſchaber mit langem Stiel heißen Stockſchaber.

Die Stemmeſſer dienen zum Stemmen (Abenden) der Transportfäſſer. Das ganze Meſſer iſt 30 cm, die Schneide 12 cm lang und 10 cm breit.

An Sägen benutzt der Böttcher beſonders folgende: die große Spannſäge mit 100 cm langem und 5 cm breitem Blatt, die Handſäge, deren Blatt 70 cm lang und 3 cm breit iſt. Die große Schweifſäge hat ein 70 cm langes und 2 cm breites Blatt. Die kleine Schweifſäge hat ein 60 cm langes und 1 cm breites Blatt, und die Türchenſäge zum Türchenausſägen ein 50 cm langes und $\frac{1}{2}$ cm breites Blatt.

Fig. 4. Rundſchaber.

Das wichtigſte Werkzeug des Böttchers iſt der Hobel, der je nach ſeiner Beſtimmung in ſehr verſchiedenen Formen und Abmeſſungen verwendet wird. Die wichtigſten ſind der Rauhhobel (Schürfhobel) zum Verarbeiten der äußeren Rundungen der Dauben, der Glatthobel zum Schlichten derſelben; der Gärbhobel, Fig. 6, zum Aushobeln von Fäſſern, etwa 15 cm lang, hat in der Länge und Breite abgerundete Sohle. Der Kopfhobel zum Hobeln des Kopf- und Hirnholzes hat ebenfalls abgerundete Sohle und iſt 12 cm lang. Der Geradhobel zum Hobeln der Köpfe beim Stemmen iſt 30 cm lang. Mit dem Abſäuberhobel werden die fertigen Fäſſer abgehobelt. Der Bauchhobel dient zum Nachhobeln im Bauche des Faſſes, das mit dem Abſäuberhobel vorgehobelt iſt. Der Backenhobel dient zum Aushobeln der fertigen Fäſſer. Die Sohle paßt ſich der Faßwandung genau an. Den Schiffshobel verwendet man beim Aushobeln von Bottichen. Der Kranzhobel dient zur Herſtellung von Verzierungen an den Vorderböden der Lagerfäſſer. Der Einmandel, auch Streifhobel, wird ſehr häufig gebraucht, beſonders zum Verhobeln der Dauben und Bodenſtücke. Der Hobel iſt 25 cm lang, 8 cm breit und 7 cm hoch.

Fig. 5. Rundſchaber.

Fig. 6. Gärbhobel.

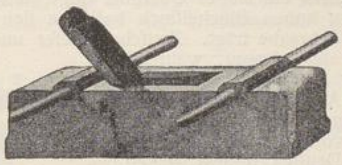


Fig. 7. Blöchelhobel.

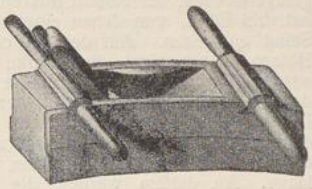


Fig. 8. Stemmhobel.

Er wird mit beiden Händen mittels eines Doppelgriffes über das Werkſtück geführt. Dieſem Hobel gleicht der Zweimandel von 34 cm Länge, der von zwei Arbeitern geführt wird und beſonders zum Nachſtreifen der Dauben verwendet wird, die mit dem Einmandel ſchon vorgearbeitet ſind. Zum Fügen (Blöcheln) der ſchweren Lagerfaßdauben dient der Blöchelhobel, Fig. 7. Er hat Doppelgriffe und iſt 50 cm lang, das Schneideeiſen 9 cm breit; die Sohle iſt gerade. Der Scheuerhobel dient zum Abhobeln der Böden, wenn ſie ſchon im Faß eingebunden ſind, der Bodeneinſchneidehobel zum Anſchneiden der Böden, deren Rand durch ihn gleichmäßig dick bearbeitet wird. Die Stirnenden der Dauben werden mit dem Stemmhobel, Fig. 8, bearbeitet. Die Nut oder Kimme zur Aufnahme des zugeſchärften Randes des Bodens wird

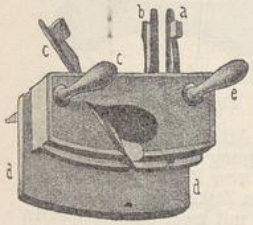


Fig. 9. Kimmhobel.

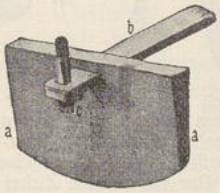


Fig. 10. Gargelkamm.

Fig. 11. Bodenbramſchnitt.

Fig. 12. Froſchbramſchnitt.

mit dem Kimmhobel, Fig. 9, hergeſtellt. Er trägt zwei Vorſchneider *a* und *b* für die Seitenwände der Nut und zwiſchen dieſen die Raumeiſen *c*. Das Blatt *d* wird beim Hobeln gegen die Stirnenden der Dauben gepreßt. Durch die Schrauben *e* wird der Abſtand des Blattes vom Hobeleiſen eingeſtellt. Ein andres Werkzeug zur Herſtellung der Kimme (Gargel oder Kröſe) iſt der Gargel- oder Bodenkamm, Fig. 10. Er wird mit dem Blatt *a* gegen den Rand der Dauben (Geſtemm) gedrückt und im Innern herumgeführt. Hierbei ſchabt das am Stiel *b* verſtellbare, mit mehreren ſcharfen Zähnen verſehene Kröſeeiſen *c* die Nut aus. Der Schabhobel dient zur Bearbeitung der äußeren Seiten der Faßböden. Mit dem Bodenbramſchnitt, Fig. 11, wird der Boden verziert (verbrämt), mit dem Froſchbramſchnitt, Fig. 12, die innere

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Fläche der über den Boden hervorragenden Dauben (Fröfche). Mit dem Querftreifhobel werden Ringe in der Richtung des Umfanges eingehobelt. Die Sohle des Hobels ift dem Faßdurchmeffer entfprechend ausgehöhlt. Zu den Hobeln ift noch zu rechnen die Fügebank. Sie befteht aus einem fchweren Holzblock von 150 cm Länge und 15 cm Breite, deffen eines Ende auf dem Boden, deffen andres auf zwei Füßen ruht. Die Werkftücke werden über das in der Mitte angebrachte Scheideifen mit beiden Händen hingeführt. — Außer den genannten Hobeln kommen noch andre den befonderen Arbeiten angepaßte Hobel zur Verwendung.

Von Bohrern kommen in Betracht der Zapfenbohrer und Spundbohrer. Mit dem erfteren werden Zapfenlöcher von geringem Durchmeffer gebohrt, mit dem letzteren, Fig. 13, der nach Art eines Schneidzirkels mit verftellbarem Meffer verfehen ift, große Spundlöcher.

Die Bearbeitung der Hölzer und Fäffer erfolgt auf der Schneidbank, dem Endbock, dem Streifbock, dem Faßftuhl, dem Bodenftuhl, dem Blöchelftock und der Ausfchneidefäule. Die mit ftarken Füßen verfehene Schneidbank, Fig. 14, dient befonders zum Befchneiden der Dauben mit den Schnittmeffern. Sie ift 200 cm lang und 55 cm hoch. Der rittlings auf dem Brett *A* fitzende Arbeiter tritt gegen den Fuß *B* der um den Bolzen *C* drehbaren Sattelftange und klemmt dadurch zwifchen dem Sattel *E* und dem Kopf *D* das eine Ende der Dauben feft, deren andres er gegen feine Bruft ftützt. — Auf den Endbock, einen geraden, 30 cm hohen und 80 cm langen, auf vier Füßen ruhenden Bock, ftellt man kleine Fäffer zum Zwecke bequemer Bearbeitung. — Der Streifbock gleicht dem Endbock, ift 50 cm hoch und dient zum Streifen (Abhobeln) der größten Dauben und Bodenftücke mit dem Einmandel oder Zweimandel. — Der Faßftuhl wird zum Abhobeln (Abfäubern) kleiner Fäffer verwendet. Er gleicht einem umgekehrten Bock, deffen vier etwa 55 cm hohe Füße nach oben ftehen. Zwifchen diefe wird das Faß gelegt, deffen Boden zur Verhütung der Verfchiebung gegen eine fchrägftehende Stütze ruht. — Der Bodenftuhl, etwa 60 cm hoch, findet beim Rundfägen der großen Lagerfaßböden Verwendung. Er gleicht einem Faßftuhl, auf deffen Füßen fpitze Nägel angebracht find, die fich in den darauf gelegten Boden eindrücken. — Der Blöchelftock dient zum Einfpannen der fchweren Lagerfaßdauben, die mit dem Blöchelhobel gefügt werden. Er befteht aus einem fchweren Klotz von 50 cm Durchmeffer und 25 cm Dicke, hat drei Füße, von denen einer unten ein langes Querholz trägt, um dem Bock einen feften Stand zu geben. Auf dem 70 cm hohen Blöchelftock befinden fich zwei aufrecht ftehende Hölzer, deren eines eine ftarke Schraube trägt. Zwifchen diefer und dem andern Holzftück wird das eine Ende der Daube feftgefpannt, während das andre in einem Einfchnitt der Schneidebank ruht. — Die Ausfchneidefäule wird beim Ausfchneiden der Faßdauben verwendet. Sie befteht aus einem vom Boden bis zur Decke reichenden Balken von etwa 20 cm Seitenlänge. An diefem werden die Dauben mittels Haken und Schrauben fo befeftigt, daß fie fchräg nach unten hängen. Der Arbeiter kann bei diefer Befeftigung der Dauben das Ausfchneiden, das bedeutende Anftrengung erfordert, mit dem ganzen Körpergewicht ausführen. — Zum Abmeffen und Aufzeichnen von Riffen gebraucht der Böttcher Zirkel, die befonders kräftig konftruiert find; den gewöhnlichen Zirkel, den vierfpitzigen Zirkel, den Stockzirkel und den Ovalzirkel. Der vierfpitzige Zirkel mit zwei Schenkelpaaren hat an einem Ende bewegliche, am andern feite Spitzen. Er dient befonders zum Anfertigen von Lenkruten, d. h. Schablonen zur Herftellung von Dauben. Mit dem Stockzirkel werden Riffe hergeftellt, für die der Schenkelzirkel nicht ausreicht. Er befteht aus einer Stange mit einer feften und einer verftellbaren Spitze. Mit dem Ovalzirkel, der einem Stockzirkel ähnlich ift, werden ovale Riffe gezogen. Er befteht aus dem Stock, mit einer feften Spitze zum Einreißen und zwei verftellbaren Schiebern, und einem rechtwinkligen Kreuz. — Als Schlagwerkzeuge dienen dem Böttcher außer gewöhnlichen eifernen Hämmern der Schlägel zum Feftklopfen der Holzreifen und in Verbindung mit einem andern Hammer der Setzhammer zum Aufletzen auf Eifenreifen und das Treibholz zum Aufletzen auf Holzreifen. Außer den genannten Werkzeugen kommen für die Böttcherei noch folgende in Betracht: der Faßzug, zum Zufammenpreffen der oberen und unteren Enden der Dauben, Fig. 15. Beim Drehen der hölzernen oder

Fig. 13. Spundbohrer.

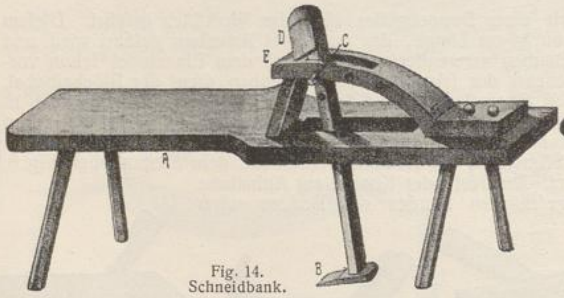


Fig. 14. Schneidbank.

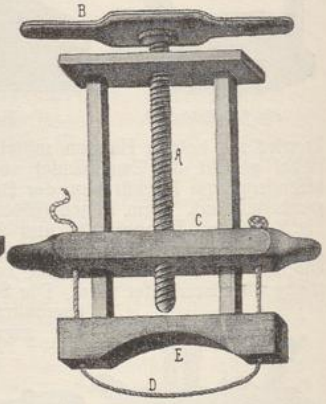


Fig. 15. Faßzug.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

eisernen Schraubenspindel *A* mittels des Hebels *B* wird der Quersteg *C* und mit ihm das Seil oder die Kette *D* angezogen, die in dem festen Querholz *E* geführt ist. — Der Wärmstuhl, der dem Faßstuhl ähnlich ist, dient zum Nachwärmen der Fässer, die bereits gekocht oder gedämpft sind, mittels einer eisernen Pfanne, auf der Feuer angezündet wird. — Die Reifenzange aus starkem Eisen dient zum Aufziehen der Kopfreifen, der Schilfhaken zum Bodeneinziehen der Fässer, das Dübellocheisen zum Anfertigen der Dübel für die Faßböden, und das Meßrädchen, mit einem Durchmesser von 25 cm, zum Messen großer Eisenreifen. Ueber die Herstellung von Fässern s. Faßfabrikation.

Literatur: Karmarsch-Fischer, Mechanische Technologie, I und II, Leipzig 1888 und 1891; Schmidt, A., Der Großböttcher, Elberfeld 1897. *Dalchow.*

Böttgers Grün, s. Mangangrün.

Bogapparat (Festonnierapparat), s. Sticken.

Bogen (Arcus) wird jeder durch irgend zwei Punkte begrenzte Teil einer beliebigen Kurve genannt. Unter der Länge eines Bogens versteht man die obere Grenze, der die Länge des Umfangs eines in den Bogen einbeschriebenen Vielecks zustrebt, wenn man die Zahl der Ecken dieses Vielecks fortwährend zunehmen, also die Längen der einzelnen Seiten desselben fortwährend abnehmen läßt.

Für ein Bogenelement (Differential der Bogenlänge) ds besteht bei ebenen Kurven und rechtwinkligen Cartesischen Koordinaten x, y der Ausdruck

$$ds = \sqrt{dx^2 + dy^2},$$

bei Polarkoordinaten r, φ dagegen $ds = \sqrt{dr^2 + r^2 d\varphi^2}$, endlich bei räumlichen Kurven und rechtwinkligen Cartesischen Koordinaten x, y, z

$$ds = \sqrt{dx^2 + dy^2 + dz^2}.$$

Die Bogenlänge s zwischen den Punkten x_0, y_0 und $x_1 y_1$ einer ebenen Kurve wird nach der Formel

$$s = \int_{x_0}^{x_1} \sqrt{1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2}\, dx, \quad \text{oder } s = \int_{y_0}^{y_1} \sqrt{\left(\frac{dx}{dy}\right)^2 + 1}\, dy, \quad \text{oder } s = \int_{t_0}^{t_1} \sqrt{\left(\frac{dx}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dy}{dt}\right)^2}\, dt$$

berechnet, je nachdem die Kurve durch eine Gleichung der Gestalt $y = f(x)$ oder $x = f(y)$, oder durch zwei Gleichungen der Gestalt $x = \psi_1(t)$, $y = \psi_2(t)$ mit der Hilfsveränderlichen t gegeben ist (im letzten Fall sind t_0 und t_1 die den Endpunkten des Bogens entsprechenden Werte von t). Bei Polarkoordinaten muß ähnlicherweise je nach den Umständen die Formel

$$s = \int_{\varphi_0}^{\varphi_1} \sqrt{\left(\frac{dr}{d\varphi}\right)^2 + r^2}\, d\varphi \quad \text{oder } s = \int_{r_0}^{r_1} \sqrt{1 + r^2 \left(\frac{d\varphi}{dr}\right)^2}\, dr, \quad \text{oder } s = \int_{t_0}^{t_1} \sqrt{\left(\frac{dr}{dt}\right)^2 + r^2 \left(\frac{d\varphi}{dt}\right)^2}\, dt$$

benutzt werden. Die Bogenlänge einer Raumkurve berechnet man aus

$$s = \int_{t_0}^{t_1} \sqrt{\left(\frac{dx}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dy}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dz}{dt}\right)^2}\, dt,$$

wenn die Kurve durch drei Gleichungen der Form $x = \psi_1(t)$, $y = \psi_2(t)$, $z = \psi_3(t)$ dargestellt ist. Sind für die Kurve zwei Gleichungen zwischen x, y und z gegeben, so braucht man bloß eine der Veränderlichen x, y, z für t zu wählen und sich nach den andern beiden die Gleichungen aufgelöst zu denken, um den vorhergehenden Fall zu erhalten.

Die graphische Ermittlung der Länge von Kurvenbögen s. Rektifikation. *Mehmke.*

Bogen (Bogenträger) heißen in der Ingenieurmechanik solche ebene Träger, bei denen durch Lasten nicht nur vertikale Stützenreaktionen wie bei Balken, sondern auch horizontale Stützenreaktionen entstehen. Einfache Bogen erstrecken sich über eine Oeffnung, durchlaufende (kontinuierliche) Bogen über zwei und mehr durch Stützen getrennte Oeffnungen (vgl. Bogen, einfache und durchlaufende). Die Endauflager eines Bogens heißen Kämpfer und ihre Reaktionen Kämpferreaktionen. Die letzteren sind von gleichen Größen, aber entgegengesetzten Richtungen wie die Drücke des Bogens auf die Kämpfer. Je nachdem die Horizontalkomponenten der durch Belastung entstehenden Kämpferreaktionen nach innen oder nach außen gerichtet sind (Fig. 1 und 2), je nachdem sie die Bogenenden zu nähern oder zu entfernen suchen, hat man es mit einem Sprengbogen oder mit einem Hängebogen zu tun. Wir haben an dieser Stelle insbesondere die ersteren im Auge (s. a. Ketten, Hängebrücken). Die Horizontalreaktion eines Kämpfers heißt der Horizontalschub daselbst. Für

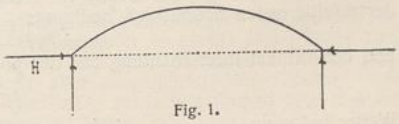


Fig. 1.

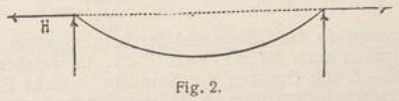


Fig. 2.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

die Ermittlung der Beanſpruchungen ſtabförmiger Bogen, die nicht wie Fachwerke gegliedert (ſ. Bogenfachwerke), ſondern mit voller Wand hergeſtellt werden, kommen in erſter Linie das Angriffsmoment M_x und die Normalkraft N_x in den einzelnen Querſchnitten in Betracht, während die Transverſalkraft T_x von geringerer Bedeutung iſt und oft ganz unberückſichtigt bleibt. (Vgl. Biegung II, Blechträger). Wir ſetzen im folgenden voraus, daß nur Laſten oder ſonſtige vertikale Aktivkräfte am Bogen angreifen.

Man betrachte einen Stababſchnitt zwiſchen zwei aufeinander folgenden Stützen, der bei einfachem Bogen der ganze Stab ſein ſoll. Ein rechtwinkliges Koordinatenſyſtem mit horizontaler x-Achſe und vertikaler y-Achſe ſei in der Trägerebene in feſter Lage gegen die urſprüngliche, dem ſpannungsloſen Zuſtande bei normaler Temperatur entſprechende Gruppierung der Stabpunkte angenommen. Urſprung der Koordinaten in einem Endpunkt der Achſe des Stababſchnitts; die Koordinaten x, y werden auf die anfängliche Stabachſe bezogen und die Querſchnitte nach den anfänglichen Abſziſſen x ihrer Achspunkte bezeichnet, für den zweiten Endpunkt der Stabachſe ſind $x = l$, $y = k$. l heißt die Spannweite. Im Falle gleichhoher Achspunkte bei 0 und l iſt $k = 0$. φ bezeichne den Winkel der anfänglichen Stabachſe bei x mit der poſitiven Richtung der x-Achſe.

Zwiſchen 0 und x mögen bei den Abſziſſen a_1, a_2, a_3, ... beliebige Laſten P_1, P_2, P_3, .. auf den Träger kommen, wobei die P und die Differenzen der a auch unendlich klein ſein können (ſtetig verteilte Laſten, ſ. Belaſtung der Träger). Die M_x, N_x, T_x wie auch die reſultierende Schnittkraft R_x und deren Horizontal- und Vertikalkomponente H_x, V_x werden im folgenden für die Fläche links des Querſchnitts x ausgedrückt (d. h. wir drücken diejenigen Werte aus, mit denen der Stabteil links von x auf den Stabteil rechts von x wirkt), für die Fläche rechts von x ſind die Kräfte und Momente jenen numeriſch gleich, aber entgegengeſetzt gerichtet. Bei $x = 0$ und $x = l$ ſeien die Werte von M_x durch M, M' und diejenigen von V_x durch V, $-V'$ bezeichnet. H_x hat für alle Querſchnitte denſelben Wert wie für $x = 0$, d. h. $H_x = H$. Die poſitiven Richtungen von x, y, φ, H, V, V', M_x, V_x, N_x, T_x ſind in Fig. 3 und 4 angedeutet. Man hat dann [10] § 1:

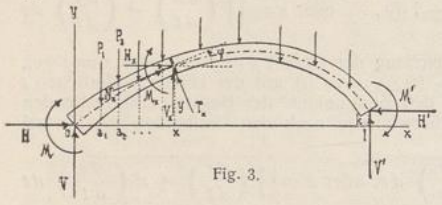


Fig. 3.

$$V = \frac{1}{l}\left[M' - M + Hk + \sum_0^l P(l-a)\right] = V_0, \quad 1.$$

$$V' = \frac{1}{l}\left[M - M' - Hk + \sum_0^l Pa\right] = -Vl, \quad 2.$$

$$V + V' = \sum_0^l P = V_0 - Vl, \quad 3.$$

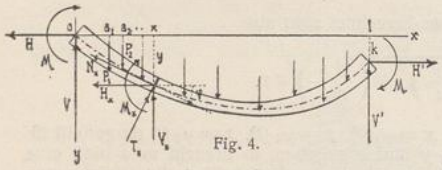


Fig. 4.

Moment und Vertikalkraft in einem beliebigen Querſchnitt x:

$$M_x = M + Vx - Hy - \sum_0^x P(x-a), \quad 4.$$

$$V_x = V - \sum_0^x P, \quad 5.$$

oder auch:

$$M_x = \frac{l-x}{l}\left[M + \sum_0^x Pa\right] + \frac{x}{l}\left[M' + \sum_x^l P(l-a)\right] - \left(y - \frac{k}{l}x\right)H, \quad 6.$$

$$V_x = \frac{1}{l}\left[M' - M - \sum_0^x Pa + \sum_x^l P(l-a) - H\right]. \quad 7.$$

Normalkraft (Axialkraft) und Transverſalkraft (Querkraft) bei x:

$$N_x = V_x \sin\varphi + H\cos\varphi, \quad 8.$$

$$T_x = V_x \cos\varphi - H\sin\varphi, \quad 9.$$

wobei N_x für Sprengbogen Druck, für Hängebogen Zug bedeutet (Fig. 3, 4). Den Abſolutwert der reſultierenden Schnittkraft beſtimmt:

$$R_x = \sqrt{H^2 + V_x^2} = \sqrt{N_x^2 + T_x^2}, \quad 10.$$

und den Winkel ihrer Richtung mit der poſitiven Richtung der x-Achſe:

$$\operatorname{tg}\psi = \frac{V_x}{H}. \quad 11.$$

Weiter hat man:

$$\frac{dM_x}{ds} = T_x, \qquad \frac{dM_x}{dx} = V_x - H\operatorname{tg}\varphi, \quad 12.$$

worin ds das Differential der Achslänge bei x bezeichnet. Alle bis jetzt angeführten Gleichungen gelten auch für Balken (ſ. d.), in welchem Falle $H = 0$ iſt. Zu beachten hat man, daß in 1.—7. die Grenzen der Summen Σ nicht Punkte, ſondern diejenigen Querſchnitte bedeuten, zwiſchen denen die in die betreffenden Summen aufzunehmenden Laſten P auf den Träger kommen.

Wollten wir die Koordinaten x, y und die Momente M_x nicht wie oben auf die Stabachſe, ſondern auf die Angriffspunkte der reſultierenden Schnittkräfte R_x beziehen, ſo würde mit $M_x = M = M' = 0$ folgen aus 4.:

$$y = \frac{1}{H}\left[Vx - \sum_0^x P(x-a)\right], \quad 13.$$

und aus 6.:

$$y = \frac{1}{Hl}\left[(l-x)\sum_0^x Pa + x\sum_x^l P(l-a) + xkH\right]. \quad 14.$$

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Dies ist die Gleichung der Stützlinie, die in der Gewölbetheorie eine Rolle spielt, und der Kettenlinien, mit denen man es bei Hängebrücken zu tun hat, für beliebige Belastung.

Ueber die speziellen Ausdrücke der Summen Σ in obiger Gleichung für stetig verteilte Lasten s. Belastung der Träger. Für eine auf die ganze Spannweite gleichmäßig verteilte Last von u ihrer Längeneinheit hat man:

$$\sum_0^l P(l-a) = \sum_0^l Pa = \frac{u\,l^2}{2}, \qquad \sum_0^x P(x-a) = \sum_0^x Pa = \frac{u\,x^2}{2},$$

$$\sum_0^l P = u\,l, \qquad \sum_0^x P = u\,x, \qquad \sum_x^l P(l-a) = \frac{u}{2}(l-x)^2.$$

Dabei ist vorausgesetzt, daß an Stelle der Querschnitte x die Achspunkte x als Summengrenzen angenommen werden dürfen, wie dies für stetig verteilte Lasten im allgemeinen zutrifft.

Auf Grund der oben und unter Biegung II gegebenen Formeln können alle Beanspruchungen vollwandiger Bogen für jede gegebene Belastung berechnet werden (s. a. Blechträger, Gitterträger), sobald der Horizontalschub H und die Endmomente M, M' bekannt sind [10]. Insbesondere hat man die Normalspannungen in den nach beiden Seiten von der Achsschicht entferntesten Querschnittselementen (zwischen denen die Werte aller andern Normalspannungen des Querschnitts liegen):

$$\sigma_o = \frac{N_x}{F} + \frac{M_x}{J} e_o, \qquad \sigma_u = \frac{N_x}{F} - \frac{M_x}{J} e_u, \qquad 15.$$

worin F den nutzbaren Querschnitt, J das Trägheitsmoment desselben, e_o, e_u die absoluten Entfernungen der fraglichen Querschnittselemente von der Achsschicht bedeuten (Fig. 5, 6). In dem gewöhnlichen Falle symmetrisch zur Achsschicht angeordneter Querschnitte hat man mit $e_o = e_u = e$:

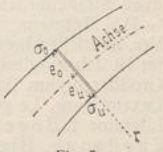


Fig. 5.

$$\sigma_o = \frac{N_x}{F} + \frac{M_x}{W}, \qquad \sigma_u = \frac{N_x}{F} - \frac{M_x}{W}, \qquad 16.$$

unter W das Widerstandsmoment des Querschnitts verstanden. Die H, M, M' hängen von der Anzahl der Oeffnungen, Anordnung der Auflager, Einschaltung von Gelenken, Form der Bogenachse, Veränderlichkeit des Querschnitts u. s. w. ab (s. Bogen, einfache und durchlaufende, Bogen mit Zugstange). Erweiterung der Formeln für beliebig geformte Schnitte s anstatt der Querschnitte x im Hinblicke auf Fachwerke s. Schnittkräfte; vgl. a. Fachwerke.

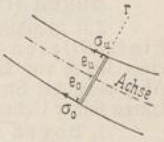


Fig. 6.

Die größte Spannweite von Bogenträgern besitzt gegenwärtig die Straßenbrücke über den Niagara bei Clifton, vollendet 1898 [14], mit 256,03 m, in Deutschland die Straßenbrücke über den Rhein bei Bonn, eröffnet 1898 [13], mit 187,92 m. Es sind dies Bogenträger mit Kämpfergelenken, während die Wupperbrücke bei Müngsten der Eisenbahnlinie Solingen—Remscheid [12] Bogen ohne Gelenke von 170 m Spannweite aufweist (Obergurt 180 m, Untergurt 160 m). Veranlaßt durch das Vorgehen Seyrigs bei der Maria-Pia-Brücke über den Douro der Eisenbahn Lissabon—Porto von 160 m Spannweite [1], Fig. 7, ist in den letzten Jahrzehnten eine ganze

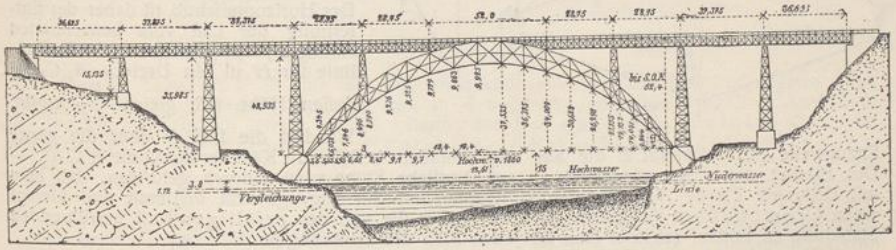


Fig. 7. Maria-Pia-Brücke über den Douro.

Reihe von Bogen ausgeführt worden, um darüberführenden Balkenträgern Stützpunkte zu bieten und so ohne bis zur Talsohle reichende Zwischenpfeiler in großer Höhe Flüsse und ganze Täler zu überspannen (Dourobrücke Luis I [3], 172,5 m, Müngstener Brücke [12], Garabitbrücke, Schwarzwasserbrücke u. s. w., Tabelle aller ausgeführten Bogenbrücken von Spannweiten über 100 m s. [14], S. 468, vgl. [16]). Die bisher genannten Bogenträger sind als Fachwerke gegliedert, die größte Spannweite vollwandiger Bogen, 155,23 m, besitzen die Zweigelenkbogen der Straßenbrücke über den Harlem-River in New York [4]. Auch die Gewölbe (Tonnengewölbe für Brücken) sind als vollwandige Bogen anzusehen [2], [8],]10] und werden am zuverlässigsten als solche berechnet [11]. Die größte Lichtweite eines Gewölbes (Betonbogen und Betoneisenbogen eingerechnet) besitzt augenblicklich die neue Straßenbrücke über das Petrustal bei Luxemburg [18], 84 m am Widerlagerfuß, 72 m an den Kämpfern des aufgesetzten Bogens, in Deutschland die Gutachbrücke in Baden [17] mit 64 m. Abgesehen ist bei allen diesen Angaben von Hängebogen, die vor Erbauung der Forthbrücke (1883—1890, s. Gelenkträger, durchlaufende) mit 486,36 m (East-River-Brücke in New York) die größte Spannweiten überhaupt besaßen und mit der von Lindenthal projektierten North-River-Brücke in New York [9] von 944,86 m Spannweite wieder alle andern Träger weit hinter sich lassen würden [16].

Literatur: [1] Seyrig, Le pont sur le Douro, Mémoires de la société des ingénieurs civils 1878, p. 741. — [2] Müller-Breslau, Elastizitätstheorie der nach der Stützlinie geformten Tonnen-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

gewölbe, Zeitſchr. für Bauweſen 1886, S. 273. — [3] Seyrig, Mémoire sur le pont-route Luis I à Porto, Mémoires de la société des ingénieurs civils 1886, p. 38. — [4] The Manhattan Bridge over the Harlem River, Engineering 1888, p. 425 (Zeitſchr. des Ver. deutſcher Ingenieure 1889, S. 1120). — [5] Lindenthal, The economic conditions of long span bridges with special reference to the proposed North River Bridge at New-York City, Pittsburgh 1889. — [6] Handbuch der Ingenieurwiſſenſchaften, Bd. 2, XII Theorie der eiſernen Bogenbrücken und Hängebrücken (von Melan), Leipzig 1890. — [7] Mehrtens, Weitgeſpannte Strom- und Talbrücken der Neuzeit, Zentralblatt der Bauverwaltung 1890, S. 357, 366, 376, 383, 391, 407. — [8] Kulka, Ueber die Berechnung großer gewölbter Brücken, Zeitſchr. d. öſterr. Ing.- und Arch.-Ver. 1894, S. 365, 377. — [9] Lindenthal, Die projektierte Brücke über den Hudſon (North-River) bei New York, Annalen für Gewerbe und Bauweſen 1896, II, S. 93, 113. — [10] Weyrauch, Elaſtiſche Bogenträger, ihre Theorie und Berechnung entſprechend den Bedürfniſſen der Praxis, München 1897. — [11] Weyrauch, Einige Ergebniſſe betreffend die Wiener Gewölbeverſuche, Zeitſchr. für Architektur- und Ingenieurweſen, Wochenausgabe 1897, S. 99, 105. — [12] Rieppel, Die Talbrücke bei Müngſten, Zeitſchr. des Ver. deutſcher Ingenieure 1897, S. 1321, 1373, 1421. — [13] Krohn, Die neue Rheinbrücke zwiſchen Bonn und Beuel, Deutſche Bauztg. 1898, S. 645, 657, 669. — [14] Kunz, Die neue Straßenbrücke über den Niagarafluß, Zeitſchr. d. öſterr. Ing.- und Arch.-Ver. 1899, S. 465. — [15] Mehrtens, Der deutſche Brückenbau im 19. Jahrhundert, Berlin 1900 (auch Zeitſchr. des Ver. deutſcher Ingenieure 1900). — [16] Weyrauch, Ueber die Zunahme der Brückenſpannweiten im 19. Jahrhundert, Zeitſchr. f. Bauweſen 1901, S. 465, 617. — [17] Moſer, Große Steinbrücken im Großherzogtum Baden, Schweiz. Bauztg. 1901, II, S. 271. — [18] Dutreux, Le nouveau pont de Luxembourg, Le génie civil 1901/02, S. 185 (Zentralbl. d. Bauverwaltung 1902, S. 461). — Weitere Literatur ſ. Bogen, einfache und durchlaufende, Bogenfachwerke, Bogen mit Zugſtange, Blechträger, wie auch in [4], S. 141, 203, 249.

Weyrauch.

Bogen (Bogenfachwerke). Graphiſche Berechnung.

Zur graphiſchen Berechnung von Bogenträgern verwendet man in neuerer Zeit meiſtens Einflußlinien (ſ. d.). Wenn die vorgeſchriebene Verkehrslaſt wie bei Eiſenbahnbrücken aus einer Reihe von Einzellaſten beſteht, iſt die Anwendung von Einflußlinien kaum zu umgehen. Aber auch bei Straßenbrücken und zur Behandlung des Eigengewichtes erweiſt ſich dieſes Verfahren ſeiner Ueberſichtlichkeit wegen als vorteilhaft, wenn es auch nicht immer das kürzeſte iſt.

1. Bogen mit drei Gelenken. Für jede Belaſtung des Bogens muß die Drucklinie durch die drei Gelenke $A\,B\,C$ (Fig. 1) gehen. Für eine Einzellaſt P iſt ſomit $A\,E\,B$ die Drucklinie. Zerlegt man P parallel zu $A\,E$ und $B\,E$ in zwei Seitenkräfte, ſo erhält man die beiden Auflagerdrücke R und R' (Fig. 1, rechts). Die wagerechte Seitenkraft H der Auflagerdrücke iſt der Horizontalſchub der Drucklinie. Aus geometriſchen Gründen verhält ſich $H : P = x : A\,K$, ſomit $H = P\,x : A\,K$. Der Horizontalſchub iſt daher der Entfernung der Laſt vom benachbarten Auflager proportional, und die Einflußlinie für H iſt ein Dreieck $A_1\,C_1\,B_1$, deſſen Höhe ſich gleich $\frac{P\,l}{4\,f}$ ergibt.

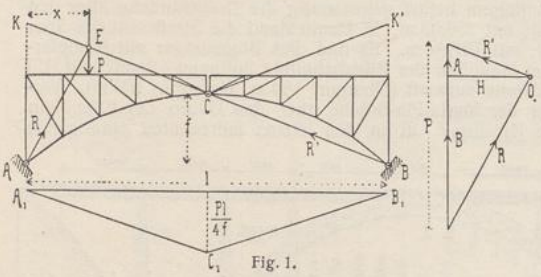


Fig. 1.

Wandert die Laſt P über die ganze Spannweite, ſo beſchreibt E die aus zwei Geraden beſtehende Kämpferdrucklinie $K\,C\,K'$. — Der Einfluß des Eigengewichtes auf ſämtliche Stäbe wird dadurch gefunden, daß man mit Hilfe der Fläche $A_1\,C_1\,B_1$ den Horizontalſchub für Eigengewicht beſtimmt und hierauf einen Cremonaſchen Kräfteplan zeichnet. — Um die von der zufälligen Laſt herrührenden Stabkräfte zu finden, zeichnet man für jeden Stab die Einflußfläche.

Man ſubtrahiert zu dieſem Zwecke den Einfluß des Horizontalſchubs H von demjenigen der lotrechten Kräfte A, P und B. Erſterer wird durch das Dreieck $A_1\,C_1\,B_1$ (Fig. 2) dargeſtellt, letzterer für den Stab 5 durch ein Dreieck $A_1\,D_1\,B_1$, deſſen Spitze lotrecht unter dem Drehpunkte D (ſ. d.) des Stabes liegt. (Vgl. Einflußlinie für einen einfachen Balken.) Das überſchlagene Viereck $A_1\,C_1\,B_1\,D_1$ ſtellt ſomit die Einflußfläche für den Stab 5 dar. Trägt man die Ordinaten dieſer Fläche von einer wagerechten Linie aus auf, ſo bekommt man das Viereck $A'\,B'\,C'\,D'$. Um dieſes Viereck zu zeichnen, beſtimmt man die Kräfte $C'\,C''$ und $A'\,A''$. Erſtere tritt im Stabe auf, wenn P über dem Gelenke ſteht. Um ſie zu finden, zerlegt man P parallel zu $A\,C$ und $B\,C$ in zwei Seitenkräfte R und R' und zeichnet, von R ausgehend (Fig. 2 unten), einen Cremonaſchen Kräfteplan. Als P wird die am meiſten vorkommende Einzellaſt gewählt. (Der Deutlichkeit zulieb iſt dieſer Plan in vierfacher Größe gezeichnet worden.) Die Kräfte $A'\,A''$ entſtehen, wenn man P im Auflager A als lotrechte Kraft angreifen läßt. Das führt zu einem zweiten Cremonaſchen Plane. Kennt man die Kräfte $C'\,C''$ und $A'\,A''$ für irgend einen Stab, ſo läßt ſich deſſen Einflußfläche leicht zeichnen. Als Probe dient, daß der Punkt E, in welchem die Kämpferdrucklinie von $A\,D$ geſchnitten wird, lotrecht über dem Nullpunkte E' der Einflußfläche liegen muß (vgl. Belaſtungsgrenze). — Fig. 3 zeigt die Einflußfläche für die Strebe $S\,T$ (Stab 5, 6 in Fig. 2). $A_1\,C_1\,B_1$ ſtellt den Einfluß des Horizontalſchubs, $A_1\,S_1\,T_1\,B_1$ den Einfluß der lotrechten Kräfte dar. $A_1\,S_1$ und $B_1\,T_1$ ſchneiden ſich lotrecht unter D. Auf eine wagerechte Linie übertragen ergibt ſich das Fünfeck $A'\,S'\,T'\,C'\,B'$. Die Strecken $C'\,C''$ und $A'\,A''$ werden den beiden Cremonaſchen Plänen der Fig. 2 entnommen;

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

$A'S'$ und $C'T'$ ſchneiden ſich lotrecht unter D. Als Probe dient, daß der Punkt E, in dem die Kämpferdrucklinie von AD getroffen wird, lotrecht über E' liegen muß.

2. Bogen mit zwei Gelenken ſind einfach ſtatiſch unbeſtimmt und verlangen zu ihrer Berechnung die Zuhilfenahme der elaſtiſchen Formänderungen. Man berechnet (Fig. 4) für jeden Stab die Größe $\Delta w = s y : E F a^2$ (F = Querſchnittsfläche des Stabes, E = Elaſtizitätsmodul), betrachtet dieſe Größen als Gewichte, die in den Drehpunkten D der Stäbe angreifen, trägt ſie in beliebigem Maßſtabe auf und ſetzt ſie, indem man ſie erſt lotrecht, dann wagerecht wirken läßt, durch zwei Seilpolygone (ſ. d.) $A_1 B_1$ und $A' B'$ zuſammen gerade ſo, als ob man deren Schwerpunkt M beſtimmen wollte. (Die von den Streben herrührenden Gewichte können in der Regel vernachläſſigt werden.) Das erſte Seilpolygon wird ganz gezeichnet; die Polweite h wird gleich w, gleich der Summe aller Δw genommen. Das zweite Seilpolygon wird bei ſymmetriſcher Anordnung bloß zur Hälfte gezeichnet, und zwar mit einem beliebig gewählten Pole O'. Seine Seiten ſtehen ſenkrecht auf den Strahlen aus O'. Es empfiehlt ſich, die Ordinate m der wagerechten Schwerlinie auch rechneriſch zu beſtimmen nach der Formel $m = \Sigma (\Delta w \cdot y) : w$.

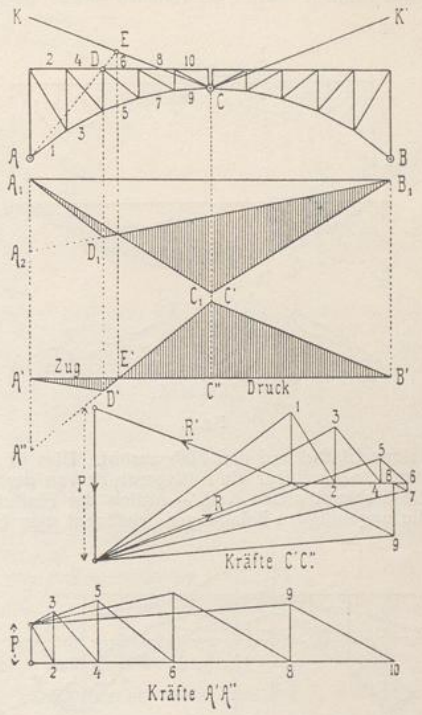


Fig. 2.

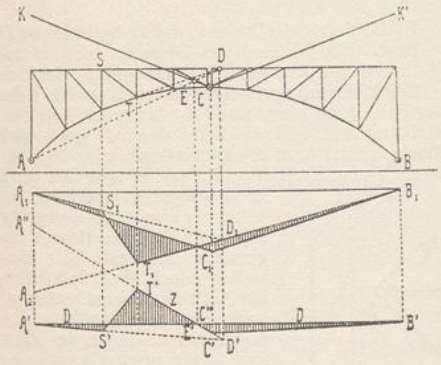


Fig. 3.

Für die Einzellaſt P iſt nun der Horizontalſchub $H = P z : m$. Das Seilpolygon $A_1 B_1$ iſt nämlich die Durchbiegungslinie für eine in A wagerecht angreifende Kraft P, und zwar ſind die Durchbiegungen gleich $P h z$. Denn der Formänderungswinkel (ſ. d.) für einen einzelnen Stab iſt gleich $M s : E F a^2 = P y s : E F a^2 = P \cdot \Delta w$ und die Biegungslinie (ſ. d.) wird erhalten, wenn man die Formänderungswinkel als lotrechte Kräfte anſieht und durch ein Seilpolygon zuſammenſetzt. Nach dem Geſetze von der Gegenſeitigkeit der Formänderungen iſt die Durchbiegung z auch gleich der wagerechten Verſchiebung der Punkte A und B, die eintritt, wenn P als lotrechte Laſt wirkt. Dieſe Verſchiebung muß der Horizontalſchub H rückgängig machen. Der Formänderungswinkel für H iſt $H y s : E F a^2 = H \Delta w$, und die wagerechte Verſchiebung der Auflagerpunkte gleich $H \cdot \Delta w \cdot y$ oder für ſämtliche Stäbe gleich $H w m$. Macht man noch $h = w$, ſo folgt $H = P z : m$. Die lotrechte Seitenkraft von R iſt $A = P b : l$. Es verhält ſich ſomit $H : A = \frac{P z}{m} : \frac{P b}{l} = \frac{z l}{b} : m = A_1 A_2 : m$. Zieht man (Fig. 4) $A_2 F_1$ unter 45° und lotet F_1 hinauf nach F, ſo iſt hiernach AFE die Richtung des linksſeitigen und BE die des rechtsſeitigen Auflagerdruckes. Beſtimmt man E für verſchiedene Laſtſtellungen, ſo findet man die Kämpferdrucklinie KK'. — Der Einfluß des Eigengewichtes auf ſämtliche Stäbe wird am einfachſten dadurch beſtimmt, daß man die z für ſämtliche Pfoſten

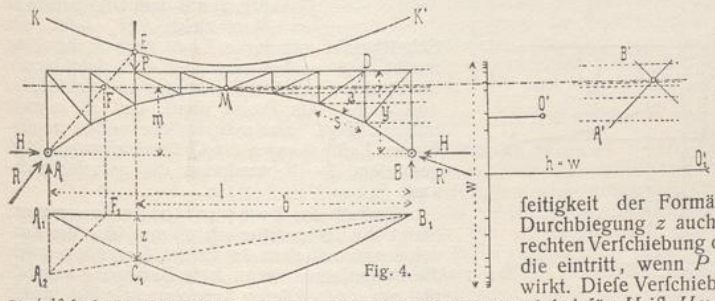


Fig. 4.

mit dem Zirkel ſummiert, daraus den Horizontalſchub $H = \frac{P\,\Sigma(z)}{m}$ berechnet und einen Cremonaſchen Kräfteplan (ſ. d.) zeichnet. (P = Eigengewichtslaſt pro Pfoſten.) — Der Einfluß der zufälligen Laſt wird mittels Einflußlinien beſtimmt.

Für den Stab 5 (Fig. 5) findet man die Einflußfläche, indem man den Drehpunkt D desſelben mit A verbindet, den Schnittpunkt F mit der m-Linie nach F_1 herunterlotet, $A_1 A_2$ gleich $A_1 F_1$ macht und die Linien $A_2 B_1$ und $A_1 D_1$ zieht. Der Einfluß des Horizontalſchubes wird nämlich durch die Ordinaten des Seilpolygons $A_1 B_1$ dargeſtellt, der Einfluß der lotrechten

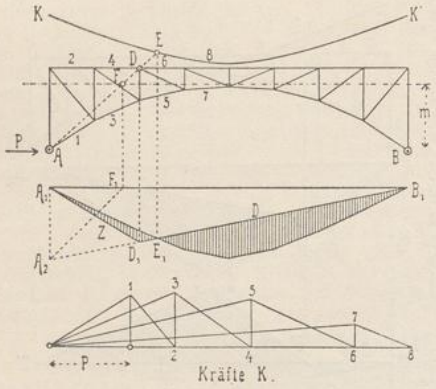


Fig. 5.

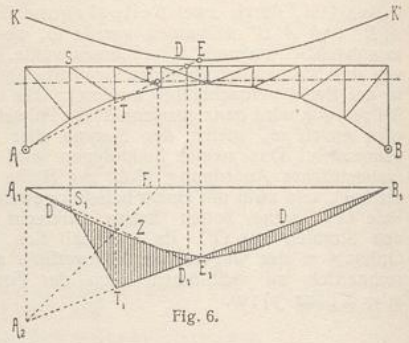


Fig. 6.

Kräfte durch ein Dreieck, deſſen Spitze unter D liegt. Die Höhe dieſes Dreiecks muß ſo beſtimmt werden, daß der Nullpunkt E_1 der Einflußfläche mit derjenigen Laſt zuſammenfällt, die keinen Einfluß auf den Stab ausübt. Dies iſt der Fall, denn einer über E_1 ſtehenden Laſt entſpricht nach früher ein Auflagerdruck von der Richtung AE, und da dieſer durch D geht, wird die Stabkraft gleich Null. — Mittels der Einflußfläche findet man die Ordinatenſumme $\Sigma(z)$ für die ungünſtigſten Belaſtungen. Beſtimmt man hiernach eine Kraft $H = P\,\Sigma(z) : m$ und läßt dieſe in A wagerecht angreifen, ſo bekommt man durch Zerlegung nach dem Schnittverfahren die geſuchte Stabkraft S_5. Einfacher jedoch iſt es, ſtatt deſſen die Kraft P (die am häufigſten vorkommende Einzellaſt) in A wagerecht angreifen zu laſſen und dafür einen Cremonaſchen Plan zu zeichnen (Fig. 5, unten). Nennt man die Kräfte dieſes Planes K, ſo iſt die geſuchte Stabkraft $S_5 = K_5\,\Sigma(z) : m$. Fig. 6 zeigt die Einflußfläche für die Strebe ST (Stab 3, 4 in Fig. 5) mit dem Drehpunkte D. Man zieht AD, lotet den Schnittpunkt mit der m-Linie nach F_1 herunter, macht $A_1 A_2 = A_1 F_1$ und zieht $A_2 B_1$, lotet hierauf die Punkte D, S und T herunter und zieht $A_1 D_1$ und $S_1 T_1$. Als Probe dient, daß E_1 lotrecht unter E liegt. Hat man für die beiden ungünſtigſten Laſtſtellungen die Ordinatenſummen $\Sigma(z)$ gefunden, ſo iſt wiederum die geſuchte Stabkraft $S_{3,4} = K_{3,4}\,\Sigma(z) : m$.

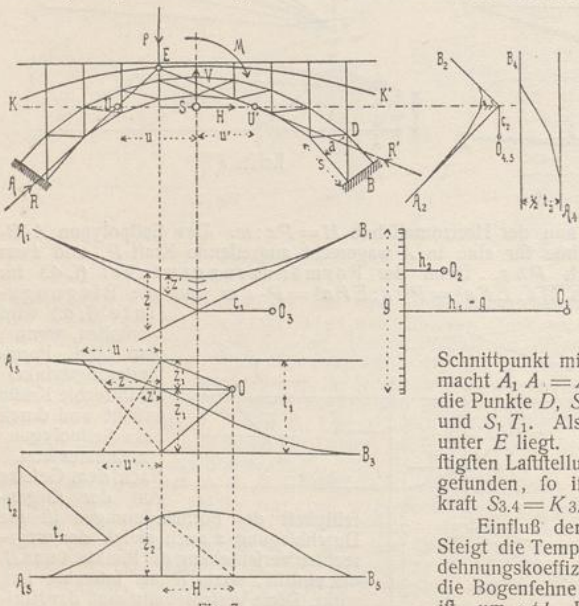


Fig. 7.

Einfluß der Temperaturänderungen: Steigt die Temperatur um t^0 und iſt α der Ausdehnungskoeffizient des Eiſens, ſo verlängert ſich die Bogenſehne, wenn freie Bewegung möglich iſt, um $\alpha\,t\,l$. Dieſer Ausdehnung wirkt in der Richtung AB die Temperaturkraft T entgegen. Sie verkürzt die Bogenſehne nach früher um die Strecke $T\,w\,m$. Durch Gleichſetzen ergibt ſich $T = \alpha\,t\,l : w\,m$. Die Stabkräfte ſind alsdann (ſ. Fig. 5) $S_t = T \cdot K : P$.

3. Bogen ohne Gelenke ſind, einfachen Strebenzug vorausgeſetzt, dreifach ſtatiſch unbeſtimmt. Zu ihrer ſtatiſchen Berechnung verwendet man am beſten die Sätze von den Elaſtizitätsellipſen (ſ. d.). Man berechnet für jeden Stab die Größe $\Delta g = s : E F a^2$, betrachtet dieſe Größen als Gewichte, die in den Drehpunkten D der Stäbe angreifen, trägt ſie in beliebigem Maßſtabe auf und ſetzt ſie, indem man ſie erſt lotrecht, dann wagerecht wirken läßt, durch zwei Seilpolygone zuſammen, als ob man deren Schwerpunkt S beſtimmen wollte.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

(Die von den Streben herrührenden Gewichte können in der Regel vernachläſſigt werden.) Das erſte Seilpolygon wird ganz gezeichnet, die Polweite h_1 wird am beſten gleich g, gleich der Summe aller Δg gemacht (Fig. 7). Das zweite Seilpolygon wird bei ſymmetriſcher Anordnung bloß zur Hälfte gezeichnet; Polweite h_2 beliebig. Hierauf betrachtet man die Abſchnitte der Seilpolygonſeiten auf den Schwerlinien wieder als Kräfte und ſetzt ſie durch drei weitere Seilpolygone zuſammen, als ob man die Trägheitsmomente und das Zentrifugalmoment der Δg beſtimmen wollte. Die Polweiten c_1 und c_2 ſind beliebig. Das 4. Seilpolygon wird nur zur Hälfte gezeichnet. Sind t_1 und t_2 die Geſamtabſchnitte im 3. und 4. Seilpolygon, ſo ergeben ſich die Halbachſen der Elaſtizitätsellipſe des Bogens

$$i_1 = \sqrt{c_1\, t_1} \text{ und } i_2 = \sqrt{\frac{h_2}{h_1}\, c_2\, t_2}.$$

(Die Ellipſe iſt in Fig. 8 gezeichnet.)

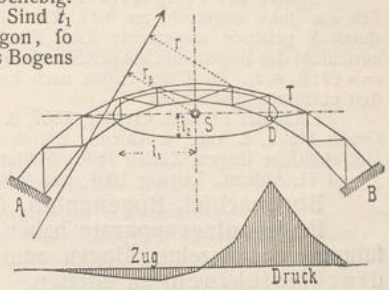


Fig. 8.

Man denkt ſich nun das Bogenauflager B feſt, das Auflager A dagegen frei ſchwebend und den Punkt S durch einen ſtarren Stab mit A verbunden. Dann erleidet der Punkt S unter dem Einfluſſe einer Einzellaſt P eine Drehung δ, eine vertikale Verſchiebung v und eine horizontale Verſchiebung h. Nach der Theorie der elaſtiſchen Gewichte iſt δ gleich der Kraft P mal dem auf die Kraftrichtung bezogenen ſtatiſchen Momente der in Betracht fallenden Gewichte Δg, d. h. $\delta = P h_1 z$. Ferner iſt v gleich P mal dem auf die Verſchiebungs- und auf die Kraftrichtung bezogenen Zentrifugalmomente der Gewichte Δg, d. h. $v = P h_1 c_1 z_1$. Ebenſo wird $h = P h_2 c_2 z_2$. Dieſe Bewegungen muß der Auflagerdruck R rückgängig machen. Zerlegt man R in zwei durch S gehende Kräfte V und H und eine unendlich ferne, unendlich kleine Kraft (ein Kräftepaar) vom Momente M, ſo bewirkt nach der Theorie der Elaſtizitätsellipſe M eine Drehung des Punktes S von der Größe $\delta = M g$, V eine vertikale Verſchiebung des Punktes S von der Größe $v = V g i_1^2$ und H eine horizontale Verſchiebung von der Größe $h = H g i_2^2$. Setzt man die Werte δ, v und h einander gleich und berückſichtigt obige Ausdrücke für i_1 und i_2, ſowie die Annahme $h_1 = g$, ſo folgt $M = P z$, $V = P z_1 : t_1$, $H = P z_2 : t_2$. Mit andern Worten: Die Seilpolygone 1, 3 und 5 bilden mit ihren rechtsſeitigen Endtangenten die Einflußflächen für M, V und H. Wählt man ſtatt der rechtsſeitigen die linksſeitigen Endtangenten, ſo bekommt man die Einflußflächen für die Seitenkräfte M', V' und H' des Auflagerdruckes R'. Es iſt $M' = P z'$, $V' = P z_1' : t_1$, $H' = H$.

Die wagerechte Schwerlinie werde von den Auflagerdrücken in U und U' geſchnitten. Dann iſt $US = u = \frac{M}{V} = \frac{z\, t_1}{z_1}$ und $U'S = u' = \frac{z'\, t_1}{z_1'}$. Trägt man z und z' vom Trennungspunkte der Strecken z_1 und z_1' aus wagerecht auf, ſo ergeben zwei (im Seilpolygon $A_3 B_3$, Fig. 7, punktierte) Verbindungslinien die Strecken u und u'. Macht man ferner $P = t_1$, ſo wird $V = z_1$, $V' = z_1'$ und $H = \frac{t_1 z_2}{t_2}$. Letztere Größe wird gefunden, wenn man (Fig. 7, unten links) ein rechtwinkliges Dreieck mit den Katheten t_1 und t_2 zeichnet und durch den oberen Endpunkt von z_2 eine Parallele zur Hypotenuſe zieht. Lotet man den Endpunkt von H hinauf nach O und verbindet O mit den Endpunkten von z_1 und z_1', ſo bekommt man Richtung und Größe der beiden Auflagerdrücke. Zwei dazu parallele Linien durch U und U' geben die Lage derſelben. — Bei wandernder Laſt beſchreibt E die Kämpferdrucklinie (ſ. d.), und die Linien UE und $U'E$ umhüllen zwei Kurven, die man die Umhüllungslinien des Bogens nennt. Wenn man durch den Drehpunkt eines Stabes Tangenten an die Umhüllungslinien zieht und ſie bis zur Kämpferdrucklinie verlängert, ſo findet man die Belaſtungsgrenzen des Stabes. — Um den Einfluß des Eigengewichts zu beſtimmen, ſummiert man die Ordinaten z und z_2 für ſämtliche Pfoſten; dann ſind, wenn P die Eigengewichtslaſt pro Pfoſten bedeutet, die Seitenkräfte des Auflagerdrucks $M = P \Sigma(z)$, $V = {}^1/_2 \Sigma(P)$ und $H = P \Sigma(z_2) : t_2$. Mit Hilfe dieſer Werte läßt ſich die Strecke $US = \frac{M}{V}$ berechnen, der Auflagerdruck nach Größe, Lage und Richtung auftragen und ein Cremonaſcher Kräfteplan zeichnen. — Um den Einfluß der zufälligen Laſten zu beſtimmen, muß man für jeden Stab eine beſondere Einflußfläche zeichnen.

Zu dieſem Zwecke zerlegt man die am häufigſten vorkommende Einzellaſt P (bei Straßenbrücken die Pfoſtenkraft) für jeden Pfoſten in ihre beiden Auflagerdrücke und zeichnet für jeden Pfoſten einen Cremonaſchen Plan. Mit Hilfe der einzelnen Kräfte dieſer Pläne laſſen ſich dann leicht die Einflußflächen für ſämtliche Stäbe auftragen. — Ein andres Verfahren zum Zeichnen der Einflußlinien ſtützt ſich auf den Satz von der Gegenſeitigkeit der Formänderungen. Man beſtimmt für den Drehpunkt des betreffenden Stabes die Antipolare hinſichtlich der Elaſtizitätsellipſe des Bogens, denkt ſich in dieſer eine Kraft Eins wirkend und zeichnet dazu die Biegungslinie des Bogens, wobei man an beiden Auflagern in wagerechter Richtung beginnt und die beiden Zweige fortfetzt, bis ſie lotrecht unter dem Drehpunkte in einer ſcharfen Ecke zuſammenſtoßen. Um die Biegungslinie als Seilpolygon zu zeichnen, trägt man die Entfernungen r der Antipolaren von den Drehpunkten der Stäbe als Kräfte auf und wählt die Größen $g r_s : \Delta g$ (r_s = Entfernung der Antipolaren von S) als Polweiten. Die Ordinaten dieſer Einflußlinie ſtellen, mit P multipliziert, das Drehpunktsmoment für den Stab dar. In Fig. 8 iſt auf dieſe Weiſe die Einflußlinie für den Stab T gezeichnet worden. Der Deutlichkeit zuliebe ſind die Ordinaten in vierfacher Größe aufgetragen.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Wenn die Zahl der Stäbe groß iſt, ſo wird das Zeichnen von Einflußlinien ſehr umſtändlich. Iſt die zufällige Laſt gleichförmig verteilt (Straßenbrücken), ſo empfiehlt es ſich in dieſem Falle, die Auflagerdrücke für die Pfoſtenkräfte durch ein Kräfte- und Seilpolygon zuſammenzuſetzen, mit Hilfe von Kämpferdruck- und Umhüllungslinien die Belaſtungsgrenzen aufzuſuchen, daraus die entſprechenden Auflagerdrücke zu ermitteln und hierauf die Stabkräfte nach dem Schnittverfahren zu beſtimmen.

Einfluß der Temperaturänderungen. Hält man das rechte Auflager feſt, ſo verſchiebt ſich das linke wagerecht um $\alpha t l$. Um dieſe Bewegung rückgängig zu machen, muß man eine durch S gehende wagerechte Kraft T anbringen. (Vgl. Elaſtizitätsellipſe.) Dieſe Kraft verſchiebt das Bogenende um die Strecke $T g i_2^2$, woraus durch Gleichſetzung folgt: $T = \alpha t l : g i_2^2 = \alpha t l : h_2 c_2 t_2$. Iſt T der Größe nach berechnet, ſo führt ein Cremonaſcher Kräfteplan zu den einzelnen Stabkräften.

Literatur: Fränkel, Civiling. 1867, S. 57; Schäffer, Zeitſchr. f. Bauw. 1875, S. 381; Culmann, Graph. Statik, 2. Aufl., 4. Abſchn., Zürich 1875; Steiner, Allgem. Bauztg. 1878, S. 21; Ritter, W., Der elaſtiſche Bogen, Zürich 1886; Müller-Breslau, Graph. Statik der Baukonſtr., Bd. 1, 3. Aufl., 7. und 11. Abſchn., Leipzig 1901, und 2 Bd., 2. Abſchn., Leipzig 1892. *(Ritter) Roth.*

Bogenachſel, Bogenanfall, ſ. Bogen, Gewölbe.

Bogenanlegeapparate haben die Beſtimmung, die Handarbeit bei der Zuführung der einzelnen Bogen zum Druckzylinder der Schnellpreſſen (ſ. Buchdruckmaſchinen) zu erſetzen.

Die ſehr zahlreichen ſeit Dezennien gemachten Verſuche haben erſt jetzt zu praktiſch brauchbaren Apparaten geführt. Sie ſcheiden ſich in ſolche, die entweder 1. eine Falte des Bogens bilden, um ihn vom Papierſtoße abzuheben, oder 2. zu dieſem Zwecke den oberſten Bogen pneumatiſch anſaugen, oder endlich 3. durch Ausſtreichen die erſte Trennung der Blätter bewirken. In den meiſten Fällen wird außerdem behufs ſicherer Löſung Preßluft gegen den abzunehmenden Bogen geblaſen. Hiernach wird er durch Greifer, Walzen oder Bänder dem Druckzylinder zugeführt. Häufig ſind die Apparate mit durch Elektrizität getriebenen Vorrichtungen kombiniert, welche die Druckmaſchine ſelbſt ſofort zum Stillſtande bringen, wenn ein Bogen ſchlecht oder gar nicht zugeführt wurde.

Literatur: Töbelmann, Archiv für Buchgewerbe 1903. *A. W. Unger.*

Bogenblende (blinder Bogen, Blendbogen), Bogen, der eine ſehr flache Wandniſche überſpannt. *L. v. Willmann.*

Bogenbrücken, Brückenſyſteme, deren Ueberbau als Bogenſprengwerke oder, bei Ausführung in Stein, als Gewölbe ausgeführt iſt. In ihrem ſtatiſchen Verhalten ſind ſie dadurch gekennzeichnet, daß in den Auflagern des Bogens

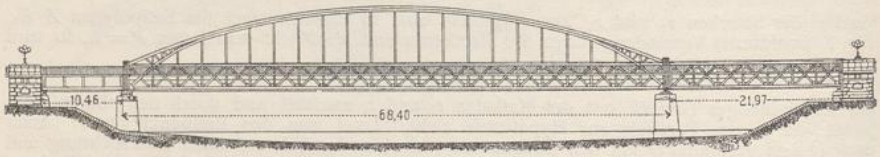


Fig. 1. Murbrücke, Graz.

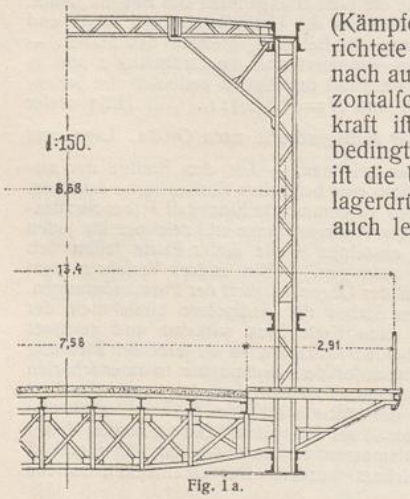


Fig. 1a.

(Kämpfern) auch bei lotrechter Belaſtung ſchief gerichtete Kräfte (Kämpferdrücke) auftreten, die eine nach außen gerichtete horizontale Komponente (Horizontalſchub) haben. Das Auftreten dieſer Horizontalkraft iſt durch die Unverſchiebbarkeit der Auflager bedingt. Hierdurch und nicht durch die Bogenform iſt die Unterſcheidung von dem bloß lotrechte Auflagerdrücke äußernden Balkenträger gegeben, da auch letzterer, beiſpielsweiſe bei ſichelförmigen Dachbindern, die Bogenform annehmen kann, ohne als eigentlicher Bogenträger zu wirken. Der Horizontalſchub des Bogens kann entweder von feſten Widerlagern oder Pfeilern aufgenommen werden oder es iſt ein die Bogenfüße verbindendes Zugband vorhanden. Im letzteren Falle werden die Stützen der Träger nur lotrecht belaſtet. Wenn von den ſteinernen gewölbten Brücken (ſ. Brücken, ſteinerne) abgeſehen wird, ſo kommt als

Bauſtoff für die Bogenbrücken jetzt wohl nur Schmiedeeiſen und Stahl in Betracht, und die hölzernen und gußeiſernen Bogenbrücken haben nur noch eine geſchichtliche, auf die Entwicklung der Brückenbaukunſt bezügliche Bedeutung.

Von den erſteren ſind insbeſondere die von Wiebeking anfangs vorigen Jahrhunderts in Süddeutſchland zahlreich erbauten hölzernen Bogenbrücken, dann weiter die amerikaniſchen Holzbogenbrücken (Kaskadebrücke, 53,3 m Spannweite u. a.), die aber zum größten Teile bereits durch Eiſenkonſtruktionen erſetzt wurden, hervorzuheben. In den gußeiſernen Bogenbrücken, und zwar in den zu Ende des 18. Jahrhunderts in England erbauten Brücken dieſer Art (1776 Brücke über den Severn bei Brofelei, 1796 desgleichen bei Buildwas, beide aus dem Coalbrookdale-Eiſenwerke), hat das Eiſen ſeine erſte Anwendung im Brückenbau gefunden. Bemerkenswert ſind da insbeſondere die Leiſtungen der engliſchen Ingenieure Wilſon, der 1796 die allerdings bald baufällig gewordene Brücke über den Wear bei Sunderland mit der kühnen Spannweite von 73,1 m nach einem urſprünglich von Paine für eine Brücke in Philadelphia aufgeſtellten Entwurfe errichtete, Thomas Telford, der die Brücke bei Buildwas, und John Rennie, der 1814—1819 die Southwarkbrücke in London mit einer Mittelöffnung von 73,1 m erbaute, deren Anordnung und muſterhafte Ausführung gegenüber den erſten gußeiſernen Brücken bereits namhafte Fortſchritte zeigt. In England und in andern Ländern, namentlich in Frankreich, ſind Gußeiſenbogen bis etwa noch vor vier Dezennien für Straßen- und Kanalbrücken nicht ſelten angewendet worden, während in Deutſchland das Gußeiſen überhaupt in geringerem Maße und ſeit der Mitte des vorigen Jahrhunderts nur in vereinzelten Fällen zur Verwendung gelangte.

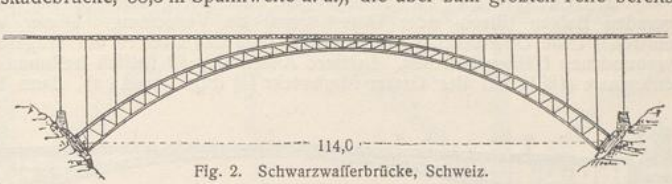


Fig. 2. Schwarzwaſſerbrücke, Schweiz.

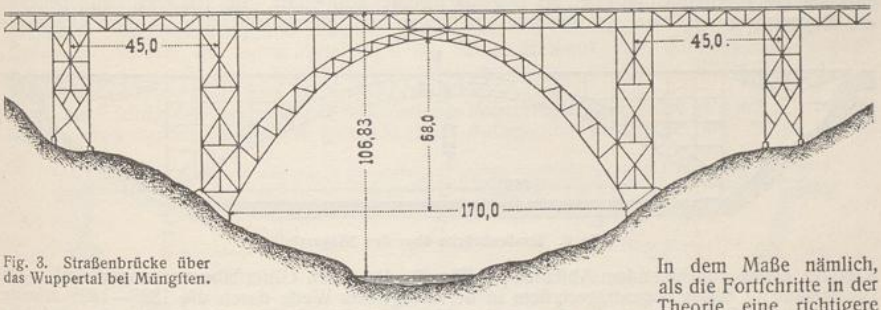


Fig. 3. Straßenbrücke über das Wuppertal bei Müngſten.

In dem Maße nämlich, als die Fortſchritte in der Theorie eine richtigere ſtatiſche Beurteilung der Bogenträger ermöglichten, erkannte man, daß ſie bei der wechſelnden Belaſtung der Brücken nicht durchgängig nur auf Druck beanſprucht werden, ſondern daß auch Biegungsmomente auftreten, die unter Umſtänden Zugſpannungen hervorrufen können. Für eine derartige Beanſpruchung, die bei bewegten Laſten auch noch mit Stoßwirkungen verbunden iſt, iſt das Gußeiſen wenig geeignet.

Die Reihe der ſchweißeiſernen Bogenbrücken wurde durch die im Jahre 1854 erbaute Eiſenbahnbrücke über die Aare bei Olten mit Vollwandblechbogen von 31,5 m Weite und durch die faſt gleichzeitig errichtete Arcolebrücke in Paris (Blechbogen mit Zwickelausfachung von 80 m Weite) eröffnet, doch blieb noch durch mehrere Jahrzehnte die Anwendung dieſer Brückenart auf vereinzelte Ausführungen beſchränkt. Von dieſen ſind hervorzuheben: in Deutſchland die 1864 von Hartwich erbaute Rheinbrücke der Linie Koblenz-Lahnſtein, mit rund 97 m

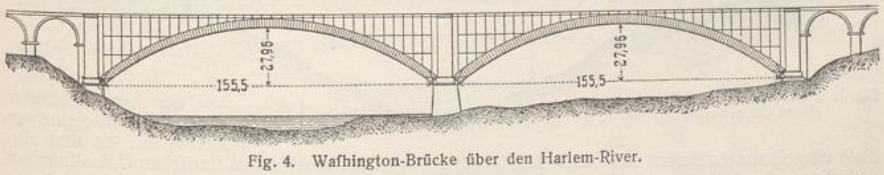


Fig. 4. Waſhington-Brücke über den Harlem-River.

Oeffnungsweite, in Amerika die 1874 vollendete Miſſiſſippibrücke in St. Louis mit drei 158 m weit geſpannten Bogen aus Chromſtahl. Beide haben parallelgurtige Gitterbogen, erſtere beſitzt Kämpfergelenke. — Die Fortſchritte in der Theorie und Praxis des Baues eiſerner Brücken, die das 8. und 9. Jahrzehnt des vorigen Jahrhunderts brachte, waren für die ſteigende Anwendung des Bogenträgerſyſtems und für die Entwicklung, die der Bau der Bogenbrücken in den letzten Jahrzehnten namentlich in Deutſchland nahm, von großer Bedeutung. Den Rheinbrücken bei Rheinhauſen (1873) und oberhalb Koblenz (1879), die an das Vorbild der älteren Koblenzer Brücke anlehnen, folgten eine Reihe großer Bogenbrücken in Frankreich, der Schweiz, Nord-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

amerika und insbesondere in Deutschland, wo in den letzten Jahren durch den Bau der Brücken am Nordostseekanal (bei Grünental und Levensau), der Talbrücke bei Müngsten (Kaiser Wilhelmbrücke), der Reinbrücken zu Mainz, Bonn, Düsseldorf und Worms, der Elbebrücken zu Dresden, Haarburg und Magdeburg u. a. zahlreiche, durch Mannigfaltigkeit der Systeme und mustergültige Konstruktion hervorragende Entwürfe und Ausführungen von Bogenbrücken geschaffen wurden.

Die verschiedenen Systeme können in die folgenden Anordnungen gruppiert werden:

1. Schlaffe Bogen (Stabpolygon oder polygonales Sprengwerk) in Verbindung mit geraden Balken (Blech- oder Gitterträgern) als Versteifung. Dieser Versteifungsträger kann entweder ohne Unterbrechung durchgehen oder aus zwei in der Trägermitte durch ein Gelenk verbundenen Hälften bestehen. Letztere Anordnung ist statisch bestimmt. Das System hat zum erstenmale (1881) bei der Grazer Murbrücke [3] (Fig. 1 und 1 a), dann bei der Ihmebrücke in

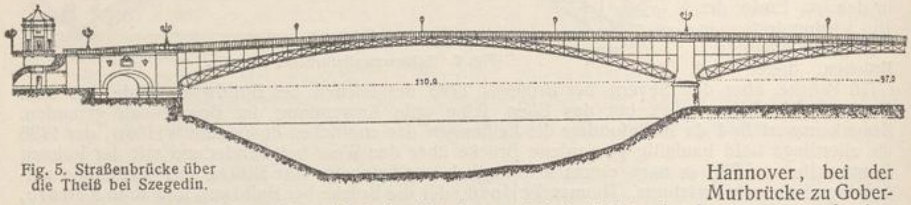


Fig. 5. Straßenbrücke über die Theiß bei Szegedin.

Hannover, bei der Murbrücke zu Gobernitz (70,5 m mit Mittelgelenk) und bei der Brücke am Bahnhof Halensee Anwendung gefunden. Bei diesen Ausführungen liegt der Bogen über dem Versteifungsträger, so daß dessen Achse mit der Bogensehne zusammenfällt und derselbe gleichzeitig den Horizontalschub aufnimmt. Wegen der Notwendigkeit, dem Bogen einen genügend knickfesten Querschnitt zu geben, erscheint das System bei größeren Oeffnungsweiten nicht mehr als zweckmäßig.

2. Steife Bogen mit eingespannten Enden, bezw. ohne Gelenk. Dieselben werden entweder als Blechbogen [4] oder als Bogenfachwerke ausgeführt. Im letzteren Falle bestehen die Bogenträger aus zwei gekrümmten Gurtungen mit gleichbleibendem [5] oder gegen die

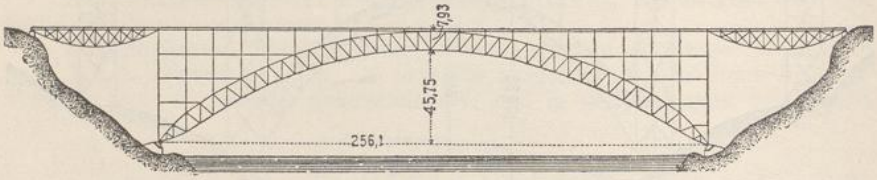


Fig. 6. Straßenbrücke über den Niagarafall.

Kämpfer etwas zunehmendem Abstande [6] (Fig. 2), die durch Gitterstäbe verbunden sind. — In Deutschland ist dieses Bogenträgersystem in hervorragender Weise durch die 1893—1897 erbaute Kaiser Wilhelm-Brücke über die Wupper bei Müngsten (Fig. 3) [7] vertreten, bei der auch die ohne Gerüst durch freie Auskragung mit vorübergehender Einschaltung von Kämpfer- und Scheitelgelenken bewerkstelligte Aufstellung des Bogens bemerkenswert ist. — Hierher gehören dann noch die Bogen mit bogenförmigem Untergurt, geradem Obergurt und ausgefachten Zwickeln, die jedoch nur dann als eingespannt anzusehen sind, wenn der fest gelagerte Untergurt durch einen hohen steifen Blechbogen gebildet wird [8] oder wenn etwa, wie ursprünglich

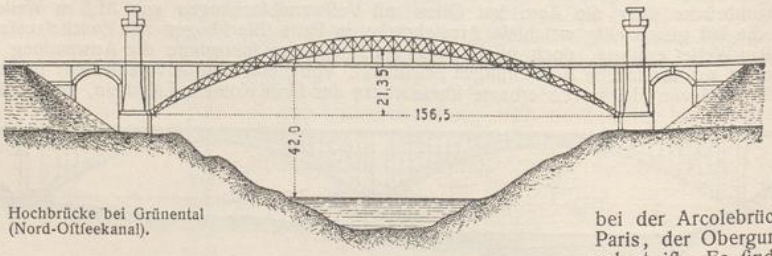


Fig. 7. Hochbrücke bei Grünental (Nord-Ostseekanal).

bei der Arcolebrücke in Paris, der Obergurt verankert ist. Es sind aber diese eingespannten Bogen mit Zwickelausfachung wegen der mehrfachen statischen Unbestimmtheit und der dadurch bedingten Unsicherheit der Berechnung keine zweckmäßigen Konstruktionen.

3. Bogen mit Kämpfergelenken. Diese stützen sich auf gelenkförmige Lager, wodurch die Angriffspunkte der Kämpferdrücke bestimmt und die Einspannungsmomente auf die Größe des Reibungsmoments im Zapfengelenke vermindert, also, praktisch genommen, eliminiert werden. Die Bogenträger selbst können wieder entweder als Blechbogen (Fig. 4) [9] oder als Fachwerksbogen ausgeführt sein, letztere mit parallelen Gurtungen [10] (Fig 5), (Fig. 6, Niagara-Straßenbrücke, welche die derzeit weitestgespannte Bogenbrücke darstellt), in Sichelform [11] (Fig. 7 und 8) oder als Bogen mit ausgefachten Zwickeln [12] (Fig. 9).

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

4. Bogen mit Kämpfer- und Scheitelgelenken, Dreigelenkbogen. Bei diesen tritt zu den gelenkförmigen Auflagern in den Kämpfern noch ein drittes Gelenk im Scheitel des Bogens, wodurch statische Bestimmtheit hinsichtlich der äußeren Kräfte (Auflagerkräfte) erreicht wird. Auch diese Dreigelenkbogen werden entweder als vollwandige Blechbogen [13] oder als Fachwerkbogen mit parallelen Gurten oder mit horizontalem Obergurt und ausgefachten Bogenzwickeln [14] ausgeführt. Die Anordnung eines Scheitelgelenkes wird insbesondere bei sehr

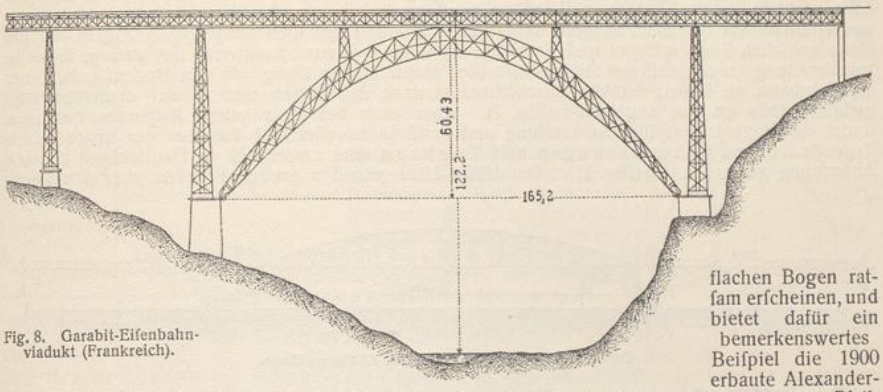


Fig. 8. Garabit-Eisenbahnviadukt (Frankreich).

flachen Bogen ratsam erscheinen, und bietet dafür ein bemerkenswertes Beispiel die 1900 erbaute Alexanderbrücke über die Seine in Paris, deren Bogen eine Stützweite von 107,5 m hat bei einer Pfeilhöhe von bloß 6,28 m [15]. Als Material für die sichelförmigen Vollwandbogen kam Gußstahl von hoher Festigkeit zur Anwendung.

Dreigelenkbogen sind auch mehrfach bei Auslegerbogenbrücken zur Ausführung gekommen, und hervorragende Beispiele hierfür sind der Viaurviadukt auf der Eisenbahnlinie Carmaux-Rodez [16], der einen Mittelbogen von 220 m Stützweite hat, der beiderseits Auslegerarme von 69,6 m Länge in die 95 m weiten Seitenöffnungen ausstreckt, ferner die Mirabeau-Straßenbrücke über die Seine in Paris [17] (Fig. 10).

Hinsichtlich des Vergleichs der verschiedenen Bogenträgersysteme wäre zunächst zu erwähnen, daß gegenwärtig den Bogen mit gelenkförmiger Auflagerung wohl meist der Vorzug vor den

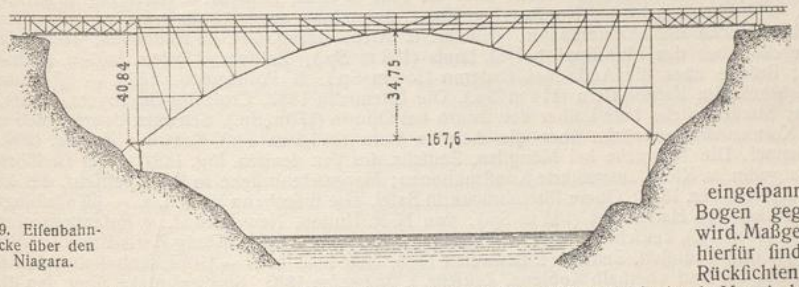


Fig. 9. Eisenbahnbrücke über den Niagara.

eingespannten Bogen gegeben wird. Maßgebend hierfür sind die Rücksichten auf eine mehr gesicherte Montierung, auf die Vermeidung oder wenigstens bedeutende Verminderung von Ueberanstrengungen durch Montierungsmängel und durch Temperaturwirkung. Bei den in neuerer Zeit ausgeführten gelenklosen Bogen hat man daher wenigstens während der Aufstellung und für die Eigengewichtswirkung vorübergehend eine Gelenklagerung herbeigeführt (Müngstener Brücke). Gegen den Dreigelenkbogen, der allerdings einfach zu berechnen und von Montierungs- und Temperaturspannungen gänzlich frei ist, werden der ungünstigere Einfluß von Stößen und

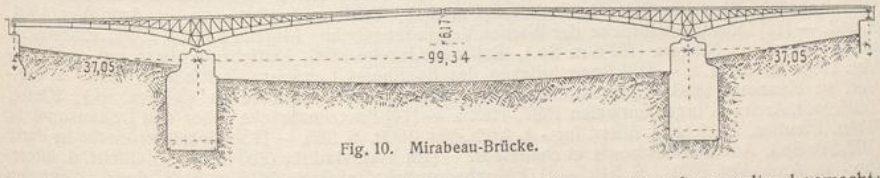


Fig. 10. Mirabeau-Brücke.

die etwas größeren Scheitelbewegungen durch Belastung und Temperaturwirkung geltend gemacht; bei beschränkter Konstruktionshöhe, wo es sich um möglichste Verminderung der Trägerhöhe im Scheitel handelt, wird man aber doch immer zur Anordnung eines Scheitelgelenkes greifen.

Bezüglich der Wahl der Trägerform ist zu erwähnen, daß Bogen mit ausgefachten Zwickeln sich mehr für kleinere und mittlere Spannweiten mit obenliegender Fahrbahn eignen, während für größere und sehr große Spannweiten parallelgurtige oder sichelförmige Bogenträger die

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

zweckmäßigere Anordnung darstellen. Was die Lage der Fahrbahn anbelangt, so findet man bei den älteren Bogenbrücken weitaus am häufigsten jene Anordnung, die man als „Bahn oben" bezeichnet. Bei dieser liegen die Hauptträger (Bogen) gänzlich unter der Fahrbahn, und letztere stützt sich mittels vertikaler Ständer, die bei Fachwerksbogen immer in den Knotenpunkten angeordnet sind, auf den Bogen. Bei genügend großer verfügbarer Höhe zwischen Bogenauflager und Fahrbahn ist dies die zweckentsprechendste und unser Schönheitsgefühl am besten befriedigende Anordnung. Bei weit und hoch gespannten Bogen hat man dann auch die Fahrbahn nicht in jedem Knotenpunkt gestützt, sondern dieselbe durch einen Viadukt gebildet, der von eisernen, auf den Bogenträgern aufstehenden Pfeilern getragen wird (Fig. 3, Fig. 8). Ist die Höhe zwischen Bogenauflager und Fahrbahn im Verhältnis zur Spannweite nur gering, so bleibt zur Erzielung eines günstigen Stichverhältnisses nichts andres übrig, als den Bogenscheitel über die Fahrbahn zu legen; letztere durchschneidet dann den Bogen und ist auf denselben teils gestützt, teils an ihn angehängt (Fig. 7). Aber auch bei ganz unten liegender Fahrbahn findet das Bogenträgersystem Anwendung und es ist in neuester Zeit der über der Brückenbahn liegende steife Fachwerksbogen mit Zugband eine namentlich in Deutschland beliebte Anordnung geworden [18] (Fig. 11). Die 1897—1900 gebauten großen Brücken über den Rhein

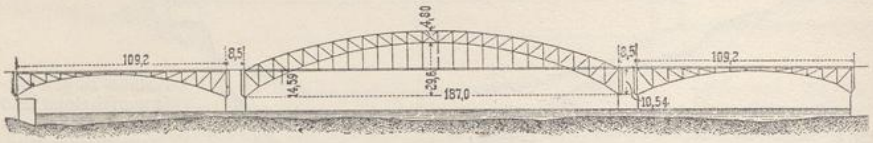


Fig. 11. Straßenbrücke über den Rhein zu Bonn.

bei Bonn (187,2 m Spannweite), Düsseldorf (181,3 m) und Worms (102,2 m), über die Elbe bei Harburg (100 m) und Magdeburg (135 m), über die Mosel bei Trarbach u. a. geben hervorragende Beispiele dieser Anordnung. Hinsichtlich der Grundzüge der Berechnung der Bogenbrücken [1] s. Bogen, und hinsichtlich der allgemeinen Anordnung, Anzahl der Träger, Gestaltung und Konstruktion der Bahn, der Quer- und Windverstrebungen wie der sonstigen konstruktiven Einzelheiten [2] s. Brücken, eiserne.

Literatur; [1] Melan, Theorie der Bogen- und Hängebrücken, Handbuch der Ingenieurwissensch., Bd. 2, Brückenbau, 4. Abt., 12. Kap. — [2] Schäffer und Melan, Konstruktion der eisernen Bogenbrücken, desgl., 14. Kap.; daselbst auch ausführliche Literaturangaben über einschlägige theoretische Abhandlungen, bezw. über ausgeführte Konstruktionen von eisernen Bogenbrücken. — [3] Die Ferdinandsbrücke über die Mur in Graz, Zeitschr. d. österr. Ing. u. Arch.-Ver. 1883. — [4] Rheinbrücke bei Konstanz, v. Klein, Sammlung ausgeführter Brückenkonstruktionen; Rohrbachbrücke der Gotthardbahn, Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover, 1882 u. a. — [5] Brücke über den Mississippi bei St. Louis (158 m Sp.), Zeitschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1874; Brücke über die Adda bei Paderno (150 m Sp.), Il Politecnico 1890. — [6] Schwarzwasserbrücke im Kanton Bern (114 m Sp.), Die Eisenbahn 1882, Croizette-Desnoyers, Cours des ponts; Straßenbrücke Luiz I. über den Douro bei Oporto (170 m Sp.), Schweiz. Bauztg. 1886 u. a.; Die Kornhausstraßenbrücke über die Aare in Bern (114,8 m Sp.), Schweiz. Bauztg. 1898. — [7] Rieppel, Die Talbrücke bei Müngsten, Zeitschr. des Ver. deutsch. Ing. 1897. — [8] Theißbrücke bei Szegedin, v. Klein, ausgeführte Konstruktionen; Margaretenbrücke in Pest, Zeitschr. des österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1874; Obere Rheinbrücke in Basel, Die Eisenbahn 1878 u. a. — [9] Washingtonbrücke über den Harlemfluß (155 m Sp.), von N. R. Hutton, New York, L. v. Rosenberg; Erdreviadukt (95 m Sp.), Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1879; König Karls-Brücke zwischen Stuttgart und Cannstatt, Zeitschr. f. Bauwesen 1895, Heft 1—3 u. a. — [10] Eisenbahnbrücken über den Rhein bei und oberhalb Koblenz, Zeitschr. f. Bauwesen 1881; Straßenbrücke über den Rhein zwischen Mainz und Kastel, desgl. 1886; Straßenbrücke über die Theiß bei Szegedin, Zeitschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1883; Brücke über den Nordostseekanal bei Levensau (163,4 m Sp.), Zentralbl. d. Bauverw. 1894, S. 508; Straßenbrücke über den Niagarafall, Kunz, Zeitschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1899, Nr. 30 u. 31. — [11] Garabitviadukt (165 m Sp.), Zentralbl. d. Bauverw. 1881, 1884; Brücke über den Nordostseekanal bei Grünental (156,5 m Sp.), desgl. 1891, S. 214 u. a.; Straßenbrücke über den Rhein bei Worms (105,6 m Sp.), Rieppel, Konstruktion neuerer deutscher Brückenbauten, Zeitschr. f. Arch.- u. Ingenieurwesen 1898; ferner Zentralbl. d. Bauverw. 1896; Ostbahnbrücke über die Seine in Paris (85,7 m Sp.), Zeitschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1901, S. 563. — [12] Donaukanalbrücke der Wiener Verbindungsbahn, Allgem. Bauztg. 1886; Eisenbahnbrücke über den Niagara (167,6 m Sp.), Railroad Gazette 1896, Zeitschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1896, S. 652 u. a. — [13] Bogenbrücken des Bahnhofes Lüneburg, Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1883; Carolastraßenbrücke über die Elbe in Dresden (52,9 m Sp.), Klette, Zeitschr. f. Arch.- u. Ingenieurwesen 1897, Heft 5. — [14] Franzensbrücke über den Donaukanal in Wien, Pfeuffer, Zeitschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1900, S. 285. — [15] Alexanderbrücke in Paris (107,5 m Sp.), Annales des ponts et chaussées. — [16] Viaurviadukt (220 m Sp.), Zeitschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1901, S. 545. — [17] Mirabeaubrücke in Paris (99,3 m Sp.), desgl.; Annales des ponts et chaussées 1895, Génie civil 1894 u. a. — [18] Hackerbrücke im Zentralbahnhof München, Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1893; Johannesbrücke in Ischl, Blechbogen mit Zugband, Allgem. Bauztg. 1899, Heft 2; Landsberg, Zentralbl. d. Bauverw. 1896, Rheinbrücke bei Worms; Mehrtens, Der deutsche Brückenbau im 19. Jahrhundert, Berlin 1900. *Melan.*

Bogendecke, s. Gewölbe und Decke.

Bogendreieck, wird aus drei gleichen Kreisbogen gebildet, die in Fig. 1 um die Ecken eines gleichseitigen Dreiecks HJK beschrieben sind und je zwei andre Ecken verbinden.

Dieses Bogendreieck, das regulär ist, bewegt sich zwangläufig in einem umschließenden Quadrat $\alpha\beta\gamma\delta$, dessen Seiten den Seiten des gleichseitigen Dreiecks HJK gleich sind, d. h. jeder mit dem Bogendreieck verbundene Punkt bewegt sich in einer bestimmten Bahnkurve [1]. Gleiten die Bogen HJ, HK resp. an den Quadratseiten $\alpha\beta$, $\alpha\delta$, dann bewegen sich die Ecken J, K bezw. an den Quadratseiten $\beta\gamma$, $\gamma\delta$. Ein durch J, K, γ gezogener, mit dem Bogendreieck HJK verbundener Kreis k rollt dann nach Art Cardanischer Kreise (s. d.) in einem doppelt so großen um γ beschriebenen festen Kreisbogen $\varkappa$, der durch β, δ geht, und ein beliebiger mit dem Bogendreieck verbundener Punkt beschreibt ein Ellipsenstück. Das Analoge gilt, wenn die Bogen KH, KJ oder JH, JK resp. an zwei Quadratseiten gleiten. Ein beliebiger, mit dem Bogendreieck HJK verbundener Punkt beschreibt dann eine aus Ellipsenstücken bestehende Bahnkurve. Wird umgekehrt das Bogendreieck HJK als fest betrachtet und das Quadrat $\alpha\beta\gamma\delta$ bewegt, dann beschreibt ein beliebiger, mit diesem Quadrat verbundener Punkt in bezug auf das Bogendreieck eine Bahnkurve, die aus Stücken einer Pascalschen Kurve besteht [2]. — Das Bogendreieck wurde von Murray [3] bei der Steuerung der Dampfmaschine angewendet, wie in Fig. 2 schematisch dargestellt ist. Das Bogendreieck HJK, das sich um die feste Achse H dreht und in einer rechteckigen Schleife $\alpha\beta\gamma\delta$ gleitet, ist von äquidistanten Kreisbogen umgeben, damit sich keine scharfen Kanten an den Schleifeseiten reibend entlang bewegen. Das Schleifenglied mit der Schieberstange λ, die in der festen Hülse l gleitet, wird während einer Drehung des Bogendreiecks abwechselnd zwei Bewegungsvorgänge bewirken wie bei einem Kreuzkurbelgetriebe (s. Kreuzkurbelmechanismus), und in Ruhe verbleiben, wenn die Kreisbogen ki, $k'i'$ an den Langseiten der Schleife gleiten.

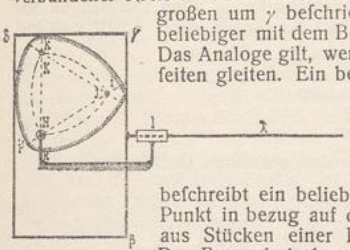


Fig. 2.

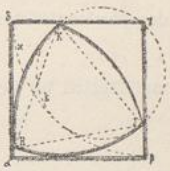


Fig. 1.

Literatur: [1] Reuleaux, Kinematik, S. 131, Braunschweig 1875. — [2] Burmester, Lehrb. der Kinematik, Bd. 1, S. 270, 363, Leipzig 1888. — [3] Spezifikation Nr. 2531, 4. Aug. 1801. *Burmester.*

Bogen, durchlaufende (kontinuierliche), im Gegensatze zu einfachen Bogen (s. d.), sind Bogenträger, die sich ungetrennt über zwei oder mehrere Oeffnungen erstrecken. Es gilt also für sie zunächst das über Bogen (s. d.) im allgemeinen Gesagte. Balken gegenüber kann neben (theoretisch) geringerem Materialverbrauch besonders der ästhetische Gesichtspunkt geltend gemacht werden, mehreren einfachen Bogen gegenüber aber läßt sich anführen, daß die Zwischenstützen bei Anordnung horizontal frei verschiebbarer Auflager (s. d.) nur Vertikaldrücke aufzunehmen haben, womit dieselben schmaler gehalten werden können und der Fundamentboden geringere Beanspruchungen erleidet.

Erster Fall.

Für vollwandige Bogen kam zunächst der durchlaufende Bogen Fig. 1 in Frage [1], den man sich aus mehreren einfachen Bogen mit Kämpfergelenken (s. Bogen, einfache) dadurch entstanden denken kann, daß die Gelenke über den Zwischenstützen vereinigt und (durch Rollenlager u. s. w.) horizontal frei verschiebbar gemacht werden, abgesehen von der Reibung, die hier mit ebensoviel Recht wie bei durchlaufenden Balken vernachlässigt werden kann. Bei dieser Trägerart hat man in jeder Oeffnung die Endmomente

$$M = 0, \qquad M' = 0, \qquad 1.$$

so daß in den Gleichungen für beliebige Bogen (s. d.) nur der Horizontalschub H statisch unbestimmt bleibt.

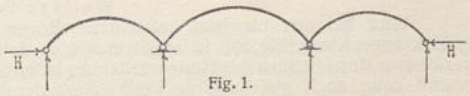


Fig. 1.

Wir drücken H wie bei einfachen Bogen mit zwei Gelenken und ohne Gelenk unter Voraussetzung symmetrischer Parabelbogen von konstantem (mittlerem) $c = J \cos\varphi$ in jeder Oeffnung aus, womit auch ε, β durch die Formeln 22 unter „Bogen, einfache" ausgedrückt sind und β fast immer vernachlässigt werden kann. Indem wir neben den dort eingeführten Bezeichnungen in jeder Oeffnung l zur Abkürzung setzen:

$$A = \frac{f}{c\,l^2} \int_0^l P\,a\,(l-a)\,(l^2 + l\,a - a^2 - \beta\,l^2) \qquad 2.$$

$$T = l\,\tau, \qquad h = (1+\varepsilon)\,\frac{l\,f^2}{c}, \qquad 3.$$

ergibt sich ([7], § 21) der Horizontalschub durch beliebige Belastung aller Oeffnungen:

$$H = \frac{5\,\Sigma A}{8\,\Sigma h}, \qquad 4.$$

durch beliebige Temperaturänderungen τ der einzelnen Oeffnungen (bei Zunahme τ positiv):

$$H = \frac{15\,E\,\alpha\,\Sigma T}{8\,\Sigma h}, \qquad 5.$$

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

und durch eine etwaige (unbeabſichtigte) Aenderung ΔL ihrer Geſamtlänge $L = \Sigma l$ (bei Zunahme ΔL poſitiv):

$$H = -\frac{15 E \Delta L}{8 \Sigma h}. \qquad 6.$$

Die Summen Σ in 4.—6. beziehen ſich auf ſämtliche Oeffnungen, Elaſtizitätsmodul E und Ausdehnungskoeffizient α in denſelben ſind als gleich vorausgeſetzt. Speziell für eine innerhalb einer ganzen Oeffnung gleichmäßig verteilte Laſt von u pro Längeneinheit hat man nach 2. in dieſer Oeffnung (vgl. Belaſtung der Träger):

$$A = \left(1 - \frac{5}{6}\beta\right) \frac{u f l^3}{5 c}. \qquad 7.$$

Gleichlange Oeffnungen. Werden die Bogenabſchnitte in allen Oeffnungen mit gleichen l, f und gleichen Dimenſionen (Querſchnitte u. ſ. w.) hergeſtellt, dann erhält man mit der Bezeichnung:

$$B = \overset{l}{\underset{0}{\Sigma}} P a (l - a) (l^2 + l a - a^2 - \beta l^2) = A \frac{c l^2}{f} \qquad 8.$$

den Horizontalſchub durch beliebige Belaſtung aller Oeffnungen:

$$H = \frac{5}{(1 + \varepsilon) 8 f l^3} \frac{\Sigma B}{n} \qquad 9.$$

und ſpeziell für beliebige gleichmäßig verteilte Laſten u in den einzelnen Oeffnungen

$$H = \frac{1 - \frac{5}{6}\beta}{1 + \varepsilon} \frac{l^2}{8 f} \frac{\Sigma u}{n}. \qquad 10.$$

Der Horizontalſchub durch beliebige Temperaturänderungen τ in den einzelnen Oeffnungen wird:

$$H = \frac{c E \alpha}{1 + \varepsilon} \frac{15}{8 f^2} \frac{\Sigma \tau}{n}, \qquad 11.$$

und der Horizontalſchub durch eine Aenderung ΔL ihrer Geſamtlänge L:

$$H = -\frac{c E}{1 + \varepsilon} \frac{15}{8 f^2} \frac{\Delta L}{n l}. \qquad 12.$$

Dieſe Ausdrücke ergeben bei Belaſtung und Temperaturänderung nur einer Oeffnung ſowie für eine beſtimmte Längenänderung ΔL gerade $\frac{1}{n}$ ſo große Werte als bei gleicher Belaſtung, Temperaturänderung und Längenänderung eines einfachen Bogens mit Endgelenken von den Verhältniſſen der Bogenabſchnitte in den einzelnen Oeffnungen. Sind jedoch die Belaſtungen und Temperaturänderungen in allen Oeffnungen dieſelben, dann hat man in 9.—12.:

$$\frac{\Sigma B}{n} = B, \qquad \frac{\Sigma u}{n} = u, \qquad \frac{\Sigma \tau}{n} = \tau, \qquad \frac{\Delta L}{n} = \Delta l,$$

womit jene Gleichungen vollſtändig mit den entſprechenden für den einfachen Bogen mit zwei Gelenken übereinſtimmen (vgl. Bogen, einfache, Formeln 17., 20., 18., 19.).

Bewegte Laſt. In jeder beſtimmten Oeffnung ſind die Grenzwerte der Beanſpruchungen durch Belaſtung dieſer Oeffnung l ganz ſo zu berechnen, als wenn der Trägerabſchnitt der Oeffnung ein einfacher Bogen mit zwei Gelenken wäre, nur daß die Gleichung der Kämpferdrucklinie S jetzt bei Vernachläſſigung von β iſt:

$$b = \frac{8 l}{5 f} \frac{c \Sigma h}{l^2 + l a - a^2}, \qquad 13.$$

wobei in den Ausdrücken 3. auch ε vernachläſſigt werden kann. Mit jenen Grenzwerten ſind die durch die Temperaturänderungen und die Belaſtung außerhalb l erzeugten Grenzwerte, die den betreffenden Grenzwerten von H entſprechen, ſo zu kombinieren, daß möglichſt ungünſtige (möglichſt weit auseinander gelegene) Grenzwerte im ganzen entſtehen. Näheres, auch über die Grenzwerte der Stützenreaktionen, ſ. [7], § 21.

Weitere Fälle.

Wird bei den bis jetzt betrachteten Bogen in einer der n Oeffnungen ein Zwiſchengelenk angeordnet (Fig. 2), ſo erhält man eine ſtatiſch beſtimmte Trägerart; ſämtliche Stützenreaktionen einſchließlich des Horizontalſchubs laſſen ſich aus rein ſtatiſchen Gleichungen beſtimmen, womit dann auch gleichmäßige Temperaturänderungen der Bogenabſchnitte in den einzelnen Oeffnungen und kleine Aenderungen der Spannweiten keinen Einfluß auf die Beanſpruchungen haben. Der Horizontalſchub H iſt nur von der Belaſtung in der Oeffnung mit Zwiſchengelenk abhängig und ganz ſo beſtimmt, als ob ſich in dieſer ein Bogen mit drei Gelenken befände. Ueberhaupt ſind die Beanſpruchungen der Oeffnung mit Zwiſchengelenk durchaus wie für einen einfachen Bogen mit drei Gelenken zu berechnen. In den Oeffnungen ohne Zwiſchengelenk gelten zunächſt die für Bogen im allgemeinen beſtehenden Beziehungen (ſ. Bogen, Bogenfachwerke). Bei bewegter Laſt ſind die Grenzbeanſpruchungen in dieſen Oeffnungen zunächſt für $H = 0$, d. h. wie für einfache Balken mit frei drehbaren Enden zu berechnen (ſ. Balken, einfache, Balkenfachwerke). Dieſe Grenzbeanſpruchungen ſind ſodann mit den durch die Grenzwerte von H allein erzeugten Grenzwerten ſo zu kombinieren, daß möglichſt ungünſtige Grenzbeanſpruchungen im ganzen entſtehen. Bezüglich der Stützenreaktionen und ihrer Grenzwerte ſ. [3] § 78, [4], A. 43.—

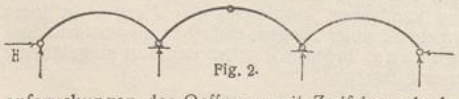


Fig. 2.

In Fig. 3—5 ſind weitere Fälle durchlaufender Bogen angedeutet, wobei jedoch, wie oben, nur die Anordnung der Auflager und Zwiſchengelenke, nicht die Form des Trägers weſentlich iſt (ſ. Träger). Für Fig. 3 laſſen ſich bei beliebig vielen Oeffnungen alle Stützenreaktionen aus

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

rein ſtatiſchen Gleichungen ohne Hilfe der Elaſtizitätslehre beſtimmen (die Trägerart iſt ſtatiſch beſtimmt). Für Fig. 4 muß nur der Horizontalſchub aus Beziehungen der Elaſtizitätslehre ermittelt werden (die Trägerart iſt einfach ſtatiſch unbeſtimmt). Für Fig. 5 dagegen hat man den Horizontalſchub und ſämtliche Reaktionen der Zwiſchenſtützen oder ebenſoviele voneinander unabhängige Funktionen dieſer Größen aus der Elaſtizitätslehre zu beſtimmen (die Trägerart iſt bei n Oeffnungen $n$fach ſtatiſch unbeſtimmt). S. a. Bogenfachwerke.

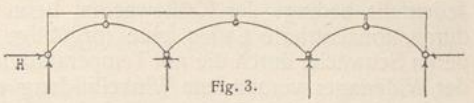


Fig. 3.

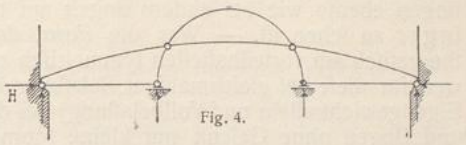


Fig. 4.

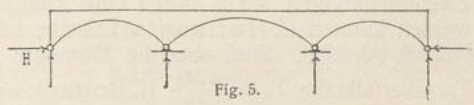


Fig. 5.

Literatur: [1] Schmidt, Die kontinuierlichen Bogen, Wien 1878. — [2] Müller-Breslau, Ueber kontinuierliche Bogen und Balken, Wochenblatt für Architekten und Ingenieure 1884, S. 463, 470, 481, 490. — [3] Weyrauch, Theorie der ſtatiſch beſtimmten Träger für Brücken und Dächer, Leipzig 1887, §§ 79—81. — [4] Weyrauch, Beiſpiele und Aufgaben zur Berechnung der ſtatiſch beſtimmten Träger für Brücken und Dächer, Leipzig 1888, A. 42, 43 und B. 93—103. — [5] Handbuch der Ingenieurwiſſenſchaften, Bd. 2, XII Theorie der eiſernen Bogenbrücken und Hängebrücken (insbeſ. § 22), Leipzig 1890. — [6] Bohny, Der kontinuierliche Zweigelenkbogen, Zeitſchrift des Vereins deutſcher Ingenieure 1896, S. 1249, 1380. — [7] Weyrauch, Elaſtiſche Bogenträger u. ſ. w., München 1897, §§ 21—23. — [8] Müller-Breslau, Die graphiſche Statik der Baukonſtruktionen II, Leipzig 1903 (insbeſ. §§ 10, 15). — [9] Engeſſer, Ueber Bogenbrücken mit elaſtiſchen Pfeilern (Bogenreihen), Zeitſchrift für Bauweſen 1903, S. 311. *Weyrauch.*

Bogen, einfache. (S. a. Bogenfachwerke, Bogen mit Zugſtange.) Einfache Bogen ſind Bogen mit einer Oeffnung. Es gilt alſo für dieſelben zunächſt das im Art. Bogen Geſagte, wonach die Berechnung für jede gegebene Belaſtung erfolgen kann, ſobald der Horizontalſchub H und die Endmomente M, M' bekannt ſind (Fig. 1). Häufig werden an den Enden der Bogenachſe Gelenke angeordnet, womit M, M' gleich 0 werden. Man bezweckt durch dieſe Kämpfergelenke die Auflagerdrücke an möglichſt unveränderlichen Stellen auf die Kämpfer zu übertragen (ſ. Auflager), die Berechnung dadurch einfacher und zuverläſſiger zu geſtalten und günſtigere Beanſpruchungen zu erreichen. Beiſpielsweiſe wird der von gleichmäßigen Temperaturänderungen τ des Bogens herrührende Horizontalſchub H bei gewöhnlichen flachen Bogen ohne Gelenk etwa ſechsmal ſo groß als bei ebenſolchen Bogen mit Kämpfergelenken, und die jetzigen Dimenſionen der älteren Koblenzer Brücke würden ohne die Gelenkanordnung nicht einmal überall gegenüber den Einwirkungen der Temperaturänderungen allein (abgeſehen von jeder Belaſtung) mit der üblichen Sicherheit genügen [18], S. 122. In ähnlicher Weiſe verſtärkt ſich bei Bogen ohne Gelenke der Einfluß kleiner Aenderungen der Spannweite durch Nachgeben der Widerlager, und ſchließlich iſt die gewöhnliche Vorausſetzung, bei jeder Belaſtung vollſtändige Berührung der Endquerſchnitte mit den Kämpfern oder doch vollkommenes Feſthalten der Endquerſchnitte durch Keile, Einſpannung u. ſ. w., bei vollwandigen Bogen mitunter nicht leicht dauernd zu erfüllen. Bei Bogen ohne Gelenke ſind die Größen H, M, M' mit Hilfe der Elaſtizitätslehre zu beſtimmen (aus den Gleichungen im Art. Biegung II.), bei Bogen mit zwei (Kämpfer-)Gelenken nur der Horizontalſchub H. Durch Einſchalten eines dritten Gelenks innerhalb der Spannweite kann auch H ſtatiſch beſtimmt gemacht werden, womit die Berechnung weiter an Zuverläſſigkeit gewinnt und gleichmäßige Temperaturänderungen wie kleine Aenderungen der Spannweite überhaupt keinen in Betracht kommenden Einfluß mehr auf die Beanſpruchungen ausüben. Das Zwiſchengelenk pflegt bei vollwandigen Bogen in den Scheitel der Bogenachſe (bei Bogenfachwerken in den Scheitel einer Gurtung) gelegt und dann auch Scheitelgelenk genannt zu werden. Nach Ermittlungen Engeſſers iſt bei Dreigelenkbogen gegenüber Zwei-

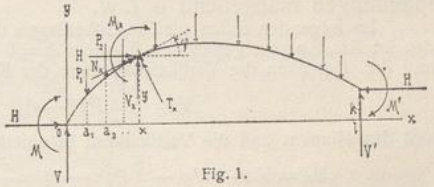


Fig. 1.

gelenkbogen ſogar eine nicht unbedeutende Materialerſparnis zu erwarten [3]. Anderſeits ſind gegen Verwendung derſelben bei Eiſenbahnbrücken auf Grund mehrfacher ungünſtiger Erfahrungen [10] mancherlei Bedenken laut geworden. Jedenfalls bedingt der Kräftewechſel beim Ueberſchreiten des Zwiſchengelenks durch konzentrierte Laſten eine ſorgfältige Durchbildung der Gelenkſtelle [11], deren Schwäche durch die mit Temperaturänderungen und etwaigen Verrückungen der Widerlager verbundene Winkelbildung erhöht würde, ſo daß bei Dreigelenkbogen ebenſo wie bei andern Bogen auf möglichſt unnachgiebige Widerlager zu ſehen iſt. — Was die Form der Bogenachſe betrifft, ſo ſind meiſt theoretiſch am vorteilhafteſten ſymmetriſch zur Trägermitte liegende Parabelbogen, weil für dieſe bei gleichmäßiger Belaſtung der ganzen Spannweite (annähernd für Eigengewicht allein und Vollbelaſtung) bei drei Gelenken keine, bei zwei Gelenken und Bogen ohne Gelenk nur kleine Momente M_x entſtehen, die überdies bei Zweigelenkbogen leicht durch eine künſtliche Ueberhöhung auf Null reduziert werden können (ſ. Horizontalſchub, künſtlicher, oder [15], S. 63, 77, 78, [16], S. 90, 272). Sind aber die Momente $M_x = 0$, ſo gilt das gleiche für die Transverſalkräfte $T_x = \frac{d M_x}{d s}$ (ſ. Bogen), während nach $M_x = c N_x = 0$ die Normalkraft N_x in der Achſe angreift und ſich gleichmäßig über den Querſchnitt verteilt, womit für die erwähnten wichtigen Belaſtungsfälle die größten Normalſpannungen in allen Querſchnitten ſo klein als möglich werden. Neben der Parabelform kommt am meiſten die Kreisbogenform vor. Häufig hat man jedoch der Bogenachſe aus ſtatiſchen, konſtruktiven, äſthetiſchen oder andern Gründen eine Form gegeben, die ſich durch kein einheitliches Geſetz ausdrücken läßt. Bei der älteren Koblenzer Brücke beiſpielsweiſe iſt die Bogenachſe bis 2,85 m horizontaler Entfernung von den Kämpfergelenken kreisförmig, von hier aus folgt ſie tangential anſchließenden Geraden. Bei den ſichelförmigen Bogen der Maria-Pia-Brücke über den Douro (ſ. Bogen, S. 143, Fig. 7) wollte man die Gurtungen Parabeln einſchreiben (womit auch die Achſe paraboliſch geworden wäre), es ergaben ſich jedoch hierbei gegen die Enden hin zu geringe Höhen für die auftretenden Momente, und ſo änderte man die Form durch einen freien Linienzug mit Rückſicht auf gefälliges Ausſehen ab. Bei Bogenträgern für Bahnhofshallen hat man ſich durch Anſprüche an Raumentwicklung und monumentales Ausſehen leiten laſſen, bei Gewölben iſt die Vermeidung erheblicher Zugſpannungen maßgebend u. ſ. w.

Im folgenden ſollen gleiche Höhenlagen der Bogenenden vorausgeſetzt werden, womit in den im Art. Bogen gegebenen Formeln $k = 0$ iſt (Fig. 2), ſo daß z. B. für Bogen mit zwei und drei Gelenken die Vertikalreaktionen der Kämpfer:

$$V = \frac{1}{l} \sum_0^l P (l - a), \qquad V' = \frac{1}{l} \sum_0^l P a, \tag{1.}$$

und das Moment und die Vertikalkraft in einem beliebigen Querſchnitt x:

$$M_x = V x - H y - \sum_0^x P (x - a) = \frac{l - x}{l} \sum_0^x P a + \frac{x}{l} \sum_x^l P (l - a) - H y, \tag{2.}$$

$$V_x = V - \sum_0^x P = -\frac{1}{l} \sum_0^x P a + \frac{1}{l} \sum_x^l P (l - a). \tag{3.}$$

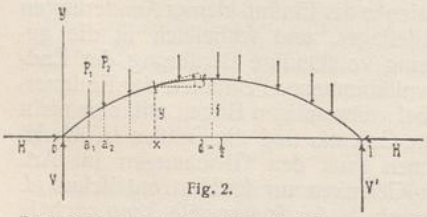


Fig. 2.

Speziell für eine auf die ganze Spannweite gleichmäßig verteilte Laſt von u pro Längeneinheit hat man dann:

$$V = V' = \frac{u l}{2}, \tag{4.}$$

$$M_x = \frac{u}{2} x (l - x) - H y, \tag{5.}$$

$$V_x = u \left(\frac{l}{2} - x \right). \tag{6.}$$

Bezüglich andrer ſpezieller Belaſtungsarten ſ. Belaſtung der Träger und [16], S. 53.

Neben den Ausdrücken von H, M, M' für beliebige Belaſtung und gleichmäßig verteilte Laſt in den wichtigſten Fällen ſollen im folgenden die allgemeinſten Bedingungen für die Grenzwerte der Normalſpannungen im oberſten und unterſten Querſchnittselement bei x:

$$\sigma_o = \frac{N_x}{F} + \frac{M_x}{J} e_o, \qquad \sigma_u = \frac{N_x}{F} - \frac{M_x}{J} e_u, \tag{7.}$$

und der Transverſalkraft

$$T_x = V_x \cos \varphi - H \sin \varphi \tag{8.}$$

bei bewegter Laſt gegeben werden, während die Grenzwerte der Normalkraft

$$N_x = V_x \sin \varphi + H \cos \varphi \tag{9.}$$

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

und von H, V, V' bei möglichſt ſtarker Belaſtung (Eigengewicht plus Verkehrslaſt) und möglichſt ſchwacher Belaſtung (Eigengewicht allein) des ganzen Trägers eintreten. In den beigeſetzten Figuren ſind die Belaſtungen durch Eigengewicht plus Verkehrslaſt (Vollbelaſtung, Totalbelaſtung) und durch Eigengewicht allein durch fette und feine Striche angedeutet. Für die Berechnung bei gleichmäßig verteilter bewegter Laſt genügen dieſe Bedingungen, während bezüglich genauerer Ermittlung der ungünſtigſten Stellungen auf die Art. Grenzwerte, Einflußlinien und auf [16] verwieſen wird. Meiſt wird übrigens T_x bei der Dimenſionierung von Bogen unberückſichtigt gelaſſen (vgl. Blechträger).

Bei Angabe der ungünſtigſten Belaſtungen werden die Kernpunkte und Linien S, U, U' erwähnt. Der obere und untere Kernpunkt eines Querſchnitts liegen in der Trägerebene um

$$k_o = \frac{J}{F e_u} \quad \text{und} \quad k_u = \frac{J}{F e_o} \qquad 10.$$

oberhalb und unterhalb der Achsſchicht. In den Verbindungslinien dieſer Kernpunkte aller Querſchnitte erhält man die obere und untere Kernlinie des Bogens, die z. B. bei rechteckigen Querſchnitten (Gewölbe) das mittlere Bogendrittel begrenzen. Bei Bogen mit durchbrochenen Wandungen (Gitterbogen u. ſ. w.) fallen die Kernlinien annähernd mit den Gurtungsſchwerlinien zuſammen, während ſie ſonſt etwas näher der Achſe liegen. (Näheres ſ. Kernlinien.) Bei Fachwerkbogen und Gitterbogen pflegen die Normalſpannungen aller Elemente eines Gurtungsquerſchnitts als gleich groß angenommen zu werden, womit die unten für die Grenzwerte von σ_o, σ_u angegebenen Belaſtungen für die Grenzwerte der ganzen Gurtungsbeanſpruchungen gelten. Für den gewöhnlichen Fall ſymmetriſch zur Achsſchicht liegender Querſchnitte hat man natürlich in 7. wie in 10. $e_o = e_u = e$, während

$$W = \frac{J}{e} \qquad 11.$$

das Widerſtandsmoment des Querſchnitts ausdrückt (ſ. Biegung I.). Für die Schnittlinie S und die Umhüllungslinien U, U' der Kämpferdrücke genügt es, unten ihre Gleichungen zu geben. Näheres über dieſelben ſ. Kämpferdrücke. Die Linie S wird auch Kämpferdrucklinie genannt.

Bogen mit drei Gelenken.

Endmomente $M = M' = 0$, Horizontalſchub bei beliebiger Belaſtung (Fig. 3):

$$H = \frac{1}{2f}\left[\sum_0^d P a + \sum_d^l P(l-a)\right], \qquad 12.$$

und ſpeziell bei gleichmäßig verteilter Laſt von u pro Längeneinheit auf der ganzen Spannweite:

$$H = \frac{u l^2}{8 f}. \qquad 13.$$

Gleichung der Kämpferdrucklinie S (Abſziſſe a, Ordinate b):

von $a = 0$ bis $a = d$ $\quad b = \frac{2f}{l}(l-a)$

„ $a = d$ „ $a = l$ $\quad b = \frac{2f}{l} a$ $\Big\}$ 14.

Die Linie iſt in Fig. 3 verzeichnet.

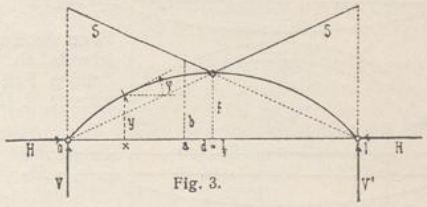


Fig. 3.

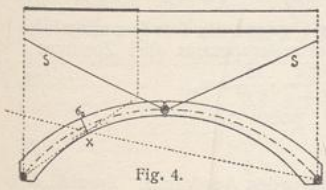


Fig. 4.

max Druck σ_o
min Druck σ_o

Grenzwerte von σ_o (Fig. 4, Vereinfachung ſ. unten). Man ziehe aus beiden Kämpfergelenken Gerade durch den unteren Kernpunkt des Querſchnitts bis zu den Durchſchnitten mit der Linie S. Für max Druck σ_o iſt zwiſchen dieſen Schnittpunkten, für min Druck σ_o auf den übrigen Strecken der Spannweite möglichſt ſtark zu belaſten.

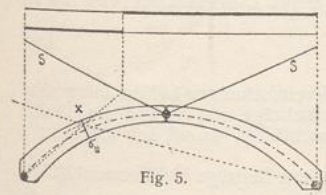


Fig. 5.

max Druck σ_u
min Druck σ_u

Grenzwerte von σ_u (Fig. 5, Vereinfachung ſ. unten). Man ziehe aus beiden Kämpfergelenken Gerade durch den oberen Kernpunkt des Querſchnitts bis zu den Durchſchnitten mit der Linie S. Für min Druck σ_u iſt zwiſchen dieſen Schnittpunkten, für max Druck σ_u auf den übrigen Strecken der Spannweite möglichſt ſtark zu belaſten.

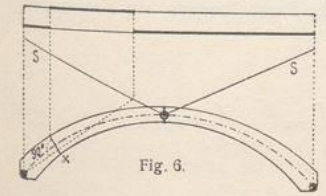


Fig. 6.

max pos T_x
max neg T_x

Grenzwerte von T_x (Fig. 6). Man ziehe ſenkrecht zur Querſchnittsebene eine Gerade aus dem nächſten Kämpfergelenke bis zum Durchſchnitt mit der Linie S. Es iſt einmal zwiſchen dieſem Schnittpunkt und dem oberſten Querſchnittspunkt (bei untenliegender Fahrbahn dem unterſten), das andre Mal auf den übrigen Strecken der Spannweite möglichſt ſtark zu belaſten. Die erſte Belaſtung liefert für Querſchnitte auf der erſten Trägerhälfte den poſitiven, für Querſchnitte auf der zweiten Trägerhälfte den negativen Grenzwert von T_x.

Häufig treten einzelne der erwähnten Durchſchnitte mit der Linie S nicht innerhalb der Spannweite ein; dieſe liefern alſo auch keine wirklichen Verkehrslaſtgrenzen, womit jedoch an der Allgemeinheit der angeführten Regeln nichts geändert

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

wird. Für die Querſchnitte unmittelbar bei den Gelenken treten die Grenzwerte von σ_o, σ_u ſtets bei möglichſt ſtarker und möglichſt ſchwacher Belaſtung der ganzen Spannweite ein. Ueber Abkürzung der Berechnung durch Verwendung der Bogenachſe anſtatt der Kernlinien ſ. unten. Mit Rückſicht auf dieſe Vereinfachung geben wir noch:

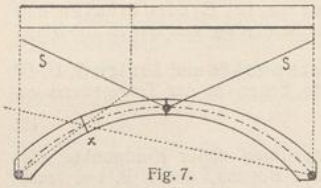


Fig. 7.

max pos M_x
max neg M_x

Grenzwerte von M_x (Fig. 7). Man ziehe aus beiden Kämpfergelenken Gerade durch den Achspunkt des Querſchnitts bis zu den Durchſchnitten mit der Linie S. Für max pos M_x bei der Vereinfachung auch für max Druck σ_o und min Druck σ_u) iſt zwiſchen dieſen Schnittpunkten, für max neg M_x (bei der Vereinfachung auch für min Druck σ_o und max Druck σ_u) auf den übrigen Strecken der Spannweite möglichſt ſtark zu belaſten.

Da bei paraboliſcher Achſe

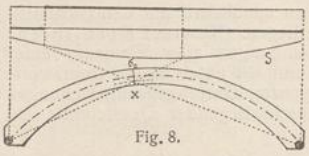


Fig. 8.

max Druck σ_o
min Druck σ_o

$$y=\frac{4f}{l^2}x(l-x),\qquad \operatorname{tg}\varphi=\frac{4f}{l^2}(l-2x), \tag{15.}$$

ſo iſt in dieſem Falle bei beliebiger, gleichmäßig verteilter Laſt auf der ganzen Spannweite nach 5. und 13. in allen Querſchnitten $M_x=0$.

Bogen mit zwei Gelenken.

Endmomente $M=M'=0$. Die Bedingungen für die von der Belaſtung herrührenden Grenzwerte von σ_o, σ_u, T_x, M_x bleiben wie für Bogen mit drei Gelenken, nur daß die Kämpferdrucklinie S einen andern Verlauf hat und damit die Konſtruktionen der ungünſtigſten Belaſtung ein etwas andres Ausſehen gewinnen (Fig. 8–11). Mit dieſen Grenzwerten ſind nun aber die von den Temperaturänderungen τ herrührenden Grenzwerte, die den H durch das größte poſitive und das größte negative τ entſprechen, ſo zu kombinieren, daß möglichſt ungünſtige (d. h. möglichſt weit auseinander liegende) Grenzwerte im ganzen entſtehen. Häufig wird $\tau=\pm 30^0$ C. angenommen. Die Gleichung von S und der Ausdruck von H hängen von der Form der Bogenachſe und von der Veränderlichkeit des Querſchnitts ab. Wir geben hier die Formeln für den gewöhnlichſten Fall, für beliebige Achsform und beliebige Querſchnitte, ſ. [16].

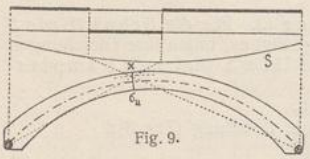


Fig. 9.

max Druck σ_u
min Druck σ_u

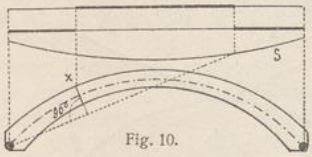


Fig. 10.

max pos T_x
max neg T_x

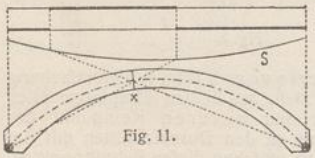


Fig. 11.

max pos M_x
max neg M_x

Unter Vorausſetzung paraboliſcher Achſe und konſtanter (mittlerer)

$$c=J\cos\varphi,\qquad k=F\cos\varphi \tag{16.}$$

folgt der Horizontalſchub für beliebige Belaſtung:

$$H=\frac{5}{(1+\varepsilon)\,8fl^3}\sum_0^l Pa(l-a)(l^2+la-a^2-\beta l^2), \tag{17.}$$

für eine Temperaturänderung τ gegen die dem ſpannungsloſen Zuſtande entſprechende Normaltemperatur (bei Zunahme τ poſitiv):

$$H=\frac{Ec}{1+\varepsilon}\,\frac{15}{8f^2}\,\alpha\tau, \tag{18.}$$

und für eine Aenderung Δl der Spannweite (bei Zunahme Δl poſitiv):

$$H=-\frac{Ec}{1+\varepsilon}\,\frac{15}{8f^2}\,\frac{\Delta l}{l}. \tag{19.}$$

Beim Zuſammenwirken dieſer Urſachen addieren ſich die betreffenden Ausdrücke. Speziell für eine auf die ganze Spannweite gleichmäßig verteilte Laſt von u pro Längeneinheit wird aus 17. (ſ. Belaſtung der Träger):

$$H=\frac{1-\frac{5}{6}\beta}{1+\varepsilon}\,\frac{ul^2}{8f}. \tag{20.}$$

Die Ausdrücke von ε, β, λ ſind davon abhängig, welche Vereinfachungen bei der Integration der Biegungsformeln zugelaſſen werden. Häufig hat man die Beiträge von N_x und der Glieder mit dem Krümmungsradius r der Bogenachſe im Nenner vernachläſſigt, womit ſich ergeben:

$$\varepsilon=0,\qquad \beta=0,$$

welche Annahmen jedoch nicht allgemein zuläſſig ſind. Werden jene Beiträge nicht vernachläſſigt, dagegen bei Integration der Glieder mit τ, N_x, $\frac{M_x}{r}$ anſtatt des Parabelbogens ein Kreisbogen von gleichen l, f, alſo dem Radius

$$r=\frac{l^2}{8f}+\frac{f}{2} \tag{21.}$$

zugrunde gelegt, dann erhält man [16], § 24:

$$\varepsilon=\frac{15\gamma}{8}\left(\frac{r-f}{rf}\right)^2,\qquad \beta=\frac{3\gamma}{f}\,\frac{r-f}{r^2}=\frac{8}{5}\,\frac{f}{r-f}\,\varepsilon, \tag{22.}$$

worin für

$$\gamma=\frac{c}{k}=\frac{J\cos\varphi}{F\cos\varphi} \tag{23.}$$

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

das Verhältnis der Mittelwerte c, k (Formeln 16.) oder aber der Mittelwert von $J:F$ gefetzt werden kann. Erfteres erfcheint nach der Ableitung theoretifch etwas genauer, praktifch ergeben beide Annahmen kaum voneinander abweichende Werte von H. Bei der zweiten Annahme ift γ für Bogen mit durchbrochenen Wandungen oder mit vernachläffigter Füllung gleich dem Mittelwerte von $\frac{h^2}{4}$, unter h die Entfernung der Gurtungsfchwerpunkte verftanden, für Bogen rechteckigen Querfchnitts der Höhe h (Gewölbe) gleich dem Mittelwerte von $\frac{h^2}{12}$.

Nach 22. erhält man z. B. [18] für die ältere Koblenzer Brücke ($l = 98{,}0775$ m $= 11\,f$) $\varepsilon = 0{,}045\,633$, $\beta = 0{,}004\,992$, für die neue Cannftatter Neckarbrücke ($l = 45{,}51 - 50{,}48$ m, $f = 3{,}695 - 4{,}855$ m) $\varepsilon = 0{,}016\,870$ bis $0{,}010\,464$, $\beta = 0{,}001\,462 - 0{,}001\,287$, für die Maria-Pia-Brücke über den Douro ($l = 160$ m, $f = 42{,}65$ m, f. Bogen) $\varepsilon = 0{,}004\,287$, $\beta = 0{,}005\,447$, wonach β in 17., 20. faft immer vernachläffigt werden kann. Die Gleichung der Kämpferdrucklinie wird alsdann:

$$b = \frac{1+\varepsilon}{l^2 + l\,a - a^2}\,\frac{8\,f\,l^2}{5}, \qquad 24.$$

worin mit Rückficht auf die Verwendung der Kämpferdrucklinie meift $\varepsilon = 0$ gefetzt werden kann. Für Näherungsrechnungen (insbefondere vorläufige Berechnungen) können auch im allgemeinen $\varepsilon = 0$, $\beta = 0$ und daneben anftatt des von $a = 0$ bis $a = l$ zwifchen l^2 und $\frac{5}{4}\,l^2$ veränderlichen Ausdrucks $l^2 + l\,a - a^2$ deffen durch die Methode der kleinften Quadrate beftimmter Mittelwert $\frac{7}{6}\,l^2$ eingeführt werden, womit nach 17. für beliebige Belaftung: $H = \frac{35}{48\,l\,f}\int_0^l P\,a\,(l-a)$, und nach 24. die Gleichung der Kämpferdrucklinie: $b = \frac{48}{35}\,f$. Diefe ergibt fich alfo hierbei als eine horizontale Gerade.

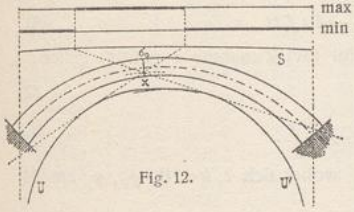


Fig. 12.

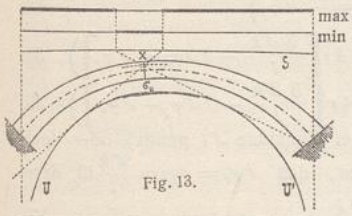


Fig. 13.

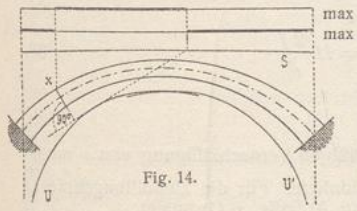


Fig. 14.

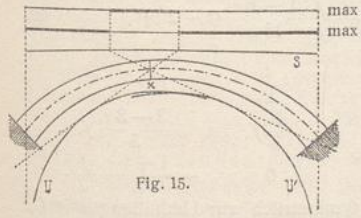


Fig. 15.

Bogen ohne Gelenke.

Für diefe find der Horizontalfchub H und die Endmomente M, M' von der Achsform und der Veränderlichkeit der Querfchnitte abhängig, womit das gleiche bezüglich der Schnittlinie S und Umhüllungslinien U, U' der Kämpferdrücke gilt. Sind jedoch S, U, U' ermittelt (U, U' liegen bei fymmetrifchen Trägern fymmetrifch zur Trägermitte, fo daß die Ableitung von U genügt), fo ergeben fich die Belaftungen für die Grenzwerte von σ_o, σ_u, T_x, M_x durch bewegte Laft für beliebige Querfchnitte wie folgt:

Grenzwerte von σ_o (Fig. 12, Vereinfachung f. unten). Man ziehe durch den unteren Kernpunkt des Querfchnitts Tangenten an die Linien U, U' bis zu den Durchfchnitten mit der Linie S. Für max Druck σ_o ift zwifchen diefen Schnittpunkten, für min Druck σ_o auf den übrigen Strecken der Spannweite möglichft ftark zu belaften.

Grenzwerte von σ_u (Fig. 13, Vereinfachung f. unten). Man ziehe durch den oberen Kernpunkt des Querfchnitts Tangenten an die Linien U, U' bis zu den Durchfchnitten mit der Linie S. Für min Druck σ_u ift zwifchen diefen Schnittpunkten, für max Druck σ_u auf den übrigen Strecken der Spannweite möglichft ftark zu belaften.

Grenzwerte von T_x (Fig. 14). Man ziehe fenkrecht zur Querfchnittsebene eine Tangente an diejenige der Linien U, U', an die eine folche möglich ift (für Querfchnitte der erften Trägerhälfte an U) bis zum Durchfchnitte mit der Linie S. Es ift einmal zwifchen diefem Schnittpunkt und dem oberften Querfchnittspunkt (bei untenliegender Fahrbahn dem unterften), das andre Mal auf den übrigen Strecken der Spannweite möglichft ftark zu belaften. Die erfte Belaftung liefert den pofitiven oder den negativen Grenzwert von T_x, je nachdem die Tangente an U oder an U' gezogen wurde.

Auch hier fallen häufig einzelne der erwähnten Durchfchnitte außerhalb der Spannweite, fo daß die betreffenden Laftgrenzen nicht zur Geltung kommen, ohne daß die obigen Bedingungen dadurch ungültig werden. Ueber Abkürzung der Berechnung durch Nichtanwendung der Kernlinien f. unten. Mit Rückficht auf diefe Vereinfachung fügen wir bei:

Grenzwerte von M_x (Fig. 15). Man ziehe durch den Achspunkt des Querfchnitts Tangenten an die Linien U, U' bis zu den Durchfchnitten mit der Linie S. Für max pos M_x (bei der Vereinfachung auch für max Druck σ_o und min Druck σ_u) ift zwifchen diefen Schnitt-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

punkten, für max neg M_x (bei der Vereinfachung auch für min Druck σ_o und max Druck σ_u) auf den übrigen Strecken der Spannweite möglichſt ſtark zu belaſten.

Mit den von der Belaſtung herrührenden Grenzwerten ſind, wie bei Bogen mit zwei Gelenken, die durch Temperaturänderungen τ bedingten Grenzwerte (die den H, M, M' durch das größte poſitive und das größte negative τ entſprechen) ſo zu kombinieren, daß möglichſt ungünſtige (d. h. möglichſt weit auseinander liegende) Grenzwerte im ganzen entſtehen.

Die Ausdrücke von H, M, M' geben wir wie oben bei zwei Gelenken unter Vorausſetzung paraboliſcher Bogen von konſtanten Mittelwerten 16., jedoch der hier geringeren erreichbaren Genauigkeit wegen unter Vernachläſſigung von Gliedern gleicher oder kleinerer Größenordnung als β. Näheres hierüber und Formeln für beliebige Achsformen und beliebige Querſchnitte ſ. [16]. In den folgenden Gleichungen ſind r, ε durch 21., 22. beſtimmt. Für eine beliebige Belaſtung hat man:

$$H=\frac{15}{(1+6\varepsilon)\,4fl^3}\sum_0^l P\,a^2(l-a)^2, \tag{25.}$$

$$M=\frac{1}{(1+6\varepsilon)\,2l^3}\sum_0^l P\,a\,(l-a)^2(5a-2l-12\varepsilon l), \tag{26.}$$

$$M'=\frac{1}{(1+6\varepsilon)\,2l^3}\sum_0^l P\,a^2(l-a)(3l-5a-12\varepsilon l), \tag{27.}$$

wonach wir auch ſchreiben können: $M=H\frac{2f}{3}-\frac{1}{l^2}\sum_0^l P\,a\,(l-a)^2$, 28.

$$M'=H\frac{2f}{3}-\frac{1}{l^2}\sum_0^l P\,a^2(l-a), \tag{29.}$$

und ſpeziell für eine auf die ganze Spannweite gleichmäßig verteilte Laſt von u pro Längeneinheit:

$$H=\frac{1}{1+6\varepsilon}\frac{u\,l^2}{8f}, \tag{30.}$$

$$M=M'=-\frac{\varepsilon}{1+6\varepsilon}\frac{u\,l^2}{2}=-4\varepsilon f H. \tag{31.}$$

Für eine Temperaturänderung τ gegen die Normaltemperatur (bei Zunahme τ poſitiv) gelten:

$$H=\frac{Ec}{1+6\varepsilon}\frac{45}{4f^2}\alpha\tau, \tag{32.}$$

$$M=M'=\frac{Ec}{1+6\varepsilon}\frac{15}{2f}\alpha\tau=H\frac{2f}{3}. \tag{33.}$$

Durch Verrückungen und Verdrehungen der Bogenenden, wobei ſich l, $k=0$, φ_0, φ_l um Δl, Δk, $\Delta\varphi_0$, $\Delta\varphi_l$ ändern, würden entſtehen:

$$H=-\frac{15\,Ec}{(1+6\varepsilon)\,2lf}\left(\frac{3\,\Delta l}{2f}+\Delta\varphi_0-\Delta\varphi_l\right), \tag{34.}$$

$$M=-\frac{3\,Ec}{(1+6\varepsilon)\,l}\left(\frac{5\,\Delta l}{2f}-\frac{2\,\Delta k}{l}+3\,\Delta\varphi_0-\Delta\varphi_l-4\varepsilon\left[\frac{3\,\Delta k}{l}-2\,\Delta\varphi_0-\Delta\varphi_l\right]\right), \tag{35.}$$

$$M'=-\frac{3\,Ec}{(1+6\varepsilon)\,l}\left(\frac{5\,\Delta l}{2f}+\frac{2\,\Delta k}{l}-3\,\Delta\varphi_l+\Delta\varphi_0+4\varepsilon\left[\frac{3\,\Delta k}{l}-2\,\Delta\varphi_l-\Delta\varphi_0\right]\right). \tag{36.}$$

Wenn jedoch nur eine Aenderung Δl der Spannweite (bei Zunahme Δl poſitiv) oder doch ſonſtige Bewegungen der Stützen nur derart ſtattfinden, daß $\Delta\varphi_0=\Delta\varphi l=\frac{\Delta k}{l}$ iſt, dann werden einfacher:

$$H=-\frac{Ec}{1+6\varepsilon}\frac{45}{4f^2}\frac{\Delta l}{l}, \tag{37.}$$

$$M=M'=-\frac{Ec}{1+6\varepsilon}\frac{15}{2f}\frac{\Delta l}{l}=H\frac{2f}{3}. \tag{38.}$$

Als Gleichung der Kämpferdrucklinie S hat man (Fig. 16):

$$b=\frac{3+8\varepsilon}{5}2f, \tag{39.}$$

ſo daß S eine horizontale Gerade iſt, die bei der hier zuläſſigen Vernachläſſigung von ε um $\frac{f}{5}$ über dem Scheitel hinliefe. Für die Umhüllungslinie U gilt die Gleichung (u Abſziſſe, v Ordinate):

$$v=\frac{2f}{3}-\frac{f}{l}\frac{1+6\varepsilon}{15\,u}(l-2u)^2, \tag{40.}$$

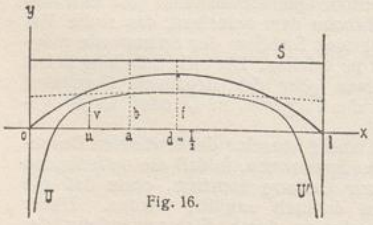


Fig. 16.

wonach für

$u=$	0	$\frac{l}{2}$	l
$v=$	$-\infty$	$\frac{2}{3}f$	$\frac{3-2\varepsilon}{5}f$
$\frac{dv}{du}=$	∞	0	$-\frac{1+6\varepsilon}{5}\frac{f}{l}$.

Die Umhüllungslinie U' liegt hinſichtlich der Trägermitte ſymmetriſch zur Umhüllungslinie U, mit der ſie bei $\frac{l}{2}$ eine gemeinſchaftliche horizontale Tangente hat. Es genügt, beide Linien bis zur Mitte zu verzeichnen, da nur die Teile in den äußerſten Vierteln von l Verwendung finden.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Für $\varepsilon = \infty$ ($f = 0$, $r = \infty$, $\cos \varphi = 1$) gehen alle für den Bogen ohne Gelenk und mit zwei Gelenken gegebenen Formeln in die für Balken mit beiderfeits feftgefpannten und mit beiderfeits frei drehbaren Enden gültigen Gleichungen über (f. Balken, einfache).

Vereinfachte Berechnung der Grenzwerte von σ_o, σ_u.

Je geringer die Entfernungen der Kernlinien von der Stabachfe unter fonft gleichen Verhältniffen find, um fo mehr nähern fich die obenangeführten Belaftungsgrenzen für

max Druck σ_o, max pos M_x, min Druck σ_u,

fowie diejenigen für min Druck σ_o, max neg M_x, max Druck σ_u.

Da nun der Einfluß der Laften in der Nähe der Belaftungsgrenzen überhaupt verhältnismäßig klein ift (an den Grenzen felbft find die Beiträge 0), fo genügt es in den meiften Fällen, die ungünftigften Belaftungen für die M_x auch als folche für die σ_o, σ_u zu verwenden, alfo die Kernlinien ganz aus dem Spiele zu laffen. Man erfpart hierdurch nicht nur die Ermittlung der letzteren, fondern, was mehr ins Gewicht fällt, man braucht nur etwa halb fo viel Belaftungsfälle als bei der theoretifch genaueren Berechnung. Für die mehrfach erwähnte Cannftatter Neckarbrücke (Martinflußeifen, f. a. Blechträger) ift die genauere Berechnung in [15], die abgekürzte der Oeffnung IV in [16] durchgeführt. In der folgenden Tabelle find die hierbei erhaltenen oberen Grenzwerte von σ_o, σ_u einer Bogenhälfte zufammengeftellt, fowohl für Verkehrslaft allein als im ganzen (Eigengewicht, Verkehrslaft, Temperaturänderung, künftlicher Horizontalfchub zufammenwirkend).

Querfchnitt	Größte σ_o						Größte σ_u					
	Verkehrslaft allein			Im ganzen			Verkehrslaft allein			Im ganzen		
x in m	genau kg/qcm	abgek. kg/qcm	Abw. %	genau kg/qcm	abgek. kg/qcm	Abw. %	genau kg/qcm	abgek. kg/qcm	Abw. %	genau kg/qcm	abgek. kg/qcm	Abw. %
2,682	383,1	346,2	— 9,6	872	835	— 4,2	477,3	462,0	— 3,3	980	965	— 1,5
5,190	387,0	380,2	— 1,8	770	763	— 0,9	450,8	429,7	— 4,7	846	825	— 2,5
7,698	467,0	458,4	— 1,8	861	852	— 1,0	515,1	504,3	— 2,1	923	912	— 1,2
10,206	510,6	494,4	— 3,2	916	899	— 1,9	537,4	537,4	0	956	956	0
12,714	522,4	516,4	— 1,1	936	930	— 0,6	526,7	517,5	— 1,7	956	946	— 1,0
15,222	507,9	507,9	0	933	933	0	485,6	467,0	— 3,8	925	906	— 2,0
17,730	470,9	457,0	— 3,0	905	891	— 1,5	412,4	412,4	0	861	861	0
20,238	415,3	396,5	— 4,5	857	838	— 2,2	341,7	329,3	— 3,6	800	787	— 1,6
22,746	363,9	342,5	— 5,9	813	791	— 2,7	313,6	305,9	— 2,5	777	770	— 0,9
	Mittel	— 3,4				— 1,7			— 2,4			— 1,2

Bei den weniger wichtigen unteren Grenzwerten ergeben fich größere Abweichungen [16], § 10. Die Belaftungsgrenzen weichen bei flachen Bogen oft ziemlich bedeutend voneinander ab (vgl. Tafel zu [16]), was aber deshalb keinen erheblichen Einfluß auszuüben braucht, weil die Beiträge von Laften an den Belaftungsgrenzen gleich Null find. Die abgekürzte Berechnung, die für alle oben behandelten Bogen gilt, muß die Grenzwerte im allgemeinen etwas zu günftig liefern, da man nicht immer genau die ungünftigften Belaftungen verwendet.

Literatur: [1] Navier, Résumé des leçons sur l'application de la Mécanique, Paris 1826, p. 234. — [2] Winkler, Die Lehre von der Elaftizität und Feftigkeit, Prag 1867, S. 253. — [3] Engeffer, Entwicklung einer Formel für das Eigengewicht fchmiedeeiferner Bogenbrücken, Zeitfchr. für Bauwefen 1877, S. 207. — [4] Grashof, Theorie der Elaftizität und Feftigkeit, Berlin 1878, S. 251. — [5] Seyrig, Le pont sur le Douro, Mémoires de la société des ingenieurs civils, 1878, p. 741. — [6] Weyrauch, Ueber die Berechnung der Dourobrücke, Zeitfchr. für Baukunde 1879, S. 421. — [7] Müller-Breslau, Theorie und Berechnung der eifernen Bogenbrücken, I: Die ftabförmigen elaftifchen Bogen, Berlin 1880. — [8] Caftigliano, Théorie de l'équilibre des systèmes élastiques, Turin 1880 (Deutfch Wien 1886), I., Chap. 9, und II., Chap. 4, 10, 11. — [9] Krohn, Refultate aus der Theorie des Brückenbaues und deren Anwendung, erläutert durch Beifpiele, II: Bogenbrücken, Leipzig 1880. — [10] Zur Frage über die Anwendung von Scheitelfcharnieren bei eifernen Bogenbrücken, Deutfche Bauztg. 1881, S. 351, 445, 784; 1885, S. 525. — [11] Backhaus, Allgemeine Betrachtungen über Gelenkkonftruktionen eiferner Bogenbrücken, Zeitfchr. des Vereins deutfcher Ingenieure 1886, S. 741, 762, 773. — [12] Ritter, Der elaftifche Bogen, berechnet mit Hilfe der graphifchen Statik, Zürich 1886. — [13] Mantel, Der elaftifche Bogen unter dem Einfluffe von Kräften beliebiger Richtung, Schweizerifche Bauztg. 1888, II, S. 98, 111, 157, 162. — [14] Handbuch der Ingenieurwiffenfchaften, Bd. 2, XII: Theorie der eifernen Bogenbrücken und Hängebrücken (von Melan), Leipzig 1890. — [15] Weyrauch, Berechnung der neuen Bogenbrücke über den Neckar zwifchen Stuttgart und Cannftatt, Allgem. Bauztg. 1895, S. 49, 57, 73, 85. — [16] Weyrauch, Elaftifche Bogenträger, ihre Theorie und Berechnung entfprechend den Bedürfniffen der Praxis, München 1897. — [17] Stark, Beitrag zur Theorie ftatifch unbeftimmter Bogenträger, Technifche Blätter 1900, S. 103 (f. a. 1902, S. 75). — [18] Müller-Breslau, Die neueren Methoden der Feftigkeitslehre, Leipzig 1904, S. 154. — S. a. Bogen, Bogenfachwerke, Bogen mit Zugftange, Bogenfehnenträger, Mittengelenkbalken, Blechträger. *Weyrauch.*

Bogenfachwerke find als Fachwerke (f. d.) gegliederte Bogen (f. d.). Man unterfcheidet demnach einfache Bogenfachwerke (über eine Oeffnung) und durchlaufende oder kontinuierliche Bogenfachwerke (über mehrere Oeffnungen), Bogenfachwerke einfachen Syftems und mehrfachen Syftems. Wird ein Bogenfachwerk, an dem nur Laften oder

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

ſonſtige vertikale Aktivkräfte angreifen, durch einen beliebig geformten Schnitt s in zwei Teile zerlegt gedacht, ſo iſt die reſultierende Horizontalkraft, mit welcher der eine Teil auf den andern wirkt, ſtets gleich dem Horizontalſchub:

$$H_s = H. \qquad 1.$$

(Näheres ſ. Schnittkräfte.) Da allgemeines über die Berechnung der Fachwerke unter dem Stichwort Fachwerke (auch ſtatiſch beſtimmte, ſtatiſch unbeſtimmte und mehrfachen Syſtems) zu geben iſt, ſo ſollen hier nur für das am meiſten vorkommende einfache Syſtem Formeln angeführt werden, die bei bekannten äußeren Kräften (ſ. d.) unmittelbar verwendbar ſind.

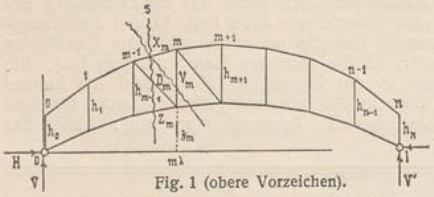


Fig. 1 (obere Vorzeichen).

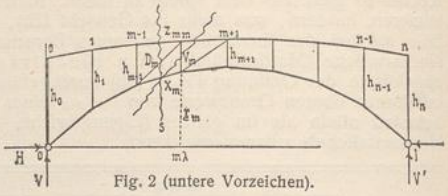


Fig. 2 (untere Vorzeichen).

Der Träger beſitze an den Enden der betrachteten Oeffnung l Gelenke in gleicher Höhe (Kämpfergelenke bei einfachen Bogen, Kämpfergelenke oder Pfeilergelenke bei durchlaufenden Bogen). Die Spannweite l ſei durch Vertikalen in n Felder von gleichen Längen λ geteilt. In jedem Felde befinde ſich eine wirkſame Diagonale, die zweierlei Stellungen einnehmen kann. Es werden die in Fig. 1, 2 erſichtlichen Bezeichnungen eingeführt (wonach diejenige Gurtung als X-Gurtung bezeichnet iſt, die man trifft, wenn man einer Diagonale nach der Seite des Auflagers 0 hin folgt). x_m, z_m, d_m, h_m ſeien die Längen derjenigen Stäbe, die durch X_m, Z_m, D_m, V_m beanſprucht ſind, während für ein rechtwinkliges Koordinatenſyſtem mit dem Urſprung der Koordinaten im Auflager 0 und horizontaler Abſziſſenachſe $\mathfrak{x}_m$, $\mathfrak{z}_m$ die Koordinaten der Knotenpunkte m (d. h. der Knotenpunkte für die Abſziſſe $m\lambda$) in X-Gurtung und Z-Gurtung bedeuten. Dann gelten in allen folgenden, das fragliche Fachwerkſyſtem betreffenden Ausdrücken der Stabkräfte die oberen Vorzeichen bei oben liegender X-Gurtung (Fig. 1), die unteren Vorzeichen bei unten liegender X-Gurtung (Fig. 2). Sind die äußeren Aktivkräfte nicht ſämtlich vertikal, dann treten die Gleichungen 7—10 unter Fachwerke, ſtatiſch beſtimmte, ein. Für beliebige Belaſtung (vertikale Aktivkräfte) aber hat man:

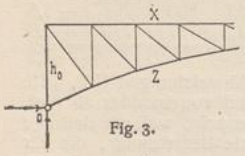


Fig. 3.

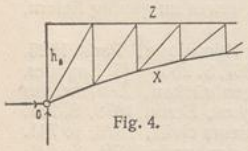


Fig. 4.

$$\left.\begin{aligned} X_m &= \mp\,[(n-m)\,S + m\,S' - H\,n\,\mathfrak{z}_m]\,\frac{x_m}{l\,h_m}, \\ Z_m &= \pm\,[(n-m+1)\,S + (m-1)\,S' - H\,n\,\mathfrak{x}_{m-1}]\,\frac{z_m}{l\,h_{m-1}}, \\ D_m &= \mp\,[(n-m+\varepsilon)\,S + (m-\varepsilon)\,S' - H\,n\,w_d]\,\frac{d_m}{\varepsilon\,l\,h_{m-1}}, \\ V_m &= \pm\,[(n-m+\nu)\,S + (m-\varepsilon)\,S' - H\,n\,w_v]\,\frac{1}{\nu\,l}, \end{aligned}\right\} \qquad 2.$$

worin, wie in der Folge ſtets, Zug als poſitiv, Druck als negativ gilt und bei beliebigen Gurtungsformen ausgedrückt ſind:

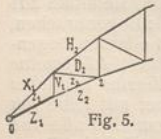


Fig. 5.

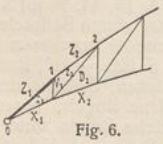


Fig. 6.

$$\varepsilon = \frac{h_m}{h_m - h_{m-1}}, \qquad 3.$$

$$\nu = \frac{\mathfrak{x}_m - \mathfrak{z}_m}{\mathfrak{x}_m + \mathfrak{z}_m - \mathfrak{x}_{m-1} - \mathfrak{z}_{m-1}}, \qquad 4.$$

$$w_d = \mathfrak{x}_m - \varepsilon\,(\mathfrak{x}_m - \mathfrak{x}_{m-1}) = \mathfrak{z}_m - \varepsilon\,(\mathfrak{z}_m - \mathfrak{z}_{m-1}), \qquad 5.$$

$$w_v = \mathfrak{x}_m - \nu\,(\mathfrak{x}_m - \mathfrak{x}_{m-1}) = \mathfrak{z}_m - \nu\,(\mathfrak{z}_{m+1} - \mathfrak{z}_m), \qquad 6.$$

ſpeziell bei horizontaler X-Gurtung (Fig. 3):

$$\mathfrak{x}_m = h_0, \qquad x_m = \lambda, \qquad \nu = \frac{h_m}{h_{m+1} - h_m}, \qquad w_d = w_v = h_0, \qquad 7.$$

und bei horizontaler Z-Gurtung (Fig. 4):

$$\mathfrak{z}_m = h_0, \qquad \mathfrak{z}_m = \lambda, \qquad \nu = \varepsilon, \qquad w_d = w_v = h_0. \qquad 8.$$

In 2. bezeichnen S, S' die ſtatiſchen Momente der Knotenpunktlaſten von Auflager 0 bis Schnitt s in Hinſicht des Auflagers 0, bezw. von Schnitt s bis Auflager l in Hinſicht des Auflagers l. Der Schnitt s iſt für X_m, Z_m, D_m durch das m-te Feld, für V_m durch die mit X_m, V_m, Z_{m+1} beanſpruchten Stäbe gelegt. Ausdrücke der S, S' für alle Fälle ſ. [8], §§ 10, 18. Die Formeln für X_m, Z_m, D_m gelten auch, wenn die Stellung der Diagonalen (und damit die Lage der X-Gurtung) wechſelt, während die Formeln für V_m an die Vorausſetzung geknüpft ſind, daß der Vertikalen m beiderſeits Felder mit Diagonalen gleicher Stellung anliegen, wobei jedoch die Diagonale mit einem Gurtungsſtabe zuſammenfallen kann (Fig. 5 und 6). Für Endvertikalen und Mittelvertikalen können alſo Ausnahmen eintreten, doch laſſen ſich deren Stabkräfte meiſt leicht aus den Gleichgewichtsbedingungen für die äußeren und inneren Kräfte an den begrenzenden Knotenpunkten ermitteln. Bei horizontaler Gurtung z. B. genügt die Bedingung: „Summe

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

laler Vertikalkräfte gleich Null". Direkt verwendbare Formeln für Endvertikalen und Mittelvertikalen f. [8], A 39, 42, [15], §§ 22—23.

Soll das Eigengewicht mit g pro Längeneinheit als gleichmäßig verteilt auf die Spannweite l gelten, und bezeichnen g_x, g_z diejenigen Teile von g, die auf die X-Gurtung und Z-Gurtung zu rechnen sind, so folgen aus 2. die vom Eigengewichte allein herrührenden Stabkräfte, die wir, wie die zugehörigen H, durch deutsche Buchstaben bezeichnen:

$$\left.\begin{aligned}
\mathfrak{X}_m &= \mp\left[m\,(n-m)\,\frac{g\lambda^2}{2} - \mathfrak{H}\,\mathfrak{z}_m\right]\frac{x_m}{\lambda\,h_m},\\
\mathfrak{Z}_m &= \pm\left[(m-1)\,(n-m+1)\,\frac{g\lambda^2}{2} - \mathfrak{H}\,\mathfrak{x}_{m-1}\right]\frac{z_m}{\lambda\,h_{m-1}},\\
\mathfrak{D}_m &= \mp\left[\varepsilon\left(m\,\frac{n-m}{\varepsilon} - n + 2m - 1\right)\frac{g\lambda^2}{2} - \mathfrak{H}\,w_d\right]\frac{d_m}{\varepsilon\,\lambda\,h_{m-1}},\\
\mathfrak{V}_m &= \pm\left[\nu\left(m\,\frac{n-m}{\nu} - n + 2m - \frac{g_x - g_z}{g}\right)\frac{g\lambda^2}{2} - \mathfrak{H}\,w_v\right]\frac{1}{\nu\,\lambda}.
\end{aligned}\right\} \qquad 9.$$

Wenn sich die beiden Gurtungen in den Endgelenken treffen (Fig. 5 und 6), ergeben die Gleichungen 2., 9. für $m=1$ wegen $h_0 = 0$, $\mathfrak{x}_0 = 0$ den unbestimmten Ausdruck $Z_1 = 0:0$. Indessen hat man für diesen Fall stets:

$$Z_1 = Z_2\,\frac{z_1}{z_2}, \qquad \mathfrak{Z}_1 = \mathfrak{Z}_2\,\frac{z_1}{z_2}. \qquad 10.$$

Die Gleichungen 2., 9. lassen sich zum Teil für besondere Gurtungsformen vereinfachen, indem man die speziellen Werte von ε, ν, h_m, $\mathfrak{x}_m$, $\mathfrak{z}_m$ einsetzt (f. dieselben [8], § 17). So erhält man für Sichelbogen, deren beide Gurtungen Parabeln eingeschrieben sind, $w_d = 0$, $\mathfrak{D}_m = 0$. Der Horizontalschub hat bei solchen Bogen keinen Einfluß auf die Beanspruchungen der Diagonalen. Weitere Ausdrücke der Stabkräfte für beliebige konzentrierte Lasten f. [8], § 18, entsprechende Gleichungen für Bogen mit beliebigen Stützhöhen [8], §§ 16, 18. Sobald der Horizontalschub bekannt ist, lassen sich nach 2., 9. die Stabkräfte für jede gegebene Belastung berechnen.

Einfache Bogenfachwerke mit drei Gelenken.

In diesem Falle ist der Horizontalschub für beliebige Lasten P_1, P_2, ..., die bei Abszissen a_1, a_2, ... auf die Fahrbahn oder die Knotenpunkte kommen, mit $d = \frac{l}{2}$:

$$H = \frac{1}{2f}\left[\sum_{o}^{d} P\,a + \sum_{d}^{l} P\,(l-a)\right], \qquad 11.$$

und für eine auf die ganze Spannweite gleichmäßig verteilte Last von g pro Längeneinheit:

$$\mathfrak{H} = \frac{g\,l^2}{8f}. \qquad 12.$$

Die Vertikalreaktionen der Kämpfer sind wie für vollwandige Bogen bestimmt (f. Bogen, einfache), über die resultierenden Kämpferdrücke f. [9], A 41.

Wir wollen nun für den häufigst vorkommenden Fall die Grenzwerte der Stabkräfte bei bewegter Last von p pro Längeneinheit der ergriffenen Strecke und gleichmäßig verteiltem Eigengewicht auf die ganze Spannweite angeben. Das Bogenfachwerk besitze horizontalen Obergurt und parabolischen Untergurt, die Diagonalen seien wie in Fig. 7 angeordnet. Der Symmetrie halber genügt es, die erste Bogenhälfte zu berechnen. Wir führen zur Abkürzung ein:

$$\sigma = \frac{n}{2}, \qquad \omega = \frac{n\,h_0}{2f}. \qquad 13.$$

Für Eigengewicht allein hat man:

$$\left.\begin{aligned}
\mathfrak{X}_m &= 0, \qquad \mathfrak{Z}_m = -\frac{g\,l}{8f}\,z_m,\\
\mathfrak{D}_m &= 0, \qquad \mathfrak{V}_m = -g_x\,\lambda,
\end{aligned}\right\} \qquad 14.$$

nur für die Kämpfervertikale und Scheitelvertikale sind ausnahmsweise:

$$\mathfrak{V}_0 = \mathfrak{V}_\sigma = -\frac{g_x\,\lambda}{2}. \qquad 15.$$

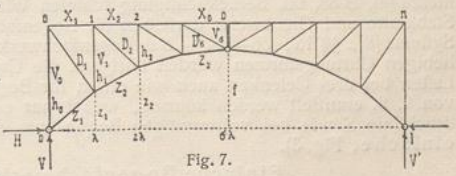


Fig. 7.

Im folgenden werden bei Angabe der zweiten Grenzbeanspruchungen die Werte der ersten durch eine Klammer ausgezeichnet. Dann sind die Grenzbeanspruchungen des Obergurts:

$$\left.\begin{aligned}
X_m &= -\frac{m\,(\sigma-m)\,(n-m)}{3\,\sigma - m}\,\frac{p\,\lambda^2}{2\,h_m},\\
X_m &= -\,(X_m),
\end{aligned}\right\} \qquad 16.$$

und diejenigen des Untergurts:

$$\left.\begin{aligned}
Z_m &= \mathfrak{Z}_m - \frac{\omega - m + 1}{\omega + m - 1}\,\frac{\omega\,z_m}{h_{m-1}}\,\frac{p\,l}{4},\\
Z_m &= \frac{2\,g + p}{g}\,\mathfrak{Z}_m - (Z_m)
\end{aligned}\right\} \qquad 17.$$

Nur in dem praktisch kaum vorkommenden Falle, daß $\frac{n-m+1}{n}\,2f < h_0$ wäre, würden an Stelle von 17. treten:

$$Z_m = \mathfrak{Z}_m + \left[(m-1)\,(n-m+1) - \frac{n\,\omega}{2}\right]\frac{z_m}{h_{m-1}}\,\frac{p\,\lambda}{2}, \qquad Z_m = \mathfrak{Z}_m. \qquad 18.$$

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Für die Grenzbeanſpruchungen der Diagonalen hat man:

$$D_m = -(D_m), \tag{19.}$$

d. h. beide ſind gleichgroß und von verſchiedenen Vorzeichen. Zur Ermittlung ihres Abſolutwerts berechne man zunächſt die Hilfsgrößen:

$$\varphi = \frac{m-\varepsilon}{n} 2f, \qquad \chi = \frac{n-m+\varepsilon}{n} 2f, \qquad \psi = \frac{n-m}{m} \frac{m-\varepsilon}{n} 2f. \tag{20.}$$

Man hat dann, wenn h_0 ſowohl zwiſchen χ und ψ als auch zwiſchen ψ und φ liegt:

$$D_m = \frac{[(n-m)(m-\varepsilon) - m\omega]^2}{n-m+\omega-(n-1)\varepsilon} \frac{d_m}{m-\varepsilon+\omega} \frac{p\lambda}{2h_m}, \tag{21.}$$

wenn h_0 zwiſchen χ und ψ, aber nicht zwiſchen ψ und φ liegt:

$$D_m = \frac{(n-m-\omega+\varepsilon)(m-1)^2}{n-m-\omega-(n-1)\varepsilon} \frac{d_m}{h_{m-1}} \frac{p\lambda}{2}, \tag{22.}$$

und wenn h_0 nicht zwiſchen χ und ψ, wohl aber zwiſchen ψ und φ liegt:

$$D_m = \frac{\omega-m+\varepsilon}{\omega+m-\varepsilon} \frac{\omega d_m}{\varepsilon h_{m-1}} \frac{pl}{4}. \tag{23.}$$

Ein vierter Fall, für den $D_m = 0$ würde ($h_0 = f$), kommt praktiſch nicht vor.

Zur Berechnung der Vertikalen beſtimme man zunächſt die Hilfsgrößen:

$$\varphi = \frac{m-\nu}{n} 2f, \qquad \chi = \frac{n-m+\nu}{n} 2f, \qquad \psi = \frac{n-m}{m} \frac{m-\nu}{n} 2f. \tag{24.}$$

Es ergibt ſich dann eine Grenzbeanſpruchung, wenn h_0 ſowohl zwiſchen χ und ψ als auch zwiſchen ψ und φ liegt:

$$V_m = \mathfrak{V}_m + \frac{[(n-m)(m-\nu) - m\omega]^2}{n-m-\omega-(n-1)\nu} \frac{1-\nu}{m-\nu+\omega} \frac{p\lambda}{2\nu} \tag{25.}$$

wenn h_0 zwiſchen χ und ψ, nicht aber zwiſchen ψ und φ liegt:

$$V_m = \mathfrak{V}_m - \frac{n-m-\omega+\nu)(m-1)^2}{n-m-\omega-(n-1)\nu} \frac{p\lambda}{2}, \tag{26.}$$

wenn h_0 nicht zwiſchen χ und ψ, wohl aber zwiſchen ψ und φ liegt:

$$V_m = \mathfrak{V}_m - \frac{\omega-m+\nu}{\omega+m-\nu} \frac{\omega}{\nu} \frac{pl}{4}. \tag{27.}$$

Die zweite Grenzbeanſpruchung iſt in allen drei Fällen:

$$V_m = -(V_m) - (p+2g_x)\lambda. \tag{28.}$$

Eine Ausnahme machen wieder die Kämpfervertikale und Scheitelvertikale. Grenzbeanſpruchungen der erſteren ſind:

$$\left.\begin{aligned} V_0 &= \mathfrak{V}_0 - \frac{n}{3\sigma-1} \frac{pl}{4}, \\ V_0 &= \mathfrak{V}_0 + \frac{n-1}{n} \frac{n-2}{3\sigma-1} \frac{pl}{4}, \end{aligned}\right\} \tag{29.}$$

und der letzteren:

$$V_\sigma = \mathfrak{V}_\sigma - \frac{p\lambda}{2}, \qquad V_\sigma = \mathfrak{V}_\sigma. \tag{30.}$$

Beiſpiele der Berechnung nach vorſtehenden Formeln [9], B 91, analoge Formeln für andre Stellung der Diagonalen und für beliebige Gurtungsformen [8], §§ 75, 70, Beiſpiele dazu [9], B 84, 85, 87, analoge Formeln für geradlinigen Untergurt zwiſchen Scheitelgelenk und Kämpfergelenken [8], § 73, und [9], B 89, Formeln für bewegte Radlaſtzüge [8], §§ 71, 74, Beiſpiele hierzu [8], B 88, 90, Berückſichtigung ſchiefen Winddrucks bei Bogendachbindern [9], B. 85, 86, Stabkräfte und Grenzwerte derſelben für Bogenfachwerke mit drei Gelenken beliebig einfachen Syſtems [8], §§ 15, 66—68. — Bei Bogenfachwerken einfachen Syſtems mit Vertikalen und beliebigen Gurtungsformen würden übrigens die Grenzbeanſpruchungen für gleichmäßig verteilte Laſten bei drei Gelenken auch wie unten für Bogen mit zwei Gelenken angegeben auf Grund von 2. 9. ermittelt werden können, wobei nur obige H, $\mathfrak{H}$ zu verwenden und die Kämpferdrucklinie S wie bei vollwandigen Bogen mit drei Gelenken zu ermitteln wäre (ſ. Bogen, einfache, Fig. 3).

Einfache Bogenfachwerke mit zwei Gelenken.

Werden die Träger mit ausgeſprochener Achſe durch die Kämpfergelenke ausgeführt, z. B. mit parallelen Gurtungen oder als Sichelträger, ſo läßt ſich der Horizontalſchub näherungsweiſe nach den Formeln für vollwandige Bogen berechnen, die für beliebige Achsform und beliebige Veränderlichkeit des Querſchnitts zur Verfügung ſtehen (ſ. Bogen, einfache, und [15], S. 78). Dies Verfahren wurde früher allgemein auch für die definitive Berechnung angewandt [3], es läßt ſich am eheſten für mehrteiliges Fachwerk rechtfertigen. Genauer iſt in allen Fällen der Horizontalſchub nach den unter Fachwerke, ſtatiſch unbeſtimmte, angeführten Regeln zu erhalten. Im folgenden ſetzen wir für alle Stäbe gleiche Elaſtizitätsmoduln E und gleiche Ausdehnungskoeffizienten α voraus. Ferner mögen für einen Stab bezeichnen s die Länge, F den Querſchnitt, π die Beanſpruchung durch einen Horizontalſchub $H = 1$ allein und A diejenige Beanſpruchung, die für die in Frage kommende Belaſtung im Falle $H = 0$ entſtehen würde (d. h. für ein Balkenfachwerk der gewählten Anordnung). Dann hat man mit der Bezeichnung

$$c = \frac{s}{F} \tag{31.}$$

durch beliebige Belaſtung allein:

$$H = -\frac{\Sigma c\pi A}{\Sigma c\pi^2}, \tag{32.}$$

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

durch eine gleichmäßige Temperaturänderung τ allein (bei Zunahme τ positiv):

$$H = \frac{l E \alpha \tau}{\Sigma c \pi^2}, \qquad 33.$$

und durch eine Aenderung der Spannweite um Δl allein (bei Zunahme Δl positiv):

$$H = -\frac{E \Delta l}{\Sigma c \pi^2}. \qquad 34.$$

In diesen Gleichungen sind die Summen Σ bei einfachem System auf alle Stäbe zu erstrecken (andre Fälle s. Fachwerke, statisch unbestimmte), doch ist der Beitrag der Füllungsglieder mitunter klein, so daß er häufig vernachlässigt wurde. Der Nenner in 32.—34. bleibt für alle Belastungen, Temperaturänderungen τ und Aenderungen Δl der Spannweite derselbe; er läßt sich bei symmetrischen Trägern aus den Verhältnissen der ersten Trägerhälfte berechnen. Nachdem der Horizontalschub bekannt ist, erhält man die ganze Beanspruchung eines beliebigen Stabes:

$$B = A + H\pi, \qquad 35.$$

worin A, π die obenerwähnten Werte für diesen Stab bedeuten. Bei Ermittlung der Beiträge von τ, Δl allein ist $A = 0$.

Handelt es sich um ein Fachwerk einfachen Systems mit Vertikalen, wie dasselbe oben betrachtet wurde, dann ergeben sich die A aus 2. mit $H = 0$, und für gleichmäßig verteilte Last aus 9. mit $\mathfrak{H} = 0$, die π folgen aus 2. mit $S = S' = 0$, $H = 1$. Beispielsweise erhält man für den gewöhnlichen Fall (Fig. 8) die π für die X-Gurtung, Z-Gurtung, Diagonalen und Vertikalen der ersten Trägerhälfte:

$$\left.\begin{aligned} \pi_x &= \frac{\eta_m}{h_m}, & \pi_z &= -\frac{h_0}{\lambda}\,\frac{z_m}{h_{m-1}}, \\ \pi_d &= \frac{h_0}{\varepsilon \lambda}\,\frac{d_m}{h_{m-1}}, & \pi_v &= -\frac{h_0}{\nu \lambda}, \end{aligned}\right\} \qquad 36.$$

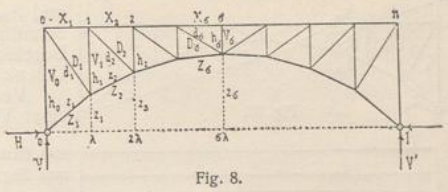


Fig. 8.

jedoch ausnahmsweise für die Kämpfervertikale und Scheitelvertikale (vgl. oben):

$$\pi_0 = \frac{\eta_1}{\lambda}, \qquad \pi_\sigma = 0. \qquad 37.$$

Der Symmetrie wegen sind damit auch die π der zweiten Trägerhälfte bestimmt. Die Gleichungen 36., 37. gelten bei beliebiger Form des Untergurts. Ist derselbe, wie sehr oft, einem Parabelbogen vom Pfeile f eingeschrieben, dann hat man:

$$\eta_m = m\,(n - m)\,\frac{4f}{n^2}.$$

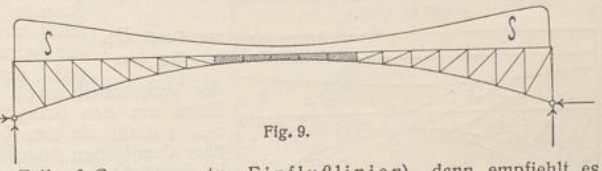
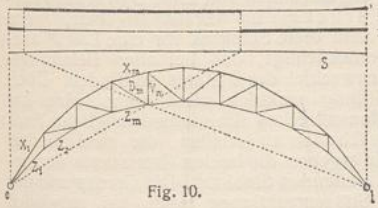


Fig. 9.

Sollen die Grenzwerte der Stabkräfte bei gleichmäßig verteilter bewegter Last oder doch bei bestimmten Maximalwerten der Knotenpunktslasten berechnet werden (andre Fälle s. Grenzwerte, Einflußlinien), dann empfiehlt es sich, die Kämpferdrucklinie S zu verzeichnen (s. Kämpferdrücke). Dieselbe kann bei Bogen mit ausgesprochener Achse durch die Kämpfergelenke näherungsweise wie bei vollwandigen Bogen mit Kämpfergelenken angenommen werden (s. Bogen, einfache, und [15], § 16). Allgemeiner und genauer finden sich die Ordinaten b für beliebige Abszissen a aus der Gleichung:

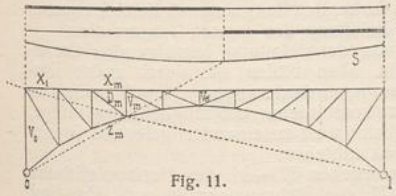
$$b = \frac{a\,(l - a)}{l\,H}, \qquad 38.$$

worin H einer bei a angreifenden Einzellast $P = 1$ entspricht. Der Verlauf der Kämpferdrucklinie hängt dann von der Anordnung der Stäbe und Querschnitte ab. Er ergab sich beispielsweise für einen Träger der Stabanordnung Fig. 9 mit Zwischenträgern von Feldlänge wie darüber angedeutet. Doch kommt der genaue Verlauf in den Endfeldern bei der praktischen Verwendung der Linie S nicht zur Geltung. Die Grenzwerte der Stabkräfte ergeben sich für einfaches System mit Vertikalen aus 2. bei den wie folgt bestimmten Belastungen. In Fig. 10—17 deuten fette Striche möglichst starke Belastung (Eigengewicht plus Verkehrslast), feine Striche möglichst schwache Belastung (Eigengewicht allein) der Knotenpunkte auf den betreffenden Strecken an. Die Diagonalen können auch andre Stellungen in ihren Feldern als in den Figuren haben (mit X-Gurtung unten auf der ersten Trägerhälfte, Fig. 2, 4, 6). In betreff der Ausnahmen für Kämpfervertikalen und Scheitelvertikalen muß auf das oben im Absatze nach den Formeln 8. Gesagte und auf [15], §§ 22—23, verwiesen werden.



max Druck X_m
max Zug X_m

Fig. 10.



max Druck X_m
max Zug X_m

Fig. 11.

Gurtungen (Fig. 10—13). Bei Berechnung eines beliebigen Gurtungsstabes ziehe man aus den Endgelenken Gerade durch den Schnittpunkt der beiden übrigen Stäbe des gleichen

Feldes bis zu den Durchſchnitten mit der Kämpferdrucklinie S. Für die eine Grenzbeanſpruchung ſind die Knotenpunkte zwiſchen dieſen Durchſchnitten, für die andre die übrigen Knotenpunkte möglichſt ſtark zu belaſten. Im Falle beide Gurtungen in den Endgelenken zuſammentreffen, gelten für die Grenzwerte von Z_1, entſprechend Gleichung 10., dieſelben Belaſtungen wie für die Grenzwerte von Z_2.

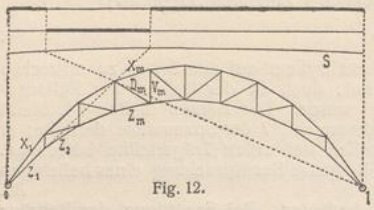


Fig. 12.

max Druck Z_m
max Zug Z_m

Diagonalen (Fig. 14 und 15). Bei Berechnung einer Diagonale d_m ziehe man aus den Endgelenken 0 und l Gerade R, R' durch den Schnittpunkt der beiden Gurtungsſtäbe x_m, z_m ihres Feldes bis zu den Durchſchnitten mit der Kämpferdrucklinie S. Es ſind dann Belaſtungsgrenzen: 1. der Durchſchnitt von S und R', wenn er zwiſchen 0 und Vertikale h_{m-1} liegt; 2. der Durchſchnitt von S und R, wenn er zwiſchen Vertikale h_m und l liegt; 3. der Schnitt s durch Feld m ſelbſt, wenn eine Kraft vom Gelenk 0 in der Richtung auf den Durchſchnitt von S und h_m (Fig. 14 und 15) in anderm Sinne um den Schnittpunkt von x_m und z_m dreht, als eine Kraft vom Durchſchnitt von S und h_{m-1} in der Richtung auf das Gelenk l.

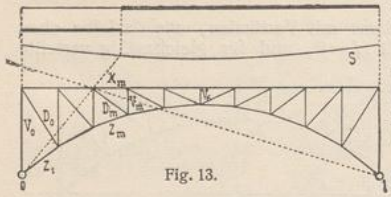


Fig. 13.

max Druck Z_m
max Zug Z_m

Vertikalen (Fig. 16 und 17). Bei Berechnung einer Vertikale h_m ziehe man aus den Endgelenken 0 und l Gerade R, R' durch den Schnittpunkt der Gurtungsſtäbe x_m, z_{m+1} in den anliegenden Feldern bis zu den Durchſchnitten mit der Kämpferdrucklinie S. Es ſind dann Belaſtungsgrenzen: 1. der Durchſchnitt von S und R', wenn er zwiſchen 0 und dem letzten Angriffspunkte der Verkehrslaſt (Fahrbahnlaſt) vor dem Schnitte s durch x_m, h_m, z_{m+1} liegt; 2. der Durchſchnitt von S und R, wenn er zwiſchen dem erſten Angriffspunkte der Verkehrslaſt nach jenem Schnitte s und l liegt; 3. der Schnitt s ſelbſt, wenn eine Kraft vom Gelenk 0 in der Richtung auf den Punkt von S ſenkrecht über dem erſten Angriffspunkte der Verkehrslaſt nach s (Fig. 16 und 17) in anderm Sinne um den Schnittpunkt der Gurtungsſtäbe x_m, z_{m+1} dreht, als eine Kraft von dem Punkte ſenkrecht über dem letzten Angriffspunkte der Verkehrslaſt vor s in der Richtung auf das Gelenk l.

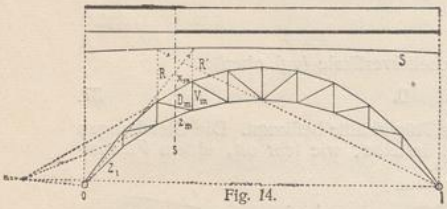


Fig. 14.

max Druck D_m
max Zug D_m

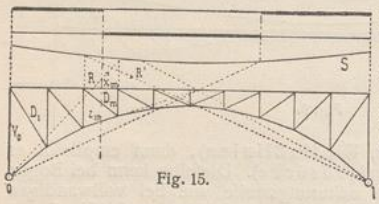


Fig. 15.

max Druck D_m
max Zug D_m

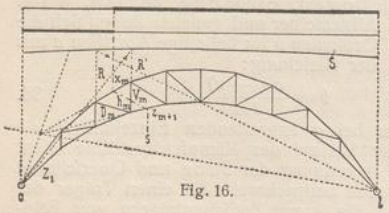


Fig. 16.

max Druck V_m
max Zug V_m

Der Sinn der Beiträge, den die Laſten auf den verſchiedenen Strecken zu einer beſtimmten Stabkraft liefern, läßt ſich auch ohne Kenntnis der Eigenſchaften von Linie S (ſ. Kämpferdrücke) im voraus angeben, wenn man dieſe Stabkraft für eine Laſt P ausdrückt und berückſichtigt, daß bei allen Belaſtungsgrenzen Zeichenwechſel des Beitrags ſtattfinden. Doch iſt dieſe Ermittlung praktiſch nicht nötig. Man hat eben die Belaſtungsſtrecken alternierend möglichſt ſtark und möglichſt ſchwach zu belaſten, die zwei hierbei möglichen Fälle ergeben die beiden Grenzwerte der betreffenden Stabkraft. Die Grenzwerte der Stützenreaktionen treten bei möglichſt ſtarker Belaſtung und möglichſt ſchwacher Belaſtung des ganzen Trägers ein.

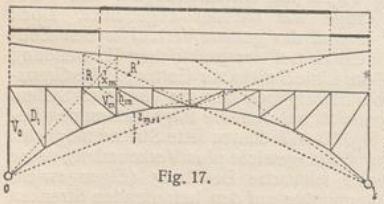


Fig. 17.

max Druck V_m
max Zug V_m

Mit den von der Belaſtung herrührenden Grenzwerten ſind in allen Fällen die durch andre Einwirkungen (Temperaturänderungen u. ſ. w.) bedingten Grenzwerte ſo zu kombinieren, daß möglichſt ungünſtige, das heißt möglichſt weit auseinander gelegene Grenzwerte im ganzen entſtehen.

In den Ausdrücken 32.—34. des Horizontalſchubs treten zufolge 31 die Stabquerſchnitte auf. Man hat alſo behufs Anwendung dieſer Formeln zunächſt eine vorläufige Berechnung der Stabquerſchnitte vorzunehmen, z. B. auf Grund der Formeln für die Grenzbeanſpruchungen von Bogenfachwerken mit drei Gelenken. Doch kann auch beabſichtigt werden, bei der vorläufigen Berechnung nur einige im voraus beſtimmte Belaſtungsfälle zu berückſichtigen, z. B. Eigengewicht allein, Vollbelaſtung des ganzen Trägers und einſeitige Verkehrsbelaſtung bis zur Trägermitte, womit man bei ſymmetriſchen Trägern für jeden Stab vier Beanſpruchungen erhält.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Bei folchen Rechnungen find vereinfachte Formeln für den Horizontalfchub felbft bei Bogenfachwerken mit Horizontalgurt zuläffig. Wird beifpielsweife in 32.—34. der Einfluß der Füllungsglieder vernachläffigt, ein mittlerer Querfchnitt f_u des Untergurts eingeführt und das Verhältnis der Querfchnitte des Untergurts und Obergurts konftant gefetzt:

$$\gamma = \frac{f_u}{f_o} \qquad 39.$$

(vgl. [4], S. 11), dann hat man nach 31.—34. bei beliebigem einfachen Syftem durch beliebige Belaftung:

$$H = -\frac{\underset{u}{\Sigma} s\pi A + \gamma \underset{o}{\Sigma} s\pi A}{\underset{u}{\Sigma} s\pi^2 + \gamma \underset{o}{\Sigma} s\pi^2}, \qquad 40.$$

durch eine beliebige Temperaturänderung τ:

$$H = \frac{l f_u E \alpha \tau}{\underset{u}{\Sigma} s\pi^2 + \gamma \underset{o}{\Sigma} s\pi^2}, \qquad 41.$$

und durch eine Aenderung Δl der Spannweite:

$$H = -\frac{f_u E \Delta l}{\underset{u}{\Sigma} s\pi^2 + \gamma \underset{o}{\Sigma} s\pi^2}, \qquad 42.$$

worin die Summen $\underset{u}{\Sigma}$, $\underset{o}{\Sigma}$ fich nur noch auf alle Stäbe des Untergurts und Obergurts beziehen.

In 40. kommt überhaupt kein Querfchnitt mehr vor. Das Verhältnis γ liegt für Bogen mit ausgefprochener Achfe nahe bei 1. und im allgemeinen etwa zwifchen 1. und 3. Angefichts diefer Unficherheit fragt es fich, ob nicht die Formeln 10., 11. für Bogen mit drei Gelenken oder die für vollwandige Parabelbogen mit zwei Gelenken im Falle $\varepsilon = 0$ geltende Formel (f. Bogen, einfache):

$$H = \frac{5}{8 f l^3} \sum_0^l P a (l-a)(l^2 + l a - a^2), \qquad 43.$$

ebenfo genaue Refultate liefern. Für letztere konnte näherungsweife gefetzt werden:

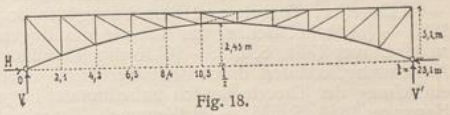


Fig. 18.

$$H = \frac{35}{48 f l} \sum_0^l P a (l-a). \qquad 44.$$

In der folgenden Zufammenftellung, die fich auf die von Engeffer [4] berechnete Itterbrücke bei Eberbach in Baden bezieht (Fig. 18), ift für f einmal die Ordinate der Mitte zwifchen Obergurt und Untergurt (2,79 m), das andre Mal der Pfeil des Untergurts gefetzt (2,48 m). Die Zahlen geben den Horizontalfchub H für eine Laft $P=1$ in den angeführten Entfernungen a von den Kämpfern.

a in m	H nach 40. mit					H nach 43. mit		H nach 44. mit		H nach 11. mit	
	$\beta=0$	$\beta=1$	$\beta=2$	$\beta=3$	$\beta=\infty$	$f=2{,}79$	$f=2{,}48$	$f=2{,}79$	$f=2{,}48$	$f=2{,}79$	$f=2{,}48$
2,1	0,329	0,384	0,405	0,416	0,450	0,463	0,521	0,494	0,556	0,376	0,423
4,2	0,641	0,757	0,800	0,823	0,896	0,884	0,995	0,890	1,001	0,753	0,847
6,3	0,922	1,106	1,174	1,210	1,324	1,230	1,384	1,186	1,334	1,129	1,270
8,4	1,141	1,400	1,496	1,547	1,708	1,475	1,659	1,384	1,557	1,506	1,694
10,5	1,239	1,579	1,706	1,772	1,984	1,601	1,801	1,483	1,668	1,882	2,117
Summe	5,226	5,581	5,768			5,653		5,437		5,646	
Mittel	1,045	1,116	1,154			1,131		1,087		1,129	

III. Weitere Fälle.

Einfache Bogenfachwerke ohne Gelenke werden in neuerer Zeit wieder häufiger ausgeführt. Die Schwarzwafferbrücke und Aarebrücke bei Bern, die Müngftener Brücke zwifchen Solingen und Remfcheid [14] find Beifpiele derfelben. Bei ausgefprochener Bogenachfe bis zu den Kämpfern hat man die Stützenreaktionen folcher Bogenträger früher allgemein nach den Formeln für vollwandige Bogen berechnet, die für beliebige Achsform und beliebige Veränderlichkeit des Querfchnitts abgeleitet find (f. Bogen, einfache, und [15], §§ 17, 34). Gegenwärtig kommen jedoch auch für Bogenfachwerke ohne Gelenke, insbefondere bei einfachem Fachwerkfyftem, meift die genaueren Beziehungen für ftatifch unbeftimmte Fachwerke zur Verwendung (f. Fachwerke, ftatifch unbeftimmte, und [14], S. 1327, [10], II, S. 324, [20] S. 31). Sobald die Stützenreaktionen beftimmt find, kann die Berechnung der Stabkräfte bei einfachem Fachwerkfyftem nach den unter Fachwerke, ftatifch beftimmte, gegebenen Verfahren, bei mehrfachem Syftem nach diefen und den unter Fachwerke, ftatifch unbeftimmte, gegebenen Regeln erfolgen. Bezüglich der Grenzwerte kann man zunächft unter Verwendung der Ausdrücke für die Stützenreaktionen die Schnittlinie S und die Umhüllungslinien U, U' der Kämpferdrücke ableiten (f. Kämpferdrücke) und alsdann mit Hilfe diefer Linien die Belaftung für die Grenzwerte in ähnlicher Weife erhalten, wie es oben für Bogenfachwerke mit zwei Gelenken feftgefetzt ift, wobei nur die oben durch die Kämpfergelenke gezogenen Linien jetzt als Tangenten an die Umhüllungslinie zu ziehen find [15], S. 175. Im übrigen ift auf die unter Grenzwerte angeführten Methoden zu verweifen (f. a. Einflußlinien).

Durchlaufende Bogenfachwerke find bisher faft nur als feffe Hängebrücken ausgeführt worden, über die an andrer Stelle zu fprechen ift (f. Hängebrücken, feffe). Für den unter Bogen, durchlaufende, zur dortigen Fig. 1 erwähnten Fall könnte bei aus-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

geſprochener Bogenachſe bis zu den Stützengelenken der Horizontalſchub näherungsweiſe nach den daſelbſt gegebenen Gleichungen berechnet werden (insbeſondere bei mehrteiligem Fachwerk). Im übrigen gelten auch hier die obigen Gleichungen 31.—35. und 39.—42., worin nur jetzt L, ΔL an Stelle von l, Δl zu ſetzen iſt, unter L die Summe der Spannweiten verſtanden (unter ΔL die etwaige Aenderung von L), während ſich die Summen Σ auf die Stäbe aller Oeffnungen beziehen. Auch die oben für einfaches Syſtem mit Vertikalen gegebenen Gleichungen bleiben bei dieſem System für jede Oeffnung gültig. Dagegen liefern die angeführten Regeln für die ungünſtigſten Belaſtungen nur die von der Belaſtung in der betrachteten Oeffnung l (innerhalb welcher der zu berechnende Stab liegt) herrührenden Grenzwerte mit denen die von den Temperaturveränderungen und der Belaſtung außerhalb l herrührenden Grenzwerte (den Grenzwerten der betreffenden Anteile von H entſprechend) ſo zu kombinieren ſind, daß möglichſt ungünſtige, d. h. möglichſt weit auseinander gelegene Grenzwerte im ganzen entſtehen. — Erhält eine der Oeffnungen ein Zwiſchengelenk, ſo entſteht die unter Bogen, durchlaufende, zur dortigen Fig. 2 beſprochene Trägerart. Die Oeffnung mit Zwiſchengelenk iſt bei Herſtellung als Fachwerk ganz wie ein entſprechender Dreigelenkbogen zu berechnen (ſ. oben), während die Grenzwerte der Stabkräfte in den übrigen Oeffnungen zunächſt wie für einfache Balken zu ermitteln ſind (mit $H=0$, ſ. Balkenfachwerke), worauf man die durch die Grenzwerte von H allein entſtehenden Stabkräfte mit jenen Grenzwerten ſo zu kombinieren hat, daß möglichſt ungünſtige Grenzwerte im ganzen entſtehen. Spezielle Formeln zur Berechnung ſolcher Bogenfachwerke [8], §§ 73—81, Beiſpiele und Aufgaben dazu [9], B 93—103, A 42 und 43. S. a. Fachwerke, ſtatiſch unbeſtimmte.

Literatur: [1] Ritter, Elementare Theorie eiſerner Dach- und Brückenkonſtruktionen, Hannover 1873 (letzter Abdruck 1904). — [2] Mohr, Beitrag zur Theorie des Fachwerks, Zeitſchr. des Arch.- u. Ing.-Vereins zu Hannover 1874, S. 509, und 1875, S. 17. — [3] Seyrig, Le pont sur le Douro, Mémoires de la société des ingenieurs civils 1878, p. 748 (ſ. a. Weyrauch, Ueber die Berechnung der Dourobrücke, Zeitſchr. des Arch.- u. Ingen.-Vereins zu Hannover 1879, S. 421). — [4] Engeſſer, Theorie und Berechnung der Bogenfachwerkträger ohne Scheitelgelenk, Berlin 1880. — [5] Mohr, Beitrag zur Theorie des Bogenfachwerks, Zeitſchr. des Arch.- u. Ing.-Vereins zu Hannover 1881, S. 243. — [6] Krohn, Reſultate aus der Theorie des Brückenbaues und deren Anwendung, erläutert durch Beiſpiele, II: Bogenbrücken, Leipzig 1883. — [7] Müller-Breslau, Vereinfachung der Theorie ſtatiſch unbeſtimmter Bogenträger, Zeitſchr. des Arch.- u. Ing.-Vereins zu Hannover 1884, S. 575. — [8] Weyrauch, Theorie der ſtatiſch beſtimmten Träger für Brücken und Dächer, Leipzig 1887, Abſchnitte VI und VIII. — [9] Weyrauch, Beiſpiele und Aufgaben zur Berechnung der ſtatiſch beſtimmten Träger für Brücken und Dächer, Leipzig 1888, Abſchn. VI und VII. — [10] Müller-Breslau, Die graphiſche Statik der Baukonſtruktionen, Bd. I, Leipzig 1887, Abſchn. XI und XII; Bd. II, Leipzig 1903, Abſchn. II. — [11] Handbuch der Ingenieurwiſſenſchaften, Bd. 2, XII: Theorie der eiſernen Bogenbrücken und Hängebrücken von Melan, Leipzig 1890. — [12] Bohny, Der kontinuierliche Zweigelenkbogen, Zeitſchr. des Vereins deutſcher Ingen. 1896, S. 1249, 1380. — [13] Zſchetzſche, Berechnung der Bogenbrücken bei Wirkung ſeitlicher Kräfte, Zeitſchr. für Archit.- und Ingenieurweſen 1897, S. 241. — [14] Rieppel, Die Talbrücke bei Müngſten, Zeitſchr. des Vereins deutſcher Ingen. 1897, S. 1321, 1373, 1421. — [15] Weyrauch, Elaſtiſche Bogenträger, ihre Theorie und Berechnung entſprechend den Bedürfniſſen der Praxis, München 1897. — [16] Bohny, Der Eingelenkbogen, Zeitſchr. des Vereins deutſcher Ingen. 1898, S. 147. — [17] Die neuen Rheinbrücken zu Bonn und Düſſeldorf, Zeitſchr. des Vereins deutſcher Ingen. 1899, S. 309. — [18] Kunz, Die neue Straßenbrücke über den Niagarafluß, Zeitſchr. des öſterr. Ingen.- und Archit.-Vereins 1899, S. 465, 477. — [19] Mehrtens, Der deutſche Brückenbau im 19. Jahrhundert, Berlin 1900 (auch Zeitſchr. des Vereins deutſcher Ingen. 1900). — [20] Frank, Ueber die analytiſche Beſtimmung der elaſtiſchen Verrückungen von Fachwerken u. ſ. w., Stuttgart 1901 (Diſſertation). — S. a. Bogen mit Zugſtange, Bogenfehnenträger, Mittengelenkbalken und Fachwerke, ſtatiſch unbeſtimmte.

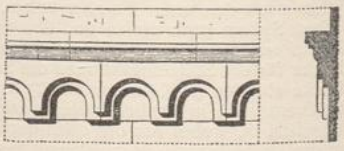
Weyrauch.

Bogenfachwerke (graphiſche Berechnung), ſ. Bogen, S. 144.

Bogenfachwerksbrücken, ſ. Bogenbrücken.

Bogenfeile dient zum Metallſchneiden, beſonders zur Herſtellung feiner Einſchnitte, und unterſcheidet ſich von der Bogenſäge (ſ. Sägen) durch die feineren Zähne des Sägeblattes, die wie bei den Feilen mittels Hiebes hergeſtellt werden. Der durch das Einhauen entſtehende ſeitliche Grat bewirkt das Freiſchneiden.

Bogenfeld (Tympanon), das innere Feld, das von einem Bogen und dem darunter befindlichen Türſturz eingeſchloſſen erſcheint. Es wurde namentlich in der mittelalterlichen Baukunſt häufig bei Portalbildungen angewendet und in vielen Fällen durch reiche figurale Darſtellungen geſchmückt, die bei großen Bogenfeldern oft in mehreren Zonen übereinander geſtellt wurden.



Bogenfries, ein an den mittelalterlichen Bauwerken häufig vorkommender Bauteil, der als tragendes Glied unter Brüſtungs-, Gurt- und Hauptgeſimſen hinzieht und als eine fortlaufende Reihe kleiner Bogen in Rund- oder Spitzbogenform ausgebildet iſt, die entweder glatt (ſ. die Figur) oder mit Profilen umzogen ſind, oft auch auf Tragſteinen aufruhen.

Weinbrenner.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Bogengerüft, f. Gewölbe und Lehrgerüfte.

Bogenhaupt (Bogenfcheitel), der höchfte Punkt eines Bogens (f. d.).

Bogenkalander, zum Glätten einzelner oder gleichzeitig mehrerer Papierbogen verwendete, walzwerkartige Mafchine; f. Papierfabrikation.

Bogen, kontinuierliche, f. Bogen, durchlaufende.

Bogenlaibung ift die innere Fläche des Bogens, deren Form von der Geftalt der Bogenlinie (Wölblinie) abhängt und die durch die Bewegung der Bogenlinie (Wölblinie) längs einer feften Linie (Achfe) oder durch die Bewegung einer Erzeugenden an feften Leitlinien (Stirnkurven) entftanden gedacht werden kann (f. a. Mauerbogen). *L. v. Willmann.*

Bogenlampen. Bringt man in dem Schließungskreis eines elektrifchen Stromes zwei Kohlenftäbe miteinander in Verbindung, fo erwärmen fich diefelben an der Berührungsftelle. Bei genügend hoher Spannung und Stromftärke fteigt die Temperatur bis zur Weißglühhitze, und es findet eine lebhafte Lichtentwicklung ftatt. Entfernt man nun die beiden Stäbe voneinander, fo wird die Lichtwirkung ftärker, indem fich zwifchen denfelben eine leuchtende Brücke, der fogenannte Lichtbogen bildet. S. a. Beleuchtung, elektrifche.

Diefe leuchtende Brücke befteht, wie die Spektralanalyfe zeigt, aus glühenden Kohledämpfen, und ift demnach die Temperatur des Lichtbogens eine fo hohe, daß fich die Kohle verflüchtigt. An Stelle der Kohlenftäbe könnten auch Metallftäbe zur Lichtbogenbildung verwendet werden, fie find jedoch für dauernden Betrieb ungeeignet, da fie infolge der hohen Temperatur fchmelzen und abtropfen und da ferner bei Kohle die Lichtwirkung am größten ift. Neben dem Verdampfen der Kohle findet auch ein mechanifches Losreißen von Kohleteilchen ftatt, die an der Luft verbrennen oder an den gegenüberliegenden Stab übergehen, wobei diefelben nach und nach zu pilzartigen Hütchen anwachfen.

Je nach der Art des den Lichtbogen erzeugenden Stromes unterfcheidet man den Gleichftrombogen und den Wechfelftrombogen [1], [17]. Bei dem Gleichftromlichtbogen nehmen die beiden Kohlen nicht in gleicher Weife an dem Prozeffe teil. An der pofitiven Kohle bildet fich eine kraterförmige Vertiefung, während fich die negative zufpitzt, wie dies Fig. 1 zeigt. An dem Krater entfteht die größte Lichtwirkung, etwa 85 % der gefamten Lichtausftrahlung, während nur etwa 10 % von der negativen Kohle und 5 % von dem Bogen felbft herrühren. Bei der gewöhnlichen vertikalen Anordnung der Kohlen, wobei fich die pofitive über der negativen befindet, verteilt fich die erzeugte Lichtmenge, wie aus der Begrenzungskurve in Fig. 1 erfichtlich [2]. Denkt man fich durch die Achfe der Kohlen eine Ebene gelegt und vom Strahlenmittelpunkt aus auf den verfchiedenen Richtungen die in einer Einheit gemeffenen Lichtftärken abgetragen, fo zeigt es fich, daß diefe für die einzelnen Austrittswinkel fehr verfchieden find. Das Minimum der Lichtwirkung liegt in horizontaler Richtung, während die Lichtftärke unter einem Winkel von etwa 40° nach abwärts ihr Maximum erreicht. Die zur Aufrechterhaltung eines folchen Bogens nötige Spannung beträgt ca. 45 Volt, es kann jedoch auch fchon bei geringerer Spannung ein Lichtbogen beftehen und ift hierfür die Entfernung der Kohlen voneinander maßgebend. Bei einer Kohlenentfernung von 0,5 mm ift z. B. nur eine Spannung von 25 Volt notwendig; der Lichtbogen ift aber in diefem Falle unftet und flackernd, bei Vergrößerung der Entfernung und Spannung wird er allmählich ruhiger und bleibt fo bei einer beftimmten Länge und konftanter Spannung. Diefe Länge fteigt mit der Stromftärke und beträgt nach Uppenborn für Lampen von

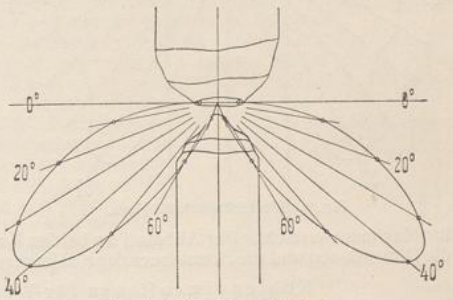


Fig. 1. Gleichftromlichtbogen.

5—8 Ampère	8—10 Ampère	10—20 Ampère
1—2 mm	2—3 mm	4—5 mm.

Die Spannung verteilt fich ebenfo wie die Lichtftärke nicht gleichmäßig auf den Lichtbogen: auf den Uebergang von der pofitiven Kohle zum Bogen entfallen 33 Volt, auf den Lichtbogen 6 Volt und der Reft auf die negative Kohle. Dementfprechend variiert die Temperatur im Bogen, und zwar beträgt diefelbe nach Meffungen von Violle [14] 3500° an der pofitiven und 2700° an der negativen Kohle; die Temperatur der glühenden Gafe zwifchen den Kohlen foll 3500° C. noch überfteigen. Außerdem ift der Abbrand der Kohle verfchieden, indem die pofitive Kohle etwa doppelt fo fchnell verzehrt wird als die negative. Aus diefem Grunde erhält gewöhnlich die pofitive Kohle etwa den doppelten Querfchnitt der negativen, wobei diefelben gleich lang verwendet werden können. In der nachftehenden Tabelle find die Dimenfionen und die Brenndauer der Kohlen Marke A von Gebr. Siemens & Co. in Charlottenburg zufammengeftellt.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Kohlendimenſionen für Gleichſtrombogenlampen.

Stromſtärke.	Durchmeſſer der oberen Dochtkohle in mm	Durchmeſſer der unteren Homogenkohle in mm	Brenndauer in Stunden bei Kohlenlängen von		
			200 mm	250 mm	325 mm
2	9	6	7,5		
3	11	7	8,5	11	15
4,5	13	8	10	13	18
6	16	10	10	13	18
9	18	12	10	13	18
12	20	13	10	13	18
15	20	13	9	11,5	16
20	22	14	10	13	18

Der Abbrand der Kohlen kann ſehr ermäßigt werden, wenn dem Sauerſtoff der Luft der Zutritt zu den glühenden Kohlenenden abgeſchnitten wird, wie dies z. B. bei den ſogenannten Dauerbrandlampen (ſ. weiter unten) geſchieht. Denſelben Zweck ſucht Hardtmuth durch einen Dauerbrenner zu erreichen, der aus einer das Ende der poſitiven Kohle umgebenden Speckſteinhülſe beſteht und der den aufſteigenden oxydierenden Luftſtrom von dem Kohlenende ablenkt [6].

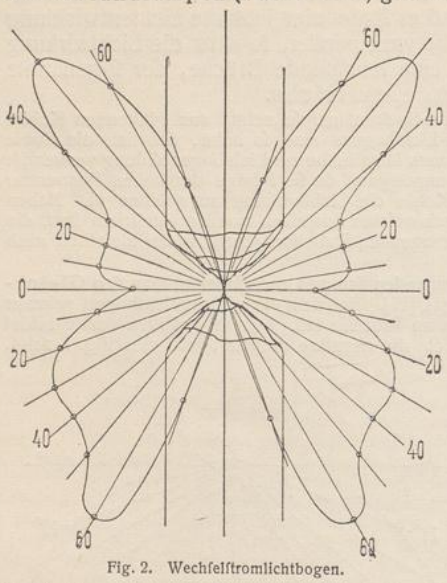


Fig. 2. Wechſelſtromlichtbogen.

Zwiſchen dem Gleich- und Wechſelſtromlichtbogen beſtehen weſentliche Unterſchiede. Im Wechſelſtromkreiſe wird der Strom bei jeder Umkehr auf einen Augenblick unterbrochen; da aber die Dämpfe im Lichtbogen bei dieſer außerordentlich kurzen Zeit ihre Temperatur beibehalten, ſo erhält ſich der Lichtbogen, und der Lichteindruck erſcheint dem Auge als ein kontinuierlicher. Um ein vollſtändig ruhiges Licht zu erhalten, darf die Anzahl der Polwechſel nicht unter eine gewiſſe Grenze (40 in der Sekunde) ſinken. Die zur Aufrechterhaltung des Lichtbogens nötige Spannung beträgt bei Wechſelſtrom nur 25 bis 35 Volt bei einer Lichtbogenlänge von 2—4 mm. Beim Wechſelſtromlichtbogen brennen die beiden Kohlen gleichmäßig ab, und die Lichtmenge verteilt ſich nach oben und unten ziemlich ſymmetriſch. Die Lichtverteilung läßt ſich ungefähr nach der in Fig. 2 gegebenen Kurve darſtellen, und zwar iſt die Lichtwirkung ebenfalls in horizontaler Richtung am kleinſten, während ſie unter einem Winkel von 50—60° nach oben und unten ihr Maximum erreicht. Der Abbrand an beiden Kohlen iſt gleichmäßig. Folgende Tabelle enthält die Dimenſionen und die Brenndauer der Kohlenmarke A von Gebr. Siemens & Co. für Wechſelſtrom.

Kohlendimenſionen für Wechſelſtrombogenlampen.

Stromſtärke	Durchmeſſer der oberen Dochtkohle in mm	Durchmeſſer der unteren Dochtkohle in mm	Brenndauer in Stunden bei Kohlenlängen von		
			200 mm	250 mm	325 mm
3	7	8	8,5	10,75	15
4,5	8	9	8,5	10,75	15
6	9	10	8,5	10,75	15
9	10	12	8,5	10,75	15
12	12	14	8,5	10,75	15
15	14	16	10,75	14	19
20	16	19	10,75	14	19

Die Angaben beziehen ſich auf Wechſelſtrombogenlampen mit Reflektor an der oberen Kohle, der den Abbrand etwas ermäßigt, weshalb letztere ſchwächer als die untere genommen werden kann. Bei Lampen ohne Reflektor haben beide Dochtkohlen gleichen Durchmeſſer.

Die zur Erhaltung des Lichtbogens notwendige Energie iſt durch das Produkt aus Spannung und Stromſtärke beſtimmt. Da aber die Spannung ſtets annähernd gleich iſt, ſo iſt die Stromſtärke der maßgebende Faktor, d. h. für eine gewünſchte Lichtſtärke muß eine beſtimmte Stromſtärke gewählt werden. Zur Vergleichung der Lichtmengen hat man den Begriff der mittleren räumlichen Lichtſtärke (mittlere ſphäriſche Intenſität) eingeführt. Man denkt ſich die Begrenzungskurve der Lichtſtärken (Fig. 1 oder 2) um die Achſe der Kohlen gedreht und berechnet den Kubikinhalt des entſtehenden Rotationskörpers. Dieſer Wert gibt dann die geſamte entwickelte Lichtmenge, und der Radius einer Kugel, deren Inhalt demjenigen dieſes Rotationskörpers gleichkommt, entſpricht nun der mittleren räumlichen Lichtſtärke.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Bei der Beleuchtung unbedeckter Räume kommt gewöhnlich nur die Lichtverteilung unter der Horizontalen (Fig. 1) in Betracht, und es genügt dann, die mittlere hemisphärische Lichtstärke der unteren Halbkugel zu bestimmen. Für den direkten Vergleich zweier Lampen bezüglich ihrer Lichtabgabe und des dazu erforderlichen Energieaufwandes muß jedoch stets die mittlere sphärische Lichtstärke benutzt werden. Man ermittelt sie am einfachsten auf graphischem Wege [17]. Die nachstehenden Tabellen geben die maximalen und die mittleren räumlichen Lichtstärken für normale, offen brennende Bogenlampen für einige Stromstärken an. Als Einheit der Lichtstärke gilt die Hefnerkerze (HK).

1. Gleichstromlampen.

Stromstärke in Ampère . .	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
Maximale Lichtstärke . . .	120	370	690	1070	1480	1950	2400	2950	3450	4000
Mittlere räumliche Lichtstärke	66	200	375	585	810	1060	1310	1610	1880	2180

2. Wechselstromlampen.

Stromstärke in Ampère . .	6	8	10	12	14	16	18	20
Maximale Lichtstärke . . .	220	330	450	590	740	900	1050	1220
Mittlere räumliche Lichtstärke	98	184	270	356	442	528	614	700

Bei offen brennenden Lampen kann man durchschnittlich 0,57 Watt für jede Kerzenstärke der mittleren räumlichen Lichtstärke rechnen; bei Verwendung von matten Glocken und Beruhigungswiderständen (s. weiter unten) steigt dieser Wert auf ca. 1 Watt.

Die zu den meist in runder Form hergestellten Kohlen verwendeten Materialien sind Graphit, Retortenkohle, Koks, Anthrazit und Ruß, die in Kugelmühlen oder Kollergängen vermahlen und hierauf mit heißem Teer versetzt und in besonderen Maschinen gemischt werden. Für die Mischung hat jede Fabrik ihr besonderes, streng geheimgehaltenes Rezept. Durch Kneten zwischen den Walzen eines Kalanders erlangt die Masse noch größere Feinheit und eine zähe, kittähnliche Konsistenz und kommt dann in die mit entsprechendem Mundstück versehene hydraulische Presse, um hier unter hohem Druck zu Stäben ausgepreßt zu werden. Zum Schluß erfolgt das Brennen in Tiegeln. Genauere Angaben über Herstellung und Prüfung findet man in [10]. Außer diesen Homogenkohlen stellt man noch sogenannte Dochtkohlen her, die einen Kern (Docht) aus weicherer Masse (Kohle, Wasserglas und Borsäure) erhalten, wodurch ein ruhiges, gleichmäßiges Brennen erzielt wird. In Gleichstrombogenlampen ist gewöhnlich die positive Kohle mit Docht versehen, während die negative homogen ist, bei Wechselstrombogenlampen werden oben und unten Dochtkohlen verwendet.

Durch den Lichtbogen werden die Enden der Kohlen allmählich verzehrt, und der Zwischenraum wird immer größer, bis er endlich so groß geworden ist, daß der Bogen erlischt. Zur Erreichung eines ruhigen und gleichmäßigen Lichtes ist es deshalb erforderlich, daß die Kohlen immer in gleicher Entfernung voneinander gehalten werden. Dies kann von Hand erreicht werden oder auf selbsttätigem Weg, indem der Strom selbst zur Regulierung des Kohlenvorschubs in der Bogenlampe benutzt wird. Die Betätigung des Kohlenvorschubs von Hand wird nur noch in wenigen Fällen verwendet, wo elektrisches Bogenlicht auf kurze Zeit und von wechselnden Punkten aus erzeugt werden soll, wie dies zum Zwecke der Lichtwirkungen auf der Bühne, für Projektionslampen und Scheinwerfer erforderlich ist. Die automatische Regulierung findet durch die Bewegung eines Eisenkerns statt, der den Einflüssen eines Elektromagnetsystems unterworfen ist und in geeigneter Weise mit den Kohlen in Verbindung steht. Die Windungen dieses Elektromagnetsystems können auf dreierlei Arten mit dem Lichtbogen in Beziehung gebracht werden: entweder sind sie mit dem Lichtbogen hintereinander geschaltet, so daß der ganze Lampenstrom sie durchfließt, oder sie liegen zum Lichtbogen in Nebenschluß, wobei nur ein ganz geringer Teilstrom durch sie geht, oder endlich werden beide Schaltungsarten miteinander vereinigt. Diesen Schaltungsweisen entsprechend unterscheidet man Hauptstrom-, Nebenschluß- und Differentialbogenlampen.

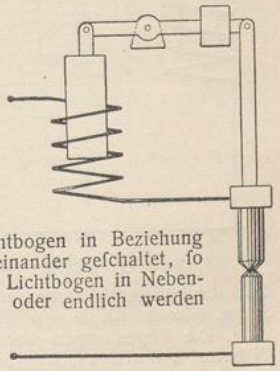


Fig. 3. Hauptstrombogenlampe.

Die Wirkungsweise der Hauptstrombogenlampe ist aus der schematischen Fig. 3 ersichtlich. Die untere Kohle sei feststehend gedacht, während die obere an einem drehbaren Hebel hängt. An dem andern Ende des Hebels ist ein Eisenkern in einer mit starken Windungen versehenen Spule beweglich angebracht und sind diese Regulierwindungen in den Stromkreis der Kohlen eingeschaltet. Unter dem Einfluß eines Gewichtes oder einer sonstigen äußeren Kraft suchen sich die Kohlen zu nähern. Läßt man nun Strom durch die Lampe, so wird der Eisenkern in die Spule hineingezogen, wodurch gleichzeitig die Kohlen sich voneinander entfernen und der Lichtbogen gebildet wird. Die Kraft der Regulierwindungen und des Gegengewichts sind so ausbalanciert, daß sie sich bei richtiger Lichtbogenlänge und Stromstärke das Gleichgewicht halten. Im Verhältnis des Kohlenabbrandes steigt nun der Widerstand des Lichtbogens und sinkt die Stromstärke, wodurch die Kraft der Regulierwindungen durch das Gegengewicht überwunden wird, so daß die Kohlen sich nähern, bis gleiche Stromstärke oder Gleichgewicht eingetreten ist. Es findet für den Gleichgewichtszustand, wenn N die Anzahl der Regulierwindungen, J die Stromstärke und F die konstante Gegenkraft bezeichnen, die Beziehung

ſtatt: $KNJ = F$, wobei K eine Konſtante bedeutet, oder $J = F : KN =$ Konſtante, d. h. die Hauptſtrombogenlampe reguliert auf konſtante Stromſtärke.

Die Nebenſchlußlampe iſt die am meiſten verwendete Bogenlampe, und wird deren Schaltung durch Fig. 4 dargeſtellt. Die Regulierſpule des Syſtems iſt zu dem Lichtbogen in Nebenſchluß geſchaltet und beſteht aus einer ſehr großen Anzahl dünner Drahtwindungen, deren magnetiſierende Wirkung derjenigen der obengenannten Hauptſtromſpule gleichkommt. Durch ein Gewicht oder eine ſonſtige äußere Kraft werden die Kohlen auseinander gezogen, während die Regulierwindungen dieſelben bei Stromdurchgang unter Vermittlung des Eiſenkerns einander zu nähern ſuchen. Bei normaler Lichtbogenlänge halten ſich die Kräfte das Gleichgewicht; brennen die Kohlen ab, ſo ſteigt infolge des größeren Widerſtands die Spannung am Lichtbogen. Proportional dieſer Spannungszunahme ſteigt auch die Stromſtärke in der Nebenſchlußwicklung und wird demzufolge die magnetiſierende Wirkung der Regulierwindungen größer, ſo daß der Eiſenkern ſo weit angezogen wird, bis die richtige Lichtbogenlänge und damit der Gleichgewichtszuſtand wiederhergeſtellt iſt. Bezeichnet i die Stromſtärke im Nebenſchluß, n deſſen Windungszahl, ſo beſteht die Gleichung: $Kni = F$. Iſt w der Widerſtand und e die Spannung an den Kohlen, ſo iſt $i = e : w$ und ſomit

$$Kn\frac{e}{w} = F \text{ oder } e = \frac{Fw}{Kn} = \text{Konſtante},$$

d. h. die Nebenſchlußlampe reguliert auf konſtante Klemmenſpannung.

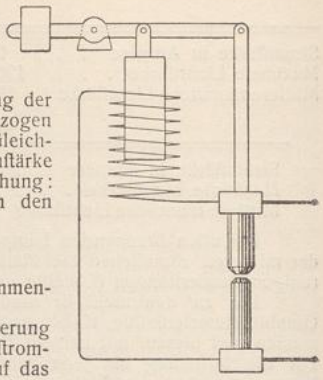


Fig. 4. Nebenſchlußbogenlampe.

Bei der Differentiallampe erfolgt die Regulierung durch Verbindung einer Nebenſchlußſpule mit einer Hauptſtromſpule. Aus Fig. 5 iſt die Wirkung der zwei Regulierſpulen auf das Syſtem erſichtlich. Jede der Spulen iſt beſtrebt, einen Eiſenkern in ſich hineinzuziehen. In ſtromloſem Zuſtand berühren ſich die Kohlen; bei Stromdurchgang zieht der Hauptſtromelektromagnet den Eiſenkern nach unten, ſo daß der Lichtbogen gebildet wird. Sinkt infolge des Abbrandes der Kohlen die Stromſtärke, ſo wächſt der Widerſtand und damit die Spannung, ſo daß gleichzeitig die Hauptſtromſpule nachläßt und die Nebenſchlußwindungen überwiegen, wodurch ſich die Kohlen nähern. Die Wicklung der beiden Regulierwindungen iſt ſo eingerichtet, daß ſich dieſelben bei richtiger Lichtbogenlänge das Gleichgewicht halten. Unter Beibehaltung der obenangegebenen Bezeichnungen für die Verhältniſſe der Hauptſtrom- und Nebenſchlußlampen gelten hier die Bedingungen $KNJ = ni$; ferner $i = e : w$ und damit

$$KNJ = n\frac{e}{w} \text{ oder } \frac{e}{J} = \frac{KNw}{n} = \text{Konſtante},$$

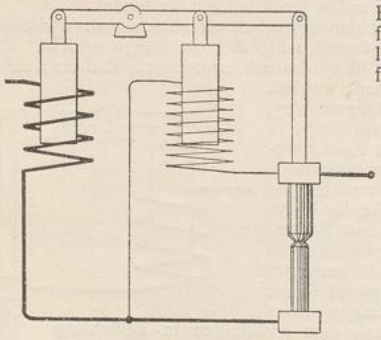


Fig. 5. Differentialbogenlampe.

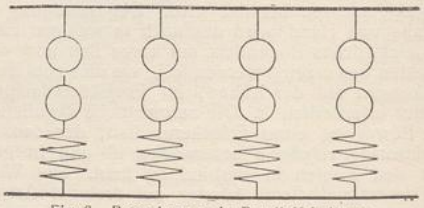


Fig. 6. Bogenlampen in Parallelſchaltung.

d. h. die Differentiallampen regulieren auf ein konſtantes Verhältnis zwiſchen Spannung und Strom, oder ſie halten den Widerſtand der Lampe konſtant.

Die Bogenlampen werden im Stromkreis teils hintereinander, teils parallel geſchaltet. (Näheres ſ. Beleuchtung, elektriſche.) Die Hauptſtrombogenlampen eignen ſich nicht für Hintereinanderſchaltung und finden überhaupt nur wenig in der Praxis Anwendung. Um ſo mehr ſind die Nebenſchluß- und Differentiallampen im Gebrauch. Beim Hintereinanderſchalten von Bogenlampen fließt durch ſämtliche Lampen derſelbe Strom und muß dabei Sorge getragen werden, daß beim Erlöſchen einer Lampe keine Unterbrechung des Stromkreiſes ſtattfindet, was durch Anbringen einer ſelbſttätigen Vorrichtung vermieden wird, welche die Lampe kurzſchließt oder einen Erſatzwiderſtand einſchaltet. Beim Betrieb von Bogenlampen in Parallelſchaltung können die Lampen einzeln, paarweiſe oder in Reihen parallel betrieben werden. In jede Abzweigung muß hierbei ein Vorſchalt- oder Beruhigungswiderſtand gelegt werden. Iſt nämlich in einem Stromkreis eine einzige Lampe ohne Vorſchaltwiderſtand abgezweigt, ſo entſteht im Augenblick der Berührung der Kohlen, infolge des geringen Widerſtandes derſelben, ein äußerſt ſtarker Strom, worauf die Lampe, durch den Stromſtoß veranlaßt, zu raſch auseinander reguliert; hierdurch entſtehen ſtarke Schwankungen, die durch Einſchalten des obenerwähnten konſtanten Vorſchaltwiderſtandes ſehr verringert werden. Die Größe des letzteren iſt jedoch mit Rückſicht auf einen ökonomiſchen Betrieb beſchränkt, da er eine beſtimmte Energiemenge verzehrt. Es iſt deshalb von Vorteil, in eine Abzweigung zwei Lampen zu ſchalten, weil dann für beide ein

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Vorschaltwiderstand genügt. Diese Schaltungsweise, die Fig. 6 zeigt, wird gewöhnlich beim Anschluß von Bogenlampen an Gleichstromleitungsnetze von 100—110 Volt Spannung angewendet. Beträgt z. B. die Betriebsspannung 65 Volt und die Spannung einer Lampe 45 Volt, so sind $65 - 45 = 20$ Volt zu vernichten, wozu bei einer 10-Ampère-Lampe ein Vorschaltwiderstand von $20 : 10 = 2$ Ohm erforderlich ist. Bei Hintereinanderschaltung von zwei Lampen genügt dann derselbe Widerstand, da ebenfalls nur $110 - 2 \cdot 45 = 20$ Volt zu verzehren sind.

Die Differentiallampen bedürfen, wenn sie allein oder zu zweien hintereinander brennen, nur eines geringen Vorschaltwiderstandes, da sie auf konstanten Widerstand regulieren; bei Hintereinanderschaltung einer größeren Zahl solcher Lampen kann der Beruhigungswiderstand ganz fortfallen. In letzter Zeit werden Differentiallampen von sehr niederer Spannung gebaut, um dieselben bei den üblichen Betriebsspannungen ohne Vorschaltwiderstand verwenden zu können, wodurch eine Energieersparnis von 20—30 % erzielt wird. Man schaltet hierbei für 110—125 Volt drei Stück und für 220—240 Volt fünf Stück hintereinander; ein kleiner Anlaßwiderstand dient zum Einschalten und ist beim Brennen ausgeschaltet.

Die Uebertragung der oben beschriebenen Bewegung eines Eisenkerns, die durch die Regulierwindungen veranlaßt wird, auf die Kohlen findet auf verschiedene Weise statt. In den meisten Fällen geschieht die Vorwärtsbewegung der Kohle unter Zuhilfenahme der Schwerkraft, und zwar in der Weise, daß beim Anziehen bezw. Loslassen des Elektromagnetkerns eine Bremsvorrichtung ausgelöst wird, die einen kurzen Moment die Kohlenstange oder das Band, an dem die Kohle selbst befestigt ist, frei läßt, so daß sie sich nach abwärts bewegen kann, bis im nächsten Moment wieder die Bremsvorrichtung in Tätigkeit tritt. Ausführliche Beschreibung solcher Lampenkonstruktionen findet man in [3], [4], [5], [14].

Die Bogenlampen werden gewöhnlich mit Gehäusen aus Glas in Form von Laternen, runden oder ovalen Kugeln versehen, die dazu dienen, glühende Kohlenteile aufzufangen, den Luftzug, der ein Flackern des Lichtbogens veranlaßt, abzuhalten und schließlich das grelle Licht des Bogens abzudämpfen. Zur Beleuchtung von Bahnhöfen und Fabrikhöfen, wo es nur auf ein sehr helles Licht ankommt, werden für die Laternen durchsichtige Gläser verwendet. Um tiefe Schatten zu vermeiden und das Auge zu schützen, nimmt man mattes durchscheinendes Glas, wodurch der Lichtpunkt dem Auge entzogen wird, die Glasglocke als Ausgangspunkt von diffusem Licht erscheint und die Lichtverteilung nach den verschiedenen Seiten gleichmäßiger wird. Je nach der Glassorte wird das Licht hierbei abgeschwächt, und zwar absorbiert Alabasterglas ca. 15 %, Opalglas ca. 25 % und Milchglas 30—60 %. Zur Erreichung eines ganz gleichmäßigen diffusen Lichtes, wie es zur Beleuchtung von Arbeits- und Zeichensälen oder Schulzimmern erforderlich ist, wendet man auch eine Art indirekter Beleuchtung an, indem man unter der Bogenlampe einen großen Schirm anbringt, der den Lichtbogen dem Auge vollständig entzieht und das Licht gegen die weißgetünchte Decke wirft, die es gleichmäßig reflektiert.

Für besondere Zwecke, wenn es darauf ankommt, das Licht in bestimmter Richtung möglichst zu konzentrieren, wird die Bogenlampe mit Linsen oder geeigneten Spiegeln in Verbindung gebracht, wobei das Regulierwerk so konstruiert sein muß, daß der Lichtbogen immer an derselben Stelle entsteht. Eine solche Lampe heißt Scheinwerfer (s. d.) und dient zu Theaterbeleuchtungen, für photographische sowie für militärische Zwecke.

Endlich sind noch einige Neukonstruktionen zu erwähnen, die eine Verlängerung der Brenndauer, Verbesserung der Oekonomie, sowie der Farbe des Lichtes bezwecken.

Bei den nach dem System Jandus (seit 1893) gebauten sogenannten Dauerbrandlampen [3], [17] wird der Lichtbogen durch eine kleine Glocke von mattem Glas ziemlich luftdicht umschlossen. Nach Aufzehren der geringen, in der Glocke enthaltenen Sauerstoffmenge befinden sich die Kohlen, da neue Außenluft nicht zutreten kann, in einem indifferenten Gasgemisch (Stickstoff, Kohlenoxyd), und die Kohlenbrenndauer steigt wegen des hierdurch verlangsamten Abbrandes auf das Zehnfache (ca. 100 Stunden); die Lichtbogenlänge geht bis zu 10 mm herauf und die Spannung bis zu 80 Volt. Dem Vorteil des geringen Kohleverbrauchs steht als Nachteil die geringere Oekonomie gegenüber, da nach Messungen von Wedding [7] für 1 Hefnerkerze bis 2,5 Watt verbraucht werden. Bei neueren Dauerbrandlampen soll die Lichtausbeute eine günstigere sein und beispielsweise bei der Reginabogenlampe, die eine Brenndauer von 200—250 Stunden hat, 1 Hefnerkerze schon bei ca. 1 Watt erreicht werden. Die neue Liliputlampe der Siemens-Schuckert-Werke ist ebenfalls eine Dauerbrandlampe von 2 und 3 Ampère (130 und 280 Hefnerkerzen). Sie ist besonders für Wohnräume bestimmt und z. B. als Tischstehlampe bequem zu verwenden.

Bei den nach dem System Bremer konstruierten sogenannten Effektbogenlampen (seit 1898) wird eine höhere Lichtausbeute, günstigere Oekonomie und eine angenehme rötliche Farbe durch Verwendung von Kohlen erzielt, denen verschiedene Salze, insbesondere Fluorcalcium (Flußspat) beigemengt sind. Der Energieverbrauch beträgt hierbei nur 0,126 Watt, das ist kaum der dritte Teil desjenigen, der bei gewöhnlichen Bogenlampen für die Hefnerkerze erforderlich ist [3], [8], [12]. Nachteile der Lampe sind das etwas unruhige Licht und die Entwicklung von Dämpfen, weshalb die Verwendung vorläufig auf die Außenbeleuchtung beschränkt ist.

Rasch versuchte (seit 1901) die von der Nernstlampe (s. Glühlampe) her bekannten Leiter zweiter Klasse, die den Strom erst nach vorhergegangener Erwärmung leiten, als Elektroden für eine Bogenlampe (Elektrolytlampe) zu verwenden und stellt zu diesem Zweck Stäbchen aus Kalk, Magnesia her, die Zusätze von seltenen Erden, z. B. Thoroxyd erhalten [9]. Die Lampe soll 0,25 Watt für die Kerzenstärke verbrauchen; zur praktischen Anwendung ist sie bisher noch nicht gelangt.

Letzteres gilt auch von der Quecksilberdampflampe von Cooper Hewitt [11], [13], [17], die eine Verbesserung der bekannten Aronsschen Quecksilberbogenlampe [15], [16] ist

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

und bei welcher der intenſiv leuchtende, zwiſchen einer Queckſilber- und einer Eiſenelektrode in ſtark luftverdünntem Raume übergehende Lichtbogen des Queckſilbers als Lichtquelle dient. Der Energieverbrauch wird für jede Kerze auf ca. 0,5 Watt angegeben.

Literatur: [1] Neureiter, Verteilung der elektriſchen Energie, Leipzig 1894. — [2] Herzog und Feldmann, Berechnung elektriſcher Leitungsnetze, Berlin 1903. — [3] Heim, Die Einrichtung elektriſcher Beleuchtungsanlagen, Leipzig 1903. — [4] Holzt, Schule des Elektrotechnikers, Bd. 3, Leipzig 1903. — [5] Bohnenſtengel, Konſtruktion elektriſcher Bogenlampen, Hamburg 1893. — [6] Elektrotechn. Zeitſchr. 1894, S. 628. — [7] 1897, S. 763. — [8] 1900, S. 546. — [9] 1901, S. 155. — [10] 1901, S. 320. — [11] 1902, S. 492. — [12] 1902, S. 702. — [13] 1904, S. 408. — [14] Journal für Gasbel. und Waſſerverſ. 1902, S. 403 u. f. — [15] Wiedemanns Annalen 1892, Bd. 47, S. 767, und 1896, Bd. 58, S. 73. — [16] Zeitſchr. für Inſtrumentenkunde 1901, S. 201. — [17] Monaſch, Der elektr. Lichtbogen, Berlin 1904.

Bogenlehre, ſ. Gewölbe und Lehrgerüſte.

Bogenleier, Vorrichtung, um beim Verſetzen von Wölbſteinen (beſonders bei regelmäßigen Kreisbogen) die Richtung der Stoßfugen u. ſ. w. einhalten zu können. Sie beſteht in einer Schnur, die von einem Stift oder Nagel im Mittelpunkt nach den Bogenſteinen geführt wird. Das gleiche gilt für Putzbogen, bei denen der Schablonenſchlitten, an einer Latte befeſtigt, als Bogenleier wirkt. *L. v. Willmann.*

Bogenlicht, ſ. Bogenlampen.

Bogen mit Zugſtange ſind Bogenträger mit Endgelenken (ſ. Bogen, einfache, und Bogenfachwerke), deren Horizontalſchub durch eine axial beanſpruchte Zugſtange anſtatt durch die Widerlager aufgenommen wird. Der aus Bogen und Zugſtange zuſammengeſetzte Träger erhält ein feſtes und ein horizontal verſchiebbares Gelenkauflager, ſo daß bei beliebiger (vertikaler) Belaſtung nur vertikale Drücke auf die Stützen kommen (der Träger alſo als Balken angeſehen werden kann), was für die Stabilität der Stützen und die Beanſpruchung des Fundamentbodens günſtig iſt. Da jedoch der gleiche Zweck auch durch gewöhnliche Balkenträger, z. B. durch Balkenfachwerke von Segmentform oder Sichelform erreicht werden kann, ſo pflegen noch äſthetiſche, konſtruktive oder ſonſtige Geſichtspunkte für die Anwendung ſolcher Träger in Betracht zu kommen. Bei Brücken mit untenliegender Fahrbahn beiſpielsweiſe ſollte eine Durchſchneidung der Landſchaft durch ſchiefe Füllungsglieder und mitunter eine Störung des Querverkehrs vermieden werden, auch wollte man mehrfach die Unterſtützungen der Zwiſchenträger einander näher bringen (vgl. Bogenſehnenträger und Mittengelenkbalken). Die Zugſtange verbindet gewöhnlich die Endgelenke, doch iſt dies nicht unbedingt nötig, wie z. B. Fig. 7 der Eiſenbahnbrücke über den Rhein bei Worms entſpricht [7].

Die Stützenreaktionen V, V' des ganzen Trägers ergeben ſich ganz wie für gewöhnliche Balken (ſ. Balken, einfache). Für die weitere Berechnung iſt vor allem der Horizontalſchub H auszudrücken. Dies ſoll im folgenden für die gewöhnlichſten Fälle horizontaler Zugſtange in Höhe der Endgelenke von konſtantem Querſchnitt F' und gleichem Material wie der Bogen geſchehen, wonach die Berechnung des letzteren unter Verwendung dieſes Horizontalſchubs (und der entſprechenden Kämpferdrucklinie) ganz wie für Zweigelenkbogen ohne Zugſtange erfolgen kann (ſ. Bogen, einfache, und Bogenfachwerke). Für andre Fälle kommen die unter Fachwerke, ſtatiſch unbeſtimmte, und Kombinierte Träger gegebenen Beziehungen zur Verwendung. Vorausgeſetzt wird, daß keine Verkürzung der Spannweite des Bogens durch Einſenken der Zugſtange in Betracht kommt, was man durch Aufhängen der letzteren in der Mitte oder an mehreren Stellen zu erreichen ſucht (Fig. 1 und 2).

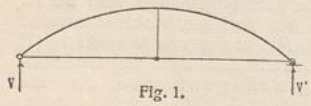


Fig. 1.

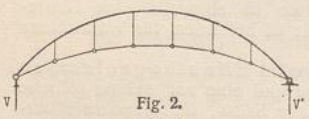


Fig. 2.

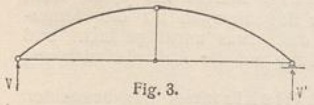


Fig. 3.

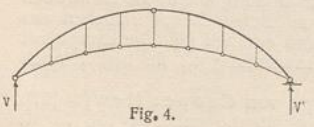


Fig. 4.

Vollwandige Bogen.

Werden die für Bogen mit zwei Gelenken unter Bogen, einfache verwendeten Bezeichnungen beibehalten und zur Abkürzung geſetzt:

$$h = (1+\varepsilon)\,8f^2 + \frac{15\,c}{F'}, \qquad 1.$$

dann erhält man für ſymmetriſche Parabelbogen von konſtantem (mittlerem) $J\cos\varphi$ (gleich c) durch beliebige Belaſtung:

$$H = \frac{5f}{h\,l^3}\int_0^l P\,a\,(l-a)\,(l^2 + l\,a - a^2 - \beta\,l^2), \qquad 2.$$

durch beliebige gleichmäßige Temperaturänderungen τ des Bogens und τ' der Zugſtange:

$$H = \frac{c}{h}\,15\,E\,\alpha\,(\tau - \tau'), \qquad 3.$$

alſo ſpeziell für $\tau' = \tau$, $H = 0$. 4.

Im Falle gleichmäßig verteilter Laft von u pro Längeneinheit Träger auf der ganzen Spannweite nimmt 2. die Form an (vgl. Belaftung der Träger):

$$H = \left(1 - \frac{5}{6}\beta\right)\frac{u}{h} f l^2. \qquad 5.$$

Nach 1. nähert fich h um fo mehr dem für Zweigelenkbogen ohne Zugftange geltenden Werte $(1+\varepsilon)\,8f^2$, je größer der Querfchnitt F' der Zugftange ift, für $F' = \infty$ würde jener Wert von h und damit derfelbe Horizontalfchub H durch Belaftung wie beim gewöhnlichen Zweigelenkbogen erreicht. Bei Berechnung des Querfchnitts F' kann man dies etwas zu ungünftige H verwenden. Daß für die bei Brücken und Dächern vorkommenden Bogen β immer vernachläffigt und bei vorläufigen Berechnungen meift $\varepsilon = 0$ fowie je nach Umftänden in 2. anftatt $l^2 + la - a^2$ fein Mittelwert $\frac{7}{6} l^2$ gefetzt werden kann, bedarf nach dem für gewöhnliche Zweigelenkbogen Gefagten (f. Bogen, einfache) keiner Erwähnung. Die Gleichung der Kämpferdrucklinie ift bei Vernachläffigung von β:

$$b = \frac{h}{5f}\,\frac{l^2}{l^2 + la - a^2}. \qquad 6.$$

Ueber Dreigelenkbogen mit Zugftange (Fig. 4) f. unten.

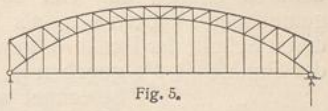


Fig. 5.

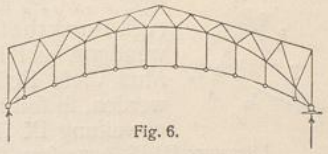


Fig. 6.

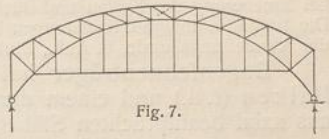


Fig. 7.

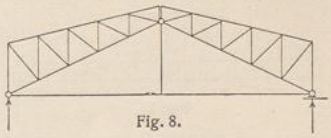


Fig. 8.

Bogenfachwerke.

Es gelten die unter Fachwerke, ftatifch unbeftimmte, gegebenen Beziehungen. Im folgenden fetzen wir voraus, daß der Träger ohne die Zugftange ftatifch beftimmt wäre, wie beifpielsweife im Falle der Fig. 5. Die Elaftizitätsmoduln E und Ausdehnungskoeffizienten α feien für alle Stäbe gleichgroß. Ferner mögen wie bei gewöhnlichen Zweigelenkbogenfachwerken für einen beliebigen Bogenftab bezeichnen s die Länge, F den Querfchnitt, π die Beanfpruchung durch einen Horizontalfchub $H = 1$ allein und A die Beanfpruchung, die für die in Frage kommende Belaftung im Falle $H = 0$ (bei Wegfall der Zugftange) entftehen würde. Dann hat man mit der Bezeichnung

$$k = \frac{l}{F} + \Sigma\frac{s\pi^2}{F} \qquad 7.$$

durch beliebige Belaftung:

$$H = \frac{1}{k}\,\Sigma\frac{s\pi A}{F}, \qquad 8.$$

durch beliebige gleichmäßige Temperaturänderungen τ des Bogens und τ' der Zugftange:

$$H = \frac{l}{k} E\alpha(\tau - \tau'), \qquad 9.$$

und fpeziell für $\tau' = \tau$, $H = 0$. 10.

In 7. und 8. beziehen fich die Summen Σ auf alle Bogenftäbe. Nachdem der Horizontalfchub H (die Beanfpruchung der Zugftange) bekannt ift, hat man die ganze Beanfpruchung eines beliebigen Bogenftabes für die in Frage ftehende Belaftung (der bei fehlender Zugftange die Beanfpruchung A diefes Stabes entfprechen würde):

$$S = A + \pi H. \qquad 11$$

Bei Ermittlung des Beitrags von τ, τ' ift $A = 0$. Die Gleichung der Kämpferdrucklinie ift wie bei gewöhnlichen Zweigelenkbogenfachwerken (a Abfziffe, b Ordinate):

$$b = \frac{a(l-a)}{lH}, \qquad 12.$$

worin der Horizontalfchub H einer bei a angreifenden Einzellaft $P = 1$ entfpricht. In bezug auf die Ermittlung der Stabkräfte S bleibt es bei dem für gewöhnliche Zweigelenkbogenfachwerke Gefagten (f. Bogenfachwerke).

Wird innerhalb des Bogens ein Gelenk angeordnet (Fig. 4 und 8), fo ift der Horizontalfchub H ftatifch beftimmt. Bei horizontaler Zugftange kann die Berechnung von H und fämtlicher Schnittkräfte oder Stabkräfte ganz wie für gewöhnliche Dreigelenkbogen erfolgen (f. Bogen, einfache, und Bogenfachwerke). Da mit H bei horizontaler und gefprengter Zugftange auch die Beanfpruchungen der letzteren beftimmt find, fo ergibt fich der Querfchnitt der Zugftange nun ohne Rückficht auf die Formänderungen.

Literatur: [1] Caftigliano, Théorie de l'équilibre des systèmes élastiques, Turin 1880, p. 352 (deutfche Ausgabe Wien 1886, S. 354). — [2] Brik, Zur Berechnung eines befonderen Konftruktionsfyftems bogenförmiger Dachbinder, Zeitfchr. d. öfterr Ing.- u. Arch.-Vereins 1882, S. 100. — [3] Landsberg, Berechnung frei tragender Wellblechdächer, Zeitfchr. f. Bauwefen 1891, S. 387. — [4] Walbaum, Die Leobener Murbrücke im Zuge der Italiener Reichsftraße, Allgem. Bauztg. 1897, S. 136. — [5] Weyrauch, Elaftifche Bogenträger u. f. w., München 1897, S. 157. — [6] Haberkalt, Der Neubau der Johannesbrücke in Ifchl, Allgem. Bauztg. 1899, S. 21. — [7] Geibel, Die Eifenbahnbrücke über den Rhein bei Worms, Zeitfchr. d. Vereines deutfcher Ingenieure 1900, S. 1629. — [8] Müller-Breslau, Die graphifche Statik der Baukonftruktionen, II, Leipzig 1903, S. 243.

Weyrauch.

Bogenort, f. Tunnelbau.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

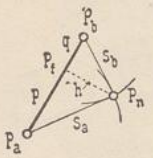
Bogenrippen, f. Gewölbe.

Bogenfägen, Handfägen zur Metall- oder Holzbearbeitung, f. Sägen.

Bogenfchere (Hebelfchere), eine mit ein- oder zweiarmigen Hebeln verfehene Handfchere, f. Scheren.

Bogenfchneider, f. Papierfabrikation.

Bogenfchnitt, eine Methode der Punktbeftimmung, deren graphifche Löfung dadurch erfolgt, daß von zwei oder mehr gegebenen Punkten $P_a P_b$ aus mit gemeffenen Strecken $s_a s_b$ als Halbmeffer Kreisbogen befchrieben werden, durch deren Schnitt der Punkt P_n gewonnen wird (vgl. die Figur). Sind die Koordinaten der Punkte $P_a P_b$ gegeben $y_a x_a$, $y_b x_b$, und follen die Koordinaten $y_n x_n$ von P_n berechnet werden, fo können aus den drei Seiten des Dreiecks $P_a P_b P_n$ alle dazu erforderlichen Elemente abgeleitet werden (vgl. Punktbeftimmung). Die Aufgabe findet gelegentlich Anwendung bei Kleinmeffungen oder Stückvermeffungen (f. d.). Muß diefe Beftimmung für wichtigere Kleinpunkte angewendet werden, fo foll nach den Vorfchriften der preußifchen Vermeffungsanweifung IX [1] eine Ausgleichung vorgenommen werden.



Literatur: [1] IX. Anweifung für die trigonometrifchen und polygonometrifchen Arbeiten bei Erneuerung der Karten und Bücher des Grundfteuerkatafters, Berlin 1894, S. 335, und Gauß, Die trigon. u. polygon. Rechnungen in der Feldmeßkunft, Halle 1893, S. 107; Jordan, Handbuch der Vermeffungskunde, 6. Aufl., Stuttgart 1904, 2. Bd., S. 280. *Reinhertz.*

Bogenfehnenträger hat man mitunter Träger genannt, die aus einem Balken (f. d.) und einem durch Tragftangen damit verbundenen Bogen (f. d.) aus axial beanfpruchten Stäben beftehen (Fig. 1 und 2). Der aus Balken und Bogen zufammengefetzte Träger erhält ein feftes und ein horizontal verfchiebbares Gelenkauflager, fo daß bei beliebiger (vertikaler) Belaftung nur vertikale Drücke auf die Stützen entftehen, was für die Stabilität der letzteren und die Beanfpruchung des Fundamentbodens günftig ift. Während hiernach der Träger im ganzen als Balken angefehen werden kann, gelangen die Stützpunkte der Zwifchenträger in geringere Entfernungen als bei gewöhnlichen Balken von gleicher Höhe und einfachem Fachwerkfyftem. Bei untenliegender Fahrbahn kann gewöhnlichen Balkenfachwerken gegenüber auch in Betracht kommen, daß der Querverkehr und die Ausficht nicht durch fchiefe Stäbe geftört werden (vgl. Bogen mit Zugftange). Beifpiele der Ausführung folcher Träger bilden die Mühlbrunnbrücke in Karlsbad (Bogen oben, gekreuzte Diagonalen), die Adlerbrücke in Senftenberg (Bogen unten, gekreuzte Diagonalen), die Ihmbrücke in Hannover (Bogen oben, Syftem des gleichfchenkligen Dreiecks) und andre.

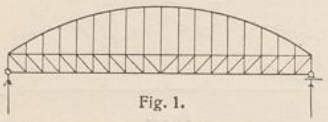


Fig. 1.

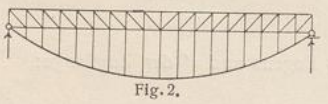


Fig. 2.

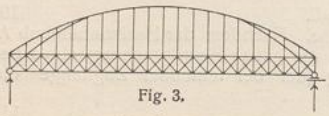


Fig. 3.

Für die Berechnung obiger Träger gelten die unter Fachwerke, ftatifch unbeftimmte, gegebenen Beziehungen, die je nach Umftänden noch fpezialifiert werden können [7]. Bei vollwandigem Balken wäre nach den Gleichungen unter Kombinierte Träger oder weiter vorbereiteten Formeln zu rechnen [6]. Ift der Balken vollwandig oder ift die Stabanordnung des Balkenfachwerks derart, daß der Balken ohne den Bogen ftatifch beftimmt wäre, dann wird der aus beiden zufammengefetzte Träger einfach ftatifch unbeftimmt, man hat nur eine Größe aus Elaftizitätsgleichungen zu berechnen, als welche die Beanfpruchung irgend eines Bogenftabs oder bei nur vertikalen Aktivkräften (Laften) die Horizontalkomponente der Beanfpruchungen aller Bogenftäbe gewählt werden kann. Durch Einfchaltung eines Zwifchengelenks im Balken könnte in folchen Fällen ein ftatifch beftimmter Träger hergeftellt werden (vgl. Mittengelenkbalken). Bei der Ferdinandsbrücke in Graz fpaltet fich der Bogen in der Nähe der Auflager (Fig. 3), was felbftverftändlich bei der Berechnung zu berückfichtigen ift [3], [4].

Literatur: [1] Feftigkeitstheorie der Brückenträger nach Langers Syftem, Techn. Blätter 1871, S. 34, 165. — [2] Hoech, Verfteifte Bogenfehnenträger, Civilingenieur 1882, S. 165. — [3] Brik, Die Ferdinandsbrücke in Graz, Zeitfchr. d. öfterr. Ing.- u. Arch.-Vereins 1883, S. 43. — [4] Müller-Breslau, Beiträge zur Theorie der Verfteifung labiler und flexibler Bogenträger, Zeitfchr. f. Bauwefen 1883, S. 312. — [5] Derf., Beitrag zur Theorie des durch einen Balken verfteiften Bogens, Zeitfchr. f. Bauwefen 1884, S. 323. — [6] Winkler, Theorie der Brücken, 1. Heft, Wien 1886, S. 185. — [7] Müller-Breslau, Die graphifche Statik der Baukonftruktionen, II, Leipzig 1903, S. 243. *Weyrauch.*

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Bogenſtellung (Arkadenſtellung), Aneinanderreihung mehrerer Bogen, die auf Pfeilern oder Säulen aufruhen. Ihre Anwendung iſt eine ſehr vielſeitige und häufige, beſonders in der kirchlichen Baukunſt, wo die Bogenſtellungen die Aufgabe haben, die beiden hohen Oberwände zu tragen, die das Hauptſchiff von den Seitenſchiffen trennen. Auch die ſchönen mittelalterlichen Kloſterhöfe ſind oft von Bogenſtellungen umſäumt. Im römiſchen und Renaiſſanceſtil finden die Bogenſtellungen eine reiche Ausbildung durch Vorſtellen von Säulen auf Poſtament und ganzem Gebälk. Beſonders ſchöne Beiſpiele zeigen die venetianiſche Palaſtarchitektur und die Höfe römiſcher Paläſte. *Weinbrenner.*

Bogenträger, elaſtiſche, wurden früher häufiger als jetzt ſolche Bogenträger (ſ. Bogen, S. 141) genannt, deren Stützenreaktionen oder deren innere Kräfte mittels der techniſchen Biegungstheorie, die einen Teil der Elaſtizitätslehre bildet, abgeleitet werden. Es gehören hierher in erſter Linie die ſtabförmigen, vollwandigen (nach oben gekrümmten) Bogen; doch hat man früher meiſt auch die Stützenreaktionen von ſtatiſch unbeſtimmten Fachwerkbogen und Gitterbogen mit ausgeſprochener Achſe bis zu den Stützen auf Grund der Formeln für elaſtiſche Bogenträger berechnet. Näheres und Literatur ſ. Bogen, auch einfache und durchlaufende, Bogenfachwerke, Bogen mit Zugſtange, Bogenſehnenträger, Fachwerke, ſtatiſch unbeſtimmte. *Weyrauch.*

Bogen- und Zeitmaß. Gewiſſe Winkel an der Sphäre (vgl. den Art. Koordinaten am Himmel) werden entweder in Gradmaß (Bogenmaß, ^{0}, $'$, $''$) oder in Zeitmaß h, m, s angegeben; insbeſondere zerlegt man den Himmelsäquator häufiger als in 360^0 mit ihren Unterteilen in 24^h zu je 60^m zu je 60^s. Man gibt z. B. die AR. der Geſtirne ſtets in h, m, s an, ſchon wegen der Beziehung: Sternzeit in einem beſtimmten Augenblick = AR. eines Sterns + Stundenwinkel des Sterns in dieſem Augenblick. Bei der Rechnung mit Logarithmen muß man nun allerdings meiſt die Bögen in Winkelmaß haben, wenn auch manche Tafeln für aſtronomiſchen Gebrauch direkt das Zeitmaß als Argument haben; es finden ſich deshalb in den meiſten Werken über ſphäriſche und praktiſche Aſtronomie, auch in manchen Ephemeriden, Verwandlungstabellen von Bogen- in Zeitmaß und umgekehrt. Die Beziehungen lauten einfach:

$$1^h = 15^0,\ 1^m = 15',\ 1^s = 15'';\ 1^0 = 4^m,\ 1' = 4^s,\ 1'' = {}^1/_{15}\,^s,$$

ſo daß ſolche Verwandlungstabellen für die heute noch in der Aſtronomie (im Gegenſatz zur Geodäſie) ausſchließlich gebräuchliche „alte“ Kreisteilung (Umfang 360^0 zu je $60'$ zu je $60''$ im Gegenſatz zur „neuen“: Umfang 400^g zu je $100'$ zu je $100''$) ziemlich entbehrlich ſind. — Auch Inſtrumentkorrektionen (vgl. den Art. Aufſtellungsfehler) werden vielfach ſogleich in s ſtatt in $''$ ausgedrückt, z. B. überall in der Zeitbeſtimmung (Ermittlung eines Stundenwinkels): wenn für die Kippachſe die Neigung $-1{,}75^p$ der Libelle gemeſſen iſt (vgl. Achſenlibelle) und 1^p iſt $= 2{,}44'' = 0{,}163^s$, ſo iſt $i = -0{,}29^s$ zu ſetzen u. ſ. w. — Die Unterſchiede der geographiſchen Längen von Punkten auf der Erdoberfläche werden gleichfalls ebenſo oft in Stunden u. ſ. w. als in Graden u. ſ. w. angegeben und gebraucht: die geographiſche Länge eines Punkts iſt der Winkel im Erdpol zwiſchen einem beſtimmten Nullmeridian (Anfangsmeridian, Ephemeridenmeridian) und dem Meridian des Punkts; oder der Unterſchied der mittleren Zeiten, die im gleichen abſoluten Augenblick auf dieſen beiden Erdmeridianen (Nullmeridian und Ortsmeridian) vorhanden ſind. Auch hier gelten die obenangegebenen Zahlenbeziehungen: für jeden Grad Längenunterſchied beträgt der Unterſchied der mittleren Zeiten 4^m mittlerer Zeit u. ſ. w. *Reinhertz.*

Bogenverband. Die einzelnen Schichten der Gewölbe ſollten nach allgemeinen Geſetzen ſenkrecht zur Druckrichtung ſtehen; da jedoch die Lage der Mittellinie des Drucks (Stützlinie) eine wechſelnde iſt, ſtellt man die Lagerfugen ſenkrecht zur Wölblinie. Man erhält bei parallelepipediſchen Steinen die radiale Stellung durch Anordnung keilförmiger Fugen, was bis zu einem der zehnfachen Bogenſtärke entſprechenden kleinſten Halbmeſſer noch zuläſſig erſcheint. Bei ſtärkerer Krümmung der Wölblinie müſſen die Steine keilförmig zugehauen oder keilförmig gebrannte Steine verwendet werden, was bis zu einem Bogenhalbmeſſer von der zweifachen Bogenſtärke möglich iſt. Solange der Bogenhalbmeſſer im Verhältnis zur Bogenſtärke nicht kleiner iſt als die angeführten Grenzwerte, können die Schichten in einem dem Pfeilerverbande entſprechenden Endverbande gemauert werden, ſo daß ein Ueberbinden der Fugen in den einzelnen Schichten ſtattfindet, wie dies die Fig. 1—3 für eine Bogenſtärke von 1,5 Steinen bei 2 Stein ſtarken Mauern für verſchiedene Anordnungen des

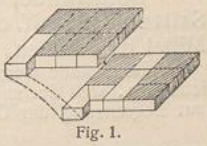


Fig. 1.

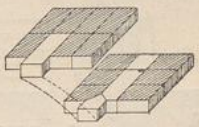


Fig. 2.

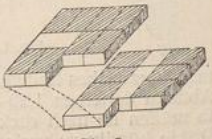


Fig. 3.

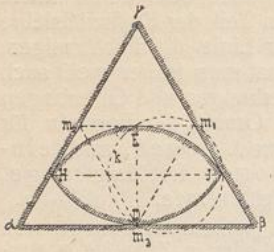
UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Anfchlags (f. d.) zeigen. Es werden zur Einhaltung des Verbandes viele Dreiquartiere erforderlich, wie es die Schraffur diefer Steine verdeutlicht. Ueber die Ausführung in einzelnen Ringen f. Mauerbogen. *L. v. Willmann.*

Bogenzirkel, f. Meßwerkzeuge.

Bogenzweieck wird aus zwei gleichen Kreisbogen HDJ, HEJ (f. die Figur) gebildet, die um die Bogenmitten E, D befchrieben find.

Diefes Bogenzweieck ift zwangläufig beweglich in einem gleichfeitigen Dreieck $\alpha\beta\gamma$, deffen Höhe gleich $2\cdot\overline{DE}$ ift, d. h. es wird von den Seiten diefes Dreiecks fo geftützt, daß jeder mit dem Bogenzweieck verbundene Punkt eine beftimmte Bahn in bezug auf das Dreieck $\alpha\beta\gamma$ befchreibt [1]. Gleiten die beiden Kreisbogen HDJ, HEJ refp. an den Dreieckfeiten $\alpha\beta$, $\alpha\gamma$, dann bewegt fich, wenn m_1, m_2, m_3 die Mitten der Dreieckfeiten bezeichnen, die Bogenmitte E auf der Geraden $m_2\,m_1$ und die Bogenmitte D auf der Geraden $m_1\,m_3$. Bewegen fich zwei Punkte DE auf Geraden $m_2\,m_1$, $m_1\,m_3$, fo rollt ein mit DE verbundener Kreis k, der durch DE und m_1 geht, nach Art Cardanifcher Kreife (f. d.) in einem doppelt fo großen um m_1 befchriebenen Kreife, der in der Figur nicht gezeichnet ift, und jeder Punkt des Kreifes k bewegt fich auf einer durch m_1 gehenden Geraden. Diefer Kreis k geht aber auch durch die Spitze J, und diefe gleitet demnach, während keiner der in J zufammenftoßenden Kreisbogen von der Dreieckfeite $\beta\gamma$ tangiert wird, an diefer Dreieckfeite entlang. In gleicher Weife gleitet J bei Weiterbewegung auch an den andern Dreieckfeiten, und dasfelbe gilt von der Spitze H. Ein beliebiger mit dem Bogenzweieck verbundener Punkt befchreibt dann gegen das Dreieck $\alpha\beta\gamma$ eine aus Ellipfenftücken gebildete Bahnkurve. Wenn umgekehrt das Bogenzweieck als feft betrachtet und das Dreieck bewegt wird, dann befchreibt ein beliebiger mit dem Dreieck verbundener Punkt eine aus Stücken von Pascalfchen Kurven gebildete Bahnkurve [2].



Literatur: [1] Reuleaux, Kinematik, S. 120, Braunfchweig 1875. — [2] Burmefter, Lehrbuch der Kinematik, 1. Bd., S. 269, Leipzig 1888. *Burmefter.*

Bogheadkohle, f. Afphalt.

Bohle (Doppeldiele), auf der Säge gefchnittenes Holz von zwei- bis dreifacher Stärke der gewöhnlichen Bretter. Dicke 6—12, Breite 30—60 cm, Länge 4—7 m. *Weinbrenner.*

Bohlenbelag, ein aus Bohlen in Falz gelegter Fußboden in Stallungen, Unterfahrten (bei Schwarzwaldhäufern in Tennen), Brücken u. f. w.

Bohlenroft, f. Roft, liegender.

Bohlenfparren, f. Dachftuhl.

Bohlenzarge, f. Türen.

Bohlftamm (Bohlenftamm), fchwaches Bauholz, das zu Rüft- oder Leiterbäumen, zu Brückenbelag u. dergl. verwendet wird; Stärke 25—30 cm am unteren, 12—16 cm am oberen Ende des Stammes.

Bohlwände, auch Bohlwerke, Bollwerke oder Kajen genannt, find Stützwände (f. d.) aus Holz; fie haben fonach, wie die Stützmauern, ein Mittel darzubieten, Erdreich lotrecht oder doch nahezu lotrecht zu begrenzen.

Bohlwände werden fowohl im Trockenen als auch am Waffer angewendet, doch meift an letzterem, weil fie im Trockenen wenig Haltbarkeit befitzen; fie dienen alsdann in der Regel zur Begrenzung der Gewäfferufer. — Die Bohlwände beftehen aus einer Reihe von Pfählen, die oben durch einen darauf gezapften Holm abgefchloffen werden; hinter diefer Pfahlreihe wird eine Verfchalung aus Bohlen angeordnet (Fig. 1). Für die Bohlwandpfähle empfiehlt fich der langen Dauer wegen das Eichenholz am meiften; fteht folches nicht zur Verfügung, fo wähle man harzreiches Nadelholz. Sie werden lotrecht oder etwas nach rückwärts geneigt eingerammt; Abftand derfelben 1,20—1,75 m. Stehen die Pfähle mehr als 2,50 m aus dem Erdboden hervor, fo müffen fie nach rückwärts verankert werden (Fig. 2). Die Holme find mit der Rückfeite der Pfähle bündig zu verlegen, und ihre Stöße müffen ftets auf einen Pfahl fallen. Die Stärke der Bohlen ift aus dem wirkfamen Erddruck, oder umgekehrt, wenn Bohlen von beftimmter Dicke vorhanden find, die Entfernung der Bohlwandpfähle voneinander zu berechnen [1]. Sie werden, damit ein Auswafchen der Hinterfüllung nicht ftattfindet, bisweilen mit einer Spundung ver-

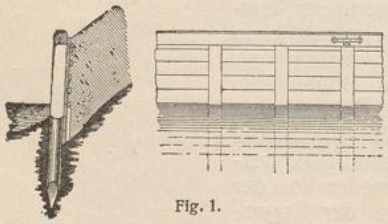


Fig. 1.

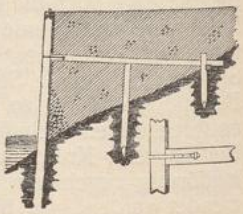


Fig. 2.

ſehen; einfacher iſt es, die Fugen rückwärts durch Latten oder Schwarten zu decken. — Derjenige Teil der Bohlwände, der nicht immer vom Waſſer benetzt wird, gerät bald in Fäulnis. Um nicht die ganze Wand erneuern zu müſſen, läßt man den unteren Teil derſelben ſtehen und erneuert nur den oberen; dadurch entſtehen aufgeſetzte Bohlwände. Die Verbindung des neuen Teiles mit dem alten ſolide herzuſtellen, iſt ſchwierig [2]. — Ausnahmsweiſe ſind Bohlwände auch aus Eiſen konſtruiert worden.

Literatur: [1] Heinzerling, F., Statiſche Berechnung der Ufermauern, Futtermauern und Bohlwerke mit ſenkrechter Rückwand, Deutſche Bauztg. 1870, S. 35 und 42. — [2] Schmitt, E., Der Erdkunſtbau auf Straßen und Eiſenbahnen, Teil II, Leipzig 1871. *Schmitt-Darmſtadt.*

Bohlwerk, ſ. Bohlwände.

Bohnen (Bühnen, in Süddeutſchland Wichſen) beſteht in einem Tränken und Ueberziehen von Holzteilen, beſonders von Fußböden aus Hartholz, mit Wachs und einem Glänzendreiben dieſes Ueberzugs mittels Bürſten oder Wolllappen. Für dunkles Holz wird gelbes, für helles Holz beſſer weißes Wachs verwendet, das reinlicher iſt und die Farbe des Holzes nicht verändert. Zur Auflöſung bezw. zum Flüſſigmachen des Wachſes dient Terpentinöl (4 Teile Wachs, 3 Teile Terpentin); vgl. Fußboden und Fußbodenwichſen. *Weinbrenner.*

Bohnenbergers Rotationsapparat, ſ. Kreifel.

Bohnermaſſe, ſ. Fußbodenwichſen.

Bohnerz, ſ. v. w. Brauneiſenerz.

Bohnes Gefällmeſſer, ſ. Freihandinſtrumente zum Nivellieren und Höhenwinkelmeſſen.

Bohrarbeit, ſ. Bohr- und Sprengarbeit.

Bohrbär, ſ. Tiefbohren.

Bohrbank, ſ. Bohrmaſchinen.

Bohrbogen, -brett, ſ. Bohrgerät.

Bohrbüchſe, -diamant, -docke, ſ. Tiefbohren.

Bohrdrehbänke, ſ. Drehbank.

Bohren, die Herſtellung eines gewöhnlich zylindriſchen Loches in feſtem Material mittels eines ſich um ſeine Achſe drehenden, durch axialen Druck gegen das Arbeitsſtück gepreßten Werkzeugs, des Bohrers.

Man ſtellt auch kegelige und kantige Löcher und lange Keilnuten durch Bohren her. Ein ſchon vorhandenes Loch erweitern, heißt Ausbohren. Dampfzylinder werden ausgebohrt, und zwar mittels einer Bohrſtange (ſ. d.), in deren Kopf (Bohrkopf) zwei oder mehrere Bohrmeſſer befeſtigt ſind. Die Wirkung des Bohrens beſteht darin, daß die Schneiden des Bohrers Späne von dem Werkſtück trennen. Dieſe werden bei hartem oder ſprödem Material abgeſchabt, bei weichem oder zähem Material abgeſchnitten. Ueber Bohren in Geſtein vgl. Bohr- und Sprengarbeit. Der Bohrer wird von Hand oder durch Maſchinen gedreht. Zum Handbohren bedient man ſich meiſt der Bohrgeräte. Der axiale Vorſchub erfolgt bei Handbohrern durch den Druck der Hand des Arbeiters, bei Bohrmaſchinen durch Gewichtsbelaſtung, von Hand (mittels Druckſpindel) oder ſelbſttätig. Wichtig iſt die Entfernung der Bohrſpäne, um ein Feſtklemmen des Bohrers im Bohrloch zu verhindern.

Die Herſtellung kegeliger Löcher mittels einer bohrerartigen Vorrichtung, bei der ſich Schneidmeſſer kegelförmig um eine Achſe drehen, wobei kein Bohren im eigentlichen Sinne, ſondern ein Ausdrehen ſtattfindet, heißt Kegeligbohren.

Die Herſtellung kantiger (drei-, vier-, ſechseckiger u. a.) Löcher mittels eines profilierten Bohrers, der ſich in einer feſtſtehenden Führungsſchablone dreht oder abwickelt, heißt Kantigbohren.

Bei Herſtellung von Keilnuten, dem Langlochbohren, findet außer der Drehbewegung und der axialen Schaltbewegung eine ſeitlich fortſchreitende Bewegung ſtatt. Der axiale Vorſchub erfolgt, wenn der Bohrer am einen Ende des Langloches angelangt iſt.

Dem Bohren verwandt iſt das Senken oder Verſenken mittels der Senker und das Erweitern (Aufreiben) von Löchern mit Reibahlen (ſ. d.).

Die Umfangsgeſchwindigkeit der Bohrer beträgt

beim Bohren in Metall aus dem Vollen für		beim Ausbohren und für Reibahlen	
Hartguß	7—14 mm/Sek.	Hartguß	6—12 mm/Sek.
Ziegelſtahl	30—40 „ „	Ziegelſtahl	25—35 „ „
Gußeiſen	60—70 „ „	Gußeiſen	50—60 „ „
Schmiedeeiſen u. weichen Stahl	80—160 „ „	Schmiedeeiſen u. weichen Stahl	60—80 „ „
Bronze	100—180 „ „	Bronze	90—150 „ „

Die Umdrehungsgeſchwindigkeiten n ergeben ſich aus

$$n = \frac{60 \cdot \text{Umdrehungsgeſchwindigkeit in mm/Sek.}}{3{,}14 \cdot \text{Bohrerdurchmeſſer in mm}}.$$

Die umſtehende Tabelle (L. Loewe) enthält für Spiralbohrer die Umdrehungsgeſchwindigkeiten pro Minute:

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Durchmeſſer mm	Weicher Stahl	Schmiedeeiſen	Gußeiſen	Meſſing	Durchmeſſer mm	Weicher Stahl	Schmiedeeiſen	Gußeiſen	Meſſing
	Umdrehungen pro Minute					Umdrehungen pro Minute			
1	2500	3000	3500	5000	24	115	132	158	238
2	1400	1600	1900	2500	26	110	122	147	220
3	950	1000	1200	1900	28	100	114	136	205
4	700	800	950	1400	30	95	106	127	195
5	550	640	700	1100	32	90	100	118	180
6	470	520	630	950	34	84	93	112	168
7	410	450	550	820	36	80	88	108	159
8	360	400	480	720	38	75	83	100	150
9	320	360	430	640	40	72	80	95	143
10	285	320	380	570	42	68	75	91	136
11	260	290	345	520	45	63	70	85	127
12	235	265	317	475	50	57	63	76	114
13	220	245	290	445	55	52	57,5	69	104
14	200	235	272	410	60	47,5	53	63	95
15	190	212	255	380	65	44	49	58	88
16	175	198	238	355	70	41	45,5	54,5	82
17	165	187	225	335	75	38	42	50	75
18	155	177	212	318	80	34,4	40	47,5	71,5
19	150	168	200	300	90	31,8	35	42,5	64
20	140	160	191	285	100	28,5	32	38	57
22	130	142	173	260					

Es iſt fehlerhaft, ſtarke Späne zu nehmen und langſam zu bohren.

Der Vorſchub beträgt erfahrungsgemäß für Bohrer vom

Durchmeſſer	1—4	4—10	10—20	20—40	40—100 mm
Vorſchub	0,1	0,125	0,175	0,225	0,275 „

Bei Anwendung von Schnelldrehſtahl können dieſe Werte um ein Mehrfaches erhöht werden.

Der Arbeitsaufwand (nach „Hütte“) in PS. iſt $N = N_1 + N_2$, worin N_1 die Leergangsarbeit, N_2 die Nutzarbeit bedeutet. Iſt n_1 die minutliche Umdrehungszahl der Vorgelegewelle, n_2 die der Bohrſpindel, ſo iſt für einfache Bohrmaſchinen ohne Zahnräderantrieb $N_1 = 0{,}0006\, n_1 + 0{,}0005\, n_2$, mit Zahnräderantrieb $N_1 = 0{,}0006\, n_1 + 0{,}0010\, n$; für Radialbohrmaſchinen ohne Zahnräderantrieb $N_1 = 0{,}0006\, n_1 + 0{,}0040\, n_2$, mit Zahnräderantrieb $N_1 = 0{,}04 + 0{,}0006\, n_1 + 0{,}0040\, n_2$.

Die Nutzarbeit N_2 in PS. iſt, wenn V die ausgebohrte Metallmenge pro ccm/Stunde und ε den Arbeitsaufwand in PS für 1 ccm/Stunde ausgebohrten Metalls bedeutet, $N_2 = \varepsilon V$. ε iſt für Gußeiſen $= 0{,}001 + \frac{0{,}001}{d}$ PS., für Schmiedeeiſen $= 0{,}001 + \frac{0{,}040}{d}$ PS. für 1 ccm/Stunde, worin d gleich dem Lochdurchmeſſer in Millimetern. Wenn K_z die Zugfeſtigkeit des Metalls in kg/qmm, δ den Vorſchub des Bohrers für eine Umdrehung in Millimetern und v die Umfangsgeſchwindigkeit des Bohrers in m/Sek. bezeichnet, iſt für eine einfache Bohrmaſchine $N_2 = 0{,}044\, \delta \cdot d \cdot K_z \cdot v$, für eine Radialbohrmaſchine $N_2 = 0{,}062\, \delta \cdot d \cdot K_z \cdot v$.

Der Wirkungsgrad iſt bei einfachen Bohrmaſchinen $\eta = 0{,}83$, bei Radialbohrmaſchinen $\eta = 0{,}59$. N beträgt im Mittel für kleine Bohrmaſchinen 0,1—0,3 PS., für mittlere 0,3—1 PS., für große 1—2 PS.

Bei Zylinderbohrmaſchinen beträgt die Umfangsgeſchwindigkeit etwa zwei Drittel derjenigen von Drehbänken (ſ. Drehen); der Vorſchub iſt beim Schruppen 0,2—1,0 mm, beim Schlichten bis 10 mm für eine Umdrehung. Die Nutzarbeit N_2 iſt nach Hartig $N_2 = \varepsilon G$, wenn G das Spangewicht in kg/Stunden und ε der Arbeitsaufwand in PS. für 1 kg/Stunde Metalls iſt.

Es iſt, wenn f der Spanquerſchnitt in Quadratmillimetern, $\varepsilon = 0{,}034 + \frac{0{,}13}{f}$ PS. für 1 kg/Stunde.

Für	$f =$ 0,5	1	5	10	20 qmm
wird	$\varepsilon =$ 0,294	0,164	0,060	0,047	0,041 PS. für 1 kg/Stunde.

Die Umfangsgeſchwindigkeit beim Bohren in Holz beträgt im Durchſchnitt 250—500 mm/Sek.; bei fehr weichem Holz und ſcharfen Bohrern 1000—5000 mm/Sek. Die Nutzbarkeit in PS. bei Holzbohrmaſchinen ergibt ſich aus $N_2 = \varepsilon V$, worin zu erſetzen iſt

für Fichtenholz $\varepsilon = 7{,}6 + \frac{1000}{d}$, Erlenholz $\varepsilon = 28{,}8 + \frac{2170}{d}$, Weißbuche $\varepsilon = 21{,}0 + \frac{2280}{d}$.

Hierin bedeutet d den Lochdurchmeſſer in Millimetern, V die ausgebohrte Holzmenge in cbm/Stunden.

Dalchow.

Bohrer, das zum Bohren dienende Werkzeug. Nach dem Material, in dem gebohrt wird, unterſcheidet man Metallbohrer, Holzbohrer und Steinbohrer.

Die Bohrer für Metall ſchneiden in einer oder in beiden Drehrichtungen. Im letzteren Falle ſind ſie zweiſeitig zugeſchärft und arbeiten ungünſtig, da der Schneidwinkel größer als 90° iſt und nur ein Zerreiben, kein Schneiden des Materials ſtattfindet. Dieſe Bohrer finden nur als Handbohrer (Drillbohrer, S. 187) Verwendung. Maſchinenbohrer ſchneiden ſtets nach einer Richtung. Nach ihrer Form tragen die Bohrer verſchiedene Namen.

Der älteſte Bohrer iſt der Spitzbohrer. Fig. 1 zeigt einen in beiden Drehrichtungen ſchneidenden Spitzbohrer. Die Schneidkanten bilden einen Winkel von 80—120° miteinander.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Fig. 2 ist ein nur in einer Drehrichtung schneidender Spitzbohrer. Die Stirnflächen stehen mit den anstoßenden Flächen unter einem Winkel von 80—85° und bilden mit ihnen die Schneidkanten *a b* und *c d*, zwischen denen eine dritte Schneidkante *b c* liegt. Der Schneidwinkel der Schneiden *a b* und *c d* beträgt 90°, derjenige der Schneide *b c* ist stumpf und daher unvorteilhaft. Man verkürzt deshalb gewöhnlich die dritte Schneide durch Zuschärfen der Bohrerspitze. Bedingung für ein gutes Arbeiten des Bohrers ist, daß die Winkel α und β, Fig. 3, genau gleich sind, daß die Spitze *p* genau in der Mittellinie liegt und daß die Kanten *p m* und *p n* gleich lang sind. Zur besseren Führung erhält der Bohrer zuweilen kurze zylindrische Seitenflächen Fig. 2. Die Mängel dieses Bohrers sind leichtes Ablaufen aus der graden Richtung, Vorzüge sind billige Herstellung und bequemes Schärfen durch Abschleifen der Stirnflächen. Zur Erzielung eines günstigeren Schneidwinkels höhlt man die Schneidflächen auch aus (Fig. 4). Der Bohrer schneidet dann gut, hat aber den Nachteil, schnell stumpf zu werden. Ferner wird nach jedem Anschleifen der Schneidwinkel ungünstiger.

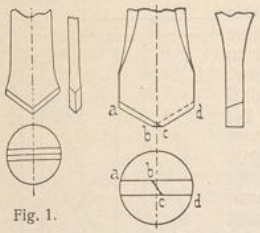


Fig. 1.

Fig. 2.

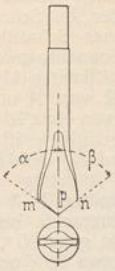


Fig. 3.

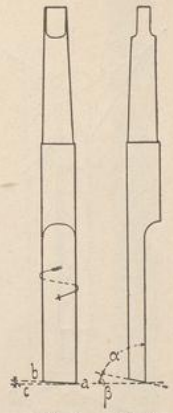


Fig. 7. Fig. 8.

Fig. 6.

Fig. 5.

Fig. 4.

Beim Zentrumbohrer, Fig. 5, bilden die Schnittkanten einen Winkel von 180°. Die ungünstig wirkende Schnittkante des Spitzbohrers ist durch einen besonderen Spitzbohrer ersetzt, der zugleich als Führung dient. Die Seiten werden häufig zylindrisch abgedreht.

Der Zapfenbohrer, Fig. 6, hat statt des kleinen Spitzbohrers einen zylindrischen Führungsstift, der in einem vorgebohrten Loche Führung hat. Ein Nachteil dieser Bohrer ist, daß sie von Hand nachgeschärft und jedesmal ausgeglüht und wieder gehärtet werden müssen.

Der Kanonenbohrer, Fig. 7 und 8, hat nur eine Schneidkante. Der Schneidwinkel α und β beträgt 90°, der Anstellwinkel β etwa 12° und der Winkel c 4°. Der Bohrer hat eine gute Führung und ist leicht herzustellen und nachzuschleifen. Ein Nachteil ist, daß das Bohrloch zunächst angebohrt oder eine Bohrlehre benutzt werden muß, da beim Anbohren ein einseitiger Druck gegen die Kante *a* auftritt. Der Kanonenbohrer wird besonders zum Bohren tiefer Löcher von kleinem Durchmesser verwendet, da er am wenigsten dazu neigt abzulaufen.

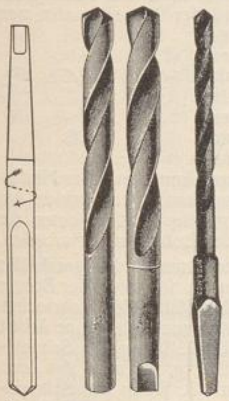


Fig. 9. Fig. 10. Fig. 11. Fig. 12.

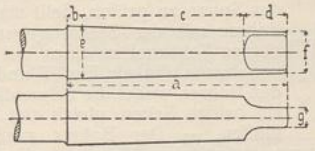


Fig. 13.

Morse-Konus

Nr.	1	2	3	4	5	6
a mm	65	78,5	94	120	153	216,4
b „	5	5	5	6	6	10
c „	49	57	67	87	112	171,4
d „	12	16,5	22	27	35	35
e „	12,06	17,76	23,77	31,27	44,4	63,5
f „	9,01	14,11	19,3	25,4	36,7	52,75
g „	5	6,35	8	11,5	15,5	19

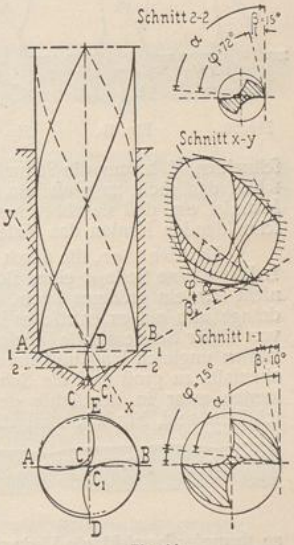


Fig. 14.

Bei dem Bohrer Fig. 9 findet von Anfang an eine gute Führung statt. Der Schneidwinkel beträgt nahezu 90°. Das Nachschleifen ist einfach, doch werden die Schneidkanten leicht ungleich.

Dieser Bohrer bildet den Uebergang zum wichtigsten Bohrer, dem Spiralbohrer, dessen Vorzüge sind: günstiger Schneidwinkel, gute Führung, leichtes schraubenförmiges Eindringen in das Material, sicheres Entfernen der Bohrspäne durch die gewundenen Nuten und große Leistungsfähigkeit. Die Spiralbohrer werden mit zylindrischem, konischem und vierkantigem Schaft hergestellt, Fig. 10—12; ihre Stärken werden nach Millimetern oder Zoll engl. oder nach Stubs Nummern- und Buchstabenlehre angegeben. Die Nummernlehre umfaßt mit den Nummern 1—60

die Bohrerſtärken von 5,75 bis 1 mm, die Buchſtabenlehre mit den Buchſtaben A—Z die Stärken 5,9—10,5 mm. Spiralbohrer für Bohrungen von Schraubenmuttern werden nach der Whitworthſchen Gewindeſkala angefertigt. Die Konen werden nach dem Morſe-Syſtem ausgeführt, deſſen Maße aus Fig. 13 mit Tabelle hervorgehen. Die Konſtruktion eines Spiralbohrers zeigt Fig. 14. Zwiſchen den Schneidkanten der Stirnfläche AC und BC_1 liegt die Kante CC_1, die durch Zuſchärfen verkürzt wird, um das Eindringen des Bohrers in das Material zu erleichtern.

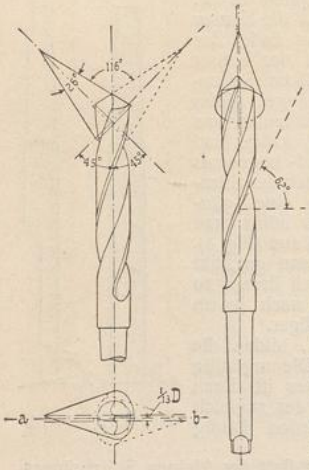


Fig. 15.

AC und BC_1 bilden einen Winkel von 116 oder 118° miteinander. Aus Schnitten x—y ſenkrecht zu einer Schnittkante geht hervor, daß der Schneidwinkel in jedem Punkte der Schnittkanten kleiner als 90° iſt. Er wächſt von A und B aus nach der Mitte zu von etwa 70° bis 90°. Der Zuſchärfungswinkel φ iſt von der Steigung der Windung abhängig. Der Hinterſchliffwinkel β beträgt etwa 10°. Auch in den Schnitten 1—1 und 2—2 ſenkrecht zur Bohrerachſe beträgt der Schneidwinkel nicht ganz 90°, der Zuſchärfungswinkel φ etwa 70° und β 10—15°. — Die Herſtellung der Schneidkanten und Stirnflächen iſt von großer Wichtigkeit für eine volle Ausnutzung und ein gutes Schneiden des Spiralbohrers. Es darf niemals freihändig geſchliffen werden, ſondern nur auf Spiralbohrerſchleifmaſchinen. Bei dieſen führt der Bohrer, während die Schleifſcheibe ſich dreht, eine kegelige Bewegung aus (ſ. Schleifmaſchinen). Die Schneidflächen des Bohrers beſtehen, Fig. 15 (Katalog von L. Löwe), aus Teilen von Kegelflächen, die ſich bilden, wenn die Achſen zweier Kegel mit dem ſpitzen Winkel von 26° zueinander ſenkrecht ſtehen und um etwa ein Dreizehntel des Bohrerdurchmeſſers ſeitlich von einer Mittellinie a—b liegen, die mit den Schneidkanten parallel läuft. Es bilden ſich, wie die Praxis ergeben hat, die günſtigſten freiſchneidenden Schnittkanten, die unter einem Winkel von 116° zueinander ſtehen. Zum Meſſen dieſes Winkels bedient man ſich einer feſten oder einer verſtellbaren Lehre, Fig. 16. Die Schleiflinien ſind etwas über den Mittelpunkt hinaus geſchliffen. Um den Abſtand der Schneidkanten von der Spitze zu prüfen, ſtellt man den Bohrer mit der Spitze gegen den oberen Schenkel m eines mit Skala verſehenen Winkels, Fig. 17, und dreht den Bohrer, wobei die Schneidkanten auf beiden Seiten gleich tief liegen müſſen. — Der Bohrer muß freiſchneiden, d. h. nur die Schneidkante darf mit dem Material in Berührung kommen. Der Hinterſchliff darf nicht zu groß ſein, wie in Fig. 18. Dann dringen die Schneidkanten ſo ſtark in das Material ein, daß ſie abbrechen können. Iſt der Hinterſchliff zu gering, Fig. 19, ſo können die ſchneidenden Kanten das Material unter Umſtänden nicht faſſen und der Bohrer nicht arbeiten.

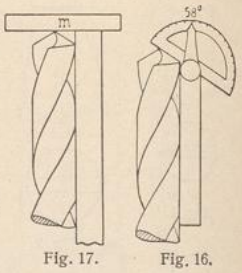


Fig. 17. Fig. 16.

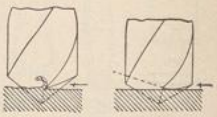


Fig. 18. Fig. 19.

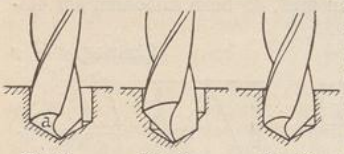


Fig. 20. Fig. 21. Fig. 22.

Fig. 23.

Die Fehler, die durch freihändiges Schleifen am häufigſten vorkommen, ſind folgende [1]: 1. Wenn eine Seite a eines Bohrers, Fig. 20, über die Mitte geſchliffen iſt, ſo bohrt der Bohrer nicht nur ein größeres Loch, da die einſeitig liegende Spitze nach der Mitte des Bohrloches drängt, alſo ein exzentriſches Laufen des Bohrers bewirkt, ſondern es wird auch die ganze Arbeit von dieſer Schneidkante allein verrichtet, die daher bald ſtumpf wird. 2. Wenn die Schneidkanten ungleich lang und unter verſchiedenen Winkeln geſchliffen ſind, Fig. 21, wird das Loch ebenfalls zu groß und die Schneidkanten werden ungleich beanſprucht. 3. Wenn die Schneidkanten zwar in der Achſe des Bohrers zuſammentreffen, aber unter ungleichen Winkeln geſchliffen ſind, Fig. 22, wird die Schneidarbeit nur von einer Schneidkante geleiſtet und ein ſeitlicher Druck ſucht das Bohrloch zu vergrößern. Ein zu ſpitzer Winkel ergibt gekrümmte, ungünſtige Schneidkanten, ein zu ſtumpfer bewirkt ein Verlaufen des Bohrers und erzeugt zu ſehr freiſchneidende, geſchwächte Schneidkanten. Die durch falſche Behandlung entſtehenden Fehler der Schneidkanten ſind in Fig. 23 veranſchaulicht. Die Linie, die beide Schnittflächen voneinander trennt, ſoll wie in I unter einem Winkel von 55° zu den Schneidkanten liegen; liegt ſie wie in III und IV, dann iſt der Schnittwinkel zu ſehr freiſchneidend, liegt ſie wie in II, dann ſchneidet der Bohrer überhaupt nicht.

Fig. 24.

Die Seitenflächen des Bohrers BE und AD, Fig. 14, werden ebenfalls hinterſchliffen, da ſich ganz zylindriſche Bohrer feſtklemmen und brechen würden. Aus demſelben

Grunde gibt man dem Bohrer an der Spitze einen etwa um 0,1 mm ſtärkeren Durchmeſſer als dem Schaftende. Zur beſſeren Führung des Bohrers im Bohrloche läßt man gewöhnlich, wie Fig. 24 erkennen läßt, eine zylindriſche Schneidkante ſtehen.

Um ein Verlaufen des Bohrers beim Bohren zu verhindern, verwendet man gehärtete Führungsbüchſen oder bohrt ein kleines Loch vor, damit die Spitze, die am ungünſtigſten ſchneidet und einen ſehr großen Teil des axialen Druckes erfordert, frei geht und den Bohrer nicht abdrängt. Der axiale Druck kann dadurch bei einem Bohrer von 25 mm Durchmeſſer von 540 auf 320 kg vermindert werden.

Die Steigung der ſpiralförmigen Nuten beträgt etwa 62°. Häufig läßt man ſie, wie in Fig. 25, nach dem Schaft hin zunehmen, damit die Späne ſchneller und leichter entfernt werden. Ebenſo macht man die Nuten nach dem Schaft zu flacher, um den Kern des Bohrers, die Seele, zu verſtärken und den Bohrer widerſtandsfähiger zu machen.

Um bei tiefen Löchern nicht lange und teure Bohrer gebrauchen zu müſſen, wendet man die Konſtruktion nach Fig. 26 an. Der Schaft iſt hohl und ſteht mit den Spiralnuten in Verbindung. Der Bohrer wird an einem beliebig langen Rohr befeſtigt, ſo daß die Bohrſpäne durch die Bohrung des Schaftes und das Rohr austreten können.

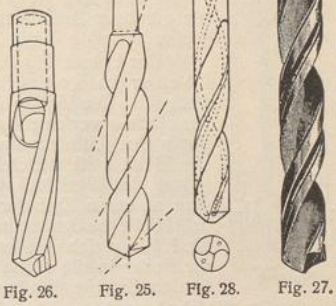


Fig. 26. Fig. 25. Fig. 28. Fig. 27.

Wichtig iſt, beſonders beim Bohren tiefer Löcher, eine gute Schmierung. Um das Schmiermittel bis zur Spitze zu bringen, fräſt man in die Seitenwandung Schmierkanäle ein. Zuweilen werden dieſe durch einen ſpiralförmigen Blechſtreifen verdeckt, ſo daß der hohle Raum als Oelkanal dient, oder es wird ein Meſſingröhrchen in die Nute eingelötet, Fig. 27. Eine dritte Konſtruktion zeigt Fig. 28, bei der die Oelkanäle im vollen Metall liegen und das Oel unmittelbar zu den Schneidkanten geführt wird. Die Kanäle werden zunächſt gerade eingebohrt und der Bohrer dann verdreht. Die Spiralnuten können vor oder nach dem Verdrehen eingefräſt werden. Das Oel wird zentral, wie nach Fig. 28, oder durch eine ſeitliche Bohrung zugeführt.

Außer den genannten werden noch eine große Zahl andrer Bohrerformen hergeſtellt. Die Firma Dünkelberg, Leipzig, fertigt Bohrer aus Profilſtahl, deren Vorzüge beſonders geringes Gewicht bei gleicher Feſtigkeit und leichtere und billigere Herſtellung ſind. Fig. 29 iſt ein aus Kreuzprofil hergeſtellter Zapfenbohrer mit vier Schneiden, Fig. 30 ein Spitzbohrer, Fig. 31 ein Zentrumbohrer mit zwei Schneiden und Fig. 32 ein Kanonenbohrer aus Kreuzprofilſtahl. Einen neuen Kanonenbohrer, der zugleich locht und bohrt, zeigt Fig. 33. Während bei dem alten Bohrer nur eine Kante arbeitet und wegen des einſeitig wirkenden Druckes ein Loch zur Führung vorgebohrt werden muß, hat der neue Bohrer vier Schneiden, die das Loch vorbohren, und vier Schneidflügel. Ein gewundenes Profil, deſſen Querſchnitt Fig. 34 zeigt, iſt für Spiralbohrer, Fig. 35, beſtimmt. Von den vier Flügeln ſchneiden nur die beiden ſtärkeren, die

Fig. 29.

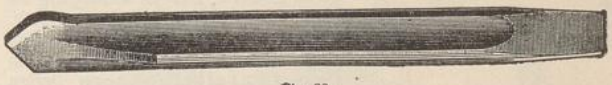


Fig. 30.

Fig. 31.

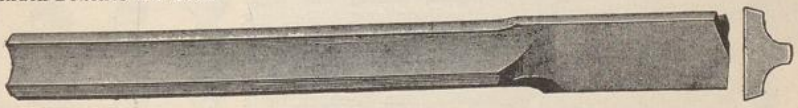


Fig. 32.

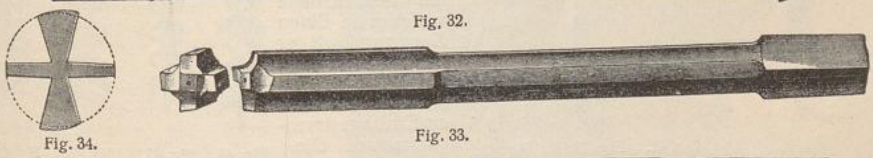


Fig. 34. Fig. 33.

Fig. 35.

schwächeren dienen zur Führung. Die Bohrspäne steigen in den vor den Schneiden liegenden Kanälen hoch, die beiden andern Kanäle dienen als Kühlkanäle zum Zutritt von Luft und Schmiermaterial. Diese Bohrer können sehr schnell arbeiten.

Fig. 36.

Fig. 37.

Um dem Spiralbohrer eine bessere Wirkung zu geben, läßt die vormals Weffelmann Bohrer Co., Gera, durch Bearbeitung der Spiralnuten mit zwei verschieden großen Fräfern eine spitze Rippe stehen. Ein solcher Bohrer, Fig. 36 (D.R.P. Nr. 83531 und 84413), hat den in Fig. 37 dargestellten Querschnitt. Die spitzen Rippen dienen als Vorschneider; statt eines starken Spans werden zwei getrennte Späne abgeschnitten, die sich leichter lösen, so daß der Kraftverbrauch geringer und ein schnelleres Bohren ermöglicht wird. Ferner bewirkt die durch die spitze Rippe vorgebohrte Vertiefung eine sichere Führung.

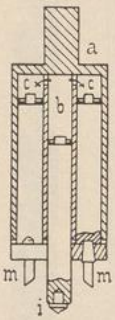


Fig. 39.

Durch den geteilten Spitzbohrer (D.R.G.M. Nr. 146878), Fig. 38, wird ein günstiger Anstellwinkel bezweckt. Am zugeschärften Schaft *a* sind die beiden Messer *b* und *c* durch Schrauben *d* befestigt.

Der Bohrer Fig. 39 dient zum Ausbohren weiter Löcher in Rohrplatten, ohne daß ein Vorbohren nötig ist. Die Spitze *i* und die Bohrmesser *m* sind an der Hülse *a* verschiebbar. Gewöhnlich werden die Messer durch eine seitlich befindliche Feder in die Höhe gezogen. Die Hülse *a* ist mit Oel gefüllt. Wenn die Bohrerspitze *i* gegen das Werkstück gedrückt wird, wird das Oel aus dem mittleren Zylinder *b* in den Raum *cc* gepreßt und drückt die beiden Schneidmesser nach abwärts. Sobald die Hülse *a* sich wieder hebt, werden die Messer *m* durch die Feder in die Höhe gezogen. — Metallbohrer für besondere Zwecke sind in vielen Patentschriften beschrieben.

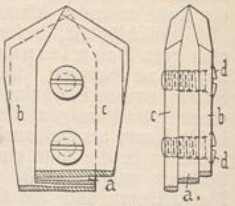


Fig. 38.

Die **Holzbohrer** haben im Gegensatz zu den Metallbohrern spitze Schneid- und Zuschärfungswinkel. Nach der Stellung der Schneiden unterscheidet man Spitz-, Parallel-, Zentrum- und Spiralbohrer.

Die Schneiden der Spitzbohrer laufen in eine Spitze aus. Zu ihnen gehört der Steyrische Schneckenbohrer (Fig. 40 und 41). Er besteht aus einem flach ausgeschmiedeten, rinnenförmig vertieften Stahlstab, der um seine Achse verdreht ist, so daß seine Kanten eine Schraubenlinie bilden. Die an der Spitze entstehende Schraube zieht den Bohrer in das Holz. Der Bohrer schneidet sehr gut und erzeugt glatte Löcher. Der Gewindegang an der Spitze wird eingefeilt. Der Bohrer nach Fig. 40 heißt Nagelbohrer. Bei den Parallelbohrern laufen die Schneidkanten zur Achse parallel; sie werden verwendet beim Bohren in der Längenrichtung der Holzfasern. Zu ihnen gehört der Löffelbohrer (Fig. 42). Derselbe besteht aus einer halbzylindrischen Röhre mit spitzem, ebenem oder kugelförmigem Boden, der mit einer nach abwärts gerichteten Schneidkante versehen ist. Einen Zentrumbohrer zeigt Fig. 43. *A* ist ein Vorschneidzahn, der die Fasern am Umfange durchschneidet. Die schaufelförmige Schneide *C* dient zur Ablösung der scheibenförmigen Späne. Durch die Spitze *B* erhält der Bohrer eine gute Führung.

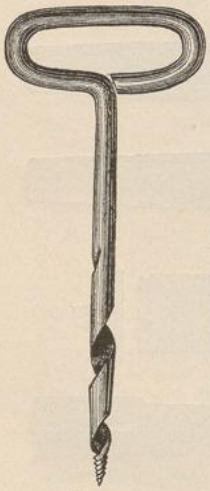


Fig. 40.

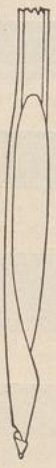


Fig. 41.

Fig. 42.

Fig. 43.

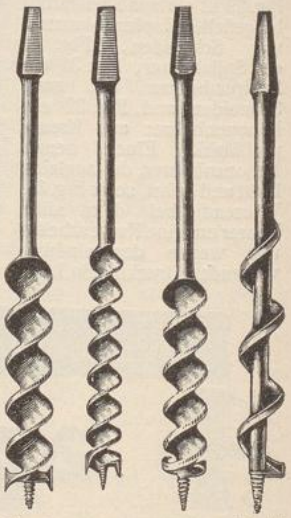


Fig. 44. Fig. 45. Fig. 46. Fig. 47.

Sehr verschiedene Formen haben die Spiral- oder Schlangenbohrer; sie haben im Gegensatz zum Zentrumbohrer zwei Schneiden und bestehen aus einem gewundenen Stahlstab (Fig. 44—47). Durch die Schraube, die gewöhnlich zweigängig ist, so daß sich an jede Schneide ein Gewindegang anschließt, wird der Bohrer ins Holz gezogen, so daß ein axialer Druck nicht ausgeübt zu werden braucht. Um die lange Schraubenfläche zu vermeiden, ist bei dem Bohrer in Fig. 48 das nachschneidende Messer aus einem halbkreisförmigen, sich von der Schneide

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

aus ſchraubenförmig verſtärkenden Anſatz gebildet. Der Bohrer Fig. 49 ſoll das Entweichen von Flüſſigkeit bei dem Anbohren von Fäſſern verhindern, dadurch, daß die Flächen *b* und *c* der am Schaft *a* befeſtigten Scheibe zwiſchen ſich den Raum für den Span frei laſſen. Fig. 50 und 51 ſind amerikaniſche Bohrer, von denen der letztere beſonders zum Bohren kleiner Löcher dient. Beim Bohrer Fig. 52 (D.R.G.M. Nr. 72329) tragen die verdickten Enden der Schraubengänge die Schneiden. Fig. 53 und 54 ſind Spiralholzbohrer, die den Spiralbohrern für Metall in ihrer äußeren Form gleichen. Einen von der

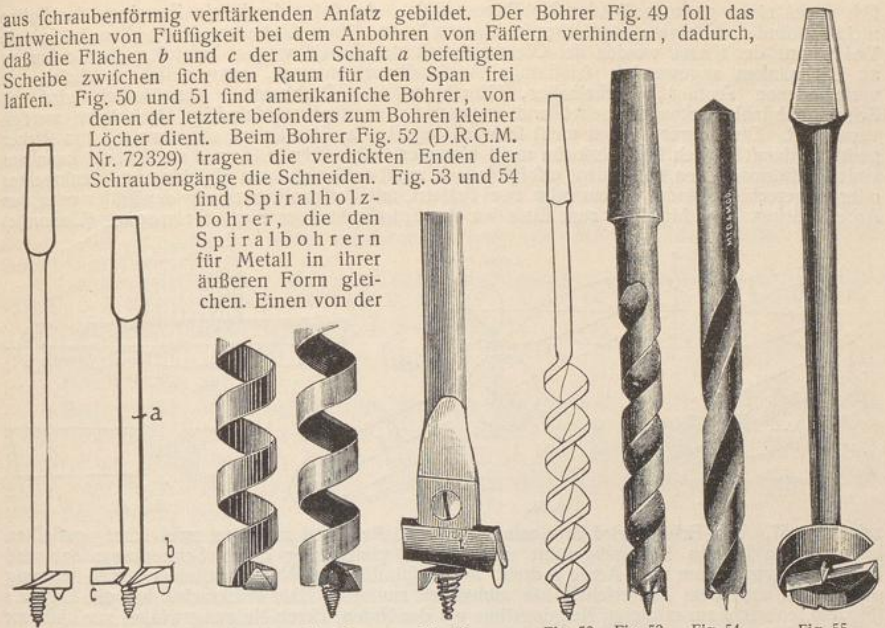


Fig. 48. Fig. 49. Fig. 50. Fig. 51. Fig. 56. Fig. 52. Fig. 53. Fig. 54. Fig. 55.

gewöhnlichen Bohrerform abweichenden Bohrer, den Forſtner-Bohrer, zeigt Fig. 55; der Bohrer dringt ſtatt mit dem Zentrum mit dem Umfange in das Holz ein. Fig. 56 iſt ein verſtellbarer Bohrer. Ueber Langlochbohrer (ſ. d.).

Literatur: Ledebur, Mechaniſch-metallurgiſche Technologie, Braunſchweig 1897; v. Hoyer, Die Verarbeitung der Metalle und des Holzes, Wiesbaden 1897; Kick, Mechaniſche Technologie, Leipzig und Wien 1898; Karmarſch-Fiſcher, Mechaniſche Technologie, Leipzig 1888 und 1891. — Kataloge: Ludwig Löwe, Werkzeugmaſchinenfabrik; Morse Twist Drill and Machine Company, New Bedford Mass. U. S. A.; Dünckelberg, Stahlwerk, Leipzig; Dominicus & Söhne, Sägen- und Werkzeugfabrik, Remſcheid-Vieringhauſen. *Dalchow.*

Bohrerfabrikation.

Bohrer für Metall werden aus beſtem Werkzeugſtahl geſchmiedet (Spitzbohrer) oder aus einer Stahlſtange gefräſt (Kanonenbohrer), dann gehärtet und fertig geſchliffen oder von Hand ſcharf gefeilt (Zentrum- und Zapfenbohrer) und darauf gehärtet.

Spiralbohrer erfordern zu ihrer einen beſonderen Fabrikationszweig bildenden Herſtellung Spezialmaſchinen. Von einer gut ausgeglühten Stahlſtange [1] werden zunächſt die Bohrerlängen abgeſtochen; das Ausglühen kann auch nach dem Abſtechen erfolgen. Die Bohrerſpitze, mit einem Spitzenwinkel von 116 oder 118°, wird entweder auf derſelben Drehbank angedreht oder zur Erzielung größerer Genauigkeit des Spitzenwinkels durch einen Hohlfräſer auf beſonderen Maſchinen hergeſtellt. Dann wird das Schaftende des Bohrers zentriert und angebohrt, wobei die Spitze

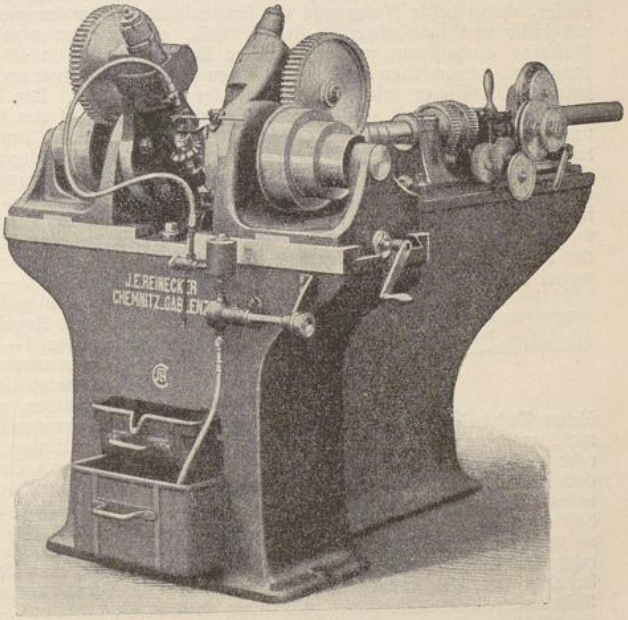


Fig. 57.

ſich gegen einen genau paſſenden Hohlkörner ſtützt, der ſich, damit ein Zerreiben der Spitze nicht ſtattfindet, in einem Kugellager mitdrehen kann. Zum Abdrehen des zylindriſchen Teils und der Kone werden der Gleichartigkeit der Arbeit wegen beſondere Einrichtungen an Drehbänken angewendet: ſelbſttätige Ausſchaltvorrichtungen, auswechſelbare Stichel mit verſchiedenen Profilen, Stichelhalter, Mitnehmer und Drehherzen. Gewöhnlich wird mit Schnelldrehſtahl trocken gearbeitet und wagerecht- oder ſenkrechtſpindlige Drehbänke werden verwendet. Die Bohrer werden meiſt ſchwach kegelig, an der Spitze um etwa 0,5 mm ſtärker gedreht, damit ſie ſich im Bohrloche nicht klemmen. Das Einfräſen der Nuten kann auf Univerſalfräsmaſchinen ſtattfinden, erfolgt jedoch meiſt auf beſonderen Maſchinen mit ſenkrechter oder wagerechter Spindel, einem oder zwei Fräſern, mit Vorſchubbewegung der Fräſer oder des Arbeitsſtückes. Eine Maſchine zum Einfräſen der Spiralnuten der Firma Reinecker (Chemnitz)

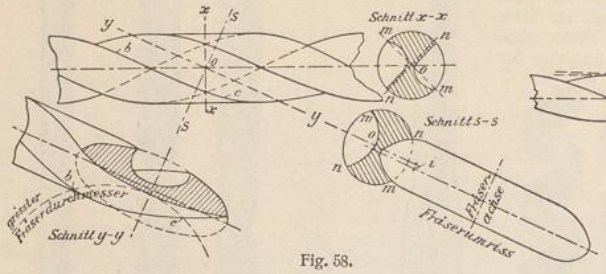


Fig. 58.

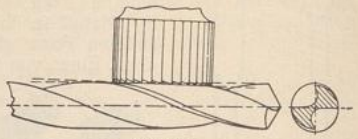


Fig. 59.

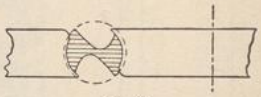


Fig. 60.

zeigt Fig. 57. Der Bohrer wird in einem Futter gehalten und zwiſchen zwei ſchräg geſtellten hinterdrehten Fräſern hindurchgeführt und hierbei gleichzeitig durch Schneckenantrieb und Ueberſetzungsräder um ſeine Achſe gedreht, ſo daß ſpiralförmige Nuten entſtehen, deren Steigung gewöhnlich nach dem Bohrerſchaft hin allmählich zunimmt. Die Fräſerachſe hat die Lage *s s* (Fig. 58) ſenkrecht zur mittleren Neigungslinie *y y* der Nuten, deren Neigungswinkel zur Linie *x x* etwa 60—70° beträgt. Nach dem Schaftende hin entfernen ſich die Fräſer etwas voneinander, ſo daß die Stärke der Bohrerſeele zur Erzielung größerer Widerſtandsfähigkeit zunimmt. Damit die Kanten *n o* (Fig. 58) gut ſchneiden, ſollen ſie möglichſt radial in den Bohrer einſchneiden. Der Fräſer erhält daher eine unſymmetriſche Querſchnittsform (Schnitte *x x* und *s s*). Die Fräſerſpitze iſt um die Strecke *i* von der Fräſermitte entfernt. Da infolge der Windung der Nuten der Fräſer in den Punkten *b* und *c* (Schnitt *y y*) in die Nutenſeiten einſchneidet, und zwar um ſo mehr, je größer der Durchmeſſer des Fräſers iſt, ſo muß dieſer möglichſt klein ſein. Der Teil *m o* der Nutenwand kann beliebige Form haben, der Nutengrund darf nicht zu ſcharf gekrümmt ſein. Für Bohrerdurchmeſſer von 1—5 mm muß für jeden ganzen Millimeter ein beſonderer Fräſer benutzt werden, für Bohrerdurchmeſſer von 5—10 mm für je 2 mm und für Bohrerdurchmeſſer von 10—15 mm für je 3 mm u. ſ. w. Wichtig iſt die richtige Einſtellung der Fräſer, damit beide Nuten und die Schneidkanten einander gleich werden. Sie erfolgt häufig mit Hilfe von Lehrbohrern, die an Stelle des Bohrers von gleichem Durchmeſſer in die Maſchine eingeſpannt werden. Kleine Bohrer werden in Büchſen, die zum Durchlaß der Fräſer mit gewundenen Schlitzen verſehen ſind, große Bohrer zwiſchen Spitzen und Hohlkörnern gefräſt. Die Fräſer arbeiten in Oel oder Seifenwaſſer. Die Umlaufsgeſchwindigkeit beträgt höchſtens 200 mm/Sek. — Dem Einfräſen der Nuten folgt das Hinterarbeiten der Bohrer, um ein Feſtklemmen der Bohrer im Bohrloch zu verhüten. Früher wurden die Bohrer hinterſchliffen, jetzt werden ſie hinterfräſt mit Stirnfräſern (Fig. 59) oder mit Formfräſern (Fig. 60). Längs der Schneidkanten bleibt eine ſchmale zylindriſche Führungskante ſtehen. Zum Fräſen der Nuten und zum Hinterfräſen dienen in der Regel dieſelben Maſchinen. Gleichzeitig mit dem Hinterfräſen wird zuweilen die zum guten Bohren unerläßliche Verjüngung des Bohrers hergeſtellt, ſo daß die Bohrer anfangs voll zylindriſch abgedreht werden können. Auch erfolgt das Fräſen der Nuten und Hinterfräſen der Felder (D.R.P. Nr. 103462) gleichzeitig auf derſelben Maſchine, wobei die beiden Fräſer die Stellung nach Fig. 61 einnehmen. — Zum Härten und Anlaſſen der Bohrer [3] ſind gute Härteöfen mit Vorrichtungen zum Meſſen und Regeln der Temperatur erforderlich. Kleine Bohrer von 1—5 mm Durchmeſſer werden am beſten im Gasofen erwärmt und in Waſſer von 30—40° C., dem Salz zugeſetzt iſt, abgekühlt. Größere Bohrer werden im Bleiofen oder nach dem Verfahren der Morse Twist Drill Co. in flüſſigem Salz erwärmt. Sie werden ſo lange eingelegt, bis dieſes nicht mehr an ihnen haftet, und dann durch lotrechtes Eintauchen in Salzwaſſer von 20° C. oder auch in Oel oder im Luftgebläſe gekühlt. Das hintere Ende des Bohrers, das erſt nach dem Härten kegelig oder zylindriſch fertiggeſtellt wird, darf nicht mit erwärmt werden, damit es nicht beim Abkühlen ebenfalls ſpröde und hart wird. Sehr ſtarke Bohrer werden in einer Salzlöſung von 50—60° C. abgekühlt, um ſtarke Spannungen und ein Springen der Bohrer zu verhüten. Dem Härten der Bohrer folgt das Richten durch einen Schlag mit dem Hammer oder bei ſtarken Bohrern mit einer Preſſe und das Andrehen des zylindriſchen oder kegeligen Schaftes und das genaue Einſchleifen nach der Konuslehre. Die Stirnflächen werden auf Spiralbohrerſchleifmaſchinen geſchliffen (vgl. a. Schleifen). — Ueber die Herſtellung von Spiralbohrern ſind noch folgende Patentſchriften zu nennen: D.R.P. Nr. 89406 und 89744 (Her-

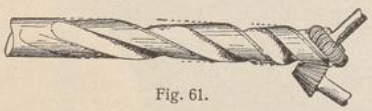


Fig. 61.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

ſtellung von Spiralbohrern), 97882 (Maſchine zum Hinterarbeiten der ſchraubenförmigen Schneidkanten von Spiralbohrern), 105377 (Herſtellung von Spiralbohrern mit zwei Schneidrippen), 132462 (Verfahren und Fräſer zur Herſtellung von genieteten und hinterarbeiteten runden Werkzeugen).

Die Herſtellung der **Holzbohrer** bietet keine Schwierigkeit; die Bohrer werden ausgeſchmiedet, ſchwach gehärtet und geſchliffen. Schneckenbohrer werden entweder dadurch hergeſtellt, daß man eine runde Stange flach ausſchmiedet, ſie rinnenförmig aufrollt und im glühenden Zuſtande um ihre Achſe wendet (Steyriſches Verfahren), oder daß man in eine runde Stange eine ſpiralförmige Nut bis zur Achſe einarbeitet und die Ränder zuſchärft (Bergiſches Verfahren). Die letzte Herſtellung iſt weniger gut, da die Schneiden weniger ſcharf werden und das Holz beim Bohren leicht aufſpaltet. Die Schlangenbohrer werden durch Verdrehen eines glühenden Stahlſtabes oder dadurch hergeſtellt, daß man einen Stahlſtab um einen Dorn herumwindet.

Literatur: [1] Zeitſchr. f. Werkzeugmaſchinen u. Werkzeuge 1904/05, S. 78 ff. — [2] Ebend. 1898/99, S. 324. — [3] Ebend. 1899/1900, S. 45.

Dalchow.

Bohrerſchleifvorrichtung, ſ. Schleifen.

Bohrfäuſtel, ſ. Bohr- und Sprengarbeit.

Bohrfutter, ſ. Futter.

Bohrgerät, Vorrichtung zum Drehen von Metallbohrern durch Handkraft, wird verwendet, wenn ein Bohren mit Maſchinen nicht angängig iſt. Nur kleine Holzbohrer (Nagelbohrer) werden unmittelbar von Hand mittels eines Handgriffes, große Holzbohrer mittels einer durch den Bohrerkopf geſteckten Stange, dem Wendeiſen, gedreht.

Man unterſcheidet Bohrgeräte mit wechſelnder Drehrichtung und mit gleichbleibender Drehrichtung; dieſe erfolgt entweder ununterbrochen oder abſetzend.

Bohrgeräte mit wechſelnder Drehrichtung ſind der Rollenbohrer, die Rennſpindel und der Drillbohrer.

Der Rollenbohrer (Fig. 1) beſteht aus einer Rolle *B* aus Metall, Holz oder Horn, in welcher der Bohrer *A* befeſtigt iſt, und dem Bohrbogen (Drillbogen, Fiedelbogen) aus Stahl, Fiſchbein oder Holz, deſſen Schnur, aus Pferdehaar oder Darmſaite, um die Rolle läuft, ſo daß die Rolle durch Hin- und Herbewegen des Bogens gedreht wird. Die Bohrerſpitze ſtützt ſich hierbei in die Vertiefung eines Brettes *C*, des Bohrbrettes oder Bruſtbrettes, gegen das der Arbeiter mit der Bruſt drückt. — Ein Rollenbohrer, bei dem zwei Bohrer in entgegengeſetzter Richtung federnd in der Rolle gelagert ſind, ſo daß gleichzeitig zwei Löcher gebohrt werden können, iſt in D.R.P. Nr. 139999 beſchrieben.

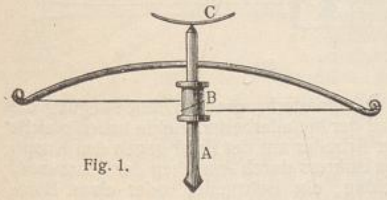


Fig. 1.

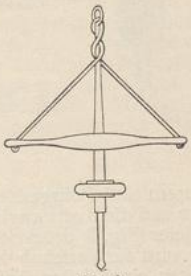


Fig. 2.

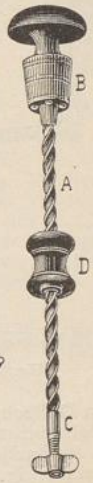


Fig. 3.

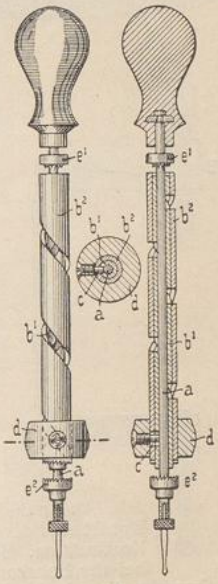


Fig. 4.

Die Rennſpindel (Fig. 2) iſt ein veraltetes Werkzeug. Die Schnur oder Sehne wird zunächſt durch Drehen des Querſteges auf den Bohrerſchaft aufgewickelt. Wenn dann der Bohrer gegen das Werkſtück gefetzt und der Querſteg heruntergedrückt wird, dreht ſich der Bohrer, überſchreitet infolge der Schwungkraft ſeine Mittellage und wickelt die Schnur in entgegengefetzter Richtung auf. Dann wird der Querſteg von neuem abwärts gedrückt.

Der Drillbohrer (Fig. 3) beſteht aus einer Bohrſpindel *A* aus gewundenem Triebſtahl (ſ. Draht) oder Vierkantſtahl, deſſen Schraubengänge einen Steigungswinkel von etwa 70° haben, aus dem Bohrkopf *C*, dem drehbaren Knopf *B* und der mit Muttergewinde verſehenen verſchiebbaren Büchſe *D*, durch deren Auf- und Niederbewegung der Bohrer hin und her gedreht wird. — Um beim Drillbohrer ein leichtes Arbeiten zu erzielen, hat man den Bohrkopf auch mit einem Kugellager ausgeſtattet und mit Oelſchmierung verſehen [1]. Es ſind auch Drillbohrer mit ununterbrochener Drehbewegung in einer Richtung konſtruiert worden [2]. Die Bohrſtange *a* (Fig. 4) iſt von den Hülſen b^1 und b^2 umgeben, die mit ſchraubenförmigen, entgegengeſetzt gewundenen Nuten verſehen ſind. In dieſe greift ein Stift *c* des Schiebers *d* ein, ſo daß beim Bewegen des Schiebers die Hülſen ſich entgegengeſetzt drehen. An den Enden trägt die Bohrſtange feſte gezahnte Kupplungsmuffen e^1 und e^2. Die innere Hülſe trägt oben, die äußere unten Zähne. Beim Heraufbewegen des Schiebers wird die Hülſe b^1 mit der oberen Muffe e^1

gekuppelt, beim Herunterbewegen die Hülfe b^2 mit der unteren Muffe e^2. Dadurch wird infolge der entgegengefetzten Windung der Nut in der Hülfe b^2 die Bohrfpindel in derfelben Richtung weitergedreht. Eine andre Konftruktion eines folchen Drillbohrers zeigt Fig. 5. Die Spindel ift mit Rechts- und Linksgewinde verfehen, die Muffe trägt an der einen Seite die Mutter für das rechte, an der andern Seite die Mutter für das linke Gewinde. Bei der Bewegung der Muffe wird durch kleine Kupplungen abwechfelnd die eine und die andre Mutter mit der Muffe derart verbunden, daß fie an der Drehung nicht teilnimmt, alfo der Spindel eine Drehung erteilt, und zwar ftets in demfelben Sinne. — Ein ähnlicher Drillbohrer ift in D.R.P. Nr. 108318 befchrieben.

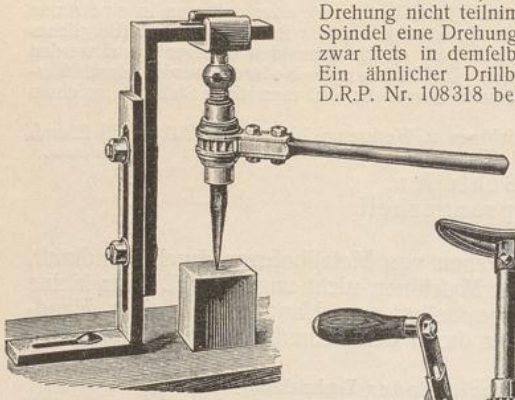


Fig. 8.

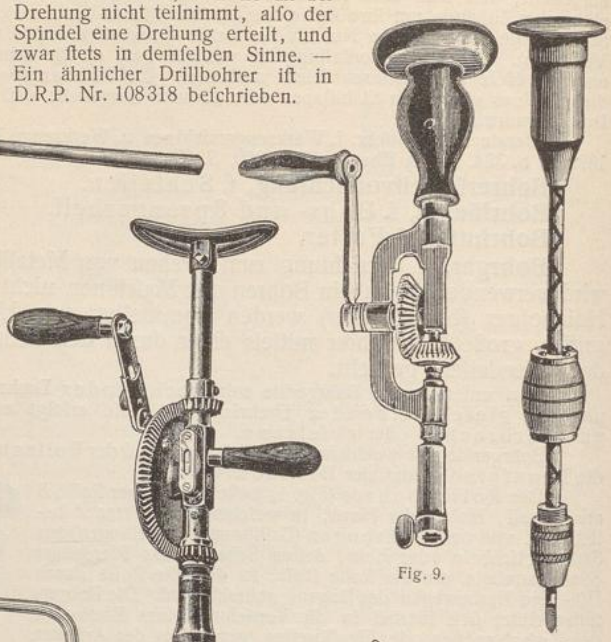


Fig. 9.

Fig. 5.

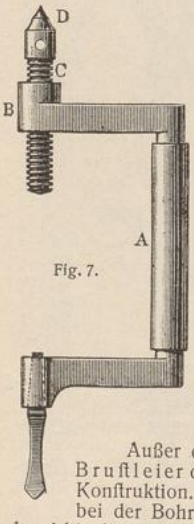


Fig. 7.

Fig. 6.

Fig. 10.

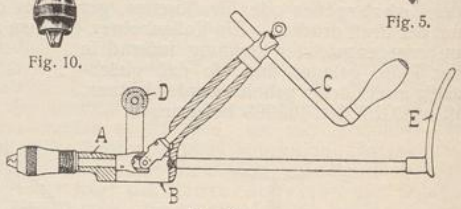


Fig. 11.

Außer diefen Drillbohrern find Bohrgeräte mit ununterbrochener Drehbewegung die Bruftleier der Holzarbeiter und die Bohrkurbel der Metallarbeiter. Beide haben gleiche Konftruktion. Bei der Bruftleier (Fig. 6) drückt der Arbeiter mit der Bruft gegen den Knopf, bei der Bohrkurbel (Fig. 7) wird der Vorfchub des Bohrers durch Anziehen der Schraube *C* bewirkt, die mit der Spitze *D* gegen einen feften Anfchlag, ein Bohrgeftell oder einen Bohrwinkel, wie ihn Fig. 8 in Verbindung mit einer Bohrknarre zeigt, geftützt wird. Bruftleier und Bohrkurbel kommen in mannigfachen Ausführungen vor. So dient der Räderbohrer oder Eckenbohrer (Eckbohrdraube, Fig. 9) dazu, in Ecken oder Vertiefungen zu arbeiten, die ein Herumdrehen der Kurbel nicht geftatten. Fig. 10 zeigt einen Räderbohrer der Firma F. Heyerhoff, Hagen i. W. [3]. Das große Zahnrad hat oben durch ein kleines Kegelrad eine Gegenführung erhalten, um ein genaueres Arbeiten zu erzielen. Eine feitlich angeordnete Waffenwage ermöglicht ein genaues horizontales Bohren. Die Kurbel läßt fich je nach der Größe der Bohrlöcher kürzer oder länger ftellen. Diefelbe Firma führt auch Räderbohrer mit zwei Gefchwindigkeiten aus, die fich durch Umftellen eines Bolzens auswechfeln laffen. Vgl. Patentfchrift 124766. Dem gleichen Zwecke, in fchwer zugänglichen Winkeln und Ecken zu bohren, dienen auch Kurbelbohrer, bei denen Bohrfpindel und Antriebfpindel zueinander geneigt und durch ein Univerfalgelenk miteinander verbunden find. Fig. 11 zeigt eine folche Anordnung [4]. *A* ift ein Gußftück zur Aufnahme der Bohr- und Antriebfpindel. Mit der ebenen Fläche *B* kann das Werkzeug beim Bohren an einer Wand des Arbeitsftückes geführt werden, fo daß ein zu diefer paralleles Loch gebohrt wird. Die Kurbel *C* ift verftellbar. *D* ift ein Handgriff, *E* ein Bruftbrett. Die Handbohrgeräte mit ftetiger Drehung dienen nur zum Bohren von Löchern von 3—15 mm.

Bohrgeräte mit abfetzender Bewegung find die Bohrknarren oder Bohrratfchen (Fig. 12). Sie dienen zum Bohren größerer Löcher, von 10—25 mm, und werden befonders

dann angewendet, wenn der Raum so beschränkt ist, daß eine volle Kurbeldrehung nicht möglich ist. Die Kurbel der Bohrkurbel ist durch einen Hebel ersetzt. Beim Hin- und Herbewegen des Hebels wird die Bohrspindel mittels Sperrad und Sperrklinke mitgenommen. Am oberen Ende trägt die Bohrknarre eine Druckschraube, die mit einer Spitze gegen ein festes Widerlager, eine benachbarte Wand oder einen Bohrwinkel (vgl. Fig. 8) gestützt wird. Der Vorschub des Bohrers wird dadurch bewirkt, daß die Druckschraube zeitweise nachgespannt wird.

Fig. 12.

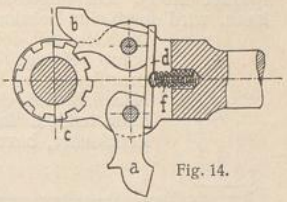


Fig. 14.

Bohrknarren sind in sehr verschiedenen Konstruktionen zur Ausführung gelangt, die einen leichteren Gang, einen höheren Wirkungsgrad (doppeltwirkende Bohrknarren), einen geräuschlosen Gang oder andre Verbesserungen bezwecken. — Fig. 13 zeigt eine Bohrknarre der Werkzeugmaschinenfabrik Hollmann, Remscheid-Vieringhausen, mit Kugellagerung, wodurch ein gleichmäßiger, ruhiger Gang erzielt wird [5]. Eine Bohrknarre derselben Firma [6], die sowohl rechts- als auch linksbohrend ist, zeigt Fig. 14. Das Sperrad *c* mit geraden Sperrzähnen kann durch zwei Sperrklinken *a* und *b* bewegt werden. Die Sperrklinken stehen unter der Wirkung des Kipphebelgesperres *d*, *f*, so daß sie ein- oder ausgeschaltet werden können.

Fig. 13.

Eine doppeltwirkende Bohrknarre zeigt Fig. 15; *k* und k^1 sind Sperrklinken, von denen k^1 das Sperrad *d* bei Rechtsdrehung, *k* das Sperrad *e* bei Linksdrehung des Hebels dreht. Durch das Kegelrädergetriebe erhält der Bohrer die Bewegung nur in einer Richtung. Ferner sind doppeltwirkende Bohrknarren ausgeführt von Schuttler [11], von Edmund Drögemeyer, Remscheid [7], von Frank Artur Reynold, New York [8] und von Mandowsky & Epstein [9] u. a. Bei letzterer sind zugleich Bohrstange und Druckspindel in beliebigem Winkel zueinander einstellbar. Während bei gewöhnlichen Bohrknarren die Hebel nur in einer zur Bohrrichtung senkrechten Ebene bewegt werden können, so daß die Knarren in manchen Fällen nicht anwendbar sind, läßt sich bei der Bohrratsche Fig. 16—18 von Williams [10] der Hebel in jeder beliebigen Ebene bewegen. Der Hebel ist mit dem Gehäuse *e* mittels der Zapfen *d*, des Bügels *b* und der Schrauben *c c* verbunden. Der Hebel läßt sich stets in solche Lage bringen, daß es möglich ist, den Bohrer zu drehen. Soll die Bohrratsche in gewöhnlicher Weise bewegt werden, so verschiebt man in dem röhrenförmigen Handhebel den Schaft *o* durch Drehen des Deckels, bis das Ende *n* in eine Vertiefung des Gehäuses eingreift, wodurch der Hebel mit dem Gehäuse fest verbunden wird. In der Kammer e_1 (Schnitt *x y*) ruhen fünf Sperrklinken, damit der tote Gang möglichst gering wird. Der Bohrkopf *f* wird im Gehäuse *e* durch die Haube *h* gegen Längsverschiebung gesichert und nimmt oben die Stellschraube *k* mit der Mutter *i* auf. Die Schraube *l* von entgegengesetzter Steigung sichert die Stellschraube gegen Herausschrauben, indem sich ihr Kopf gegen das untere Ende der Mutter *i* anlegt. Fig. 17 und 18 zeigen die Bohrknarre in Ansicht mit hoch- und tiefstehendem Hebel.

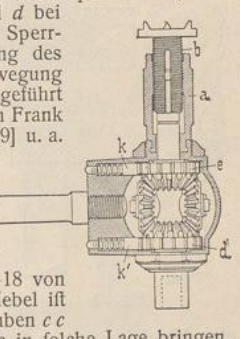
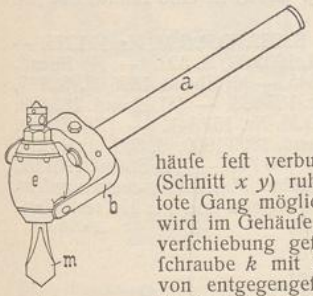


Fig. 15.



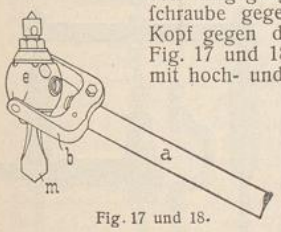
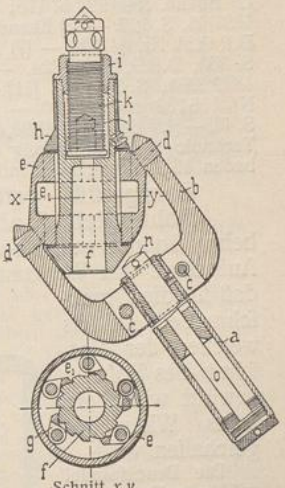


Fig. 17 und 18.



Schnitt *x y*.

Fig. 16.

Um das lästige Geräusch der Bohrknarren zu beseitigen, bewirkt die Firma August Klein in Remscheid [12] die Sperrung nicht durch ein Zahnrad, sondern durch eine Bandbremse, Fig. 19. Um die Achse *b* ist zwischen den Bunden *i* und *k* ein Stahlband *a* gelegt, das durch die Schraube *c* am Stiel *d* gelenkig befestigt ist. Das andre Bandende liegt frei federnd mit einem keilförmigen Ausschnitt gegen eine Nase des Stieles. Von der Spitze dieses Ausschnittes aus wird das Band auf ein Drittel seiner Länge in zwei federnde Bänder *g* und *h* geteilt. Beim Rechtsdrehen des Stieles *d* werden die Bänder *g* und *h* dadurch, daß die Nase sich in den Längsschnitt des Bandes schiebt,

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

feitlich gegen die Bunde *i* und *k* gepreßt und dadurch eine Kupplung zwifchen Stiel und Achfe herbeigeführt. Bei Linksdrehung gibt die Achfe die Feder frei. Eine ähnliche Konftruktion zeigt eine Bohrknarre von H. Weyerhoff, Remfcheid [15].

Der Uebelftand, daß bei den Bohrknarren der Vorfchub, der durch Drehen der Druckfpindel erfolgt, fehr ungleichmäßig ausfällt, wodurch leicht ein Brechen des Bohrers eintreten kann, wird durch eine Bohrknarre der Werkzeugmafchinenfabrik Breuer, Schumacher & Co. in Kalk mit felbfttätigem, nach der Härte des Materials veränderlichem Vorfchub befeitigt (D.R.P. Nr. 28662). Bei diefer Bohrknarre (Fig. 20) greift eine gemeinfchaftliche Schaltklinke in zwei Differentialräder ein, deren eines auf einer Nachftellhülfe, deren andres auf der mit innerem Muttergewinde verfehenen Bohrhülfe feftfitzt. In jenem Muttergewinde bewegt fich die Druckfchraube, mit der die Bohrknarre, bevor das Bohren beginnt, eingeftellt wird. Die Bohrknarre kann alfo auch wie jede gewöhnliche Bohrknarre gebraucht werden. Die Nachftellhülfe ift an ihrem oberen Ende gefchlitzt und hat in diefem Einfchnitt eine Klemmfchraube, mittels welcher der Selbftgang ein- und ausgerückt werden kann. Der Vorfchub wird um fo größer, je mehr man die Klemmfchraube anzieht. Beim Abftellen der Bohrknarre ift zunächft der felbfttätige Vorfchub abzuftellen.

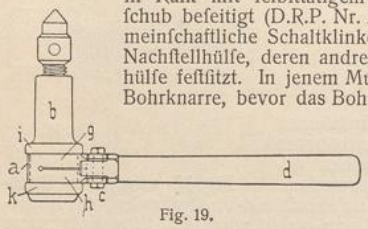


Fig. 19.

Bei einer Reihe andrer Bohrknarren werden konftruktive Verbefferungen, gute Schmierung, leichte Auswechfelbarkeit der Teile oder geringe Raumbeanfpruchung bezweckt. — Fig. 21 zeigt eine Bohrratfche [14] der Anderfon Machine Works in Peekshill, New York, bei welcher der Bohrer in die Druckfpindel felbfttätig ein- und ausgefchoben wird. Der Bohrer geht durch ein quadratifches Loch der Büchfe *a* hindurch und greift mit feinem konifchen Ende in ein Paßftück *b*, das außen mit Gewinde verfehen ift und in die als Mutter dienende Büchfe *c* paßt. Die Büchfe *a* ift am oberen Ende zu einem Sperrade ausgebildet, das vom Kopfe *d* mittels der Sperrklinke mitgenommen wird. Die Büchfe *c* paßt mit ihrem unteren Ende in die Vertiefung der Büchfe *a* und wird während der Drehung des Kopfes von einem Stifte im oberen Loche aufgehalten, um den Bohrer auswärts zu verfchieben. Die Hülfen *a* und *c* werden durch eine Mutter *e* am Kopfe *d* feftgehalten, ohne in ihrer Drehung behindert zu fein. Der Arm *f* ift in den Bohrerkopf *d* eingefchraubt. Hervorzuheben ift noch eine Bohrknarre von G. Edel, die eine Vereinigung von Bohrwinde und Bohrknarre darftellt [15]. Auch ift eine Bohrknarre mit Mafchinenantrieb (D.R.P. Nr. 91348) konftruiert worden.

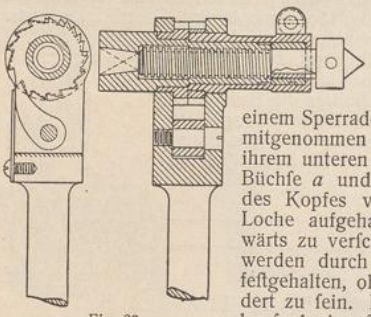


Fig. 20.

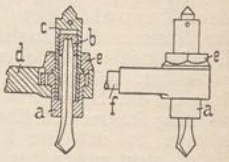


Fig. 21.

Literatur: [1] Zeitfchrift für Werkzeugmafchinen 1903/04, S. 232, D.R.G.M. Nr. 191275. — [2] Ebend. 1898/99, S. 175, D.R.G.M. Nr. 101901. — [3] Ebend. 1902/03, S. 523. — [4] Ebend. 1897/98, S. 122. — [5] Ebend. 1900/01, S. 126, D.R.G.M. Nr. 139645. — [6] Ebend. 1896/97, S. 192, D.R.G.M. Nr. 64378. — [7] Ebend. 1901/02, S. 335, D.R.G.M. Nr. 165038. — [8] Ebend. 1897/98, S. 360, D.R.P. Nr. 97224. — [9] Ebend. 1901/02, S 392, D.R.G.M. Nr. 167341. — [10] Ebend. 1899/1900, S. 367. — [11] Ebend. 1901/02, S 59. — [12] Ebend. 1899/1900, S. 530, D.R.G.M. Nr. 136789 und 136790. — [13] Ebend. 1898/99, S. 144, D.R.P. Nr. 100741. — [14] Ebend. 1901/02, S. 43. — [15] Ebend. 1887/88, S. 122, D.R.P. Nr. 94766 — Vgl. a. Ledebur, Mechanifch-metallurgifche Technologie, Braunfchweig 1897; v. Hoyer, Die Verarbeitung der Metalle und des Holzes, Wiesbaden 1897; Kick, Mechanifche Technologie, Leipzig, Wien 1898. *Dalchow.*

Bohrgerüft, -geftänge, -klotz, f. Tiefbohren.

Bohrgeftell (Bohrbügel, Bohrwinkel) dient beim Bohren mit Bohrknarren und Bohrkurbeln zur Aufnahme von Werkzeug und Werkftück, fo daß für die Druckfchraube, mittels welcher der Vorfchub des Bohrers bewirkt wird, ein feftes Widerlager gefchaffen wird.

Die Druckfpindel mit Mutter ift entweder ein Teil des Bohrgeftells oder des Bohrwerkzeugs. Fig. 1 ift ein einfacher Bohr-

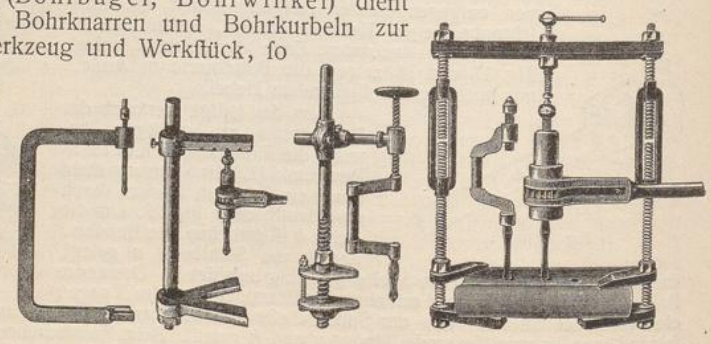


Fig. 1. Fig. 3. Fig. 2. Fig. 4.

bügel der Firma Böhler, Wien, mit Druckſpindel, Fig. 2 ein Bohrgeſtell der Firma Braunſchweig, Leipzig, mit Druckvorrichtung, und Fig. 3 ein Bohrgeſtell derſelben Firma ohne ſolche. Fig. 4 zeigt einen großen Bohrbügel mit beſonderer Einſpannvorrichtung für das Werkſtück von der Firma Aug. Herm. Hollmann, Remſcheid-Vieringhauſen. Vgl. a. Fig. 8 des Art. Bohrgerät, die einen verſtellbaren Bohrwinkel der Firma Bruno Mädler, Berlin, darſtellt. *Dalchow.*

Bohrkopf, ſ. Bohrmaſchinen, Bohrſtange.

Bohrkurbel, ſ. Bohrgerät.

Bohrlehre, -loch, ſ. Bohren, Tiefbohren.

Bohrlochſchiefe, Abweichung aus der angegebenen Richtung, meiſt durch den Schichtenfall, auch durch zufällige Hinderniſſe (Findlinge, Geröll) verurſacht. Ihre Beſtimmung geſchieht durch geometriſch-magnetiſche Meſſungen (ſ. Stratameter) oder auf magnetiſchem Wege allein (ſ. Orientierungsmeſſungen) oder nur geometriſch, als Notbehelf. Vereinigte Notizen, ſ. Mitteilungen aus dem Markſcheiderweſen, Heft 4, 1902. *Haußmann.*

Bohrlöffel, ſ. Tiefbohren.

Bohrmaſchinen dienen zur Ausführung von Bohrarbeiten unter Anwendung einer mit einer Antriebvorrichtung verbundenen, das Bohrwerkzeug tragenden Spindellagerung in Verbindung mit einer Vorſchubvorrichtung zur Erzielung der gegenſeitigen Bewegung des Werkzeuges und des Arbeitsſtückes.

Wir unterſcheiden die zahlreichen Arten von Bohrmaſchinen in Anpaſſung an den Verwendungszweck nach dem äußeren Aufbau.

Tiſchbohrmaſchinen ſind kleine Bohrmaſchinen, die ſich leicht an einen Tiſch anſchrauben laſſen und meiſtens Handantrieb erhalten. Die Tiſchbohrmaſchine Fig. 1 der Firma Keller & Kalmbach, München, läßt ſich ſo verſtellen, daß in verſchiedenen Richtungen gebohrt werden kann. Der Bohrer iſt radial bis zu einer Entfernung von 50 mm von der Säule verſchiebbar. Mit dem Rädervorgelege laſſen ſich zwei oder drei verſchiedene Geſchwindigkeiten erzielen. Statt der Befeſtigung durch Klauen können Tiſchbohrmaſchinen auch mit einer Grundplatte auf den Tiſch geſchraubt werden. Häufig iſt mit der Bohrmaſchine ein Schraubſtock oder eine Bohrplatte verbunden, in den das Werkſtück eingeſpannt oder auf der es feſtgeklemmt wird; Fig. 2 zeigt eine Tiſchbohrmaſchine der Firma Ernſt H. Kotz, Köln, mit Einſpannvorrichtung.

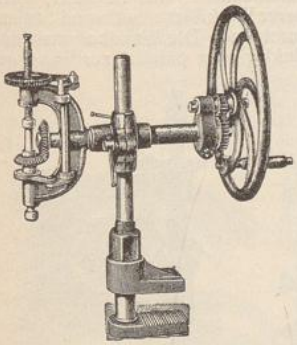


Fig. 1.

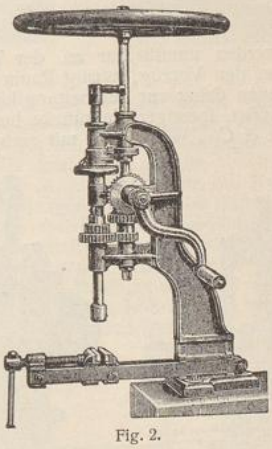


Fig. 2.

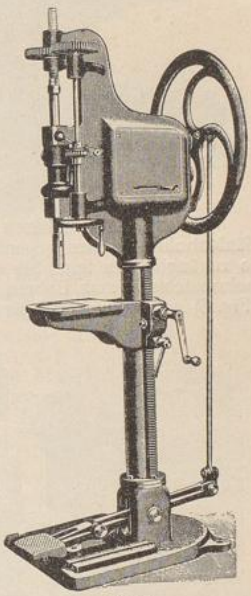


Fig. 3.

Säulenbohrmaſchinen ſind an einer mit einem Fuß verſehenen, freiſtehenden oder an beiden Enden gehaltenen Säule montiert, an welcher der Bohrtiſch gewöhnlich verſchiebbar und drehbar befeſtigt iſt. — Bei der Säulenbohrmaſchine für Fußbetrieb (Fig. 3) von der Firma Bernhard Fiſcher & Winſch, Dresden, erfolgt der Vorſchub des Bohrers ſelbſttätig. Durch eine Handkurbel wird der Bohrer zurückgezogen. Die Maſchine iſt beſonders für Schloſſereien und Schmieden beſtimmt. Die drei verſchiedenen Geſchwindigkeiten laſſen ſich während des Ganges auswechſeln. Die Zahnräder ſind im hohlen Oberkörper untergebracht. — Bei der Säulenbohrmaſchine für Maſchinenbetrieb von der Firma Rudolf Auerbach & Scheibe, Saalfeld (Fig. 4), kann das Werkſtück in den Schraubſtock eingeſpannt oder nach Drehung des Werkzeugträgers auf der Tiſchplatte befeſtigt werden. Mit der Tiſchplatte dreht ſich zugleich die Zahnſtange um die feſte Säule herum. — Eine Säulenbohrmaſchine für große Gegenſtände von der Firma G. Bauſch, Cannſtatt (Fig. 5), kann ſenkrecht, wagerecht und in jeder beliebigen Winkelſtellung arbeiten, indem zwiſchen Bohrſpindel und Antriebſpindel ein durch Schneckentrieb drehbares Zwiſchengehäuſe eingeſchaltet iſt. Die Winkelſtellung läßt ſich an einer Einteilung an der Vorderſeite des Bohrkopfes ableſen. Die Maſchine wird für Transmiſſions-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

und Elektromotorenantrieb gebaut. — Vgl. a. die Kataloge der Dresdner Bohrmaſchinenfabrik A. G. und der Firma De Fries, Düſſeldorf.

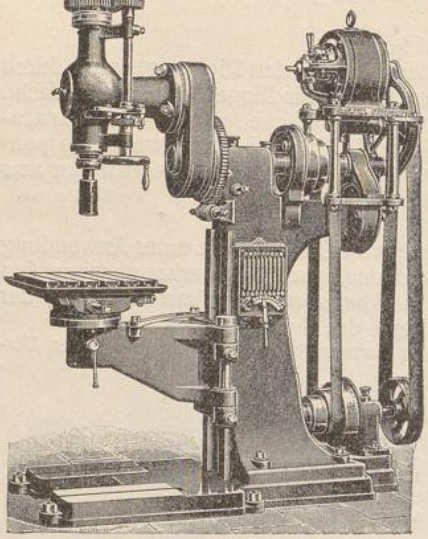


Fig. 5.

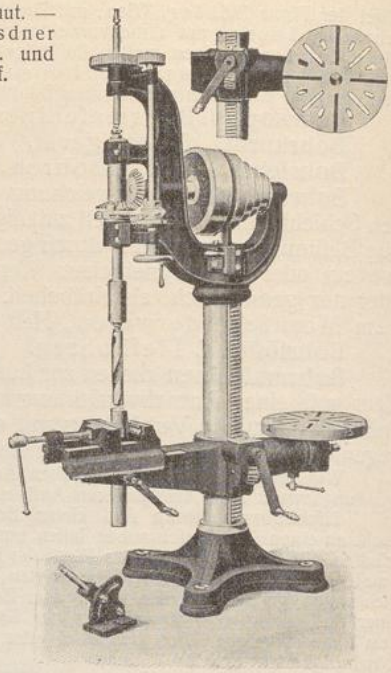


Fig. 4.

Wandbohrmaſchinen werden unmittelbar an der Wand angebracht. Sie haben den Säulenbohrmaſchinen gegenüber den Vorzug, wenig Raum einzunehmen, den Nachteil, nicht ſo zugänglich zu ſein. Sie dienen daher zur Bearbeitung kleinerer Werkſtücke, während Säulenbohrmaſchinen zum Bohren großer, ſperriger Werkſtücke beſtimmt ſind. Die Wandbohrmaſchine (Fig. 6) von der Firma Hörde & Co., Wien, wird mit rechtwinklig oder parallel zur Wand gelagertem Riemenkegel ausgeführt. Der ſeitlich drehbare Tiſch läßt ſich durch Zahnſtange und Schneckengetriebe auf und nieder bewegen. Der Niedergang der Bohrſpindel erfolgt durch Selbſtſteuerung oder von Hand. Statt der feſten Wandplatte wird häufig ein freiſtehender, ſenkrecht verſtellbarer Bohrtiſch oder ein Kreuzſupport verwendet. Die Maſchine wird mit oder ohne Rädervorgelege gebaut.

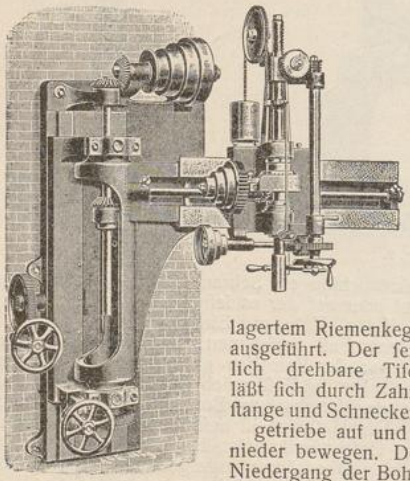


Fig. 7.

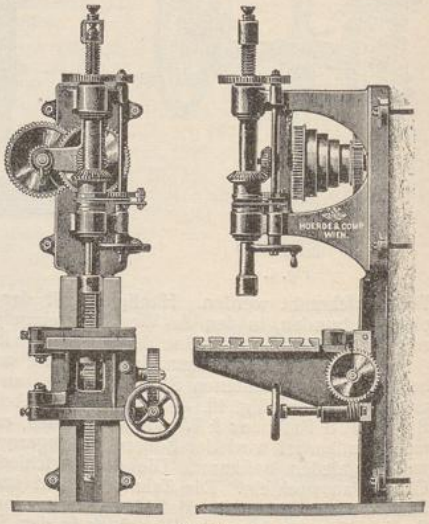


Fig. 6.

Radialbohrmaſchinen oder Kranbohrmaſchinen dienen zur Bearbeitung großer Werkſtücke, die ſich ſchwer bewegen laſſen. Man befeſtigt die Bohrvorrichtung verſchiebbar an einem drehbaren Arm, ſo daß der Bohrer über dem Werkſtück eingeſtellt wird. Radial-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

bohrmaſchinen ſind an der Wand oder an Säulen montiert. Bei der Wandradialbohrmaſchine (Fig. 7) der Firma L. Schuler, Göppingen, iſt die Bohrvorrichtung radial auf dem kranartigen, drehbaren Arm verſchiebbar. — Bei der Radialbohrmaſchine (Fig. 8) der Elſäſſiſchen Maſchinenbaugeſellſchaft Grafenſtaden läßt ſich die Bohrerachſe verdrehen, ſo daß Schlitten, Arm und Werkzeugträger einen Winkel bis zu 30° mit der Senkrechten bilden können. Sie dient zum Bohren von Löchern unter verſchiedenen Winkeln in Panzerplatten und andern großen Stücken. Der Abſtand des Bohrers von der Drehachſe kann verſtellt werden, etwa zwiſchen 1200 und 3200 mm. Die ſchweren Werkſtücke werden auf der Grundplatte befeſtigt. Die freie Höhe unter der Spindel beträgt 2000 mm. Die Maſchine bohrt Löcher bis 90 mm Durchmeſſer. — Die Univerſal-Radialbohrmaſchine der Firma Schuchardt & Schütte, Berlin (Fig. 9), wird beſonders beim Bau von Lokomotiv- und Schiffskeſſeln

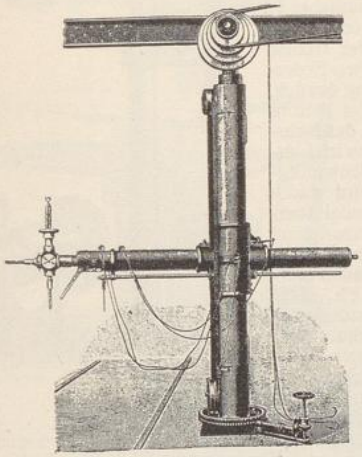


Fig. 9.

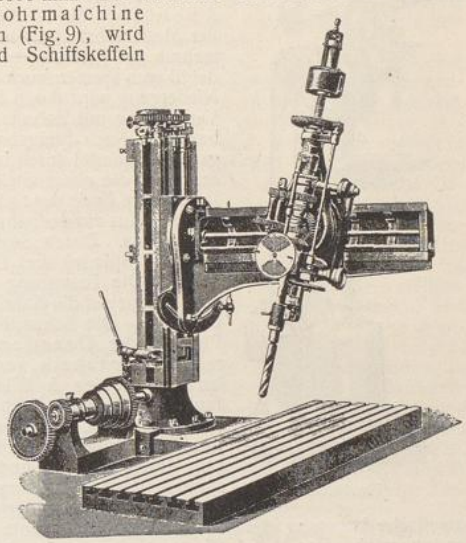


Fig. 8.

ſowie zum Ausbohren von Stehbolzen und zum Abbohren von Zylinderteilen verwendet. Die ſenkrechte Bohrſpindel iſt im beliebigen Winkel verſtellbar. Außerdem beſitzt die Maſchine eine wagerechte Spindel, ſo daß in den verſchiedenſten Richtungen Löcher gebohrt werden können. Die Auf- und Abwärtsbewegung des Auslegers, der die Maſchinenſäule durchdringt, und die wagerechte Verſtellung werden durch Schraubenſpindeln mit Kraftantrieb bewirkt. Der Bohrervorſchub erfolgt mit Hilfe von Zahnſtangengetriebe von Hand. Die Maſchine wird durch ein am Fuße befindliches Schneckengetriebe gedreht. Der Antrieb kann durch Deckenvorgelege oder durch Elektromotor erfolgen. — Bei der Radialbohrmaſchine der Maſchinenfabrik Eßlingen (Fig 10 und 11, von denen die erſte die Maſchine als Wandgeſtell, die zweite als Fußgeſtell darſtellt), beſteht der Bohrarm aus zwei Gelenken. In den Drehpunkten der Bohrarme ruhen Wellen, die durch Riemenſcheiben oder koniſche

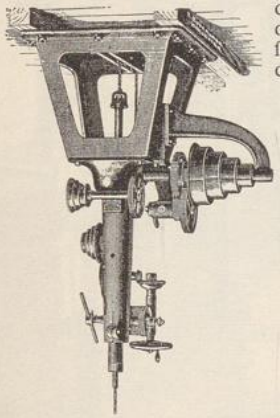


Fig. 12.

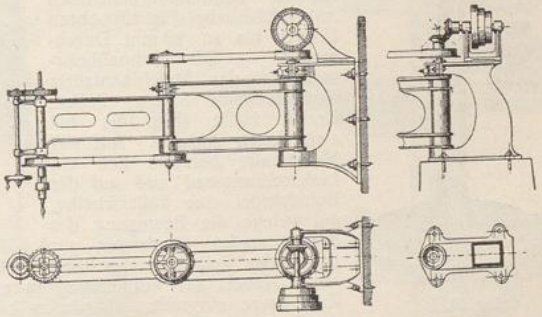


Fig. 10.

Fig. 11.

Räder- und Stufenſcheiben unmittelbar von der Transmiſſion oder durch Vorgelege angetrieben werden. Die Auf- und Abwärtsbewegung der Bohrſpindel erfolgt durch eine Druckſchraube entweder mittels Handrades oder durch ſelbſttätige Schaltung. Infolge des gelenkigen Auslegers läßt ſich jeder Punkt in einem Umkreiſe von 2 m Radius mit der Bohrſpindel erreichen. Die Maſchine wird bei Brückenkonſtruktionen, Dampfkeſſeln und andern großen Werkſtücken angewendet.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Deckenbohrmaſchinen haben den Vorzug, daß der Raum unter der Bohrſpindel frei zur Verfügung ſteht. Bei der Deckenbohrmaſchine oder hängenden Bohrmaſchine der Firma Schuchardt & Schütte, Berlin (Fig. 12), iſt die Bohrſpindel durch Gewicht ausbalanciert.

Schnellbohrmaſchinen dienen zum Bohren von Gegenſtänden beſonders in der Maſſenfabrikation. Der Vorſchub erfolgt von Hand durch einen Hebel. Nach dem Freigeben des letzteren geht die Spindel ſelbſttätig zurück. Die Maſchinen werden wegen ihrer Handhabung Gefühlsbohrmaſchinen genannt. Die kleine Schnellbohrmaſchine mit Gefühlshebel der Firma Schuchardt & Schütte (Fig. 13) dient beſonders der Maſſenfabrikation in der Elektrotechnik und Feinmechanik. Die Spindel iſt vom Riemendruck entlaſtet. Der Niedergang wird durch Handhebel in Verbindung mit Zahnſtangengetriebe bewirkt. Nach Freigabe des Hebels geht die Spindel durch ſanften Federdruck in die obere Stellung zurück. Das untere Ende der Spindel läuft in einen Konus zur Aufnahme des Bohrfutters aus. Durch Stufenwirtel erhält die Spindel drei Geſchwindigkeiten. Die Bewegung wird durch eine Schnur auf die Bohrſpindel übertragen. — Die Schnellbohrmaſchine Fig. 14 der Dresdener Bohrmaſchinenfabrik, vormals Bernhard Fiſcher & Winſch, läßt fünf verſchiedene Geſchwindigkeitsabſtufungen zu. Der Vorſchub wird der Bohrſpindel bei größeren Bohrern durch Handrad und Schraubenſpindel erteilt, bei kleineren Bohrern durch Handhebel, der durch eine zweifache Lagerung derart überſetzt iſt, daß trotz des kürzeren Hebels ein größerer Vorſchub erzielt wird. Der Hebel iſt durch Gewicht ausbalanciert. Für ungeübte Arbeiter ſtellt man das Gegengewicht auf eine der am Hebel angebrachten Zahlen ein, wodurch für die den Zahlen entſprechenden Bohrerdurchmeſſer der nötige Bohrdruck erzeugt wird. Das hintere Handrad mit Spindel dient hierbei zum Nachlaſſen. Um Löcher gleicher Tiefe bohren zu können, iſt ein verſtellbarer Anſchlag angebracht. Der nach der Höhe des Arbeitsſtückes verſtellbare Arbeitstiſch iſt mit Aufſpannſchlitzen verſehen. Mit Hilfe einer in den Tiſch geſteckten Gegenſpitze laſſen ſich Wellen genau zentriſch bohren, da ſich der Tiſch durch einen Zeiger auf die Mitte der Bohrſpindel einſtellen läßt. Der Antrieb erfolgt durch Fuß- oder Handbetrieb. — Die kleinen Schnellbohrmaſchinen mit Gefühlshebel (Fig. 15) bohren Löcher bis zu 10 mm Durchmeſſer. — Die Schnellbohrmaſchine der Maſchinenfabrik Fuhrmanns Sohn, Jeſſen, Bezirk Halle (Fig. 16), hat elektriſchen Antrieb. Auf der Motorwelle befindet ſich ein Lederreibungsrad und auf der Bohrſpindel eine Tellerſcheibe, auf welche die Bewegung des Reibungsrades übertragen wird. Das Lager des Reibungsrades trägt ſeitlich einen Hebel, der klinkenartig in eine Zahnſtange eingreift. Hierdurch kann die Reibungsrolle an jeder Stelle der Tellerſcheibe feſtgeſtellt werden. Wird das Lager nach der Spindel verſchoben, ſo wird die Bewegung der Bohrſpindel beſchleunigt. Die Bohrſpindel läuft unten in einem verſchiebbaren Kugellager. Sie wird mit Hilfe eines Zahnſegments mit Fuß- und Handhebel auf und nieder bewegt. Die Tiefe der Bohrlöcher läßt ſich durch einen Anſchlag einſtellen. — Die Schnellbohrmaſchine der Werkzeugmaſchinenfabrik Schuler, Göppingen (Fig. 17), iſt mit Kreuzſupport zum Einſtellen des Arbeitsſtückes verſehen. Eine Deutſch-Amerikaniſche Schnellbohrmaſchine zeigt D.R.G.M. Nr. 148 958, worauf wir verweiſen.

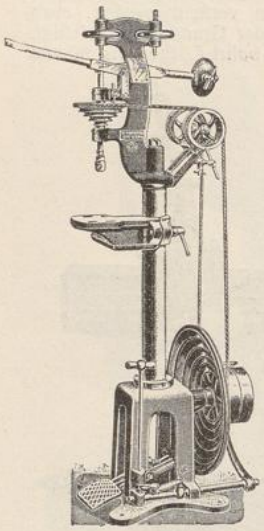


Fig. 14.

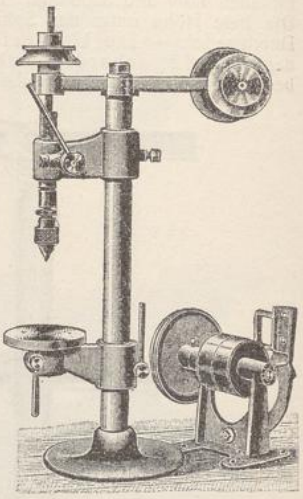


Fig. 13.

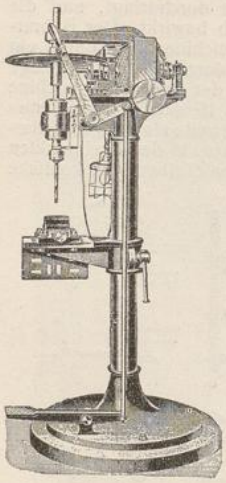


Fig. 16.

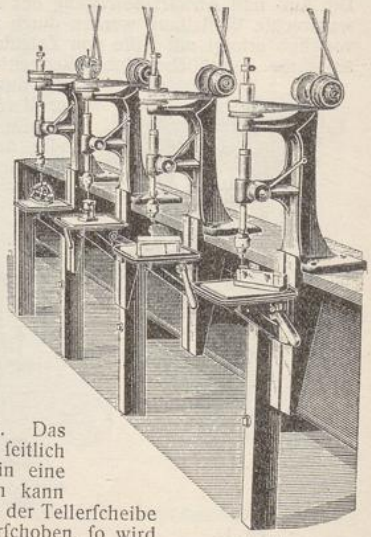


Fig. 15.

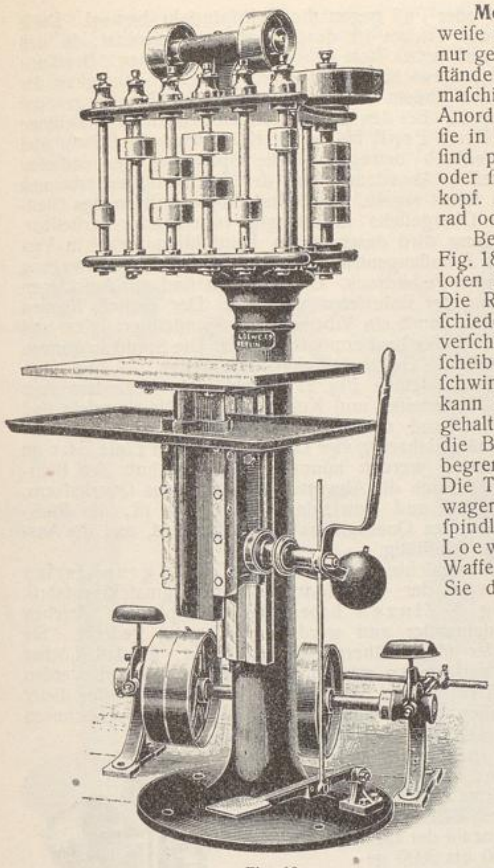


Fig. 19.

Mehrſpindlige Bohrmaſchinen finden vorzugsweiſe in der Maſſenfabrikation Anwendung. Nicht nur gewöhnliche Bohrmaſchinen für ſchwere Gegenſtände, ſondern auch Gefühls- und Schnellbohrmaſchinen werden mehrſpindlig ausgeführt. Die Anordnung der Spindeln iſt entweder derart, daß ſie in einer Ebene nebeneinander liegen, oder ſie ſind parallel zueinander um eine Achſe gruppiert, oder ſie ſtehen radial zueinander in einem Revolverkopf. Der Antrieb erfolgt durch Kegel- oder Stirnrad oder durch Riementrieb.

Bei der mehrſpindligen Schnellbohrmaſchine Fig. 18 werden ſämtliche Spindeln durch einen endloſen Riemen gleichzeitig in Umdrehung verſetzt. Die Riemenſcheiben auf den Spindeln haben verſchiedene Durchmeſſer und geben den Spindeln verſchiedene Geſchwindigkeiten. Durch eine Stufenſcheibe erhält jede Spindel drei verſchiedene Geſchwindigkeiten. Durch eine Ausſchaltvorrichtung kann jede einzeln, ohne daß die Maſchine angehalten wird, außer Betrieb geſetzt werden. Um die Bohrtiefe und den Rückgang der Spindel zu begrenzen, iſt letztere mit zwei Stellringen verſehen. Die Tiſche ſind durch Gewichte ausbalanciert und wagerecht und ſenkrecht verſtellbar. — Die mehrſpindlige Bohrmaſchine Fig. 19 der Firma Ludw. Loewe & Co. A.-G. iſt für die Maſſenfabrikation in Waffenfabriken, Nähmaſchinenfabriken u. a. beſtimmt. Sie dient zum Bohren von Löchern verſchiedenen Durchmeſſers bei einmaligem Einſpannen des Werkſtückes mit Hilfe von Bohrvorrichtungen, die für die verſchiedenen Bohrer als Führung dienen, damit die Löcher ohne vorherige Aufzeichnung gebohrt werden können. Die Werkſtücke werden auf dem ſenkrecht verſtellbaren Bohrtiſch durch Hebelmechanismus

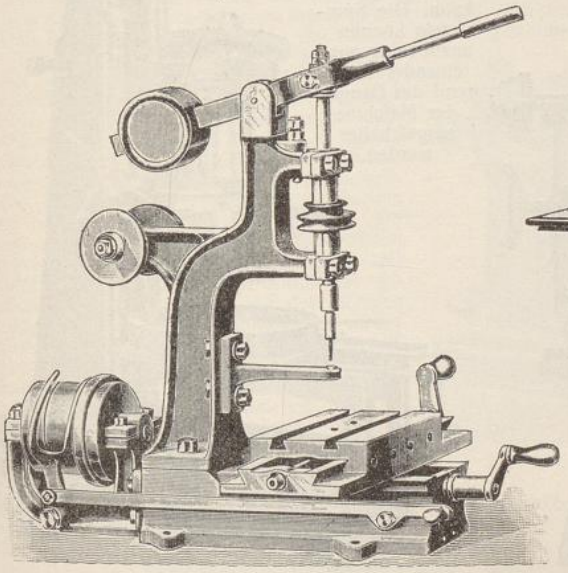


Fig. 17.

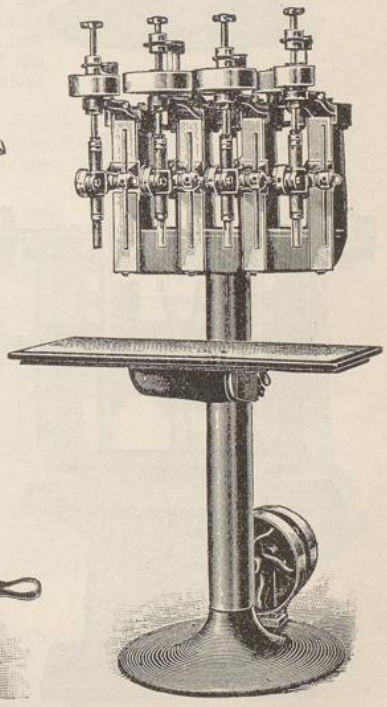


Fig. 18.

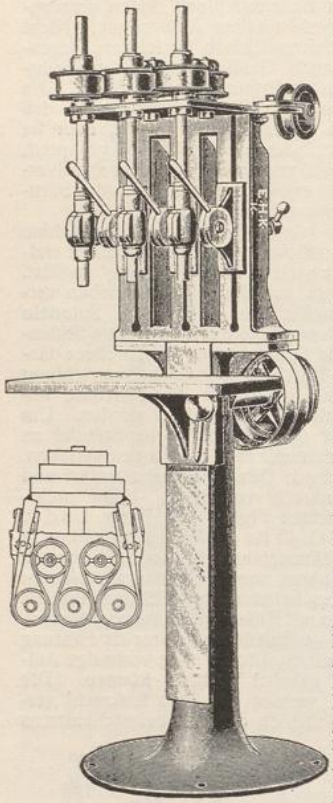


Fig. 20.

durch Hand oder Fuß gegen die Bohrſpindeln bewegt. Dieſe Bewegung des Tiſches iſt durch Anſchlag begrenzt, ſo daß Löcher von beſtimmter Tiefe gebohrt werden können. Der Tiſch iſt durch Gegengewicht ausbalanciert. Die Geſchwindigkeit der einzelnen Bohrſpindeln iſt den verſchiedenen Abmeſſungen der Bohrer angepaßt. Bei den mehrſpindligen Schnellbohrmaſchinen Fig. 20 der Firma Ernſt H. Kotz, Köln, wird die Bohrſpindel durch Riementrieb bewegt. — Die Spannung des endloſen Riemens, deſſen Anordnung aus der Zeichnung zu erkennen iſt, läßt ſich leicht regeln. Die Spindelköpfe ſind an den Gleitflächen des Obergeſtells unabhängig voneinander verſtellbar. Der Niedergang wird durch einen Feinfühlhandhebel in Verbindung mit Zahnſtangentrieb bewirkt, die Aufwärtsbewegung ſelbſttätig durch Federdruck. Die Spindeln ſind mit Anſchlägen zur Einſtellung der Bohrtiefen verſehen. Der endloſe Riemen iſt nur gekittet, damit ein Vibrieren der Spindel verhindert und daher ein ſchnellerer Lauf ermöglicht wird. Die Spindeln können drei verſchiedene Geſchwindigkeiten erhalten. — Die vierſpindelige Bohrmaſchine Fig. 21 eignet ſich beſonders zum Bohren von Winkeleiſen und Keſſelblechen. Die Spindeln ſind um 50 mm vor- und rückwärts und 50—914 mm ſeitlich verſtellbar, ſo daß gleichzeitig vier Löcher in gerader Linie oder im Zickzack gebohrt werden können. Der Vorſchub der Bohrſpindel erfolgt durch die Abwärtsbewegung eines Querbalkens, der durch Hebel und Gewichte ausgeglichen iſt, die Rückwärtsbewegung des Querbalkens durch Handrad, und die Auslöſung erfolgt ſelbſttätig.

Bei der Bohrmaſchine Fig 22 mit im Kreiſe gruppierten Bohrern von der Düſſeldorfer Werkzeugmaſchinenfabrik Haberſang & Zinzen haben die Bohrſpindeln gleichen Abſtand voneinander und werden gleichzeitig gedreht. Sie laſſen ſich der Mitte nähern oder entfernen, ſo daß Löcher auf Kreiſen verſchieden großen Durchmeſſers gebohrt werden können. Mit Hilfe einer Skala läßt ſich der Durchmeſſer dieſer Kreiſe einſtellen. Es wird dadurch die Arbeit des Vorzeichnens geſpart. — Die Bohrmaſchine Fig. 23 mit radial in einem Revolverkopf zueinander ſtehenden Bohrſpindeln der Firma Ernſt H. Kotz, Köln, iſt mit koniſchem Rädervorgelege verſehen, ſo daß die Anzahl der Umdrehungen von 250 bis 2000 geändert werden kann. Die Spindeln können unabhängig voneinander während des Ganges der Maſchine ausgeſchaltet werden.

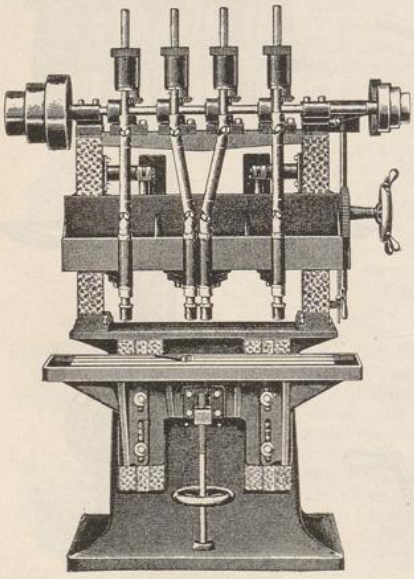


Fig. 21.

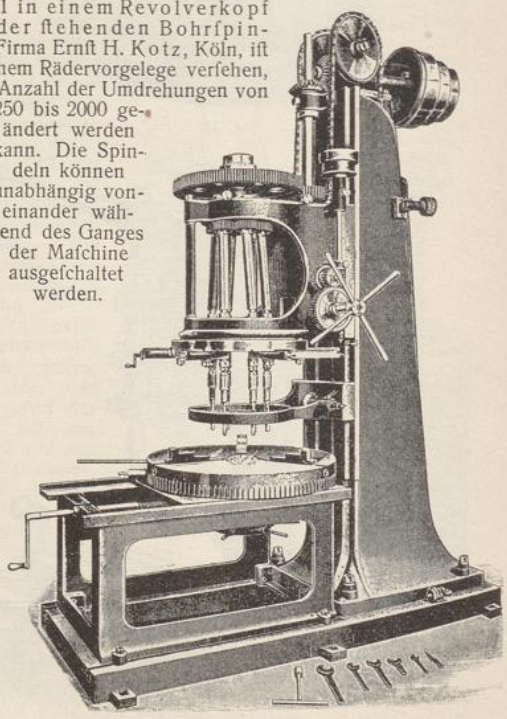


Fig. 22.

Die Maſchine Fig. 24 der Stover Novelty Works, Freeport Ill., V. St. A., hat wagerecht liegenden Revolverkopf. Der Reibungsantrieb iſt ſo eingerichtet, daß die Kraft dem Durchmeſſer des Bohrers angepaßt werden kann, indem die Reibungsſcheibe dem Mittelpunkt der Bohrſpindel genähert oder entfernt wird, wodurch die Umdrehungsgeſchwindigkeit der Spindel ſich ändert. Ferner wird der Achſendruck der Spindel durch andre, ſich an den ebenen Seiten berührende Reibungsſcheiben ſtatt durch Büchſen auf den Bohrer übertragen. Der Druck dieſer Reibungsſcheiben aufeinander entſpricht dem Durchmeſſer

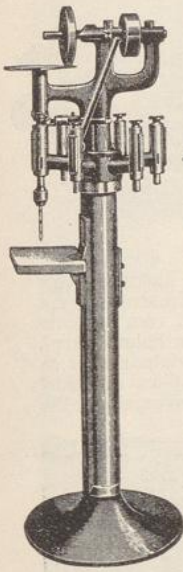


Fig. 24.

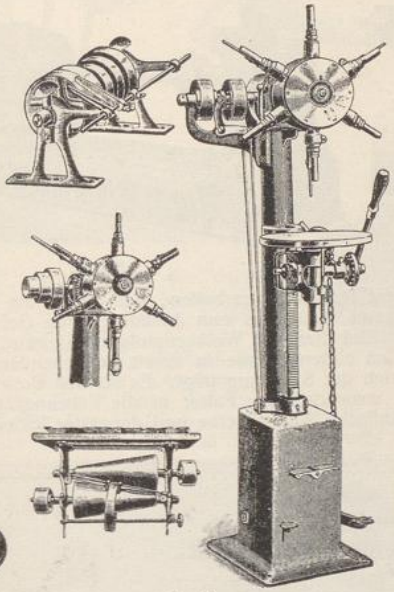


Fig. 23.

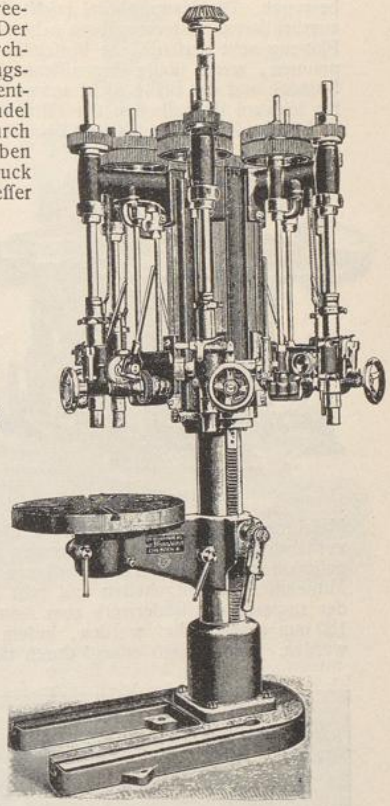


Fig. 25.

der Bohrer. Durch Lockerung der Reibungsſcheiben kann die Bohrvorrichtung abgeſtellt werden, wobei der Achſendruck zwiſchen ihnen verſchwindet. — Von den Bohrſpindeln wird nur diejenige, deren Reibungsſcheibe unter die der oberen Spindel geſchoben iſt, gedreht.

Die Revolverbohrmaſchine Fig. 25 verfolgt den Zweck, in ein auf den Tiſch aufgeſpanntes Arbeitsſtück an einer und derſelben Stelle verſchiedene Bohrungen auszuführen, ſo namentlich, wenn es darauf ankommt, daß die Mitte des folgenden Werkzeuges mit der des vorhergehenden zuſammenfällt. Die Maſchinen dienen z. B. zum Bohren der Stehbolzenlöcher des Stehlagers. Mit dem erſten Werkzeuge wird das Gewindeloch gebohrt, mit dem zweiten der Schaft und Bund nachgebohrt, mit dem dritten das Gewinde vorgeſchnitten und mit den übrigen nachgeſchnitten. Jeder Bohrſtock iſt in der Höhenrichtung verſtellbar. Die Bohrſpindeln ſind ausbalanciert und mit ſelbſttätigem Vorſchub und Auslöſung verſehen. Durch Hebel laſſen ſie ſich ſchnell zurückziehen.

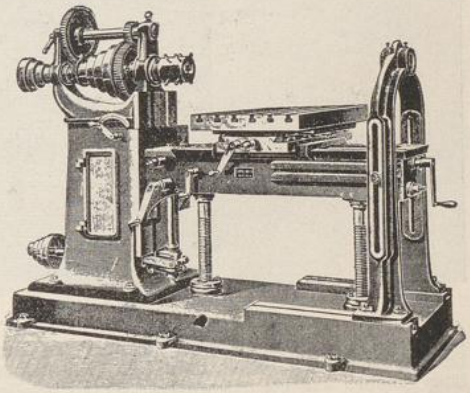


Fig. 26.

Die **Horizontalbohrmaſchinen** mit wagerecht gelagerter Spindel dienen beſonders zum Anbohren ſchon vorhandener Löcher, wie Lager oder Zylinder, oder auch zum Abdrehen von Flanſchen- und Stirnflächen, zu welchem Zwecke ein Meſſerkopf auf die Bohrſpindel aufgeſchraubt werden kann. Die Maſchine Fig. 26 der Firma Carl Haſſe & Wrede, Berlin, arbeitet in der Längs- und Querrichtung und vor- und rückwärts. Der Aufſpanntiſch iſt drehbar, ſo daß Löcher in beliebigem Winkel zueinander gebohrt werden können. Durch Kurbeln an der Stirn- und Längsſeite des Bettes läßt ſich der Aufſpanntiſch auf und nieder

bewegen. Die Hauptſpindel erhält durch eine vierfache Stufenſcheibe mit exzentriſch ein- und ausrückbarem Rädervorgelege acht verſchiedene Geſchwindigkeiten. Der Langzug hat vier, der Planzug acht verſchiedene Vorſchübe. Die Brille am rechten Ende der Maſchine läßt ſich fortnehmen, wenn lange Gegenſtände bearbeitet werden ſollen, für die der Raum zwiſchen der Spindel und der Brille nicht ausreicht. Die horizontale Bohrmaſchine Fig. 27 mit zwei Spindeln für ſchwere Bohrarbeiten der Firma Droop & Rein, Bielefeld, dient zum Bohren von Lagern und Gehäuſen bis zu 200 mm Lochdurchmeſſer. Die Längenverſchiebung der Bohrſpindel beträgt 500 mm. Die Spindeln können unabhängig voneinander ein- und ausgerückt werden; ihre Entfernung iſt zwiſchen 500 und 1000 mm veränderbar. Die

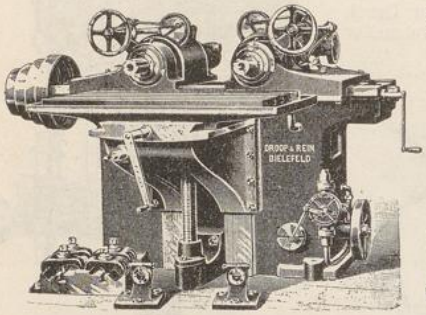


Fig. 27.

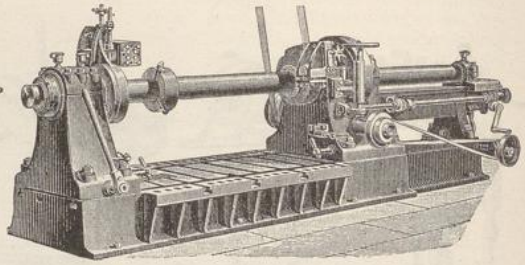


Fig. 29.

Maſchine Fig. 28 derſelben Firma dient für Ausbohrarbeiten, bei denen die Bohrſtange am vorderen Ende nicht geſtützt werden kann, beſonders zum Ausbohren von Geſchützrohren mit geſchloſſenem Boden. Die Bohrſtange ſelbſt dient als Werkzeugträger. Sie wird vorn in einem Mitnehmerkopf feſtgehalten und ruht am hinteren Ende in einem feſtſtehenden Führungskopf, der zugleich das Räderwerk zum Antrieb der Schaltung trägt. Es können Bohrſpindeln bis zu 180 mm eingeſchaltet werden, indem auswechſelbare Futter in die Führungshülſen eingeſetzt werden. Der Antrieb erfolgt durch fünffache Stufenſcheibe und doppeltes Rädervorgelege. Die

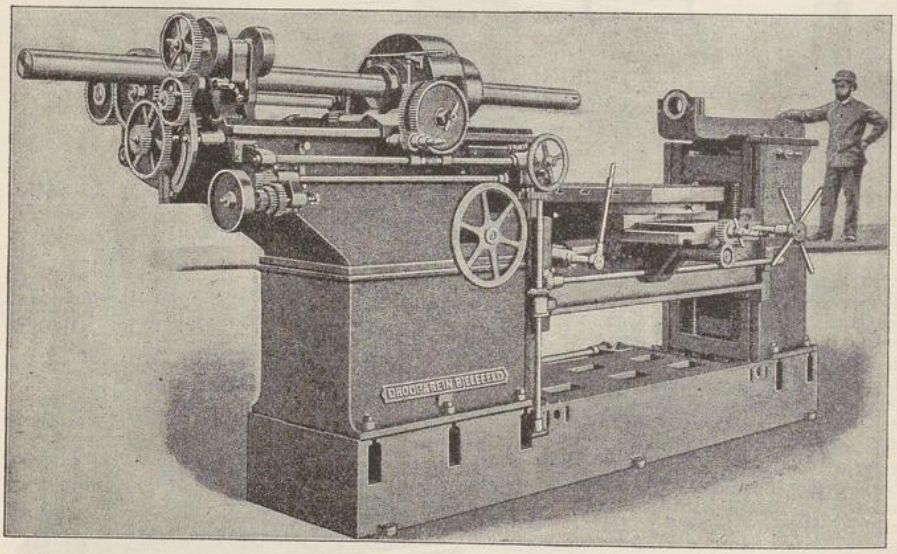


Fig. 28.

Drehung der Bohrſpindel kann ſelbſttätig oder mit der Hand leicht unterbrochen werden. Der Aufſpanntiſch zwiſchen Bohr- und Brillenſtänder kann durch vier Schraubenſpindeln ſelbſttätig gehoben und geſenkt werden. Zum Einſtellen des Tiſchträgers in ſenkrechter Richtung mit Hilfe doppelter Kegelrad- und Schneckenübertragung dient ein Handrad. Die Maſchine findet auch zum Gewindeſchneiden und Fräſen Verwendung.

Zu den Horizontalbohrmaſchinen gehören auch die **Zylinderausbohrmaſchinen.** Bei ihnen findet mehr ein Ausdrehen als ein Ausbohren ſtatt. Die Bohrſtange (ſ. d.) trägt den Meſſerkopf mit den Bohrmeſſern. Die Schaltbewegung wird vom Werkzeug oder vom Arbeitsſtück ausgeführt. Bei der Zylinderbohrmaſchine der Elſäſſiſchen Maſchinenbaugeſellſchaft Grafenſtaden Fig. 29 wird das Werkſtück auf der Grundplatte feſt aufgeſpannt und die Bohrſtange mit Meſſer-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

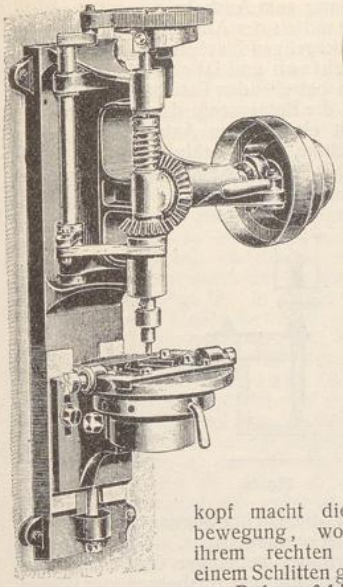


Fig. 30.

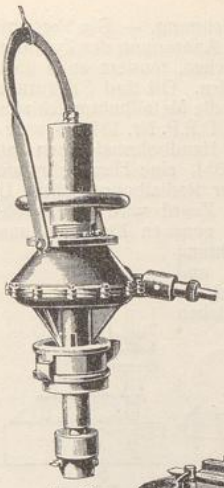


Fig. 33.

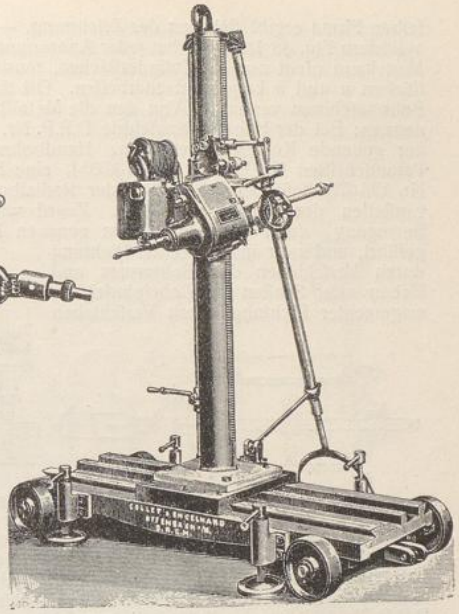


Fig. 31.

kopf macht die Vorwärtsbewegung, wobei ſie an ihrem rechten Ende auf einem Schlitten geführt wird.

Bohrmaſchinen zu beſonderen Zwecken. Die Bohrmaſchine Fig. 30 iſt zum Bohren von Flanſchen beſtimmt. Der Vorſchub erfolgt ſelbſttätig. Bei jeder Umdrehung einer Scheibe ſenkt ſich die Bohrſpindel um 30 oder 38 mm und hebt ſich darauf ſelbſttätig. Der Aufſpanntiſch trägt ein Futter, das die Flanſchen zentriſch einſpannt. Der Tiſch trägt ferner eine Teilvorrichtung, ſo daß es möglich iſt, die Löcher ohne Vorzeichnen zu bohren. Ferner ſind Spezialbohrmaſchinen zum Ausbohren von Dynamogehäuſen, von Zylindern von Exploſionsmotoren ſowie für alle Gegenſtände der Maſſenfabrikation, wie Fahrrad- und Nähmaſchinenfabrikation u. a., gebaut worden. Sehr verbreitet ſind die fahrbaren oder tragbaren Bohrmaſchinen. Sie ſind erforderlich bei Montagen, bei Brückenbauten, in der Keſſelſchmiede an Bord von Schiffen ſowie in allen Fällen, wo es ſich um Werkſtücke handelt, die ſchwer zu befördern ſind. Die Werkzeugmaſchinenfabrik Collet & Engelhard, Offenbach a.M., hat eine Reihe fahrbarer Bohrmaſchinen gebaut. Die Maſchine Fig. 31 wird vorteilhaft in Keſſelſchmieden und Montierungswerkſtätten verwendet. Sie hat elektriſchen Antrieb und zeichnet ſich dadurch aus, daß das Anſpannen der Bohrvorrichtung fortfällt. Der Motor iſt am Bohrkopf befeſtigt und überträgt mit Hilfe eines doppelgängigen Schneckenrades und ausrückbaren Rädervorgeleges vier verſchiedene Geſchwindigkeiten auf die Bohrſpindel. Der Wagen kann auf dem Werkſtättenboden feſtgeſchraubt werden. — Die hängende Bohrmaſchine Fig. 32 derſelben Firma hat ebenfalls elektriſchen Antrieb und läßt ſich an einen Kran anhängen, ſo daß ſie leicht an ihre Arbeitsſtelle gebracht werden kann. Die Stromzuführung kann durch eine Lichtleitung erfolgen. Ferner hat die Union Elektrizitätsgeſellſchaft, Berlin, eine Reihe von fahrbaren Bohrvorrichtungen konſtruiert. Dieſe Bohrmaſchinen arbeiten mit Gleich- oder Drehſtrom von 110, 220 und 500 Volt Spannung. Die Uebertragung von der Motorwelle auf die Bohrvorrichtung erfolgt durch eine ausziehbare oder biegſame Welle. Da die Maſchinen meiſtens im Freien arbeiten, iſt der Elektromotor in einem ſtaub- und waſſerdichten Gehäuſe untergebracht.

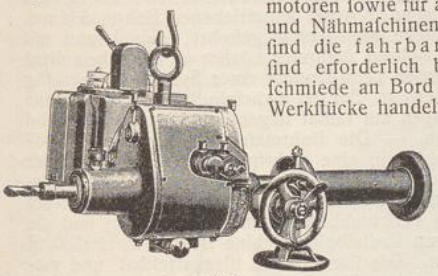


Fig. 32.

Fig. 34.

Die Bohrvorrichtungen Fig. 33 und 34 der Firma Emil Capitaine & Co., Frankfurt a. M., beſitzen Spindeln von 10—90 mm Durchmeſſer, die in langen auswechſelbaren Lagern laufen. Sie werden mit einem Bügel an einem Drahtſeil aufgehängt, ſo daß ſie nach allen Richtungen leicht bewegt werden können. Der Antrieb erfolgt mit Hilfe von Schnecke und Schneckenrad oder Kegelrädern durch Transmiſſionen oder Elektromotoren, der Vorſchub durch Handrad oder bei größeren Vorrichtungen ſelbſttätig. Die Wirkungsweiſe der Vorrichtungen Fig. 35—37 der-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

ſelben Firma ergibt ſich aus der Zeichnung. — Die Vorrichtung zum Ausbohren von Lokomotivzylindern Fig. 38 läßt ſich bei jeder Anordnung der Zylinder mittels der Arme *d* leicht anbringen. Man kann nicht nur die Zylinderflächen, ſondern auch die kegeligen Flächen *c* und die Außenflächen *a* und *b* bequem nacharbeiten. Oft ſind Fräsmaſchinen und Drehbänke (ſ. d.) mit Bohrmaſchinen vereinigt. Von den die Metallbohrmaſchinen betreffenden Patentſchriften ſind zu nennen: Bei der Handbohrmaſchine D.R.P. Nr. 131078 wird die Bohrerachſe durch zwei hin und her gehende Kolben angetrieben. Handbohrmaſchinen mit elektriſchem Antrieb ſind in den Patentſchriften Nr. 126773 und 136054, eine Handbohrmaſchine mit Druckluftantrieb in D.R.P. Nr. 125678 beſchrieben. — Bei der Radialbohrmaſchine D.R.P. Nr. 108990 wird ein genaues Einſtellen des Bohrers bezweckt. Zuerſt wird eine grobe Bewegung, dann eine feine zum genauen Einſtellen ausgeführt, und zwar in ſenkrechter Richtung durch Verſchieben des Bohrarmes und Heben oder Senken der Bohrſpindel, in wagerechter Richtung durch Verſchieben

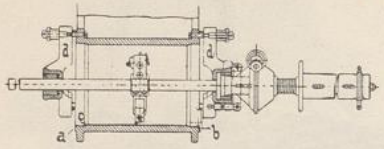


Fig. 38.

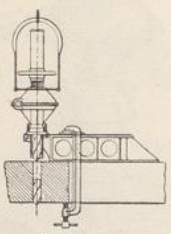


Fig. 35.

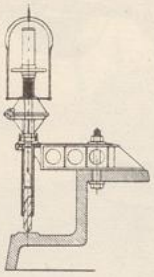


Fig. 36.

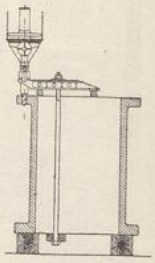


Fig. 37.

des Bohrarmes und durch Verſchieben des Bohrkopfes, für die Drehbewegung durch Drehen der Maſchine bei ausgeſchalteter Schnecke und durch Schneckenradgetriebe. — Die Zylinderausbohrvorrichtung D.R.P. Nr. 113627 läßt ſich leicht an Zylinder beliebiger Größe befeſtigen und zentriſch einſtellen. D.R.P. Nr. 102995 behandelt eine Maſchine zum Ausbohren von Rohren, D.R.P. Nr. 103288 eine Zylinderbohrmaſchine mit einer Einrichtung zum Zurückziehen der Bohrſtange aus dem Werkſtück, damit die Zylinder frei auf- und abgeſpannt werden können. — Die Fußhebelbohrmaſchine D.R.P. Nr. 122580 bezweckt die Vermeidung von Unglücksfällen dadurch, daß beim Arbeitsgang der Spindel mit Hilfe eines Kniehebels der Riemen von der Losſcheibe auf die Feſtſcheibe bewegt wird und beim Hochbewegen der Spindel die Stillſetzung der Maſchine erfolgt. Desgleichen wird bei der mehrſpindligen Bohrmaſchine D.R.P. Nr. 133642 ein ſelbſttätiger Stillſtand bezweckt, nachdem die Bohrerſpindel aus ihrer Tiefſtellung in die höchſte Stelle zurückgebracht iſt. — Die Mehrfachbohrmaſchine D.R.P. Nr. 123354 beſteht aus einer Anzahl kleiner, von einer in ihrer Mitte liegenden Achſe angetriebenen Bohrmaſchinen. Auf dieſer Maſchine können verſchiedene Werkſtücke gleichzeitig gebohrt, gefräſt und mit Gewinde verſehen werden. — Zum gleichzeitigen Bohren mehrerer Löcher in Flanſchen dient die Bohrmaſchine D.R.P. Nr. 64305. Die Bohrer werden beim Drehen einer Spindel gleichzeitig nach dem Mittelpunkt hin oder von demſelben fortbewegt. Bei der mehrſpindligen Bohrmaſchine D.R.P. Nr. 126509 bewegen ſich die Bohrvorrichtungen auf radial liegenden Supportarmen und werden von einem gemeinſamen Rade angetrieben. — Die Bohrmaſchine D.R.P. Nr. 114887 geſtattet die Umwandlung einer einſpindligen Maſchine in eine mehrſpindlige. Damit ſich der Bohrauffatz beim Anbohren nicht dreht, iſt eine aus einer Scheibe beſtehende Sicherheitsvorrichtung vorgeſehen. — Bei der Mehrfachbohrmaſchine D.R.P. Nr. 152587 hängen wagerechte Bohrſchlitten an ſenkrechten, zwiſchen Lagerböcken verſchiebbaren Armen. An ihnen ſind die Bohrköpfe wagerecht verſchiebbar. Bei der tragbaren Radialbohrmaſchine D.R.P. Nr. 110136 iſt die biegſame Welle durch eine ſtarre erſetzt worden. Die ſtarre Welle iſt ausziehbar und verbindet die Antriebs- und Bohrwelle gelenkig miteinander. Ebenfalls eine feſte Verbindung ſtatt der biegſamen Welle oder einer Gelenkwelle bezweckt die fahrbare Bohrmaſchine D.R.P. Nr. 148186. — Bei der fahrbaren Bohrmaſchine D.R.P. Nr. 108759 wird das Werkzeug beim Bohren von Eiſenblechtafeln elektromagnetiſch feſtgehalten. — In den Patentſchriften Nr. 102038 und 106806 iſt eine Vorrichtung zum Bohren von Löchern mittels Bohrſchablonen beſchrieben. Im erſten Falle iſt der Maſchinenkörper innerhalb der Bohrſchablone unveränderlich, im zweiten iſt er hinter der ſchwenkbaren Bohrſchablone drehbar und feſtſtellbar. — Bohrvorrichtungen zum Bohren von Körpern mit gekrümmter Oberfläche, z. B. von Keſſeln, beſchreiben die Patentſchriften Nr. 135967 und 149329. Zum Bohren und Verſenken von Maſſenartikeln dient die Bohrmaſchine D.R.P. Nr. 115222, zum Bohren von Löchern in Stimmnägeln, Zitherſtiften die Maſchinen Nr. 153435 und 155153, zum Bohren von Speichenlöchern in Radnaben und Radfelgen die Bohrmaſchinen D.R.P. Nr. 55475 und 60166. — Eine Bohr- und Schleifvorrichtung für größere Arbeitsſtücke, bei der das Abſpannen der Werkſtücke nach dem Bohren vermieden wird, beſchreiben die Patentſchriften Nr. 120210 und 121784. Die Arbeitswelle iſt in einem Bock gelagert, der eine Kreisbewegung ausführt, deſſen Größe während des Ganges verändert werden kann. — Die Bohrmaſchine D.R.P. Nr. 96616 arbeitet mit zwei einander gegenüberſtehenden Bohrern, wobei eine gegenſeitige Verletzung nicht ſtattfinden kann. — Zum gleichzeitigen Einbohren von Löchern in die Schenkel von Winkeleiſen dient die Maſchine D.R.P. Nr. 118036. Sie beſitzt zwei oder mehrere rechtwinklig zueinander gelagerte Bohrſpindeln. — Die Bohrvorrichtung D.R.P. Nr. 121783 bezweckt, die Bohrung von Löchern in jeder Winkelrichtung auf Bohrmaſchinen mit ſenkrechter Bohrſpindel zu ermöglichen. Sie läßt ſich an der ſenkrechten Spindel leicht anbringen. — Bei der Bohrmaſchine D.R.P. Nr. 98615 ändert ſich trotz gleichbleibender Antriebskraft die Geſchwindigkeit des Schwungrades nach Maßgabe der Materialfeſtigkeit.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Bezüglich der **Konſtruktionselemente** von Bohrmaſchinen haben ſich eine Reihe wichtiger Aufgaben entwickelt; zahlreiche Patente und Gebrauchsmuſter beziehen ſich auf die verſchiedenen Ausführungsformen der Lagerungen der Bohrſpindel, auf die Lagerung der Antriebswellen, auf die Vorrichtung zur Regelung des Vorſchubes u. ſ. w.

Bei den Spindellagerungen kommt es darauf an, daß der Druck, mit dem die Spindel gegen das Arbeitsſtück gepreßt wird, möglichſt genau axial wirkt, damit ſeitliche Beanſpruchungen der Lager und ein Verlaufen des Bohrers vermieden werden. Häufig vorkommende Bohrſpindelkonſtruktionen zeigen Fig. 39—41. Die Bohrſpindel *a* (Fig. 39) trägt auf ihrem oberen, dünneren Teil *b* eine Gewindehülſe *c*, die gegen Drehung geſichert iſt. Mittels eines mit Gewinde verſehenen und ſelbſttätig oder von Hand zu betätigenden Zahnrades *d* kann die Hülſe *c* in axialer Richtung verſchraubt werden. Der Antrieb der Bohrſpindel *a* erfolgt durch das Kegelrad *e*, das mit einem Keil *f* auf der Hülſe *g* befeſtigt iſt. In dieſer Hülſe kann die Bohrſpindel ſich nur auf und nieder bewegen, da ſie durch den Keil *h* an der Drehung verhindert wird. Die Gewindehülſe *c* iſt oben als Schmiergefäß ausgebildet. — Bei der Bohrvorrichtung Fig. 40 iſt die zum Vorſchub dienende Gewindeſpindel *a* mittels einer Muffe *b* mit der Bohrſpindel *c* ſo verbunden, daß dieſe ſich drehen und durch die Spindel *a* in axialer Richtung verſchoben werden kann. Der Vorſchub erfolgt ſelbſttätig oder durch Hand mit Hilfe des Zahnrades *d*, das auf einer mit Gewinde verſehenen Büchſe *e* aufgekeilt iſt. Dieſe iſt durch einen Gewindering *f* gegen axiale Verſchiebung geſichert. Die Spindel *a* trägt am unteren Ende den Kopf *g*, über den die mit Muttergewinde verſehene Muffe greift. Dieſe wird auf den Anſatz *h* der Bohrſpindel geſchraubt und gegen Löſen geſichert. Das Kegelrad *i* auf der doppelt gelagerten Hülſe *k* dient als Antrieb für die Bohrſpindel, die axial verſchiebbar, aber nicht drehbar in der Hülſe gelagert iſt. In der Hülſe *b* iſt eine Ausdrehung für Schmiermaterial vorgeſehen. — Ein Zahnſtangenvorſchub kommt bei der Bohrſpindel Fig. 41 zur Anwendung. Auf dem oberen, dünnen Ende *a* der Bohrſpindel *b* iſt ein Kugellager *c* vorgeſehen, das der Bohrſpindel als Drucklager dient. Eine Hülſe *d* ſitzt drehbar auf *a* und wird durch die Muttern *e* gehalten. Sie trägt eine Zahnſtange *f*, in die ein Zahntrieb eingreift, der zur axialen Verſtellung dient. An dem Bolzen *g* wird eine Kette zur Ausbalancierung befeſtigt.

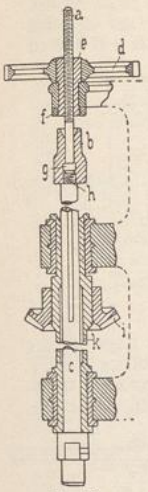


Fig. 40.

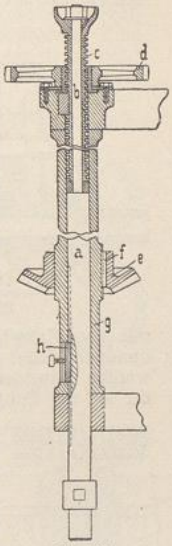


Fig. 39.

Die Bohrſpindel *a* Fig. 42 (D.R.P. Nr. 116933) trägt in ihrem oberen Ende die zur Aufnahme der Kugel *b* dienende Spurplatte *c*. Das Verbindungsſtück *d* wird unter Vermittlung eines Kugellagers *e* durch die Ueberwerfmutter *f* auf die Kugel gepreßt. Das Verbindungsſtück *d* iſt mittels Keiles in der Gewindeſpindel befeſtigt.

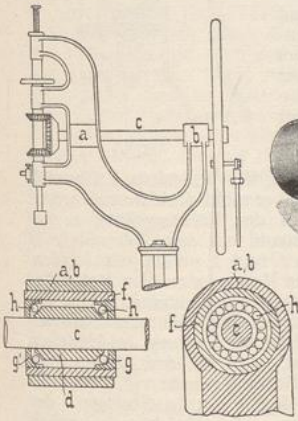


Fig. 43.

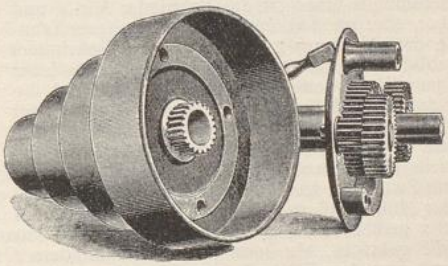


Fig. 44.

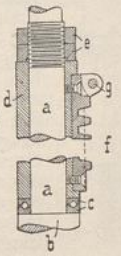


Fig. 41.

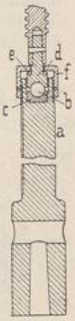


Fig. 42.

Der Antrieb der Bohrmaſchinen erfolgt auf mechaniſchem oder elektriſchem Wege oder durch Druckluft. Der mechaniſche Antrieb iſt, wie die zahlreichen Ausführungsbeiſpiele zeigen, Hand-, Fuß- oder Transmiſſionsantrieb, meiſtens mittels einer quer zur Bohrſpindel gelagerten Antriebswelle, von der die Bewegung weiter durch Zahnräder, Reibungsſcheiben u. dergl. auf die Spindel übertragen wird, oder durch Riementrieb mittels unmittelbar auf der Bohrſpindel angeordneter Antriebſcheiben. Für die Lagerung der Antriebswelle werden neuerdings Kugellager angewendet.

Bei der Ausführung (Fig. 43) von Bruno Mädler, Berlin (D.R.G.M. Nr. 90384) iſt die Schwungradwelle *c* an den Lagerſtellen *a* und *b* mit einer Büchſe *d* verſehen, die an beiden Enden kegelig ausläuft. Die Büchſe *d* bildet mit zwei ſchalenförmigen Ringen *g* und *g'* Hohlräume für die Stahlkugeln *h*. Die Ringe *g* und *g'* werden durch die Muffe *f* miteinander verbunden. Durch Einſchrauben derſelben werden die Stahlkugeln *h* gegen die Abſchrägung der Büchſe *d* gehalten, ſo daß ein Nachſtellen bei Abnutzung ermöglicht wird.

Beachtenswert iſt ein verdeckt laufendes Rädervorgelege (Fig. 44) der Firma G. Diech-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

mann & Sohn, Berlin, zur Vermeidung von Unglücksfällen. Die Konſtruktion benutzt ein Planetenradgetriebe. Ein kurzer Zug an einem Winkelhebel rückt das Vorgelege ein und wieder aus, ohne daß ein ſeitliches Aufeinanderſtoßen von Zähnen wie bei der gewöhnlichen Kupplungsanordnung ſtattfinden kann.

Der Antrieb der Bohrmaſchine durch Reibſcheiben ermöglicht verſchiedene Arbeitsgeſchwindigkeiten. Bei der Einrichtung (Fig. 45) von G. Fuhrmanns Sohn, Jeſſen, Bez. Halle (D.R.G.M. Nr. 97441), iſt an der Säule *a* der Schnellbohrmaſchine die mit den prismatiſchen Leiſten *b* und *c* verſehene Platte *d* angegoſſen, auf der ſich das Lager *e* hin und her ſchieben läßt. Die Platte *d* iſt ſeitlich

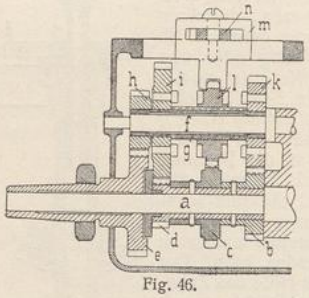


Fig. 46.

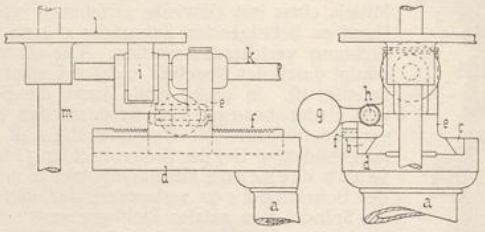


Fig. 45.

mit einer Zahnſtange *f* verſehen, in die der durch den Bolzen *h* drehbar mit dem Lager *e* verbundene Hebel *g* eingreift. Die Welle *k* und die in einer Keilnute verſchiebbare Rolle *i* werden entweder durch Riemenſcheiben oder elektriſch angetrieben. Die Reibungsrolle *i* treibt die auf der Bohrſpindel *m* befeſtigte Tellerſcheibe *l* an. Soll die Umdrehungszahl der Bohrſpindel geändert werden, ſo wird der Hebel *g* ſo weit gehoben, daß die Klinke nicht mehr in die Zahnſtange *f* eingreift. Hierauf wird das Lager *e* mit dem Hebel *g* ſeitlich bis zur gewünſchten Stellung verſchoben und durch Einklinken des Hebels feſtgeſtellt. Iſt das Lager und mit ihm die Rolle *i* nach dem Rande der Scheibe *l* verſchoben worden, ſo wird die Bohrſpindel langſamer laufen, im umgekehrten Falle ſchneller.

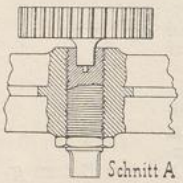


Fig. 48.

Elektriſchen Antrieb, meiſtens für verſchiedene Geſchwindigkeiten, erhalten neuerdings in größerem Umfang beſonders Handbohrmaſchinen. Bei der Anordnung Fig. 46 (D.R.P Nr. 143482) der Firma Siemens-Schuckert iſt ein Vorgelege in einem am Motorgehäuſe angebauten Schutzgehäuſe untergebracht. Auf dem Wellenende *a* des Antriebsmotors ſitzen die drei Zahnräder *b*, *c*, *d* und drehbar, aber nicht verſchiebbar, ein weiteres Zahnrad *e*, das als Konus zur Aufnahme des Bohrfutters ausgebildet iſt. Oberhalb der Motorwelle befindet ſich, parallel zu derſelben, eine zweite Hülſe *f*, die eine drehbare Hülſe *g* trägt. Auf dieſer befindet ſich feſt das Zahnrad *h*, das mit dem Zahnrad *e* in Eingriff ſteht, und drehbar, aber nicht verſchiebbar, einerſeits das Zahnrad *i*, das mit Zahnrad *d* im Eingriff, anderſeits Zahnrad *k*, das mit Zahnrad *b* im Eingriff ſteht. Verſchiebbar, aber nicht drehbar angeordnet auf der Hülſe *g* iſt das Zahnrad *l*; es wird durch das Führungsſtück *m* am Hebel *n* geführt und kann mittels des letzteren ſowohl mit dem Zahnrade *c* in Eingriff gebracht, als auch mit den Zahnrädern *i* und *k* verkuppelt werden, wodurch von dem Zahnrade *e* und damit von dem Konus oder dem Bohrfutter drei verſchiedene Umdrehungszahlen abgenommen werden können. Um ein Außerbetriebſetzen des Rades *e* zu ermöglichen, iſt der Zwiſchenraum zwiſchen den Rädern *c* und *i* derart gewählt, daß in einer beſtimmten Stellung des Hebels *n* das Rad *l* weder mit dem Rade *c* in Eingriff ſteht, noch mit dem Rade *i* oder mit dem Rade *k* gekuppelt iſt. Ueber elektriſche Bohrmaſchinen vgl. ferner die Kataloge der Elektrotechniſchen Fabrik von C. & E. Fein in Stuttgart, der Elektrizitäts-Aktiengeſellſchaft vorm. Schuckert & Co., Nürnberg, der Maſchinenbauanſtalt G. Langbein & Co., Leipzig-Sellershauſen, der Elektrizitätsgeſellſchaft Hanſa, Hamburg, der Allgemeinen Elektrizitätsgeſellſchaft, Berlin.

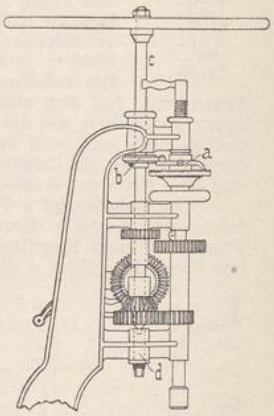


Fig. 47.

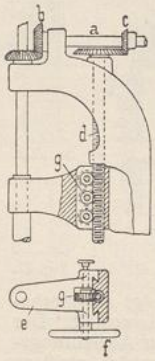


Fig. 49.

Mit Druckluft betriebene Bohrwerkzeuge ſ. Druckluftwerkzeuge.

Der ſelbſttätige Vorſchub der Bohrſpindel erfolgt durch Schaltwerk, Reibungsſcheiben, Riemen, Schneckenantrieb u. a. Gemäß der Ausführung nach Fig. 47 von Rudolf Auerbach & Scheibe, Saalfeld (D.R.G.M. Nr. 18426), wird der Sperrklinkenhebel *a* durch einen Exzenter *b* bewegt. Man kann durch Verſtellen der Sperrvorrichtung den Vorſchub verändern. Die Schwungradwelle *c* ruht unten in einer nachſtellbaren Lagerpfanne (Fig. 48). — In Fig. 49 befinden ſich auf der Antriebwelle *a* zwei Kegelräder *b* und *c*. Das Kegelrad *b* treibt die Bohrſpindel, das Kegelrad *c* eine mit Gewinde verſehene Spindel *d*. Der Vorſchub erfolgt in der Weiſe, daß man den in einer

Schlittenführung angebrachten Lagerarm *e* mittels des Handrades *f* und der mit dieſem verkuppelten Schraubenrädchen *g* auf und nieder bewegen kann. Stellt man das Handrad feſt, ſo wirkt der Vorſchub ſelbſttätig. Die Vorrichtung hat den Vorteil, daß der Bohrer vor übergroßem Druck bewahrt wird. — Die Vorrichtung Fig. 50 (D.R.G.M. Nr. 141996) dient zum ſchnellen Zurückziehen der Bohrſpindel. Das Getriebe *q* greift in das große Stirnrad *p* an der Stufenſcheibe *a* ein und hat eine Höhlung, in welche ein Reibkegel der Stellmuffe *r* paßt. Die Bohrſpindel *e* wird von der Stufenſcheibe *a* durch die Welle *d* und die Kegelräder *c*, *d* angetrieben. Gleichzeitig wird die Steuerwelle *i* durch Exzenter *k*, Sperrklinke *l* und Kronenrad *m* gedreht, ſo daß ſie durch die Räder *h*, *g* und die Schraubenſpindel *f* die Bohrſpindel *e* verſchiebt. Zum ſelbſttätigen Zurückſtellen der letzteren wird nach Auslöſung der Sperrklinke *l* der Reibkegel *r* mittels des Handhebels *s* in das Getriebe *q* eingerückt. Die Drehung des letzteren überträgt ſich durch die Welle *t*, die Kegelräder *u*, *v* und die Welle *i* auf die Räder *h*, *g* im entgegengeſetzten Sinne, ſo daß die Bohrſpindel *e* aufwärts bewegt wird. — Der Vorſchub in Fig. 51 (D.R.P. Nr. 107953) wird durch die Zentrifugalkraft eines Kugelregulators bewirkt. Die in dem Geſtell *b* oberhalb des Bohrtiſches *a* angeordnete Bohrſpindel *c* iſt in ihrem oberen Teile vierkantig ausgebildet und in einer nicht verſchiebbaren, drehbaren Hülſe *d* des Armes *e* gelagert. An der Hülſe *d* befinden ſich die Arme *f*, in denen die Regulatorhebel *g* gelagert ſind. Durch dieſe wird die Bohrſpindel unter Vermittlung der Hebel *h* gehoben und geſenkt. — Bei D.R.P. Nr. 109684 wird der Vorſchub durch eine federbelaſtete Sperrklinke geregelt. — Die Vorrichtung D.R.P. Nr. 123679 geſtattet ſofortiges Zurückziehen der Arbeitsſpindel nach beendeter Arbeitsleiſtung. — Durch D.R.P. Nr. 117180 wird bezweckt, daß der Vorſchub der Steuerwelle nach erreichter Lochtiefe ſelbſttätig abgeſtellt wird. — Die Vorrichtung D.R.P. Nr. 125780 dient zum Verſtellen der Bohrſpindel bei Bohrvorrichtungen. — Bei der Vorrichtung D.R.P. Nr. 114686 werden zwei Kegel derart durch Federn ineinander gepreßt, daß der Vorſchub bei Ueberanſtrengung des Bohrers ſich ſelbſttätig ausſchaltet. —

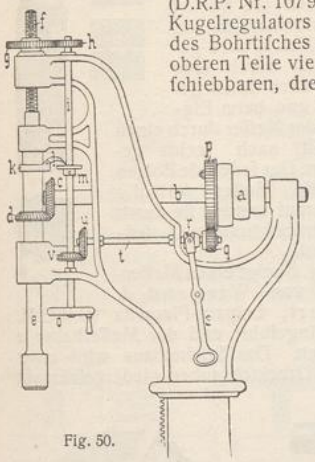


Fig. 50.

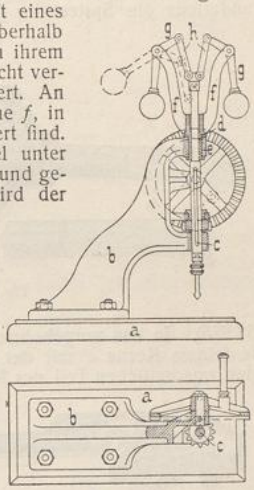


Fig. 51.

Das Patent Nr. 152322 betrifft eine Vorrichtung zum ſelbſttätigen Anzeigen der Lochtiefe. — Eine Vorrichtung an Bohrmaſchinen zur ſelbſttätigen Unterbrechung der Arbeit beim Bruch eines Bohrers wurde den Deutſchen Waffen- und Munitionsfabriken Karlsruhe in Baden durch Nr. 127478 geſchützt. — Der tote Gang in der Spindellagerung an Bohrmaſchinen läßt ſich durch die Vorrichtung D.R.P. Nr. 110568 vermeiden.

Wichtig ſind auch die für manche Bohrvorrichtungen in Anwendung kommenden biegſamen Wellen. Dieſe beſtehen aus mehreren Lagen rechts und links gewundener Spiralfedern. Sie ſind an ihrem einen Ende mit einem Morſekonus, am andern mit einem entſprechenden Hohlkegel verſehen. Sie werden im Keſſelbau, bei Eiſenkonſtruktionen und beim Bearbeiten großer unhandlicher Werkſtücke verwendet. Die Gelenkwellen, die dem gleichen Zwecke dienen, ſind an ihren Gelenkpunkten mit einem Kugel- oder Hookſchen Gelenk verſehen und tragen gleichfalls auf beiden Seiten die entſprechenden Kegel.

Holzbohrmaſchinen unterſcheiden ſich von den Metallbohrmaſchinen durch leichteren Bau und höhere Umdrehungszahl des Bohrers. Der Bohrervorſchub erfolgt meiſt durch Handhebel. — Geſteinsbohrmaſchinen, ſ. Bohr- und Sprengarbeit.

Literatur: Fiſcher, Hermann, Die Werkzeugmaſchinen, 2. Aufl., Berlin 1905; Zeitſchr. f. Werkzeugmaſchinen und Werkzeuge, Jahrg. 1—8; Weisbach-Herrmann, Ingenieur- und Maſchinenmechanik, Braunſchweig 1896; Kick, Mechaniſche Technologie, Leipzig, Wien 1898; Ledebur, Mechaniſch-metallurgiſche Technologie, Braunſchweig 1897; v. Hoyer, Die Verarbeitung der Metalle und des Holzes; Weiß, Die Werkzeugmaſchinen zur Bearbeitung der Metalle, Wien, Peſt, Leipzig 1897; Pechan, Leitfaden des Maſchinenbaues, Reichenberg 1889; Guſtave Richard, Traité des Machines Outils, Paris 1895; Kataloge der Werkzeugmaſchinenfabriken. ***Dalchow.***

Bohrmeißel, -methode, -proben, ſ. Tiefbohren.

Bohrratſche, -rolle, ſ. Bohrgerät.

Bohrſchacht, -ſchere, -ſchwengel, ſ. Tiefbohren.

Bohrſchiffe, ſ. Bohr- und Sprengarbeit, Sprengungen unter Waſſer.

Bohrſtange bei Ausbohrmaſchinen die Bohrwelle. Sie trägt den Bohrkopf, in dem die Bohrmeſſer (Bohrſchneiden) befeſtigt werden.

Je nachdem die Bohrſtange ein- oder zweiſeitig gelagert iſt, ſind die Konſtruktionen des Bohrkopfes und die Befeſtigungsart der Meſſer verſchieden. Wichtig iſt eine ausreichende Stärke der Bohrſtange, damit ſie ſich nicht durchbiegen kann. Beim Ausbohren kleiner Zylinder bedient man ſich eines einzigen Bohrmeſſers; meiſt wendet man zur Beſchleunigung des Aus-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

bohrens und zur Vermeidung eines einſeitigen Druckes mehrere Meſſer an, und zwar in ungerader Anzahl, damit nicht, wenn ein Meſſer einen größeren Widerſtand findet, das gegenüberſtehende zu tief einſchneidet. Die Vorſchubbewegung des Bohrmeſſers erfolgt entweder durch Verſchiebung der Bohrſtange mit dem Bohrkopf oder häufiger durch Verſchiebung des Bohrkopfes auf der Bohrſtange.

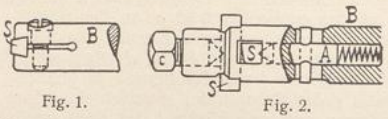


Fig. 1. Fig. 2.

In Fig. 1 [1] iſt das Ende der Bohrſtange *B* geſpalten und mit ſchwalbenſchwanzförmigen Einkerbungen verſehen, die den Schneidſtahl *S* aufnehmen. Durch eine Schraube wird das Meſſer feſtgeklemmt. Die Bohrſtange *B*, Fig. 2, trägt zwei Bohrmeſſer *S*. Jedes Meſſer hat eine Körnervertiefung, in die einerſeits die Spitze des Bolzens *A*, anderſeits die Spitze der Schraube *C* eingreift. Ferner greifen die Stichel etwas ineinander ein. Der Bolzen *A* wird gewöhnlich durch eine Feder nach links gedrückt und beim Einſetzen der Meſſer durch einen Querſtift nach rechts geſchoben. Der federnde Bolzen hält die Meſſer vorläufig feſt, darauf werden ſie durch die Druckſchraube *C* feſtgeſpannt.

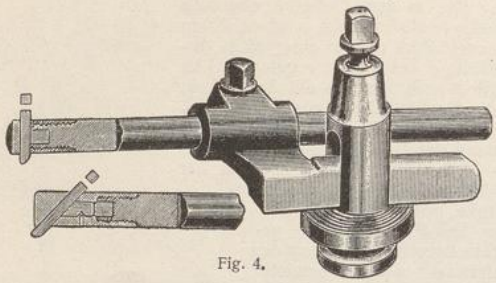


Fig. 4.

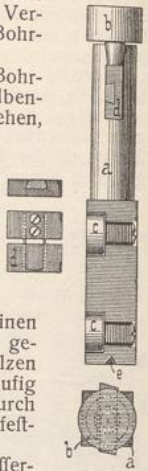


Fig. 3.

Fig. 3 zeigt einen Meſſerhalter von Wiegand & Seiffert, Leipzig-Plagwitz (D.R.G.M. 57 975). In das vorgebohrte Loch wird der Kaliberbolzen *b* eingeführt und der Meſſerhalter *a* in ſeinem Korne *e* mit der Spize des Reitſtockes vorgeſchoben. Das Stichelhaus wird unter den quadratiſchen Teil des Meſſerhalters geſchoben. Wenn die Druckſchrauben niedergeſchraubt

Fig. 5.

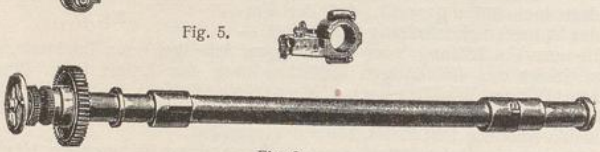


Fig. 6.

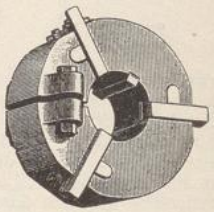


Fig. 7.

ſind, wird der Meſſerhalter in gewöhnlicher Weiſe feſtgeſpannt. Der Reitſtock wird zurückgeſchoben, der Kaliberzapfen *b* wieder abgenommen und dann das Werkzeug zum Bohren vorgeſchoben. Das Meſſer *d* beſteht aus zwei Teilen, deren einer in einem ſchwalbenſchwanzförmigen Schlitze an dem Querſtege geführt wird. Das Meſſer hat einen um etwa $^1/_2$ mm größeren Durchmeſſer als der Kaliberbolzen. Der genaue Durchmeſſer wird durch ein zwiſchen beide Teile geſchobenes Stück geſichert. Das Meſſer gleitet leicht in dem Schlitz des Meſſerhalters, damit es ſich von ſelbſt einſtellt und gleichmäßig ſchneidet.

Fig. 4 zeigt eine Bohrſtange der Firma Schuchardt & Schütte, Berlin. Die Bohrſtange iſt im Halter nach der Lochtiefe einſtellbar. Auf das Ende werden Hülſen geſchraubt, welche die Bohrſtähle feſthalten. Die Halter ſind in das Stichelhaus einer Drehbank amerikaniſcher Bauart eingeſpannt.

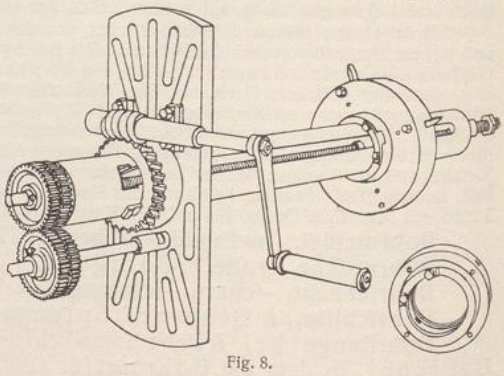


Fig. 8.

Fig. 5 und 6 zeigen ſelbſttätige Bohrſtangen der Werkzeugmaſchinenfabrik Schuler, Göppingen. Sie ſind mit einem Bohrkopf verſehen, der durch Schraubenſpindeln auf denſelben verſchoben wird. Die Schneidmeſſer ſind im Bohrkopf verſtellbar. Für große Löcher kann bei dieſen Bohrſtangen über den erſten Kopf ein zweiter und über dieſen ein dritter geſchoben werden. Auch können zum gleichzeitigen Ausbohren mehrerer Löcher auf derſelben Bohrſtange mehrere Bohrköpfe befeſtigt werden. Die Spindel wird durch Differential-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

getriebe oder Sternrad angetrieben. Die Bohrſtangen ſelbſt werden entweder mit einer Drehbank in Verbindung gebracht oder in beſonderen Lagerböcken für ſich angetrieben.

Einen Meſſerkopf zum Aufſetzen auf die Bohrſtange von der Elſäſſiſchen Maſchinenbaugeſellſchaft Grafenſtaden zeigt Fig. 7. Zum Ausbohren von Zylindern, von Dampfzylindern von Lokomobilen u. a., ohne daß eine Demontage erforderlich iſt, dient die in der Hauptſache aus Bohrſtange und Meſſerkopf beſtehende Bohrvorrichtung Fig. 8 der Maſchinenfabrik Richard Hermann, Aachen-Burſcheid. Die Bohrſtange trägt an ihrem einen Ende einen Bolzen zur Befeſtigung der Bohrvorrichtung an der einen Zylinderſeite. Am andern Ende befindet ſich eine mit mehreren radialen Nuten zur Aufnahme von Befeſtigungsſchrauben verſehene Lagerplatte, die vor der offenen Zylinderſeite aufgeſtellt wird. Durch Schneckenrad und Schnecke wird die Bohrſpindel gedreht. Vor dem Schneckenrad liegen die den Vorſchub der Bohrmeſſer bewirkenden Differentialräder.

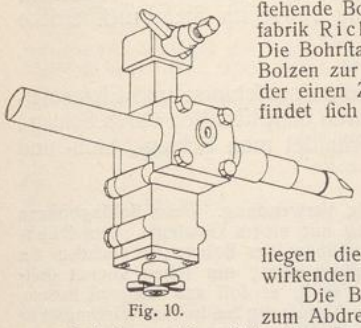


Fig. 10.

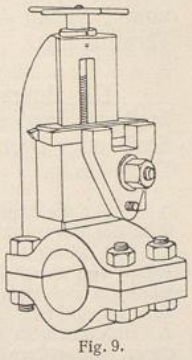


Fig. 9.

Die Bohrſtange mit Bohrkopf dient auch zum Abdrehen von Flanſchen und Stirnflächen von Zylindern. Das Schneidmeſſer wird dann in einem ſogenannten fliegenden Support, der auf der Bohrſtange befeſtigt iſt, gehalten. Fig. 9 iſt ein fliegender Bohrſtangenſupport der Elſäſſiſchen Maſchinenbaugeſellſchaft Grafenſtaden. Der Meſſerhalter iſt durch eine Spindel verſchiebbar. Dieſe trägt kreuzförmige Arme, von denen bei jeder Umdrehung einer gegen einen feſten Anſchlag ſchlägt, ſo daß der Stichel radial verſchoben wird.

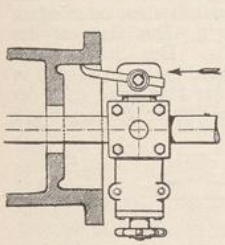


Fig. 11.

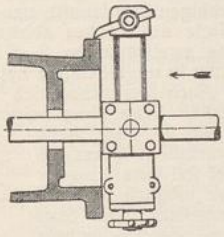


Fig. 12.

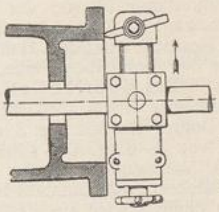


Fig. 13.

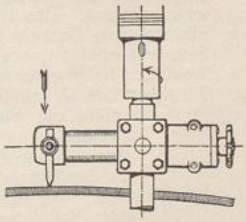


Fig. 15.

Eine Vereinigung des gewöhnlichen Bohrkopfes und des fliegenden Supports ſtellt der Univerſalbohrſtangenſupport der Maſchinenfabrik de Fries, Düſſeldorf, dar, Fig. 10—16. Er dient zum Abdrehen der Stirnfläche eines Flanſches, des äußeren Flanſchrandes und der inneren Fläche, zum Ausſchneiden eines Loches, zum Gewindeſchneiden und zum gleichzeitigen Ueberdrehen einer Lauffläche und Abdrehen einer Stirnfläche. Die Pfeile zeigen die Schaltbewegung des Stichels an.

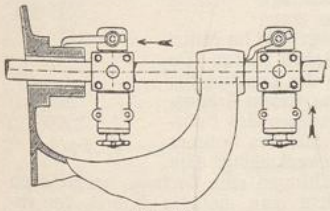


Fig 16.

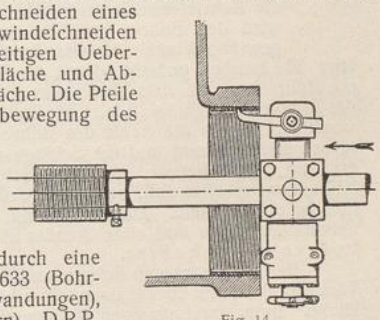


Fig. 14.

Bohrſtangen und Bohrköpfe ſ. a. in D.R.P. Nr. 60084 (Ausbohrſtange mit auswechſelbaren Meſſern), D.R.P. Nr. 100003 (Bohrmeſſer mit zwei durch eine Hohlkehle gebildeten Schneidkanten), D.R.P. Nr. 106633 (Bohrſtange zum Eindrehen von Rillen in den Lochwandungen), D.R.P. Nr. 137229 (Bohrſtange mit einſtellbaren Meſſern), D.R.P. Nr. 132618 (Bohrkopf zum Ausſchneiden von Löchern in Keſſelböden und Waſſerkammern), D.R.P. Nr. 97678 (Bohrkopf mit quer zu ſeiner Achſe einſetzbarem Stahl), D.R.P. Nr. 114111 (Bohrkopf mit zwei Bohrmeſſern), D.R.P. Nr. 109376 (Ausdehnbarer Bohr- und Fräskopf), D.R.P. Nr. 140798 (Nachſpannbarer Bohr- und Fräskopf). Eine Vorrichtung zum Bohren von eingebauten Zylindern mittels Bohrſtange und Bohrkopf ſ. D.R.P. Nr. 128747.

Literatur: [1] Fiſcher, Werkzeugmaſchinen, Berlin 1900; Usher-Elfes, Moderne Arbeitsmethoden im Maſchinenbau; Ledebur, Mechaniſch-metallurgiſche Technologie, Braunſchweig 1897; Kick, Mechaniſche Technologie, Leipzig-Wien 1898.

Dalchow.

Bohrſtangenſupport, ſ. Bohrſtange.

Bohrſtöckchen (Bohranfetzer), ſ. Bohrgerät.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Bohrtiſch, -turm, ſ. Bohrmaſchinen und Tiefbohren.

Bohr- und Sprengarbeit, Herſtellung von Bohrlöchern und auch größeren Hohlräumen, deren Ladung mit Sprengmitteln und Einleitung der Exploſion; hierdurch wird die Trennung der zu ſprengenden Maſſe in größere oder kleinere Teile bewirkt. Hauptſächlich findet die Bohr- und Sprengarbeit — abgeſehen vom Bergbau — im Erd-, Tunnel- und Waſſerbau ſowie im Steinbruchbetriebe Verwendung.

I. Die Bohrarbeit.

Die Bohrarbeit kann durch Handkraft, Handkraftmaſchinen und Elementarkraftmaſchinen erfolgen, und je nachdem das Bohren hauptſächlich durch Schlag-, Stoß- oder Dreharbeit bewerkſtelligt wird, unterſcheidet man Schlag-, Stoß- und Drehbohren.

Handbohrung.

Für die Handbohrung ſind alle drei Bohrweiſen in Verwendung. Beim **Schlagbohren** wird die Vorwärtsbewegung des Bohrers durch den Schlag mit einem Gewichte, dem Bohrfäuſtel, bewirkt. Man unterſcheidet einmänniges und zweimänniges Bohren, je nachdem die Arbeit von einem Manne oder von zwei Männern ausgeführt wird; nur ſelten kommt dreimänniges Bohren vor. — Die Form des Bohrers zeigt Fig. 1; er ſoll aus tunlichſt hartem, aber zähem Stahl hergeſtellt werden, um möglichſt geringe Abnutzung bei hohem Wirkungsgrad der Bohrarbeit zu erleiden; der Bohrerkopf *K* erhält die Meißel-, Kreuz- oder *Z*-Form, von denen die erſtere zumeiſt angewendet iſt. Der Schneidenwinkel des Meißelbohrers richtet ſich nach der Feſtigkeit des Geſteins und liegt zwiſchen 70 und 110°. Bei feſterem Geſtein iſt ein großer, bei milderem ein kleinerer Winkel zu wählen. Die Länge der Schneide *l* ſoll 1,3 des Bohrſchaftdurchmeſſers *d* betragen; die Krümmung der Schneide richtet ſich ebenfalls nach der Feſtigkeit des Geſteins, und deren Halbmeſſer liegt zwiſchen 1,5 und 5 *d*. Die Bahn oder der Nacken des Bohrers wird zur Erreichung zentraler Schläge meiſt gerundet oder koniſch hergeſtellt. Der Schaft des Bohrers erhält achteckigen Querſchnitt, um das Drehen oder Setzen zu erleichtern. Die Bohrerlänge iſt von der Tiefe des Loches abhängig. Das Gewicht des einmännigen Bohrers beträgt 1—3 kg, das des zweimännigen 2—6 kg. Das Schärfen der Schneide erfolgt durch Bearbeiten mit dem Hammer in rotglühendem Zuſtand und nachfolgendem Abkühlen bei Erreichen der ſtrohgelben Farbe. Auch hier richtet ſich der Härtegrad nach der Feſtigkeit des Geſteins. — Das Bohrfäuſtel erhält beim einmännigen Bohrer die aus Fig. 2 erſichtliche Form bei einem Gewicht von 2—4 kg, beim zweimännigen Bohrer die aus Fig. 3 erſichtliche Form bei einem Gewicht von 3—8 kg. Das Fäuſtel ſoll ſtets ſchwerer als der Bohrer, überhaupt ſo ſchwer als möglich ſein und wird, wie der Bohrer, aus Gußſtahl hergeſtellt. Der Stiel oder Helm des Fäuſtels wird aus Eſchen- oder Buchenholz gefertigt und ſoll ovalen Querſchnitt haben. Beim einmännigen Bohren führt der Häuer mit der linken Hand den Bohrer und ſchwingt mit der rechten das Fäuſtel, um einen möglichſt wuchtigen zentralen Schlag auf die Bahn des Bohrers auszuführen. Nach jedem Schlage, durch den die Bohrerſchneide zertrümmernd in das Gebirge eindringt, wird der Bohrer gehoben und „geſetzt", d. h. um einen gewiſſen Winkel, der von der Geſteinsfeſtigkeit abhängt und im Mittel etwa 36° beträgt, gedreht, damit die Bohrerſchneide neue Arbeit findet. Da die Bohrerſchneide ſtets eine etwas größere Länge hat, als der Durchmeſſer des Bohrers beträgt, ſo „ſpielt" der Bohrer im Loch. Schon aus dieſem Arbeitsvorgang, und da die Achſe des Bohrers nie genau mit derjenigen des Bohrloches übereinſtimmt und die Schläge nie zentral in der Achſe des Bohrers erfolgen, geht hervor, daß die Schneide des Bohrers zweckmäßig eine Krümmung erhalten ſoll, bei feſtem Geſtein und geringem Eindringen eine flachere, bei weichem Geſtein eine ſtärkere. Zur Herſtellung eines Loches gebraucht man mehrere Bohrer von zunehmender Länge und abnehmender Stärke; man nennt dieſelben Anfangsbohrer, Mittelbohrer und Abbohrer.

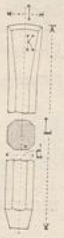


Fig. 1.

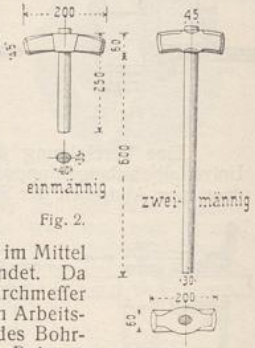


Fig. 2. Fig. 3.

Beim einmännigen Bohren und bei 0,7 m tiefen Löchern betragen die Bohrerlängen 0,4 m Länge und 30 mm Dicke, dann 0,7 m Länge und 25 mm Dicke, endlich 0,9 m Länge und 20 mm Dicke. Beim zweimännigen Bohren wird der Bohrer von einem Arbeiter geführt und geſetzt, während der zweite Arbeiter das Fäuſtel von größerem Gewicht ſchwingt. Hierbei betragen die Bohrlängen für 1 m tiefe Löcher: zuerſt 0,6 m bei 40 mm Stärke, dann 0,8 m bei 35 mm Stärke, ferner 1 m bei 30 mm Stärke und zuletzt 1,2 m bei 25 mm Stärke. Die geringſte Bohrerſtärke kann zu 20 mm, die größte Lochweite zu 45 mm und die größte Tiefe zu 1,25 m angenommen werden; größere Abmeſſungen ſind kaum noch vorteilhaft. Durch Einſpritzen von Waſſer in das Bohrloch wird Kühlung des Bohrers und dadurch längere Erhaltung der Schneide ſowie Vermeidung des Staubes erzielt. Fallende Löcher werden daher ſtets naß gebohrt; da bei ſteigenden Löchern das Bohrmehl von ſelbſt herausfällt und das Einſpritzen mit Schwierigkeiten verbunden iſt, ſo werden dieſelben meiſt trocken gebohrt. Das durch Zertrümmerung des Geſteins entſtehende Bohrmehl oder der Bohrſchmand wird mittels eines Raumlöffels oder Krätzers nach dem Ausheben des Bohrers von Zeit zu Zeit herausgeholt. Der Krätzer beſteht

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

aus einem ſtarken Eiſendraht, an deſſen unterem, umgebogenem Ende ſich eine flache Scheibe befindet, während das obere Ende ein Oehr bildet, das, mit Werg umwunden, dazu dient, das Bohrloch vor dem Laden auszutrocknen. Die auf die Bohrlochſchale wirkende mechaniſche Arbeit iſt $a = \frac{Q^2 v^2}{2 g (Q + q)}$ mkg, wobei Q = Fäuſtelgewicht, q = Bohrergewicht, v = Endgeſchwindigkeit des Fäuſtels $= 2 \cdot s : t$, und s = Weg, t = Schlagzeit und auf Grund von Verſuchen $2 s = 63$ cm, Schlagzahl pro Minute $n = 96$, Schlagzeit $t = 0{,}39 \cdot 60 : n = 0{,}245$; Endgeſchwindigkeit $2 s : t = 2{,}58$ m; Fäuſtelgewicht $Q = 1{,}725$ kg, folglich die mechaniſche Arbeit eines Schlages $a = 0{,}585$ mkg. Der geſamte Wirkungsgrad der Schlagbohrarbeit iſt ſehr klein, da er nur etwa 0,05 beträgt. Die in der Minute zu erreichende nutzbare Bohrarbeit beträgt:

Gebirgsart	Richtung des Bohrlochs	In der Minute nutzbarer Bohrzeit			
		ccm gebohrtes Geſtein		cm Lochtiefe	
		Einmännig	Zweimännig	$d = 2{,}5$ cm	$d = 3{,}2$ cm
ſehr feſt	fallend	2–4	3–6	0,4—0,8	0,35—0,75
	ſteigend	1–3	2–4	0,2—0.6	0,25—0,5
feſt	fallend	4–7	6–10	0,8—1,5	0,75—1,25
	ſteigend	3–5	4–7	0,6—1,0	0,5 —0,9
wenig feſt oder gebräch	fallend	7–10	10–15	1,5—2,0	1,25—1,85
	ſteigend	5–7	7–10	1,0—1,5	0,9 —1,25

Das **Stoßbohren** von Hand erfolgt in der Weiſe, daß eine entſprechend lange Bohrſtange, die zumeiſt auf beiden Seiten mit Bohrköpfen verſehen iſt, von dem Arbeiter mit beiden Händen gehalten und gegen das abzubohrende Geſtein geſchleudert wird. Hierbei iſt der Wirkungsgrad infolge Vermeidung der durch Rückzug des Fäuſtels und den Schlag verurſachten Kraftverluſte größer, jedoch die genaue Führung des langen und ſchweren Bohrers bei Herſtellung wagerechter und ſteigender Löcher zur Erzielung zentriſcher Stöße ſchwieriger wie beim Schlagbohren; daher wird das Stoßbohren von Hand verhältnismäßig ſelten und faſt nur für fallende Löcher angewendet.

Maſchinenbohrung mit Handkraft.

Die Handkraftbohrmaſchinen ſind zumeiſt Stoßbohrmaſchinen, ſeltener Drehbohrmaſchinen, welch letztere nur in weichem Geſteine zweckmäßig Verwendung finden. — Bei den Handſtoßbohrmaſchinen wird die ſtoßende Bewegung meiſt durch Zuſammendrücken einer Feder oder der in einen Zylinder eingeſchloſſenen Luft mittels der an einer Kurbel oder einem Schwungrad arbeitenden Hand bewerkſtelligt; die drehende Bewegung nach dem Stoß, die wie bei der Handbohrung nötig iſt, wird dadurch bewirkt, daß eine ſchraubenförmig gewundene oder mit einer ſchraubenförmigen Nut verſehene Bohrerſtange ſich durch ein Sperrad bewegt, das entſprechenden Ausſchnitt erhält oder mit einem gewundenen Keil verſehen iſt und durch Sperrklinken beim Rückzug feſtgehalten wird, ſo daß ſich die Bohrerſtange drehen muß, während beim Stoß ſich dieſes Sperrad dreht und der Bohrer ungedreht vorwärts geht. Die vorſchiebende Bewegung endlich erfolgt meiſt in der Weiſe, daß die Bohrerſtange mit Gewinde und Mutter verſehen iſt, wobei das Vorſchieben durch Drehen der Mutter bewirkt wird. Derartige Maſchinen haben Faber, Klover, Gronert und Fritz gebaut. Im allgemeinen aber haben ſich Handbohrmaſchinen wegen ihrer geringen Leiſtungsfähigkeit namentlich im feſteren Geſtein wenig bewährt.

Maſchinenbohrung mit Elementarkraft.

Die Elementarkraftbohrmaſchinen wirken entweder ſtoßend oder drehend als Stoß- und Drehbohrmaſchinen. Schlagkraftbohrmaſchinen haben ſich nicht als zweckmäßig erwieſen. Der Antrieb der Maſchinen erfolgt durch Dampf, Druckluft, Waſſer unter Druck und Elektrizität.

Die Verwendung von Dampf, dem in den meiſten Fällen billigſten Motor, iſt im Berg- und Tunnelbau nicht zu empfehlen, da der Abdampf in den engen und ſchwierig zu lüftenden Räumen beläſtigend wirkt, die Bedienung der Maſchinen infolge ihrer Erhitzung erſchwert wird und lange Dampfleitungen große Wärmeverluſte bedingen, wenn ſie nicht beſonders dagegen geſchützt ſind, was aber mit großen Koſten verbunden iſt.

Druckluft eignet ſich gut zum Betrieb der Tunnelbohrmaſchinen, da ſie ſich auf größere Entfernungen ohne großen Kraftverluſt leiten läßt, die Bohrmaſchinen kalt bleiben, daher in allen Fällen leicht und gefahrlos bedient werden können. Die Druckluft wird durch Luftpreſſen erzeugt und durch eiſerne Leitungen den Bohrmaſchinen zugeführt. Die Luftpreſſen (naſſe, halbnaſſe oder trockene) werden entweder durch Dampfmaſchinen oder Waſſerkraftmaſchinen (meiſt Turbinen) angetrieben, letzteres dann, wenn hinreichende Waſſerkräfte zur Verfügung ſtehen und die Anlage für längere Dauer beſtimmt iſt, da für kurze Zeit die zumeiſt koſtſpieligen Waſſergewinnungsanlagen die Ausnutzung der Waſſerkräfte vielfach nicht zweckmäßig erſcheinen laſſen. Druckluft wird der Hauptſache nach nur zum Betrieb der Stoßbohrmaſchinen verwendet.

Waſſer unter Druck eignet ſich für den Betrieb der mit großer Kolbengeſchwindigkeit arbeitenden Stoßbohrmaſchinen wegen großer in raſche Bewegung zu verſetzender Maſſe und der hierdurch bedingten Stöße nicht, wohl aber für langſam gehende Drehbohrmaſchinen, weil dieſe unter hohem Druck arbeiten und das Waſſer mit geringem Arbeitsverluſt und wegen der

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Unzuſammenpreßbarkeit auch ohne Gefahr unter großen Druck geſetzt werden kann; das Waſſer kann gleichzeitig auch zum Spülen der Bohrlöcher und zur raſchen Beſeitigung der Sprenggaſe verwendet werden; es iſt allerdings wieder aus dem Tunnel abzuführen, was meiſt umſtändlich iſt. Bei Vorhandenſein größeren Gefälles kann Druckwaſſer billig erhalten und unmittelbar verwendet werden; meiſt aber wird das Waſſer mit Hilfe von Pumpen unter Druck geſetzt und durch eiſerne Leitungen den Bohrmaſchinen zugeführt.

Elektriſche Kraftübertragung eignet ſich für Stoß- und Drehbohrmaſchinen und iſt namentlich für große Entfernungen vorteilhafter wie die vorgenannten Kraftübertragungen, weil hierbei die aus Kupferdrähten beſtehende und verhältnismäßig billige Leitung einen bedeutenderen Teil der Geſamtkoſten der Kraftübertragung bildet. Die Leitung iſt biegſam und dünn, daher in engen Tunnelräumen ſicher unterzubringen. Die Elektrizität wird durch Dynamomaſchinen erzeugt, die durch Dampfmaſchinen, Gas- und Benzinmotoren oder durch Waſſerkraftmaſchinen angetrieben werden.

Stoßbohrmaſchinen mit Druckluftbetrieb führen die ſtoßende, die drehende und die vorſchiebende Bewegung aus; letztere erfolgt ſehr häufig nicht ſelbſttätig durch die Maſchine, ſondern auch von Hand des die Maſchine bedienenden Arbeiters. Die Stoßbohrmaſchinen arbeiten zumeiſt nur mit Volldruck der zugeführten Luft; nur wenige ſind für die Ausnutzung der Expanſionsarbeit eingerichtet. Die Druckluft kommt nicht über 7 Atmoſphären zur Verwendung, da höhere Preſſungen mit unverhältnismäßig großen Koſten, Uebelſtänden und Gefahren verknüpft ſind. Für den Tunnelbau gelangen mit Rückſicht auf die verhältnismäßig geringen Kräfte, die zur Herſtellung der kleinen Bohrlöcher erforderlich ſind, nur Maſchinen von kleineren Abmeſſungen zur Anwendung. Einfacher, kräftiger Bau der Maſchine ſowie ein guter Schutz der einzelnen Teile gegen Staub und Näſſe iſt komplizierten Konſtruktionen vorzuziehen. Aus der großen Anzahl von Maſchinen, die in größerem oder geringerem Umfang bisher angewendet wurden, ſollen die von Ferroux, MacKean-Seguin, Dubois-François, Frölich, Jäger, Broszmann, Meyer, Ingerſoll, Rand, Schram und Neill hervorgehoben werden.

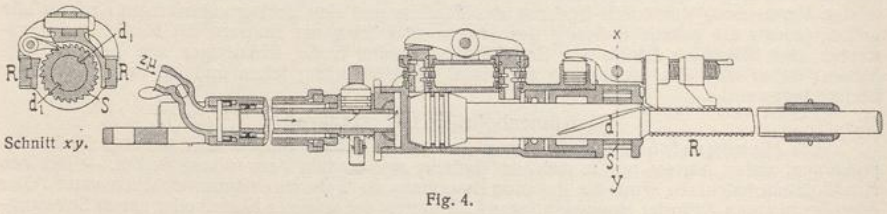


Fig. 4.

Die Maſchine von Ferroux, die ſowohl beim Bau des Gotthard- als des Arlbergtunnels zur Anwendung gelangte, iſt in Fig. 4 dargeſtellt; ſie gehört zu den langen Maſchinen mit ſelbſttätigem Vorſchub. Bei dieſer Maſchine erfolgt die ſtoßende Bewegung durch Umſteuerung mit Hilfe der Kolben, durch welche die Preßluft aus dem Schieberkaſten abwechſelnd der vorderen und hinteren Fläche des Kolbens zugeführt wird, die umſetzende Bewegung beim Rückgang des Kolbens und Feſthaltung des Sperrades S durch eine Sperrklinke, da die mit einer oder zwei gewundenen Nuten d verſehene Kolbenſtange, in welche die Dorne d_1 des Sperrades S eingreifen, genötigt iſt, ſich mit dem Bohrer um ein von der Nutneigung abhängiges Maß zu drehen. Die vorſchiebende Bewegung erfolgt ſelbſttätig durch die auf den Zylinder von außen einwirkende Druckluft. Die Maſchine, die zweckmäßig nur zu Löchern verwendet wird, die nicht zu ſtark von der wagerechten Linie abweichen, hat ein Gewicht von 180 kg, eine Länge von 2,4 m, eine Breite von 0,2 m und eine Höhe von 0,25 m.

Der Luftverbrauch dieſer mit Volldruck arbeitenden Stoßbohrmaſchinen in Litern beträgt für den vollen Hub $V = V_1 + V_2$, wobei V_1 die für Kolbenbewegung, V_2 die für Steuerungen, Umſetz- und Vorſchubeinrichtungen ſowie für ſchädliche Räume und Undichtigkeiten gebrauchte Luft bezeichnet. V_1 läßt ſich für die Maſchinen rechneriſch, V_2 nur aus Verſuchen beſtimmen; man kann annehmen, daß V_2 etwa 0,12—0,25 der der Maſchine zugeführten Luftmenge V beträgt; daher wird $w_1 = V_1 : V = 0{,}88$ bis 0,75 ſein. Der ſekundliche Luftverbrauch der Maſchine für die Kolbenbewegung allein iſt bei z Stößen in der Minute $V's = V_1 z : 60$; der Luftverbrauch wird mit der Zahl der Stöße, und da dieſelbe mit dem Druck der verwendeten Luft wächſt, auch mit letzterem zunehmen. Die in der Luftmenge $V's$ von p Atmoſphären abſ. Preſſung verfügbare Arbeit beträgt bei Berückſichtigung der Gegenarbeit der atmoſphäriſchen Luft von p_0 Atmoſphären $A = p\, V's \log n\,(p : p_0)$, und da die Maſchinen nur mit Volldruck arbeiten, wobei alſo die Expanſionsarbeit der Druckluft nicht ausgenutzt wird, ſo beträgt der Wirkungsgrad aus dieſem Grunde $w_2 = \dfrac{p - p_0}{p \log n\,(p : p_0)}$; derſelbe nimmt mit zunehmender Preſſung p der verwendeten Luft ab, es wachſen daher mit p die Arbeitsverluſte.

Der Wirkungsgrad der mit Druckluft betriebenen Stoßbohrmaſchinen wird außerdem beeinflußt durch den Verluſt, den die Rückzugsarbeit und die Reibungswiderſtände bedingen; aus erſterem Grunde beträgt der Wirkungsgrad $w_3 = 1 : 1 + P_2 h_2 : P_1 h_1$, worin h_1 und h_2 die Hublänge beim Stoß und Rückzug des Kolbens, P_1 und P_2 die auf die hintere und vordere Kolbenfläche wirkenden Kräfte bezeichnen. Es iſt $P_1 = f_1 p - (f_2 + f_3)\, p_0 \pm G$, $P_2 = f_2 p - (f_1 - f_3)\, p_0 \mp G$, wenn $f_1\, f_2\, f_3$ die hintere vordere Kolbenfläche und den Kolbenſtangenquerſchnitt und G das Gewicht der ſtoßenden Maſſe angeben; der Wirkungsgrad infolge der Arbeitsverluſte durch Reibungswiderſtände kann auf Grund von Beobachtungen

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

angenommen werden mit $w_4 = 0{,}70—0{,}80$. Hieraus ergibt sich der Gesamtwirkungsgrad der gebräuchlichsten Stoßbohrmaschinen langer Bauart mit $w = w_1 \cdot w_2 \cdot w_3 \cdot w_4 = 0{,}32—0{,}12$.

Beispiel: Die beim Bau des Gotthard- und Arlbergtunnels gebrauchte Maschine „Ferroux" hatte folgende Abmessungen: $f_1 = 78{,}5$, $f_2 = 40{,}0$, $f_3 = 38{,}5$ qcm; $h_1 = h_2 = 10$ cm; $G = 50$ kg. Die Maschine machte 290—300 Stöße in der Minute und verbrauchte für einen Hin- und Rückgang 1,48 l Luft von 4 Atmosphären abs. Pressung, somit bei 290 Stößen in der Minute der sekundliche Luftverbrauch $1{,}48 \cdot 290 : 60 = 7{,}15$ l. Der dieser Luftmenge entsprechende Arbeitsaufwand beträgt $\frac{7{,}15}{1000 \cdot 75} \cdot 4 \cdot 10\,333 \log\mathrm{n}\, 4 = 5{,}46$ PS Der Gesamtwirkungsgrad der Maschine betrug $w = 0{,}68 \cdot 0{,}75 \cdot 0{,}8 \cdot 0{,}54 = 0{,}21$; daher wurden von der zugeführten Kraft nur $5{,}46 \cdot 0{,}21 = 1{,}2$ PS. nutzbar gemacht.

Die Maschine von Frölich (Fig. 5) gehört zu den kurzen Maschinen, die zumeist mit Handvorschub gebaut werden. Die hin und her gehende Bewegung des Kolbens K, mit dem Kolbenstange und Bohrer verbunden sind, wird durch Vermittlung der bei d_1 durchbohrten Schieberkolben p_1 p_2 und der Luftkanäle m, e und d bewerkstelligt. Die umsetzende Bewegung erfolgt mit Hilfe der mit Schraubenzügen versehenen Umsetzspindel S, die mit dem in die verzahnte Scheibe n eingreifenden Sperrade r fest verbunden ist und im Kolben K die Mutter hat, so daß beim Rückzuge infolge des feststehenden Gesperres n r der Kolben gedreht wird. Der Vorschub kann selbsttätig erfolgen mittels des Kolbens q, der Mutter M und der in diesem Falle durch die Bremse B festgestellten flachgängigen Schraube S, oder von Hand nach Lüften der Bremse D durch die Kurbel D. Da zumeist Handvorschub gebraucht wird, so fallen Zylinder, Kolben q und die Bremse B fort, wodurch die Maschine einfacher und leichter wird. Diese etwa 75—100 kg schwere und gut gebaute Maschine wird viel im Bergbau gebraucht und fand u. a. in den Kehrtunneln der Gotthardbahn, im Krähbergtunnel, Brandleitetunnel, Marientaltunnel und Gravehalstunnel (Norwegen) Verwendung.

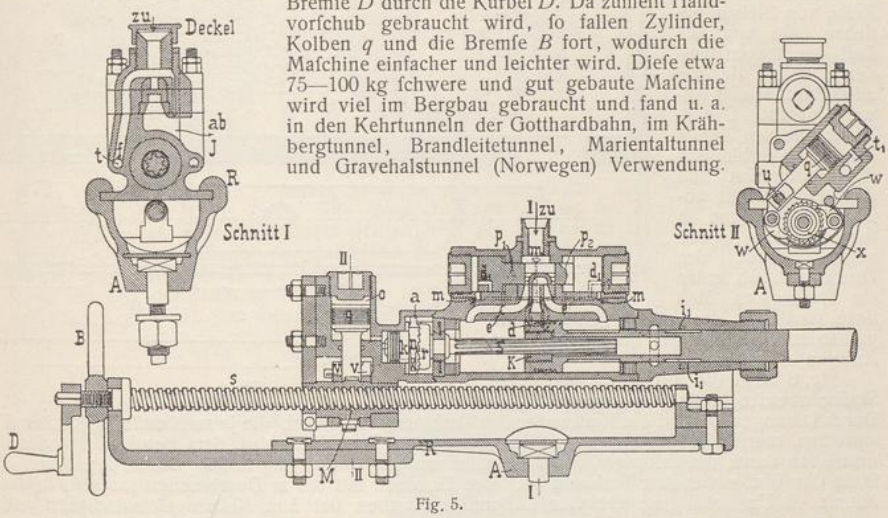


Fig. 5.

Die Druckluft wird den Bohrmaschinen durch entsprechend weite Leitungen, am besten in gewalzten schmiedeeisernen Röhren, zugeführt. Der Durchmesser der Röhren ist von der Menge der von den Bohrmaschinen gebrauchten Luft abhängig; mit ihr wächst bei gleichem Querschnitte die Bewegungsgeschwindigkeit, damit der Leitungswiderstand und der Druckverlust. Solange die Geschwindigkeit etwa 6 m in der Sekunde nicht überschreitet, sind die Druckverluste gering. Die geringe Geschwindigkeit bedingt aber große Röhrendurchmesser, also eine kostspielige Leitung, die außerdem wegen der großen Abmessungen meist schwierig unterzubringen und gegen Beschädigungen zu sichern ist. Deshalb wird man zumeist Geschwindigkeiten bis 9 m in der Sekunde zulassen.

Der Druckverlust in Röhrenleitungen für Druckluft unter der genügend genauen Annahme konstanter Temperatur kann ermittelt werden aus der Formel

$$\frac{p_1 - p_2}{p_1} = 1 - \sqrt{-\frac{2}{RT}\left(\frac{\alpha\, v_1^2\, l}{2\,g\,d} + h\right)},$$

worin bezeichnen: p_1 den Anfangsdruck, p_2 den Enddruck in Atmosphären, v_1 die Anfangsgeschwindigkeit, l die Länge der Leitung, d den Durchmesser derselben, h die Ansteigung der Rohrleitung auf Länge l in Metern. $R = 29{,}27$ (für feuchte Luft 29,4), $T = 273^0 + t^0$ C. Temperatur $g = 9{,}81$, $\alpha = 0{,}01355 + \frac{0{,}001235 + 0{,}01\,d}{d\sqrt{v}}$. Der Wirkungsgrad der Luftleitung ohne Luftverluste und Krümmungen beträgt: $w = \log p_2 : \log p_1$.

Die Durchmesser ausgeführter Luftleitungen liegen zwischen 5 und 20 cm. Um Bewegung der Leitung bei Temperaturänderungen sowie ein leichteres Auswechseln einzelner Röhren zu ermöglichen, schaltet man in die Leitungen Dehnungsvorrichtungen (Stopfbüchsen) ein, die zumeist mit einem Lederstulp gedichtet sind. Die Verbindung der Röhren erfolgt mittels Flanschen und Schrauben, die Dichtung zumeist durch in die Rillen der Flanschen eingelegte Kautschukschnüre. Zwischen den Luftpressen und der Leitung werden in der Regel

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

schmiedeeiserne zylindrische Luftbehälter eingeschaltet, die einen großen Rauminhalt haben, um die Unterschiede zwischen Erzeugung und Verbrauch der Luft auszugleichen. Bei den ausgeführten Anlagen findet man Luftbehälter mit dem vier- bis zehnfachen Fassungsraum der von den Luftpressen in der Minute gelieferten Luftmenge. Wenn in die Zylinder der Luftpressen Kühlwasser eingespritzt wird, verlegt man an den Anschluß der Leitung an die Luftpressen auch Lufttrockenapparate, die meist aus einer Reihe von Sieben bestehen, die von der Luft durchzogen werden, wobei sie das mitgeführte Wasser teilweise abgibt. Druckregler, die den Zweck haben, die Verbindung der Luftpressen mit dem Luftbehälter abzuschließen, wenn in letzterem aus irgend einem Grunde der Druck plötzlich unter ein bestimmtes Maß sinkt, werden in der Leitung von den Luftpressen zum Behälter nur bei ausgedehnten Anlagen eingeschaltet.

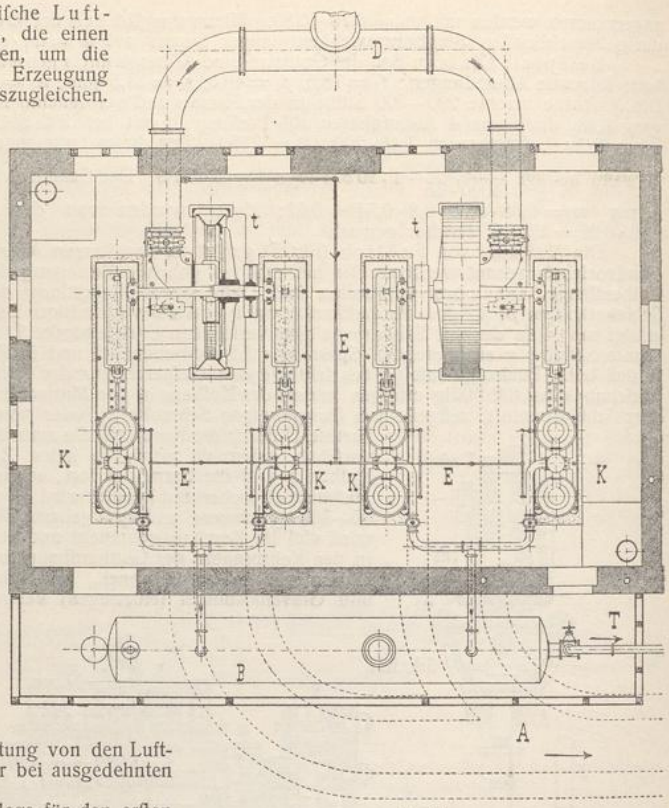


Fig. 6.

Fig. 6 zeigt die Anlage für den ersten Stoßbohrbetrieb im Arlbergtunnel (Ostseite). Durch Leitungen *D* wird das Kraftwasser den Turbinen *t* zugeführt, die je zwei nasse Luftpressen *K* antreiben, die Einspritzwasser durch *E* erhalten. Die Druckluft wird dem Behälter *B* und aus demselben durch die Leitung *T* den Bohrmaschinen im Tunnel zugeführt. Durch den Kanal *A* fließt das Wasser von den Turbinen ab. Die Turbinen mit 3,6 m Durchmesser machten in der Minute 45 Umdrehungen; die vier Luftpressen ergaben bei 1 m Kolbengeschwindigkeit und 0,90 Wirkungsgrad etwa 4 cbm Luft von 5 Atmosphären in der Minute, die in den aus Bessemerblech hergestellten Behälter von 18 cbm Inhalt und aus demselben durch eine 15 cm weite,

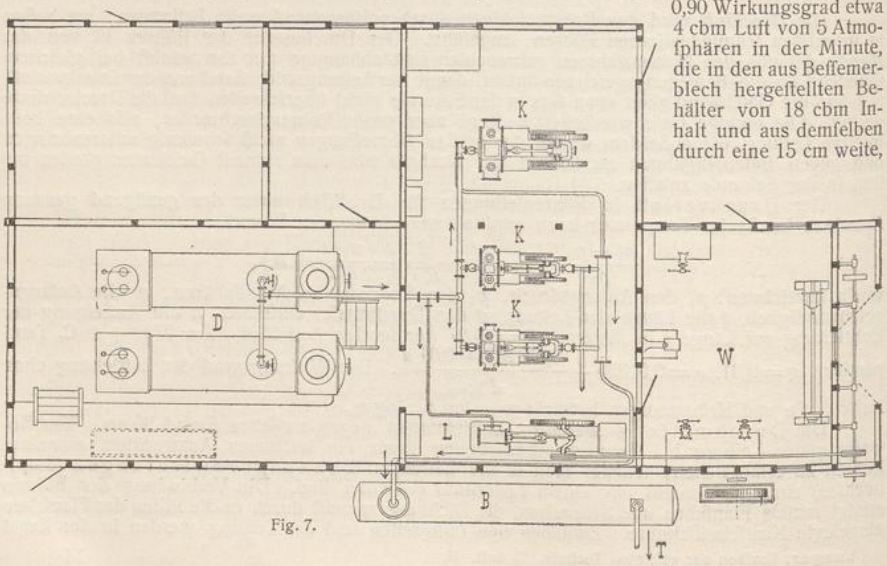


Fig. 7.

aus gezogenen ſchmiedeeiſernen Röhren beſtehende Leitung den ſechs im Tunnel arbeitenden Stoßbohrmaſchinen, Syſtem Ferroux (Fig. 4), zugeführt wurde. Dieſe erſte Anlage wurde ſpäter mit zunehmender Stollenlänge entſprechend vergrößert.

Fig. 7 ſtellt die für den Bau des Krähbergtunnels (Odenwald) ausgeführten Anlagen dar. Aus den Dampfkeſſeln *D* wurde der Dampf den mit den Dampfmaſchinen verbundenen trockenen Luftpreſſen *K* ſowie einer kleinen Dampfmaſchine *L* zugeführt, die für den Betrieb der Werkſtätte *W* beſtimmt war. Die Druckluft wird aus dem Behälter *B* durch die Leitung *T* den Bohrmaſchinen zugeführt. Die Dampfſpannung in den Keſſeln betrug etwa 4,5 Atmoſphären. Eine große und eine kleine Luftpreſſe verdichteten Luft auf etwa 5,5 Atmoſphären für drei gleichzeitig im Tunnel arbeitende Stoßbohrmaſchinen Syſtem Frölich (Fig. 5) aber mit Handvorſchub. Die dritte Luftpreſſe verdichtete Luft auf etwa 2 Atmoſphären für die Tunnellüftung. Die Luftpreſſen waren auf kleinen Behältern von 0,3 – 0,7 cbm Inhalt befeſtigt; das reichte nicht aus, daher mußte außerdem Behälter *B* mit etwa 8 cbm Gehalt aufgeſtellt werden. Die in den Tunnel führende Leitung aus 8 cm weiten gezogenen Röhren ergab bei etwa 1000 m Länge einen Druckverluſt von 1 Atmoſphäre.

Fig. 8.

Von der Dampf- oder Waſſerkraftmaſchine ausgehend, ſetzt ſich der Wirkungsgrad einer Anlage für Stoßbohrmaſchinenbetrieb mit Druckluft aus den Wirkungsgraden von Luftpreſſe, Luftleitung und Bohrmaſchine zuſammen. Unter günſtigen Verhältniſſen wird man dieſen Wirkungsgrad mit $W = 0{,}80 \cdot 0{,}90 \cdot 0{,}25 = 0{,}18$ annehmen können. Es werden alſo in dieſem Falle nur 0,18 der vom Motor auf die Luftpreſſen übertragenen Kraft (meiſt aber noch weniger) durch die Stoßbohrmaſchinen nutzbar gemacht. Mit der Uebertragung der Kraft auf das Geſtein ſowie mit den Dampf- und Waſſerkraftmaſchinen ſind noch weitere Arbeitsverluſte verknüpft. — Die Luftleitung wird mit den Bohrmaſchinen in der Regel durch Gummiſchläuche mit Hanfeinlagen, die zum Schutze meiſt mit Draht oder geteerten Hanfſeilen überwickelt ſind, verbunden; ihre Durchmeſſer betragen etwa 25—45 mm, ihre Wandſtärken 8—12 mm.

Die Bohrmaſchinen werden an Geſtellen befeſtigt, die Widerſtand gegen alle Bewegungen leiſten und das Bohren nach allen Richtungen ermöglichen. Nach Beendigung der Bohrarbeit müſſen die Geſtelle entfernt, befördert und raſch wieder aufgeſtellt werden können. Syſtem und Anzahl der gleichzeitig tätigen Maſchinen ſowie der Ort der Bohrung beeinfluſſen Form und Bauart des Geſtells. Das Feſthalten des Geſtells erfolgt durch ſein Gewicht, angehängte Laſten oder durch Einſpannen zwiſchen den Geſteinswänden; man unterſcheidet Fuß-, Säulen- und Wagengeſtelle. Die Fußgeſtelle erhalten drei Füße (Fig. 8), die mit Gelenken verbunden ſind; zur Erreichung genügender

Fig. 10.

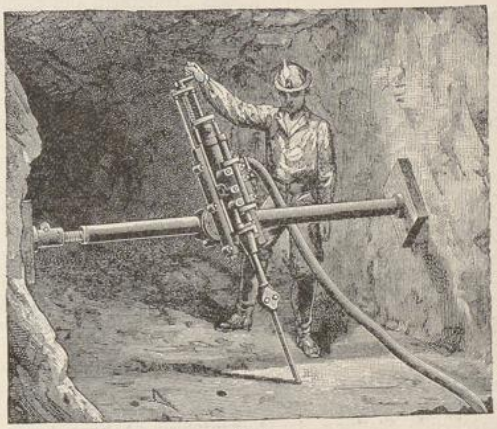


Fig. 9.

Stabilität werden leicht tragbare Gewichte angehängt; ſchwankende Bewegungen beim Bohren ſind mit Arbeitsverluſten verbunden. — Die Säulengeſtelle werden durch Vermittlung von Schrauben (Fig. 9) oder durch Waſſerdruck (Fig. 10) zwiſchen Geſteinswänden feſtgeſpannt. Spannſäulen mit Waſſerdruck können durch Ausſchieben eines Kolbens *K* aus der hohen zylindriſchen Säule *S*, in die Druckwaſſer, das in einem Kaſten *W* am Fuße der Säule gewonnen wird, gelangt, vollſtändig feſtgehalten werden. Die Befeſtigung der Maſchinen mit den Säulen muß eine Verſchiebung und Drehung ermöglichen, ſo daß eine größere Zahl von Löchern mit einer Säulenſtellung gebohrt werden kann. Auf einer Säule können gleichzeitig auch zwei Maſchinen arbeiten. — Die Wagengeſtelle (Fig. 11), auf denen eine größere Anzahl Maſchinen (vier bis acht) langer Bauart und gleichzeitig in Tätigkeit geſetzt werden, laufen auf

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

einem Gleis, fo daß nach beendeter Bohrung fämtliche Mafchinen mit dem Wagen zurückgefchoben werden können. Die Auflagerung der Mafchinen auf den Wagengeftellen oder Bohrwagen ift derart, daß mit jeder Mafchine eine größere Gefteinsfläche beftrichen, daher mehrere Löcher gebohrt werden können.

Fußgeftelle find überall zu verwenden, leicht aufzuftellen und wieder zu entfernen, fie haben aber nur geringe Stabilität und Steifigkeit; die Säulengeftelle können unverrückbar feftgefpannt, auch rafch aufgeftellt und entfernt werden, felbft dann, wenn das in vorhergehender Sprengung gelöfte Geftein noch nicht vollends beseitigt ift, bedingen aber Gefteinswände in nicht zu großem Abftande, find daher nicht allgemein, fondern nur im Stollen, Schacht oder Schlitz brauchbar. Die Wagengeftelle können auch in engen Räumen eine größere Zahl von Mafchinen aufnehmen, fie bedingen aber ein Gleis, das nach Maßgabe des Arbeitsfortfchritts zu verlängern ift, weshalb vor Wiederaufnahme der Bohrarbeiten das vorher losgelöfte Geftein befeitigt fein muß, wodurch größerer Zeitverluft entfteht.

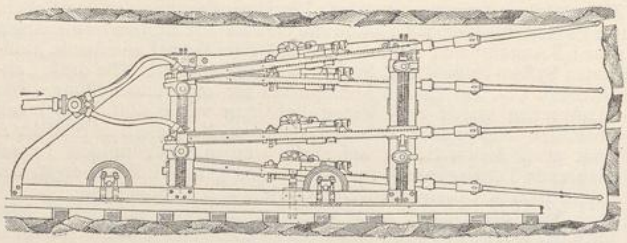


Fig. 11.

Die beim Mafchinenbohren gebrauchten Bohrer find: Meißelbohrer (Fig. 12 und 13), Kreuzbohrer (Fig. 14), wobei zwei Meißelfchneiden fich unter rechtem Winkel kreuzen, und Z-Bohrer (Fig. 15), wobei drei Meißelfchneiden in der Form eines Z angeordnet find. Die Meißelbohrer find die einfachften, bedingen aber eine der Gefteinsfeftigkeit gut angepaßte Umfetzung, damit günftige Bohrwirkung erzielt wird. Bei dem zweifchneidigen Kreuzbohrer und dreifchneidigen Z-Bohrer kann die Größe der Umfetzung innerhalb weiterer Grenzen fchwanken, ohne daß Gefahr für das Steckenbleiben der Bohrer oder ungenügendes Abfprengen von Gefteinsteilchen an der Bohrlochfohle befteht. Zu ftarkes Zerkleinern des Bohrausbruches und fchwierigere Erneuerung der Schneiden find Nachteile diefer Bohrerarten. Die Schaftftärken der Bohrer betragen 25—50 mm, die Kopfftärken bis 60 mm, die Bohrerlängen 0,4—3,0 m. — Die Befeftigung der Bohrer mit den Kolbenftangen der Mafchinen erfolgt durch Verfchraubung oder Verkeilung; der Bohrer muß feft mit der Mafchine verbunden fein, um unwirkfame Stöße zu vermeiden, gleichzeitig auch leicht gelöft werden können, um rafches Auswechfeln abgenutzter Bohrer zu ermöglichen; grundfätzlich ift die Keilbefeftigung der Schraubenbefeftigung vorzuziehen.

Fig. 12. Fig. 15.

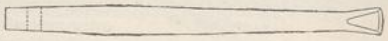


Fig. 13.

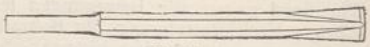


Fig. 14.

Der Arbeitsvorgang bei Verwendung von Stoßbohrmafchinen ift folgender: Die Bohrmafchinen werden mit den Geftellen verbunden und letztere in entfprechender Entfernung von der Gefteinswand fo feftgeftellt, daß die kürzeften Bohrer (Anfangsbohrer) beim kleinften Kolbenhube die Gefteinswand treffen; die Mafchinen werden hierauf mit der Luftleitung verbunden und durch teilweifes Oeffnen des Lufthahnes in langfame und allmählich in rafchere Bewegung verfetzt. Auch während der Bohrarbeit ift die Bewegung der Mafchine durch entfprechende Stellung des Luftzuführungshahnes zu regeln. Bei Beginn des Bohrens find die Bohrer fo lange mit der Hand zu führen, bis Anfatz gewonnen ift. Während des Bohrens müffen die Bohrer in richtiger Stellung erhalten werden.

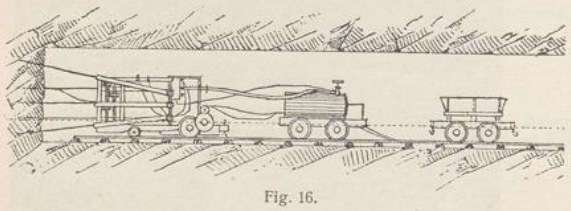


Fig. 16.

Das Einfpritzen von Waffer in das Bohrloch ift vorteilhaft; der Arbeitsaufwand wird hierdurch geringer; bei ftark fallenden Löchern ift dasfelbe notwendig, um das Bohrmehl zu entfernen; zum Einfpritzen ift Druckwaffer in größerer Menge erforderlich. Bei größeren Bohrarbeiten wird ein befonderer Wafferbehälter hinter dem Bohrgeftell angeordnet, das mit der Druckluftleitung in Verbindung gebracht wird (Fig. 16). Das Auswechfeln der Bohrer erfolgt nach Abnutzung der Schneiden oder am Ende des Vorfchubes der Mafchine. Beim Auswechfeln ift auf die Verminderung der Kopfbreite Rückficht zu nehmen. Zur Bedienung je einer Bohrmafchine find ein bis zwei Mann erforderlich. Wenn mehrere Mafchinen vor der Gefteinswand aufgeftellt find, fo werden diefelben meift dauernd nicht gleichzeitig arbeiten, da fie nur inner-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

halb enger Grenzen bewegt werden können. Die Tiefe der Löcher wird von deren Weite und Lage, von der Größe der abzubohrenden Gesteinswand und der Bauart der Maschinen abhängen und etwa 1—2 m betragen. Maschinenbohrung wird hauptsächlich dann verwendet, wenn rascher Arbeitsfortgang erwünscht ist.

Drehbohrmaschinen mit Druckwasserbetrieb.

Es sind zwei Bewegungen des Drehbohrers auszuführen, nämlich: 1. die vorschiebende und zurückziehende, und 2. die drehende Bewegung. Durch die erstere soll der mit der Maschine verbundene Bohrer in das Gestein gedrückt bezw. wieder zurückgezogen werden, während die letztere beim Eingreifen des Bohrers in das Gestein eintreten soll. Für Drehbohrmaschinen hat sich die Verwendung von Wasser unter Druck in erster Linie bewährt, da beim Drehbohren festen Gesteins sehr große, ruhig wirkende Kräfte erforderlich sind, und das Wasser bei geringem Arbeitsverlust ohne Gefahr unter großen Druck gesetzt und dann auch zur Spülung des Bohrloches und zum Entfernen des Bohrmehls verwendet werden kann. — Bisher sind nur zwei Systeme von Drehbohrmaschinen für Druckwasser bekannt geworden, die von Brandt und von Jarolimek. Erstere zeigt in schematischer Darstellung Fig. 17. — Die Maschine, die mit Wasser von 50—150 Atmosphären Druck arbeitet, stützt sich gegen eine lot- oder wagerecht befestigte

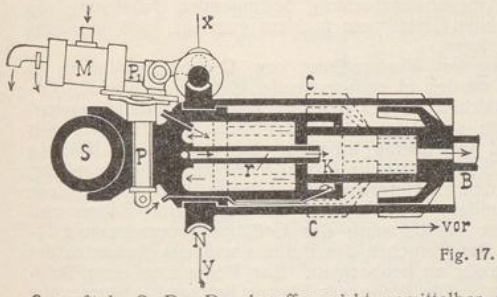
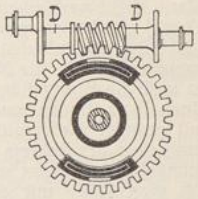
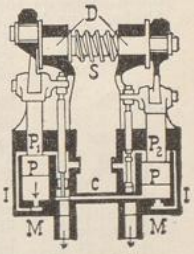


Fig. 17.



Schnitt *x y*.



Wasserfäulenmaschine.

Spannfäule *S*. Das Druckwasser wirkt unmittelbar sowohl auf die hintere wie auf die vordere kleine Ringfläche (Differentialwirkung) eines hohlen Kolbens *K*, mit dem das Bohrgestänge und der Bohrer fest verbunden ist. Die Größe des Bohrerdrucks gegen das Gestein ist sonach vom Verhältnis der wirksamen Fläche des Zylinders bezw. Kolbens und des Bohrers abhängig, so daß bei wechselnder Gesteinsbeschaffenheit und gleichem Wasserdruck ein verschieden tiefes Eindringen des Bohrers in das Gestein stattfindet. Druckregelungen sind mittels des Differentialkolbens und der Einlaßhähne möglich. — Die drehende Bewegung wird durch zwei kleine Wassersäulenmaschinen *M* bewerkstelligt, die mit dem Druckwasser gespeist werden; sie bewegen eine im Schnitt *x y* ersichtliche Schraube ohne Ende *D D*, die in ein Schneckenrad *N* eingreift, das mit dem drehbaren Zylinder *C* der Maschine fest verbunden ist und mit diesem das Bohrgestänge dreht. Die Wassersäulenmaschinen machen 100—300 Umdrehungen in der Minute, der Bohrer in der gleichen Zeit 3—10. Das Abwasser in der Maschine tritt durch das Rohr *r* in den Hohlraum des Kolbens und Bohrers und spült das Bohrloch. Der Wasserverbrauch für das Vorschieben und Andrücken des Bohrers ist ein kleiner; der Wasserverbrauch der beiden Wassersäulenmaschinen beträgt in der Sekunde $V = 2fhn : 60$, wenn f die untere volle Kolbenfläche, h die Hublänge und n die Anzahl der Umdrehungen in der Minute bezeichnen. Die theoretische sekundliche Leistung bei den Wassersäulenmaschinen wird daher betragen: $L = 2fhnp : 60 \cdot 75$ PS., wenn p den Druck des verwendeten Wassers angibt. Bei Verwendung von Druckwasser von 50—150 Atmosphären wird der Gesamtwirkungsgrad der Brandtschen Drehbohrmaschinen 0,08—0,15 betragen; z. B. bei einem viel gebrauchten Modelle der Brandtschen Maschine betrugen $f = 30{,}7$ qcm, $h = 6$ cm, $p = 100$ Atmosphären $= 103$ kg/qcm, $n = 150$ in der Minute; daher $V = 0{,}92\ l$ in der Sekunde, $L = 12{,}65$ PS. — Bei einem Wirkungsgrade von 0,15 würde eine Nutzleistung der Maschine von $12{,}65 \cdot 0{,}15 = 1{,}9$ PS. folgen. Das Wasser wird, wenn die erforderliche Druckhöhe nicht vorhanden ist, durch Pumpen auf den erforderlichen Druck gebracht. Der Wirkungsgrad kann mit 0,70—0,80 angenommen werden. Den Bohrmaschinen wird das Wasser durch eine schmiedeeiserne Leitung von meist 50—150 mm Durchmesser zugeführt; unmittelbar hinter den Pumpen sind in die Leitung Akkumulatoren eingeschaltet, die mit Ueberlaufventilen versehen sind und den Zweck haben, den Unterschied zwischen Pumpenlieferung und dem Wasserverbrauche der Bohrmaschinen auszugleichen. Da die Akkumulatoren in der Regel im Maschinenhause aufgestellt sind, so kann der Maschinist aus dem Stande derselben auf die Vorgänge beim Bohrbetrieb schließen. Die Druckwasserleitung wird mit den Bohrmaschinen durch biegsame Kupferröhrchen, eiserne Gelenkrohre oder sogenannte Kettenschläuche (25—50 mm Durchmesser) verbunden. Gummischläuche sind des hohen Druckes wegen nicht verwendbar.

Als Gestelle werden nur Säulen verwendet, die durch Wasserdruck zwischen den Gesteinswänden festgespannt werden, da infolge des hohen Druckes, mit dem die Bohrer an das Gestein zu drücken sind, jede andre Befestigungsart unzureichend ist. Zum Anpressen der Säulen gebraucht man das für die Bohrmaschinen erzeugte Druckwasser; man spannt die Säulen entweder senkrecht (Fig. 18) oder wagerecht ein; auch verwendet man Wagen (Fig. 19), auf denen Säulen und Bohrmaschinen nach vollendeter Bohrung aufgeladen und abgefahren werden. Es bezeichnen in diesen Figuren *B* die Bohrmaschinen, *S* die senkrecht bezw. wagerecht eingespannten Säulen, *G* den Wagen mit dem Gegengewicht und *W* die Wasserzuleitungen.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

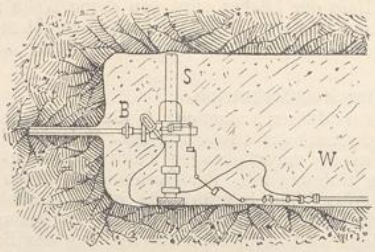


Fig. 18.

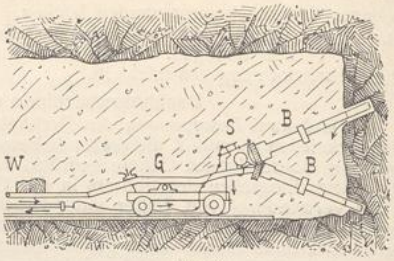


Fig. 19.

Als Bohrer dienen Kernbohrer (Fig. 20), wobei ein Gesteinskörper (Kern) im Bohrer verbleibt, der zeitweise entfernt werden kann; der Vorteil gegenüber einem Vollbohrer besteht darin, daß an Bohrarbeit gespart wird, indem ein Teil des Ausbruches des Loches ungebohrt bleibt. Zur Vermeidung der lästigen, eine Arbeitsunterbrechung bedingenden Beseitigung des Kerns wird neuerdings der innere Hohlraum so klein gemacht, daß ein fester Kern darin nicht verbleiben kann.

Fig. 20.

Der Arbeitsvorgang bei Verwendung von Drehbohrmaschinen ist folgender: Die Spannsäulen werden in entsprechender Entfernung von der Gesteinswand aufgestellt, die Maschinen daran befestigt, mit der Wasserleitung verbunden und die Bohrgestänge eingesetzt. Auf einer Säule können auch zwei Maschinen Platz finden und gleichzeitig arbeiten. Der Beginn der Bohrung wird mit geringer Wasserzuführung, also entsprechender Hahnstellung, eingeleitet, das Andrücken des Bohrers und die Umdrehungszahl der Wassersäulenmaschinen muß allmählich gesteigert werden. Das Auswechseln abgenutzter Bohrer wird tunlichst gleichzeitig mit der Verlängerung des Gestänges vorgenommen. — Während der Bohrarbeit ist das Vorgehen des Bohrers und das Auslaufen des Spritzwassers aus dem Bohrloche zu beobachten. Zur Bedienung einer Bohrmaschine genügen zwei Mann. Die Weite der Löcher beträgt 6—10 cm, ihre Tiefe etwa bis 2 m. Die Brandtschen Drehbohrmaschinen mit Druckwasserbetrieb sind bei den Stollenbohrungen am Pfaffensprungtunnel der Gotthardbahn, im Sonnstein-Brandleite-Arlbergtunnel, Roncotunnel (Italien), Surramtunnel (Kaukasus), Gravehalstunnel (Norwegen) und im Simplontunnel (Schweiz) zur Verwendung gekommen.

Vergleich der Dreh- und Stoßbohrmaschinen.

Ein Vergleich der Drehbohrmaschinen mit Druckwasserbetrieb mit den Stoßbohrmaschinen mit Druckluftbetrieb ergibt als Vorteil der ersteren den ruhigen, geräuschlosen Gang, die Vermeidung des mit dem Rückzuge des Bohrers verbundenen Effektverlustes, die Herstellung weiter Löcher, daher die Anzahl derselben beschränkt und die Sprengstoffladungen konzentriert werden können. Dagegen können die Drehbohrmaschinen nur mit Spannsäulen, daher nur dort verwendet werden, wo in geringen Abständen Gesteinswände vorhanden sind; ihre großen Abmessungen sowie ihr großes Gewicht (250 kg) mit dem großen Gewicht der Spannsäule (250 kg) bedingen größere Lastenbewegungen und erschweren die Handhabung und die zweckmäßige Anordnung der Bohrlöcher. Wechselnder Gesteinsbeschaffenheit kann nur schwer Rechnung getragen werden, die Abführung des verbrauchten Wassers und die Beschaffung reinen Kraftwassers ist oft mit Schwierigkeiten verbunden, auch belästigt die häufige Durchnässung die Bedienungsmannschaft. Die Stoßbohrmaschinen mit den kleineren Gewichten (50—180 kg) und Abmessungen sowie die leichteren Spannsäulen (90—120 kg) erlauben eine leichtere Bedienung und rascheren Transport, ein günstigeres Ansetzen der Bohrlöcher, sie können mit Fuß- und Wagengestellen überall verwendet und es kann der Bohrbetrieb der Gesteinsbeschaffenheit leichter angepaßt werden; allerdings belästigen die Stoßbohrmaschinen durch ihren geräuschvollen Betrieb.

Stoßbohrmaschinen mit elektrischem Antrieb

führen dieselben Bewegungen aus wie Stoßbohrmaschinen mit Druckluftbetrieb. Es haben zunächst die Kurbelstoßbohrmaschine von Siemens & Halske sowie die nach dem Solenoidsystem eingerichteten von Marvin und von van Depoele praktische Bedeutung erlangt.

Kurbelstoßbohrmaschine von Siemens & Halske. Die Anordnung dieser Maschine zeigt Fig. 21. Hierbei besteht der Antrieb in einer gewöhnlichen Kurbelwelle. Der Kurbelzapfen *b* versetzt unter Vermittlung eines kleinen bronzenen Gleitstückes und einer stählernen Gleitrinne einen rahmenartig gebildeten Schlitten in hin und hergehende Bewegung. Zwischen die Endplatten dieses Schlittens *c c* sind nun gegeneinander zwei starke Schraubenfedern eingespannt, so stark, daß das völlige Zusammendrücken einer derselben, wobei die andre sich ausdehnt, aber nie lose werden kann, einen Druck von 800 kg erfordert. Zwischen beiden Federn sitzt der flanschartig vorspringende Rand *d* der sogenannten Stoßbüchse, innerhalb welcher der Kolben drehbar, aber nicht längsverschiebbar gelagert ist, indem er zugleich durch die beiden ihn umfassenden Federn und Oeffnungen in den Endplatten des Schlittens frei hindurchgeht. Wird der Schlitten langsam hin und her bewegt, so macht der durch die Federn unter Vermittlung der Stoßbüchse gefaßte Kolben diese Bewegungen genau so mit, als wäre er starr mit dem Schlitten verbunden. Erfolgt dagegen die hin und her gehende Bewegung des Schlittens

ungefähr siebenmal in der Sekunde, so schlägt der Kolben unter der Wirkung seiner durch den Bohrer noch erhöhten großen Masse nach vorne und hinten durch. Der Hub des Kolbens wird zufolge dieses elastischen Durchschlagens beim Leerlauf der Maschine ungefähr doppelt so groß als der Hub des Schlittens, der nur 4 cm beträgt. Wenn die Maschine gegen das Gestein vorgeschoben wird, ist der Kolben zufolge der durch die Federn bewirkten vollkommen elastischen Verbindung mit dem Schlitten ohne weiteres in der Lage, nicht nur starke Stöße auf das Gestein auszuüben, sondern auch an jeder Stelle festgehalten zu werden, ohne dadurch die Bewegungen des Schlittens und somit der gesamten Antriebseinrichtung zu behindern; durch letztere werden nur die Federn nach der einen oder andern Seite hin in rascher Aufeinanderfolge zusammengedrückt und wieder entspannt, wobei, von der unvermeidlichen Reibungsarbeit abgesehen, die Maschine unbelastet läuft. Auf der Kurbelwelle ist ein Schwungrad angebracht, so daß die Antriebseinrichtung nur mehr eine gleichmäßige, stoßfreie Arbeit übertragen kann. —

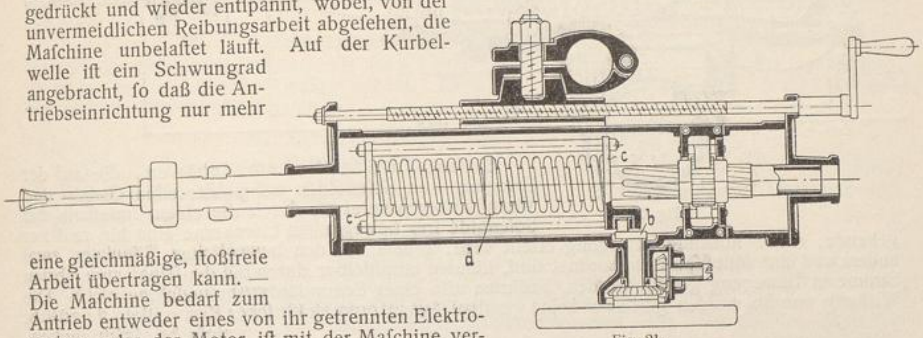


Fig. 21.

Die Maschine bedarf zum Antrieb entweder eines von ihr getrennten Elektromotors, oder der Motor ist mit der Maschine verbunden; im ersten Falle befindet sich der Motor in einem besonderen, leicht verschiebbaren und mit Handgriffen versehenen, sehr festen, mit Stahldeckel geschlossenen Holzkasten, in dem auch das Vorgelege für die kraftübertragende Welle untergebracht ist und der ein Gewicht von etwa 100 kg hat, daher zwei Mann zum Transport desselben erforderlich sind (Fig. 22). Der Motorkasten wird für Gleichstrom und Drehstrom ausgeführt; der Elektromotor für 110, 220 und 330 Volt Spannung gewickelt. Der Motorkasten ist unmittelbar hinter der mit einer Spannsäule oder einem Fußgestelle mit Gewichten belasteten Maschine aufgestellt; die Verbindung des Elektromotors mit der Maschine erfolgt durch eine 2,5—3 m lange elastische Welle (Stowsche Welle), die in einer Schutzhülle sich befindet und mit dem Kegelradvorgelege der Bohrmaschine verbunden wird. Die Verbindung der Primärdynamomaschine mit dem Elektromotor erfolgt durch eine Leitung blanker oder asphaltierter Kupferdrähte, die auf Porzellanisolatoren verlegt werden; im Maschinenraum und dort, wo eine Berührung der Leitung möglich ist, wird dieselbe isoliert; im nassen Stollen oder Schacht werden auch mit Gummi isolierte Drähte oder Kabel verwendet, letztere namentlich, um sie auf Trommeln aufwickeln zu können, da die Leitungen dem Arbeitsfortgange entsprechend nachgeführt und auch nach vollendeter Bohrung während der Sprengung zurückgezogen werden müssen. An der Stelle, wo die feste Drahtleitung in die aufrollbare Leitung übergeht, ist ein Wandanschlußkasten angebracht, der an beiden Polen Bleisicherungen enthält, durch welche die Stromkreise der Motorkasten gegen Kurzschlüsse und Ueberlastungen geschützt werden. An den Enden der Leitung werden Blitzschutzvorrichtungen, in der Nähe der Primärdynamomaschine, Strommesser, Spannungsmesser und Widerstandsregulatoren, Ausschalter und Bleisicherungen angeordnet. Die Bohrmaschine mit Handvorschub hat ein Gewicht von 90 kg, das hierzugehörige Schwungrad etwa 20 kg, sie benötigt gewöhnlich eine Strommenge von 5 Ampère bei einer Spannung von 230 Volt, die minutliche Bohrleistung beträgt hierbei im dichten Kalkstein etwa 9 cm und im härtesten Magneteisenerz 5 cm, bei Bohrerstärken von 25—45 mm. Bei der Ausführung eines Tunnels im Naßwalder Tal in Oesterreich arbeiteten zwei Kurbelstoßbohrmaschinen mit je etwa 1,1 PS. Der zum Betriebe von zwei Bohrmaschinen durch die Primärdynamomaschinen erzeugte Nutzstrom hatte 11 Ampère Stromstärke. Die Spannung wurde mit 240 Volt angegeben. Bei Bohrerstärken von 25—45 mm betrug die minutliche reine Bohrleistung einer Maschine im dolomitischen Alpenkalk 8 cm.

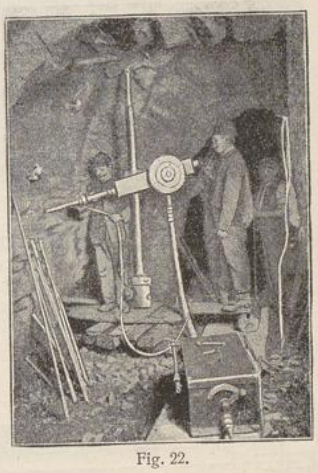


Fig. 22.

Die Kurbelstoßbohrmaschine, bei welcher der Motor unmittelbar mit der Maschine verbunden ist, zeigt Fig. 23. Der Motor *A* bewegt mittels der Zahnradüberfetzung *BC* und der Kurbel *D* das Schlagwerk, das wie bei der vorbeschriebenen Maschine nach dem Grundsatze des Federhammers gebaut ist. Der Motor *A* wird für 1 und 2 PS. gebaut, die Anordnungen der Maschine unterscheiden sich ein wenig voneinander. Die Maschine für den 2 PS.-Motor, wie sie Fig. 23 zeigt, wird im Tunnelbau verwendet und zwar zurzeit beim Bau des Karawankentunnels, des Wocheinertunnels und des Saarsteintunnels. In diesen Fällen kommen je vier solcher

Maſchinen, auf einem Bohrwagen mit je zwei Bohrſäulen (Fig. 24) befeſtigt, zur Verwendung. Es beträgt hierbei die höchſte Leiſtung in 24 Stunden im Stollen des Wocheinertunnels 6 m, im Karawankentunnel 7,5 m.

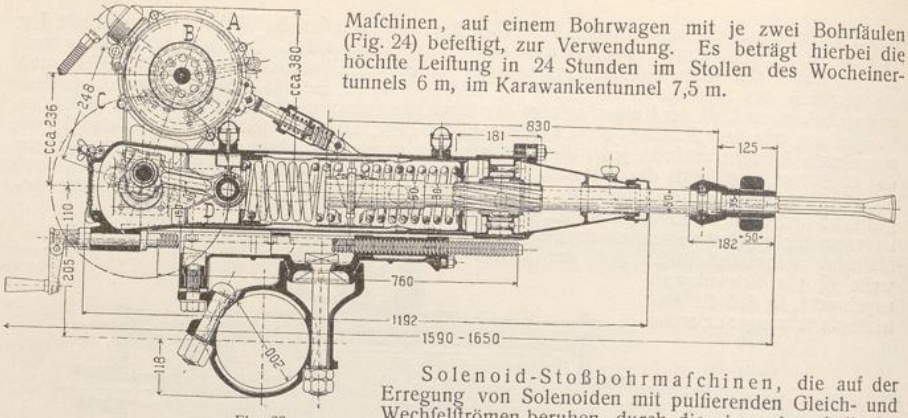


Fig. 23.

Solenoid-Stoßbohrmaſchinen, die auf der Erregung von Solenoiden mit pulſierenden Gleich- und Wechſelſtrömen beruhen, durch die einem innerhalb der Solenoide frei beweglichen Eiſenkerne eine hin und her gehende, daher ſtoßende Bewegung erteilt wird, indem um den beweglichen Eiſenkern zwei äußere und eine Mittelſpule angeordnet ſind, können unmittelbar durch die denſelben zugeführten Ströme in Bewegung geſetzt werden, bedürfen alſo einer Sekundärdynamomaſchine nicht. Die Wirkung von Solenoiden gibt zwar keine günſtige Ausnutzung elektriſcher Kraft, allein ſie erlaubt einfache Maſchinenkonſtruktionen. Die nach dieſem Syſteme von Marvin angeordnete Maſchine zeigt Fig 25. Außer dem hin und her gehenden Kolben hat die Maſchine die Drallmutter mit dem Sperrrade, durch die der Kolben beim Rückzuge um etwa ein Sechſtel gedreht wird. Der Kolben beſteht aus drei verſchraubten Teilen; der mittlere Teil wird von dem ſich in den beiden Spulen bewegenden Eiſenkern gebildet, der durch ein Bronzeſtück, in das Gewinde eingeſchnitten ſind, nach hinten verlängert iſt; dieſe Verlängerung wird durch die Drallmutter geführt und ſchlägt beim Rückgang des Kolbens gegen eine Pufferbüchſe, die, in einer Feder gelagert, den Rückſtoß auffängt und teilweiſe für den Vorſtoß wieder nutzbar macht. Ein zweites Bronzeſtück iſt am andern Ende des Eiſenkernes befeſtigt und trägt die Bohrerbefeſtigung. Das Getriebe befindet ſich in einem Rohre, das waſſerdicht verſchloſſen iſt. Die Spulen ſind im Innern gegen den Kolben durch ein hartverlötetes Meſſingrohr abgedichtet.

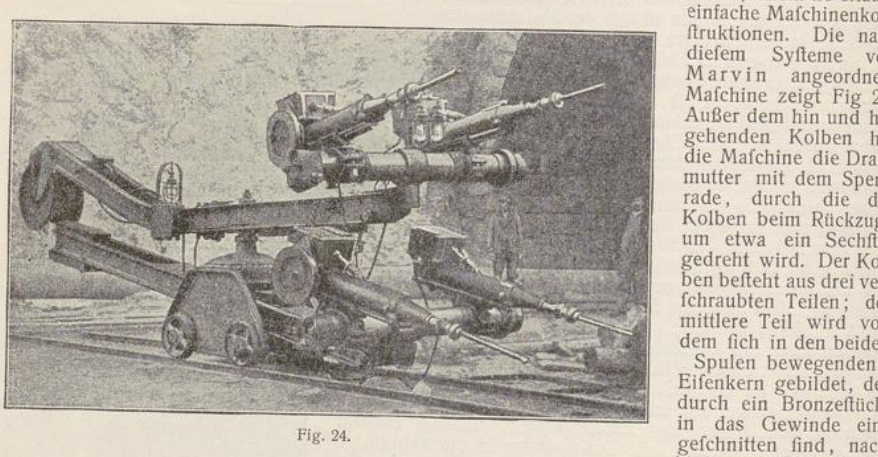


Fig. 24.

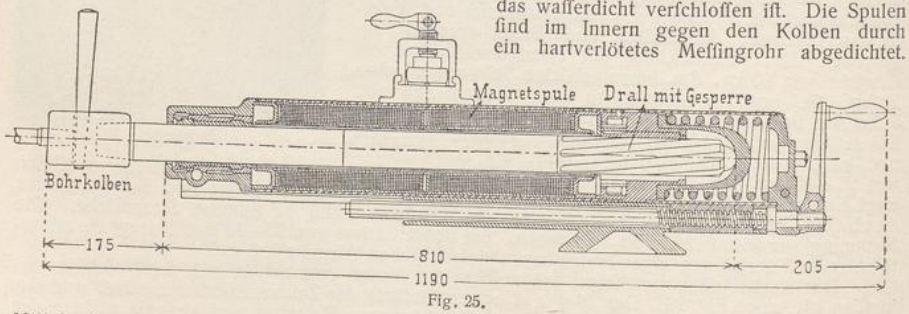


Fig. 25.

Mittels der Schraube und der Kurbel am hinteren Ende der Maſchine kann ſie nur etwa 50 cm vor- und rückwärts verſchoben werden. Die Maſchinen, die von der Union Elektrizitäts-Geſellſchaft in Berlin gebaut werden, haben Gewichte von 90—150 kg und werden in der Regel mit Spannſäulen, wie ſolche beim Stoßbohrmaſchinenbetrieb mit Druckluft

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

angegeben wurden, verbunden. Bohrmaschinen, Spannsäulen und Geräte werden auf einem Wagen untergebracht, um rasch zur Bohrstelle hin und von derselben abgefahren zu werden. Zur Bedienung einer Maschine genügen zwei Mann; das Aufstellen der Bohrmaschine und Spannsäule nimmt 15—20 Minuten in Anspruch. Die die Spulen durchlaufenden und hierdurch auch induzierten Ströme erhitzen dieselben in um so größerem Maße, je größer der Widerstand ist. Dieser Uebelstand tritt namentlich auf, wenn der stoßenden Bewegung der Maschine Hindernisse entgegenstehen, wie namentlich bei Klemmungen des Bohrers im Loche. Beobachtungen haben indes ergeben, daß die Veränderung des Wirkungsgrades keine beträchtliche ist. Da zum Antrieb der Maschine pulsierende Ströme verwendet werden, so ist eine genaue Bestimmung des Kraftverbrauches dieser Maschinen schwierig. Die Maschinen werden für Stromspannungen von 110—220 Volt gebaut.

Drehbohrmaschinen mit elektrischem Antrieb

sind mit spiralförmigen Bohrern nur im weichen Gestein tätig gewesen; für festes Gestein sind sie bisher noch nicht zweckmäßig gebaut. Zumeist ist das System Siemens & Halske zur praktischen Verwendung gelangt.

II. Sprengstoffe und Zündmittel.

Die Sprengarbeit wird in der Weise ausgeführt, daß in die Bohrlöcher Sprengstoffe verladen werden, die man durch verschiedene Zündmittel zur Explosion bringt.

Sprengstoffe.

Die Sprengstoffe sind in der Regel Explosivkörper, die unter bestimmten Bedingungen plötzlich eine große Gasmenge von hoher Temperatur entwickeln. Die Explosion ist als chemischer Prozeß aufzufassen, der größtenteils wieder in einer Verbrennung besteht, wobei der zur Verbrennung nötige Sauerstoff den Explosivstoffen selbst entnommen wird. Die meisten Explosivstoffe sind daher aus verbrennbaren kohlenstoffhaltigen und aus Sauerstoff abgebenden Körpern zusammengesetzt. Die rasche Sauerstoffabgabe wird dann vielfach durch Beigabe von dritten Körpern gefördert. Die Bedingungen für brauchbare Sprengstoffe sind:

1. Der verbrennbare Körper soll fein verteilt und leicht entzündlich sein, der Sauerstoff abgebende Körper den Sauerstoff schnell abgeben; eine innige Mischung beider Körper ist erforderlich, damit die Entzündung sich rasch fortpflanze.
2. Zu hoher Kohlenstoffgehalt ist wegen Entwicklung von Kohlenoxydgasen und Verminderung der Wärmemenge zu vermeiden.
3. Großes spezifisches Gewicht ist erwünscht, damit die Sprengstoffe kleinen Raum einnehmen und die Volumsvermehrung größer wird.
4. Unempfindlichkeit gegen Stoß und Schlag, chemische Beständigkeit, Unveränderlichkeit unter Wasser, Entwicklung von nicht gesundheitsschädlichen Gasen.
5. Pulverförmige oder plastische Form, um ein gutes Anschließen an die Bohrlochwandungen zu ermöglichen. Flüssige Form ist wegen der Gefahr des Verspritzens und Verziehens in Gesteinsspalten, und steife Form wegen ungenügenden Anschlusses an die Bohrlochwandungen zu vermeiden.

Die Sprengstoffe zerfallen in zwei Gruppen; die erste umfaßt die Sprengstoffe, bei denen der kohlenstoffhaltige Körper und der Sauerstoffträger mechanisch gemengt sind; zur zweiten Gruppe gehören solche, die einheitliche chemische Verbindungen darstellen.

Die Sprengstoffe der ersten Gruppe bestehen aus einem Gemenge von festen Körpern, wie Kohle oder Pflanzenstoffe mit Salpeter, Kaliumchlorat, Baryumnitrat, Blutlaugensalz u. s. w.; es gehören hierzu:

1. Schwarzpulver, bestehend aus 65—75% Kalisalpeter, 15—10% Schwefel und 20—15% Kohle. Sprengkraft und Preis nehmen mit Salpetergehalt zu. Gekörntes Schwarzpulver hat ein spez. Gew. von etwa 1,4, die Entzündungstemperatur liegt bei 250—300° C. Gepreßtes Schwarzpulver hat ein spez. Gew. von etwa 1,7; die Sprengwirkung des letzteren ist bei gleicher Zusammensetzung größer; allein die steife Form (hohle Zylinder) hindert den guten Anschluß an die unregelmäßigen Bohrlochwandungen, daher die Ausnutzung der Bohrarbeit.
2. Sprengstoffe, die außer Salpeter und Kohle entweder statt Schwefel oder nebst demselben andre Beimengungen, wie Baryumnitrat, Blutlaugensalz, Ferrosulfat, Kaliumnatriumnitrat, Schwefelantimon, Holzfaserstoff u. s. w. enthalten; sie sind unter den Bezeichnungen Haloxylin, Karboazotin, Saxifragin, Janit, Diorexin, Petroklastit u. s. w. bekannt, aber zu der großen praktischen Verwendung wie Schwarzpulver nicht gelangt.
3. Chloratpulver, die neben oder statt Salpeter Kaliumchlorat enthalten, sind wirksamer, aber auch empfindlicher, daher gefährlicher wie die Schwarzpulver.
4. Sprengstoffe, die aus einem Gemenge von Salpetersäure oder Salpeter oder Kaliumchlorat mit Nitroverbindungen der Kohlenwasserstoffe, wie Nitrobenzol, Nitronaphthalin, Petroleum und anderm bestehen, welche Bestandteile in der Regel erst unmittelbar vor dem Gebrauche gemengt werden, was ungefährlichen Transport ermöglicht. Es entstehen hierbei flüssige Sprengstoffe, wie Sprengels Explosivstoffe, Panklastite, Hellhofit u. s. w., die sich wegen der flüssigen Form für Gesteinssprengungen wenig eignen, oder breiige, pulverförmige Sprengstoffe, wie Rackarock, Karbonit, Sekurit, Bellit, Roburit, Kinetit u. s. w., die, wie namentlich das Rackarock (0,80 Kaliumchlorat, 0,20 Nitrobenzol), besonders in Nordamerika größere Verwendung gefunden haben.
5. Oxyliquid, ein Sprengstoff, bei dem flüssige Luft (Linde) als Sauerstoff abgebender und Kohlenstaub, Holzmehl, Petroleum u. s. w. als verbrennbare Körper verwendet werden, wobei das Petroleum vielfach durch Wolle aufgesaugt wird. Die Mischung muß

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

unmittelbar vor dem Gebrauch mit flüſſiger Luft von mindeſtens — 190° Temperatur erfolgen; ſie verliert raſch (15—20 Minuten) ihre Exploſionsfähigkeit, wegen Aenderung der Zuſammenſetzung der flüſſigen Luft, daher iſt dieſer Sprengſtoff zu Sprengungen im Tunnel-, Bergbau und bei Ingenieurbauten im allgemeinen nicht zweckmäßig.

Die Sprengſtoffe der zweiten Gruppe entſtehen durch Einwirkung von Salpeterſäure auf Alkohol, Baumwolle, Glyzerin, Stroh, Phenol, Phenolſulfoſäure u. ſ. w.; bei Herſtellung wird meiſt Schwefelſäure zugeſetzt, um das bei Bildung der Nitroverbindung freiwerdende Waſſer aufzunehmen und damit die Wirkſamkeit der Salpeterſäure länger zu erhalten. Da nur dreifach nitrierte Verbindungen hohen Sprengwert beſitzen, müſſen Nitrierungsdauer wie Temperatur entſprechend bemeſſen werden; es gehören hierzu:

1. Knallqueckſilber, entſteht durch Einwirkung von Salpeterſäure auf Alkohol und Queckſilber. Dieſer äußerſt empfindliche Sprengſtoff wird nicht unmittelbar, ſondern gemengt mit Salpeter, Kaliumnitrat, Schwefel, Schwefelantimon u. ſ. w. in ſchützenden Kupferhüllen, als Sprengkapſeln oder Zündhütchen, zur Entzündung andrer Sprengſtoffe (Detonationszündung) in ausgedehntem Maße verwendet und iſt in dieſer Form beim Sprengen zumeiſt unentbehrlich.

2. Schießwolle, entſteht durch Einwirkung von Salpeterſäure auf Baumwolle unter Zugabe von Schwefelſäure (Waſſerentziehung). Die flockige, im Ausſehen der gewöhnlichen Baumwolle gleichende Schießwolle eignet ſich wegen geringen ſpezifiſchen Gewichtes und Verluſtes der Exploſionsfähigkeit bei Durchnäſſung zur Geſteinsſprengung nicht; die gepreßte Schießwolle, die das Ausſehen von Pappe, ein ſpez. Gew. von 1,1 hat und in ſteifen Prismen oder Zylindern hergeſtellt wird, erlaubt nicht dichten Anſchluß an die Bohrlochwandungen; dagegen wird die gepreßte und gekörnte Schießwolle entweder rein oder mit Zuſätzen (Baryumnitrat, Kaliumnitrat u. dergl.) als Sprengſtoff (Tonit, Potentit) auch zum Geſteinsſprengen vielfach verwendet. — Die rauchloſen Pulver, die durch Löſung von etwa achtfach nitrierter Schießwolle in Aetheralkohol und Abdampfen, in Form einer feſten Haut entſprechend zerkleinert (Blättchen) erhalten werden, infolge ihrer ſehr vollkommenen Verbrennung keine feſten Rückſtände, daher keinen Rauch geben, finden wegen ihres hohen Preiſes zurzeit zu Geſteinsſprengungen kaum Verwendung.

3. Nitroglyzerin (Sprengöl) und Dynamite. Nitroglyzerin, ein ſehr wirkſamer Sprengſtoff, entſteht durch Behandlung des Glyzerins mit Salpeterſäure unter Zuſatz von Schwefelſäure (Waſſerentziehung), iſt eine gelbe, ölartige, giftige Flüſſigkeit von 1,6 ſpez. Gew., 180° C. Exploſionstemperatur und + 6 bis 8° C. Gefriertemperatur; es muß daher vor Verwendung bei dieſen Temperaturen aufgetaut werden. Die große Empfindlichkeit gegen Stoß und Schlag aber, ſowie die flüſſige Form (Verſpritzen und Verziehen in Geſteinsſpalten) veranlaßten das Aufgeben der flüſſigen Form des Nitroglyzerins zu Geſteinsſprengungen. Durch Mengung des Nitroglyzerins mit unverbrennlichen oder beſſer verbrennlichen Auflaugeſtoffen beſeitigt man die genannten Eigenſchaften und erhält ſehr wirkſame, zu Geſteinsſprengungen beſonders geeignete Sprengſtoffe, welche die allgemeine Bezeichnung Dynamite führen. Die Dynamite mit unverbrennlichen Auflaugeſtoffen (Kieſelguhr, Kalkguhr, Kreide, Magneſiumkarbonat u. ſ. w.) enthalten im günſtigſten Falle 75% Nitroglyzerin. Der unverbrennliche Auflaugeſtoff erzeugt nicht nur ſelbſt keine Gaſe, ſondern entzieht noch Wärme zur Verſchlackung, daher hat man ſich den Dynamiten mit verbrennlichen Auflaugeſtoffen (Kohle, Holzfaſer, Schießwolle, Kollodiumwolle, nitrierte Holz- oder Strohfaſer u. dergl.) zugewendet, die nicht nur ſehr wirkſame, ſondern auch meiſt wenig empfindliche, daher für die Geſteinsſprengung ſehr geeignete Sprengſtoffe (Celluloſedynamit, Rhexit, Sebaſtine, Petralit, Dualin, Palein, Titanit, Meganit, Dynammon, Sprenggelatine, Gelatinedynamit, Gummidynamit u. ſ. w.) ergeben.

a) Sprenggelatine wird erhalten durch Auflöſung von 8—10% Kollodiumwolle in 90—92% Nitroglyzerin als zähe, gelatineartige Maſſe von 1,5 ſpez. Gew., die ſehr unempfindlich gegen Stoß und Schlag und nur durch beſonders ſtarke Zünder zur Exploſion gebracht werden kann, Exploſions- und Gefriertemperatur ſowie die übrigen Eigenſchaften des Nitroglyzerins, beſitzt. Wegen nicht plaſtiſcher Form, größerer Koſten und ſchwieriger Exploſion findet es in der Geſteinsſprengung wenig Verwendung.

b) Gelatinedynamit beſteht aus 65% oder 45% gelatiniertem Nitroglyzerin (97,5% Nitroglyzerin, 2,5% Kollodiumwolle) und 35% oder 55% Zumiſchpulver (75% Salpeter, 24% Holzmehl, 1% Soda [Entſäuerung]), eine gelbbraune plaſtiſche Maſſe von 1,7 ſpez. Gew., die wegen des Salpeterzuſatzes vor Durchnäſſung zu ſchützen iſt, im übrigen die Eigenſchaften des Nitroglyzerins beſitzt und ausgedehnte Verwendung zur Geſteinsſprengung findet. Es werden auch ſchwer frierbare Gelatinedynamite durch Zugabe von Nitrobenzol (4—6%) erhalten. Auch die Ammonſprenggelatine, die aus 40—50% gelatiniertem Nitroglyzerin, 46—55% Ammonſalpeter, 3,5—5% gedörrtem Mehl und ½% Soda beſteht, ſowie das Gelatinekarbonit, das 25,3% Nitroglyzerin, 0,7% Kollodiumwolle, 6,9% Gelatine, 25,6% Chlornatrium, 41,5% Ammonſalpeter enthält, und andre gehören hierzu.

4. Pikrinſäure wird aus Phenol oder Phenolſulfoſäure und Salpeterſäure mit 1,6 ſpez. Gew. hergeſtellt; ſie wird entweder rein oder mit andern Stoffen (Salpeter, Kaliumchlorat, Holzmehl u. ſ. w.) vermengt oder mit 0,03—0,05 Kollodiumwolle gelatiniert (Melinit, Lyddit) gebraucht. Auch werden die pikrinſauren Salze, mit Salpeter, Kohle, Naphthalin vermengt, als ſogenanntes Pikratpulver verwendet. Die Pikrinſäureſprengſtoffe ſind zweckmäßig zu Sprengungen in dauernder Kälte, da ſie, bis etwa — 70° abgekühlt, ihre Sprengwirkung nicht verlieren.

Die Zündmittel.

Die Zündung der Sprengſtoffladungen erfolgt entweder durch unmittelbare Berührung derſelben mit brennenden oder glühenden Körpern oder mittelbar durch Exploſion leicht entzündlicher Sprengſtoffe; letztere wird auch Detonationszündung (Umſetzung des Stoßes

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

in Wärme von der Explosionstemperatur) genannt; sie ist zur Erreichung wirkungsvoller Explosion bei einer größeren Zahl von Sprengstoffen, wie bei den aus den Nitroverbindungen der Kohlenwasserstoffe sowie bei den aus Nitroglyzerin hergestellten erforderlich. Zur Detonationszündung werden meist Zündkapseln, das sind mit einem Gemenge von Knallquecksilber und Mehlpulver oder Schwefel, auch Salpeter oder Kaliumchlorat gefüllte Kupferhütchen von 0,2—1,5 g Zündsatz, gebraucht. Einige schwer explosible Sprengstoffe (Rackarock, Sprenggelatine, Kampfergelatine u. s. w.) erfordern noch außerdem Zündpatronen aus einem leichter explosiblen Sprengstoffe.

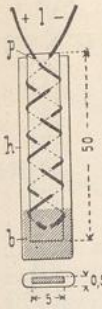


Fig. 29.

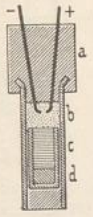


Fig. 28.

Die Zündung der Zündkapsel kann Schnurzündung oder elektrische Zündung sein.

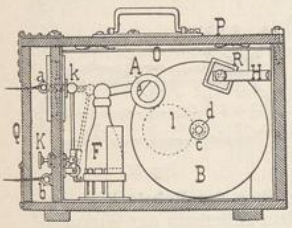
Zur **Schnurzündung** werden 4—5 mm starke röhrenförmige, auch wohl mit Alaun oder Bleizucker getränkte (Vermeidung der Verbrennung) Hanfschnüre mit etwa 2,5 mm starker Füllung von Mehlpulver verwendet, die durch Teer, Wachs, Asphalt, Kolophonium oder Guttapercha gegen Durchnässen geschützt werden und mit etwa 50—80 cm/Min. Geschwindigkeit brennen; die Zündschnüre *Z* (Fig. 26) werden in die Zündkapsel *K* und diese in die Zündpatrone *N* der Ladung gesteckt.

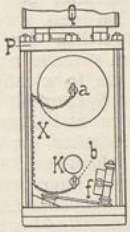
Fig. 26.

Fig. 27.

Zur **elektrischen Zündung** werden zwei Kupferdrähte verwendet, deren Enden in die Zündkapsel oder Zündmasse eingeführt werden.

Bei der Funkenzündung bilden die Enden der Drähte einen Spalt, der das Ueberspringen eines die Zündmasse zündenden Funkens ermöglicht; wie Fig. 27—29 zeigen, in denen *K* die Zündkapsel, *b* eine besondere Zündmasse (meist Kaliumchlorat und Schwefelantimon), *d* die Zündmasse der Kapsel, *c* eine Ausfüllung der Kapsel (Schießwolle) und *a* die Isoliermasse (Kolophonium, Asphaltmasse) bezeichnen. Bei den Zündern Fig. 29 werden die Drähte *l* durch einen Papierstreifen *p* durchgezogen und in eine mit Zündsatz *b* gefüllte Papierhülse *h* (gewachst) gesteckt. — Die Funkenzündung erfolgt meist durch Reibungsapparate (Bornhardt, Ebner, Kromer), die den Reibungselektrisiermaschinen ähnlich gebaut sind, oder seltener durch dynamoelektrische (Siemens, Bürgin, Smith) und magnetelektrische Maschinen (Magnetinduktoren Bréguet, Markus, Scola) mit Wicklung für hohe Spannung. Den Reibungsapparat Bornhardt zeigt Fig. 30, worin *B* die Glasscheiben, *R* die Reibungskissen, *F* die Leidenerflaschen, *A* die Auffangspitzen, *K* den Drücker zur Entladung, *k* den Entladungshebel,





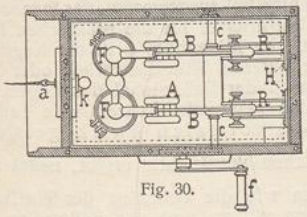


Fig. 30.

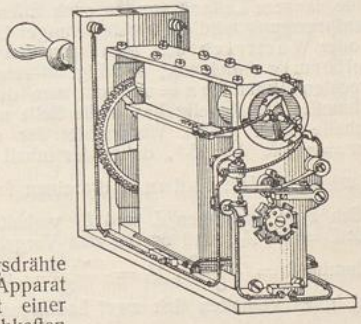
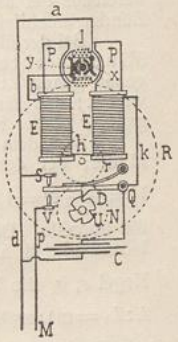


Fig. 31.



a und *b* die Anschlüsse der Leitungsdrähte und *f* die Kurbel bezeichnen. Der Apparat befindet sich in einem bei *O* mit einer Gummiplatte geschlossenen Zinkblechkasten und dieser wieder in einem Holzkasten *P*; er ist 54 cm lang, 27 cm breit, 40 cm hoch.

Den dynamoelektrischen Zündapparat von Siemens zeigt Abbildung 31. Der Anker *J* rotiert zwischen den Polen *P* der Elektromagnete *E*; die durch den Kommutator *x y* gleichgerichtet austretenden Ströme durchziehen in der Richtung *a s k b* die Drahtwindungen der Elektromagnete *E* und erhöhen die Induktion des Ankers. Dieser kurze Schluß wird so lange erhalten, bis Stromstärke und Spannung in *J* zur Zündung ausreichen, was nach mehreren Kurbelumdrehungen der Fall ist. Bei Unterbrechung des kurzen Schlusses bei *S* entsteht in *P* und *E* ein gleichgerichteter Oeffnungsextrastrom, der nach Herstellung des Schlusses *a d M p k h b* die Zündung der eingeschalteten Minen in *M* herbeiführt. Die Unterbrechung bei *S* und die Herstellung der Berührung bei *Q* wird durch Einfallen des Zahnes des Hebels *D* in eine Lücke des Rädchens *U* erreicht. Der Apparat kann bei langer Leitung 10 Zünder mit 0,5 mm Spaltweite zünden und wiegt etwa 25 kg.

Bei der Glühdrahtzündung werden die Enden der Kupferdrähte, die in der Zünd-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

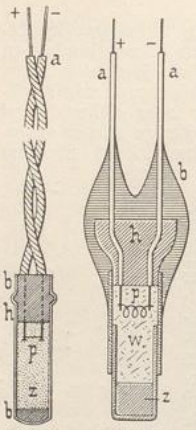


Fig. 32.

Fig. 33.

masse stecken, mit $^1/_{20}$—$^1/_{50}$ mm starken und 5—12 mm langen Drähten (Platin, Iridiumplatin, Neusilber, selten Stahl) verbunden, die bei Durchführung des Stromes erglühen, wobei die Zündmasse zur Explosion kommt. Solche Zünder zeigen Fig. 32 und 33. Die isolierten Kupferdrähte *a* werden in der Zündmasse *z* oder *w* durch einen geraden oder spiralförmigen Draht *p* verbunden, *b* und *h* bezeichnen Isolierungen und Abschlüsse der Sprengkapsel. — Zur Glühdrahtzündung werden in der Regel dynamoelektrische Apparate (Siemens, Bürgin, Smith, Keifer & Schmidt), seltener galvanische Batterien verwendet.

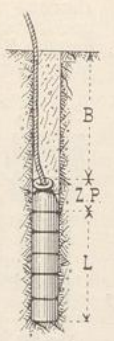


Fig. 34.

Fig. 35.

III. Minen und Sprengungen.

Die Sprengstoffe werden entweder in Bohrlöcher oder in größere Hohlräume (Kammern) verladen, oder auch nur frei auf das Gestein aufgelegt. Man unterscheidet hiernach Bohrlochminen, Kammerminen und Freiminen. — Im Erd- und Tunnelbau kommen nur Bohrlochminen in Frage, während im Steinbruchbetriebe auch Kammerminen zweckmäßig sein können.

Das **Laden der Bohrlöcher** erfolgt in der Weise, daß die Sprengmittel in Patronenform (Papier auch mit wasserdichten Ueberzügen) einzeln in das Bohrloch gebracht und in diesem so festgedrückt werden, daß das Bohrloch tunlichst ausgefüllt ist. Auf die Ladung *L* (Fig. 34 und 35) wird die Zündpatrone *ZP*, in der die Zündkapsel sich befindet, lose und vorsichtig aufgesetzt und sodann der übrige Teil des Bohrloches so mit Besatz *B* (Erde, Sand, Wasser, Papier) geschlossen, daß die Zündleitungen (Zündschnur oder Kupferdraht) nicht beschädigt werden. Der Besatz hat den Zweck, ein wirkungsloses Entweichen der Explosionsgase tunlichst zu vermeiden; er soll nie fehlen und ist um so wichtiger, je weniger brisant der Sprengstoff ist. Um die mit dem Laden und Zünden der Minen betrauten Arbeiter vor der Explosionswirkung zu schützen, sind die Zündschnüre um eine ihrer Brenngeschwindigkeit und der Rückzugzeit der Arbeiter angepaßte Länge über das Bohrloch zu verlängern; die Leitungsdrähte für die elektrische Zündung sind bis zu dem außerhalb des Wirkungsbereiches der Minen aufzustellenden Zündapparate zu führen; für die an die Kupferdrähte der Zünder anschließende, längere Leitung werden auch Eisendrähte (1—3 mm stark) gebraucht.

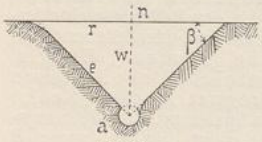


Fig. 36.

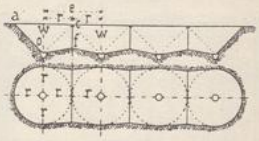


Fig. 37.

Bei der **Minensprengung** wird ein trichterförmiger Gebirgsteil ausgeworfen, der sogenannte Minentrichter oder Wurftrichter. Man kann den Wurftrichter für die praktischen Fälle genau genug kegelförmig annehmen, wie Fig. 36 zeigt. Im Minenherd *a* ist der Kegel erweitert; den senkrechten Abstand $an = w$ nennt man die kürzeste Widerstandslinie oder Vorgabe, *r* ist der Halbmesser des Kegelkreises, *e* die Seite und β der Basiswinkel des Kegels.

Der dem Inhalte nach größte Wurftrichter für eine bestimmte konzentrierte Ladung ist der, bei dem $w = r$, also $\beta = 45^0$, daher der Inhalt des normalen Wurfkegels etwa $V = \frac{\pi r^2}{3} w = 1{,}05\, w^3$ wird. Die Ladung, die einen solchen Wurftrichter ergibt, nennt man die normale. Da sich zwei Ladungen *L* und L_1 verhalten wie die Volumina der Wurfkegel *V* und V_1, d. h. $L : L_1 = V : V_1$, und da bei den Vorgaben *w*, w_1 und den Basisradien der Kegel *r*, r_1 die Volumina $V = \frac{\pi r^2 w}{3}$, $V_1 = \frac{\pi {r_1}^2 w_1}{3}$ und $\operatorname{tg} \beta = \frac{w}{r} = \frac{w_1}{r_1}$ werden, so folgt $L : L_1 = w^3 : {w_1}^3$, d. h. es verhalten sich zwei Ladungen für geometrisch ähnliche Wurfkegel wie die dritten Potenzen ihrer Vorgaben. Da $\frac{L}{w^3} = \frac{L_1}{{w_1}^3} = C$ ein konstanter Wert, der Ladungskoeffizient genannt wird, und für normale Wurfkegel $C = 1{,}05\, w^3$, so ist genau genug die erforderliche Ladung: $L = C\, w^3 = C \cdot V$.

Der Ladungskoeffizient *C*, der von der Gesteinsfestigkeit und von dem Sprengstoffe abhängig ist, wird aus Versuchen bestimmt, indem man mehrere Sprengungen im gleichen Gestein entweder mit gleichen Vorgaben *w* oder mit verschieden großen Ladungen *L* ausführt, oder indem man bei konstanter Ladung *L* die Vorgabe *w* ändert.

Die Ladeformel wird auch häufig geschrieben: $L = c\, d\, w^3$, worin *w* die Linie des kürzesten Widerstandes in Meter, *c* einen von der Festigkeit des Gesteins und der Art des verwendeten Sprengstoffes abhängigen Koeffizienten, *d* die Ziffer für ungenügende Verdämmung und *L* die Ladung in Kilogramm bezeichnen.

Bei Sprengarbeiten im Erd-, Tunnel-, Stollen- und Schachtbau werden die Minen zumeist in größerer Zahl nebeneinander, in Reihen oder Gruppen angeordnet; sind hierbei Abstand und

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Ladungsgrößen entſprechend gewählt, ſo können ſich die Minen in ihren Wirkungen gegenſeitig unterſtützen. — Bei vier Minen in einer Reihe (Fig. 37) im Abſtande $e = 2r = 2w$ wird bei entſprechender Ladung und gleichzeitiger Exploſion derſelben ein Wurfkörper erzeugt, der ungefähr $V_1 = 7w^3$ wird, während vier einzelne Normalminen einen Geſamttrichterinhalt von etwa $V = 4_1\,2w^3$ ergeben. Bei Gruppenbildung iſt die quadratiſche Anordnung der Minen die günſtigſte. Bei Anordnung von vier Minen nach Fig. 38 wird bei entſprechender Ladung und gleichzeitiger elektriſcher Zündung für $r = w$ ein Wurfkörper ſich ergeben von der ungefähren Größe $V = 9w^3$, während vier einzelne Minen einen ungefähren Inhalt $V = 4{,}2\,w^3$ haben.

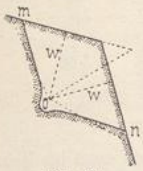


Fig. 39.

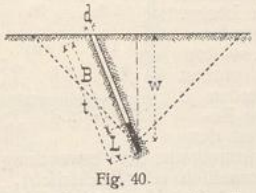


Fig. 40.

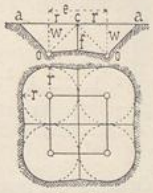


Fig. 38.

Werden die im Abſtande $e = 2r$ angeordneten Minen nicht gleichzeitig, ſondern nacheinander zur Exploſion gebracht, was manchmal zweckmäßig ſein kann, ſo bleiben die zwiſchen den Wurfkegeln befindlichen Geſteinsteile ſtehen und müſſen durch beſondere Minen entfernt werden. Um dies zu vermeiden, iſt im Falle nicht gleichzeitiger Zündung ungefähr $e = r$ zu wählen; wenn auch hierbei ein etwas kleinerer Wurfkörper erreicht wird, ſo überwiegen die Vorteile des geſchloſſenen Ausbruches und des geringeren Sprengmittelverbrauches.

Bei zwei ſich ſchneidenden freien Flächen (Fig. 39) wird für gleiche Vorgaben w ein einheitlicher Wurftrichter $m\,o\,n$ mit kleineren Ladungen erzeugt, wie in den vorher beſprochenen Fällen; es wird daher vorteilhaft ſein, ſolche Geſteinskanten bei der Sprengarbeit auszunutzen.

Die **Lage und Abmeſſungen der Bohrlöcher** hängen von der Beſchaffenheit des Geſteins und des verwendeten Sprengſtoffes ſowie von der Art ab, in der die Bohrlöcher hergeſtellt werden. Die zur Geſteinswand ſenkrechte Lage des Bohrloches ergibt deſſen kürzeſte Länge; da hierbei die Bohrlochachſe mit der Linie des kürzeſten Widerſtandes w (Fig. 40) zuſammenfällt, ſo beſteht hierbei aber die Gefahr wirkungsloſer Exploſion infolge vorzeitigen Hinauswerfens des Beſatzes B. Bei wenig wirkungsvollen Sprengſtoffen wird man daher den Bohrlöchern eine geneigte Lage zur Geſteinswand geben, die ſich der Senkrechten w um ſo mehr nähern kann, je wirkungsvoller (briſanter) der verwendete Sprengſtoff iſt. Bei briſanten Sprengſtoffen iſt der Beſatz nicht von der Bedeutung wie bei langſam verbrennenden, und da namentlich beim Bohren mit Maſchinen ſtärker geneigte Löcher zumeiſt unbequem, ja unausführbar ſind, ſo begnügt man ſich hierbei vielfach mit wenig von der Senkrechten zur Geſteinswand abweichenden Löchern. — Eine zu große Höhe L der Ladung iſt zu vermeiden; daher ſind briſante und ſpezifiſch ſchwere Sprengſtoffe, die einen kleinen Raum einnehmen, zu verwenden und die Weite d der Tiefe t des Bohrloches anzupaſſen; der letzten Bedingung läßt ſich nur teilweiſe Rechnung tragen, da die Weiten und Tiefen der Löcher von der gewählten Bohrmethode abhängig ſind. Beim Handbohren ſind die Abmeſſungen der Löcher verhältnismäßig klein, beim Maſchinenbohren werden ſie größere Tiefen und Weiten erhalten. Tiefe Bohrlöcher ſind bei entſprechender Weite d vorteilhaft wegen geringerer Koſten und kleineren Zeitverluſtes beim Anſetzen ſowie beim Aufſtellen und Abnehmen der Maſchinen. Wenn die Weite d der Tiefe t nicht entſpricht, ſo bleiben bei der Sprengung große Säcke oder Büchſen, alſo Bohrlochteile, ſtehen, die nicht ausgenutzt werden. Es wäre erwünſcht, die Ladungshöhe $L \leqq 5\,d$ und $L \leqq {}^1\!/_4\,t$ zu machen; allein dieſe Verhältniſſe können nur bei wenig tiefen Bohrlöchern eingehalten werden. Da nun vielfach, wie namentlich im Erd- und Tunnelbau, im Intereſſe raſcher Beſeitigung des Ausbruches auch eine ſtarke Zerkleinerung des Geſteins gewünſcht wird, ſo wird eine Ladungshöhe $L = {}^1\!/_4\,t$ bis ${}^3\!/_4\,t$ gewählt.

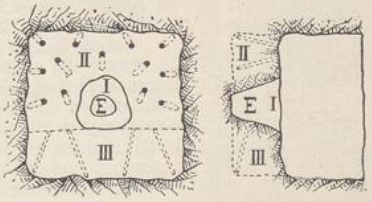


Fig. 41.

Sprengungen im Tunnel.

Im Tunnelbau kommen in der Regel bei Verwendung briſanter Sprengſtoffe, je nach der Lage des Loches und Art des Geſteins, nachſtehende Abmeſſungen der Bohrlöcher zur Anwendung:

Bohrart	Tiefe t Meter	Weite d Millimeter
Einmänniges Bohren	bis 0,9	20—35
Zweimänniges Bohren	„ 1,2	25—45
Stoßbohrmaſchinen	„ 1,6	25—55
Drehbohrmaſchinen mit Kernbohrern . . .	„ 2,0	45—85

Die Anordnung der Bohrlöcher wird dem Zwecke der Arbeit ſowie der Bohrart entſprechend zu treffen ſein. Bei Handbohrung laſſen ſich die Löcher zumeiſt in einer für die Sprengwirkung günſtigeren Weiſe anordnen als bei Maſchinenbohrung. Bei Herſtellung von Stollen und Schachten wird es bei Handbohrung im gleichartigen Geſtein am vorteilhafteſten ſein, in der Mitte der Flächen, wo die Geſteinsverſpannung am größten iſt, einen Einbruch E herzuſtellen (nach Fig. 41), ſodann werden die Löcher der Gruppe II und ſchließlich die der Gruppe III gebohrt; bei Maſchinenbohrarbeit ſtellt man vielfach ſämtliche Löcher gleichzeitig her; die der Gruppe III können dann nicht vom Einbruche aus gebohrt werden.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Dem Bohrvorgange entſprechend erhalten die Löcher Neigungen von 10—20° zur Geſteinswand; ſie werden entweder gleichzeitig geladen und die Ladung in der Reihenfolge 1, 2, 3 nach Fig. 42 und 43 von der Mitte ausgehend (Einbruch) oder nach Fig. 44 und 45 von unten oder oben ausgehend oder nach Fig. 46 in ſenkrechten Reihen von der Mitte nach rechts und links gehend zur Exploſion gebracht. Auch ladet oder bohrt man in einzelnen Fällen zunächſt nur die Löcher der Gruppe I und erſt nach Exploſion derſelben der Reihe nach die Löcher der folgenden Gruppen. — Im 4—8 qm großen Stollen werden je nach der Beſchaffenheit des Geſteins, des verwendeten Sprengſtoffes und der Bohrmethode, bei Verwendung von zwei bis ſechs gleichzeitig arbeitenden Stoßbohrmaſchinen (pneumatiſch oder elektriſch), 8—24 Löcher von 25—55 mm Weite und 1—2 m Tiefe hergeſtellt und bei Verwendung briſanter Sprengſtoffe (Gelatine, Dynamit) ein Stollenfortſchritt von etwa 3—6 m in 24 Stunden erzielt; bei Verwendung von zwei gleichzeitig arbeitenden Drehbohrmaſchinen (Bauart Brandt) werden 5—15 Löcher von 50—80 mm Weite und 1—2 m Tiefe hergeſtellt und hierbei in 24 Stunden ein Stollenfortſchritt von 3—7 m erreicht. Ein raſcher Arbeitsfortgang erfordert ſchleunigſte Fortſchaffung des Ausbruches; es liegen viele Vorſchläge vor, wie die Zeit für das Schuttern einzuſchränken ſei; dieſe ſchwierige Frage hat jedoch eine befriedigende Löſung beim Stollen- und Schachtvortrieb noch nicht gefunden.

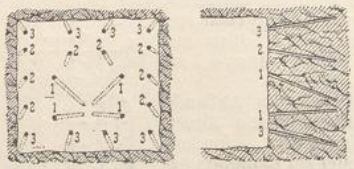


Fig. 42.

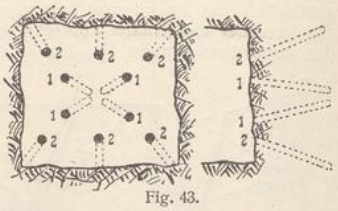


Fig. 43.

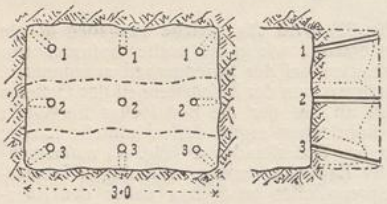


Fig. 44.

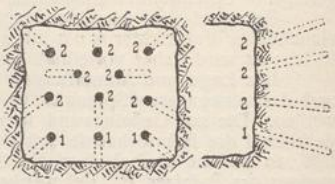


Fig. 45.

Auf der Oſtſeite des 10250 m langen Arlbergtunnels arbeiteten im 7—8 qm großen Sohlſtollen ſechs bis acht Stoßbohrmaſchinen Ferroux (Preßluft 2—4 Atmoſphären) auf einem Geſtell und bohrten in einem Angriffe 25—33 Löcher von 40 mm mittlerer Weite im quarzreichen und granatführenden Glimmerſchiefer; es wurden im Angriffe 1,4—1,7 m und in 24 Stunden 4—6 m Stollenlänge, bei 20 kg für das laufende Meter Dynamitverbrauch, erreicht.

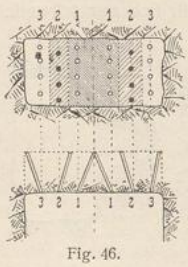


Fig. 46.

Auf der Nordſeite des 7970 m langen Karawankentunnels arbeiteten im etwa 6 qm großen Sohlſtollen vier elektriſche Stoßbohrmaſchinen Siemens & Halske (Kraftverbrauch 8 PS.) auf zwei wagerechten Spannſäulen und bohrten in einem Angriffe 9—15 Löcher von 1,6—1,9 m Tiefe und 40—45 mm mittlerer Weite im feſten dolomitiſchen Kalk; es wurde hierbei in 24 Stunden ein Fortſchritt von 4,5—5,5 m Stollen bei einem Dynamitverbrauch von 20—25 kg für 1 m Stollen erzielt.

Auf der Südſeite des 19730 m langen Simplontunnels arbeiteten im 6,5—6,75 qm großen Sohlſtollen vier Brandtſche Drehbohrmaſchinen (Preßwaſſer 80 Atmoſphären) auf wagerechten Spannſäulen und bohrten im Angriff 8—12 Löcher von 1,2—1,6 m Tiefe und 60—90 mm Weite im kalk- und granatführenden Glimmerſchiefer; es wurde hierbei in 24 Stunden ein Stollenfortſchritt von durchſchnittlich 6 m erreicht und für das laufende Meter Stollen 25—35 kg Dynamit verbraucht.

Sprengungen in Felseinſchnitten.

Bei Sprengungen in Felseinſchnitten im Straßen-, Eiſenbahn- und Kanalbau wird in der Regel bei geſchloſſenen Einſchnitten in Abſätzen vorgegangen, wie Fig. 47 zeigt. Die Höhe der Abſätze iſt vom Bohrbetriebe abhängig; die Löcher werden in Reihen *a*, *b*, *c* zweckmäßig mit Handſtoßbohrer oder mit Maſchinen auf Dreifußgeſtellen mit 1—2 m Tiefe und 20—40 mm Weite ausgeführt. Die Zündung der Minen erfolgt meiſt in größerer Zahl gleichzeitig auf elektriſchem Wege. Am vorteilhafteſten erſcheint die Sprengung von freier Wand (Fig. 48), wobei die Bohrlöcher *l* im Abſtande *a* von der ungefähr ſenkrechten Wand und dieſer parallel hergeſtellt werden. Vom Abſtande *a* der Tiefe des Bohrloches *t*, der Art des Sprengſtoffes und der Feſtigkeit des Geſteins wird die erforderliche Menge des Sprengſtoffes auf Grund einiger Beobachtungen zu ermitteln ſein. Das Stehenbleiben von Büchſen oder Pfeifen (Bohrlochteile) würde zeigen, daß Abſtand *a*, Tiefe *t*, Sprengſtoffmenge

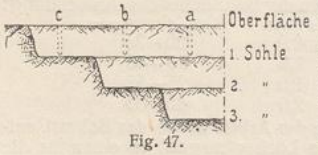


Fig. 47.

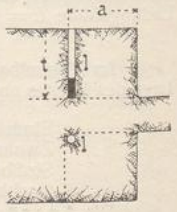


Fig. 48.

und Feſtigkeit des Geſteins nicht im richtigen Verhältniſſe ſtehen. Bei ſehr tiefen Felseinſchnitten hat man auch die Löcher mit Maſchinen auf volle Einſchnittstiefe gebohrt, ſie mit Sand wieder verfüllt und dann von oben nach abwärts ſtückweiſe auf ſolche Höhen vom Sande freigemacht, mit Sprengmittel geladen und die Ladung zur Exploſion gebracht, bei denen eine gute Sprengwirkung zu erwarten war. Hierdurch konnte die Bohrarbeit ohne Unterbrechung fortgeſetzt und erheblich verbilligt werden.

Bei der Herſtellung des Felseinſchnittes für den Kanal von Korinth (Kreide, Konglomerate) hat man mit Bohrmaſchinen 50—60 m tiefe, 85—90 mm weite Löcher hergeſtellt, dieſe dann mit Sand verfüllt und die Sprengarbeit in vier Abſätzen von je 15 m Höhe und 3 m Breite ausgeführt. Den Sand entfernte man aus dem Loche auf die verlangte Höhe durch beſondere Sandbohrer.

Sprengungen in Steinbrüchen.

Im Steinbruchbetriebe kommt es in vielen Fällen darauf an, größere, wenig zerriſſene, für die Herſtellung von Mauerwerk oder Steinſchüttungen brauchbare Steine zu gewinnen; daher werden in ſolchen Fällen die tiefer herzuſtellenden Löcher mit weniger briſanten Sprengſtoffen ſchwach, vielfach noch mit Schwarzpulver geladen. Auch erweitert man hierbei 3—5 m tiefe Bohrlöcher am unteren Ende ſackartig (Fig. 49) entweder mit Hilfe beſonderer Bohrwerkzeuge oder mit flüſſigen Säuren (im kalkigen oder dolomitiſchen Geſtein) oder beſſer durch kleine Mengen briſanter Sprengſtoffe (Dynamit). Der Sack *S* wird dann mit einem weniger briſanten Sprengſtoff geladen und mit Zündſchnur oder elektriſch gezündet. Infolge der tiefen Lage der konzentrierten Ladung wird das Geſtein in großen Stücken gelockert und gehoben, aber nicht zerkleinert und weniger zerriſſen, auch nicht fortgeſchleudert.

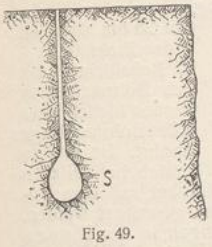


Fig. 49.

Um große Werkſteine zu gewinnen, werden Geſteinsbänke oder -wände durch Stollen, die in der angegebenen Weiſe geſprengt werden, unterhöhlt, ſo daß die Wände infolge des großen Eigengewichtes fallen; hierbei iſt die Gefahr des Zerreißens größerer Werkſtücke ziemlich vermieden.

Für die Steingewinnung in großen Mengen, namentlich für ausgedehnte Waſſerbauten, Ufer- und Pfeilerſicherungen und beſonders für die Schüttung von Hafendämmen in den ſüdlichen Häfen des Mittelmeeres, werden zweckmäßig die ſogenannten Rieſenminen verwendet, die eine ſehr billige Steingewinnung ermöglichen. Es werden hierbei große Mengen briſanter Sprengſtoffe (1000—10000 kg) in einem entſprechend großen und richtig angelegten Hohlraume (Minenkammer) vereinigt und nach guter Verdämmung der Zugänge durch Mauerwerk, Sandſäcke, Erde u. dergl. mittels elektriſcher Zündung zur Exploſion gebracht. Durch ſolche einmalige Exploſionen wurden bedeutende Maſſen (10000—20000 cbm) Steine mit ſehr geringen Koſten (unter Umſtänden nur 0,10 ℳ für 1 cbm) gelöſt. Die Herſtellung einer Minenkammer (Stollenausbruch) erfordert verhältnismäßig wenig und leichte Bohrarbeit; die Ladung und Zündung wird für eine große Menge Sprengſtoff nur einmal vorgenommen und der Wirkungsgrad der Exploſion iſt ein günſtiger.

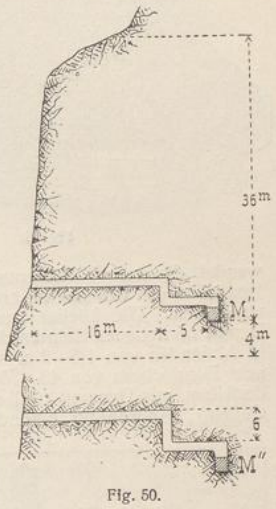


Fig. 50.

Fig. 50 zeigt Schnitt und Grundriß der Rieſenmine von Vado, für die Steingewinnung des Hafens von Savona. Die Minenkammer *M'*, *M''* wurde mittels eines 21 m langen Stollens von 2 m Höhe und 1,5 m Breite erreicht; in der Minenkammer wurden 3000 kg Dynamit in paraffinierten Säcken von 20 kg Inhalt verladen. Der Stollen wurde dann vorerſt mit Sandſäcken und am Schluſſe mit einer 2,5 m ſtarken Zementmauer geſchloſſen. Die Zündung erfolgte elektriſch. Die Maſſe des hierdurch losgetrennten Geſteins (Serpentin) wurde auf 15000 bis 20000 cbm geſchätzt.

Aehnliche, auch wohl kleinere Rieſenminen kamen für die Gewinnung großer Steinmaſſen für die Schüttung großer Dämme in den Häfen von Marſeille, Trieſt, Fiume, Genua ſowie in den großen Kalkſteinbrüchen von Rüdersdorf, Lafarge du Teil, Glendon, auch wohl zur Herſtellung großer Bahneinſchnitte, wie am Sprechenſtein an der Brennerbahn, in Cerbére an der Pyrenäenbahn u. ſ. w., zur Ausführung.

Sprengungen unter Waſſer.

Die Geſteinſprengungen unter Waſſer erfolgen entweder durch frei auf das Geſtein gelegte briſante Sprengſtoffe, durch in Bohrlöcher verladene Sprengſtoffe oder durch Anordnung größerer Stollenanlagen und Minenkammern in dem wegzuſprengenden unter dem Waſſer liegenden Felſen. Bei Sprengungen mit frei aufgelegten Ladungen nach der Methode Lauer erzeugen die zur Exploſion gebrachten Sprengſtoffe Trichter, deren Größe von der Dichte des Geſteins, dem Umfange der Ladung und der Höhe der Waſſerſäule abhängig iſt und die wegen der Verſpannung des Geſteins durch nachfolgende Ladungen nur bis zu einer beſtimmten, nicht überſchreitbaren Grenze vertieft werden können; auch iſt ſelbſt im Strome mit größerer Waſſergeſchwindigkeit nicht zu erwarten, daß das gelöſte Geſtein der erſten Sprengung ſo vollſtändig weggeſchwemmt wird, daß die folgenden Sprengungen hierdurch nicht behindert werden. Wenn daher bei dieſer Methode das oft mühſame und koſtſpielige Bohren von Löchern

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

unter Waſſer vermieden wird, ſo iſt der Sprengmittelverbrauch doch ein ſo großer und der Arbeitsfortgang ein ſo langſamer, daß von dieſem Verfahren wohl nur ausnahmsweiſe, wie für das Abſprengen einzelner Felsſpitzen, nicht aber zur Beſeitigung ausgedehnter Felsbänke Gebrauch gemacht werden kann.

Es iſt daher zweckmäßiger, die Sprengſtoffe in Bohrlöcher zu verladen, die entweder von der Oberfläche des Waſſers aus mit Hilfe von feſten oder ſchwimmenden Gerüſten (Bohrſchiffen) oder zwiſchen Fangdämmen, in Taucherglocken (Taucherſchiffen) oder in Senkkäſten gebohrt werden. Auch hat man verſucht, die Löcher mit einer am abzuſprengenden Grunde unter Waſſer aufgeſtellten und durch einen Taucher bedienten Bohrmaſchine herzuſtellen.

Bei den Felsſprengungen im Rheine zwiſchen Bingen und St. Goar verwendete man auf Schiffen angeordnete Taucherſchächte, in denen Bohrmaſchinen aufgeſtellt und die Löcher im Trockenen, im feſten Grauwackenſchiefer mit Quarzeinlagen und im Quarzit gebohrt und etwa 1 m unter die Normalſohle gebracht und mit je 1 kg Dynamit geladen wurden. Auf die von der Taucherglocke, die ungefähr 84 t wog, überdeckte Fläche von 25 qm entfielen durchſchnittlich 15 Bohrlöcher; mit ſechs Bohrmaſchinen wurden täglich etwa 100 m Bohrlochlänge erbohrt. Bei drei in Betrieb befindlichen Taucherſchächten konnte hierbei auf eine tägliche Leiſtung von 130 cbm gerechnet werden.

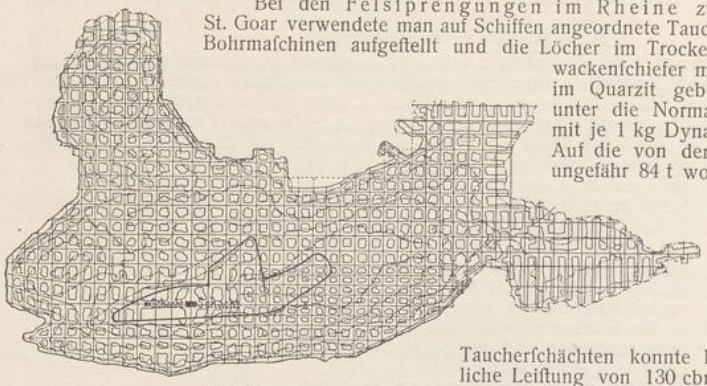


Fig. 51.

Für die Felſenſprengungen in der Donau am Eiſernen Tor wurden Bohrſchiffe verwendet, die nach Verankerung auf vier Füße geſtellt werden konnten, um ſie den bewegenden Einflüſſen des Stromes zu entziehen und die Schwankungen der Bohrer während der Arbeit zu vermeiden. Die Löcher wurden von vier auf dem Schiffe in einer Reihe aufgeſtellten mit Dampf betriebenen Bohrmaſchinen (Bauart Ingerſoll) auf einer geraden Linie von 16 m Länge in Abſtänden von 1,5—2 m ſenkrecht hergeſtellt. Nach Fertigſtellung einer Gruppe von etwa acht Bohrlöchern von 40—75 mm Durchmeſſer und 2—2,5 m Tiefe (Granit und Quarz), Ladung derſelben mit Dynamit (Celluloſedynamit, Gelatinedynamit 0,5—0,75 kg für 1 cbm geſprengtes Geſtein), Anordnung beſonderer Sicherheitszünder und der Zündleitung wurden die Füße

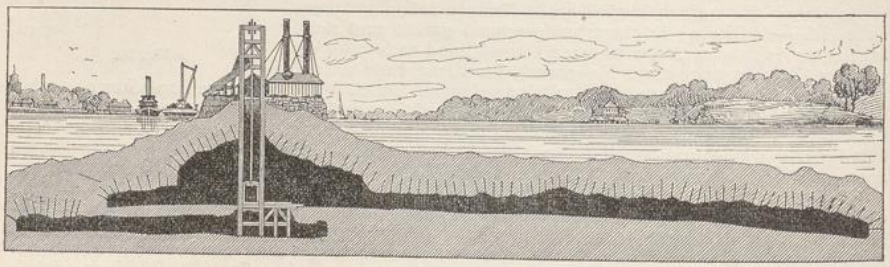


Fig. 52.

gehoben, die Ankerketten gelüftet und die Schiffe auf 70—100 m Entfernung abgefahren, worauf die Sprengung elektriſch erfolgte. Beſondere Sicherheitszünder waren erforderlich, weil die Beobachtung gemacht wurde, daß der aus den Bohrmaſchinen ausſtrömende Dampf eine größere Menge Elektrizität entwickelte, die beim Zuſammentreffen ungünſtiger Umſtände in den Zündleitungen einen Strom von ſolcher Stärke erzeugte, daß bei den gewöhnlichen Zündern vorzeitige und unbeabſichtigte Zündungen der Minen vorkamen.

Große, ausgedehnte, unter Waſſer liegende Felsriffe von großer Höhe, die alſo auf beträchtliche Tiefe zu beſeitigen ſind, um tiefes Fahrwaſſer für die Schiffahrt zu ſchaffen, werden zweckmäßig unterhöhlt. Mit Hilfe eines Schachtes werden Stollen ausgeführt, die ſo tief liegen, daß zwiſchen Stollenfirſt und der Oberfläche des Riffes noch eine genügend ſtarke und dichte Felsſchicht verbleibt, damit Einbrüche oder ſtärkere Einſickerungen des Waſſers nicht zu befürchten ſind. Dieſe Stollen dienen zur unmittelbaren Aufnahme von Sprengſtoffen, oder es werden in deren Wänden Bohrlöcher oder Minenkammern zur Aufnahme der Sprengſtoffe hergeſtellt, durch welche die Beſeitigung der Felsdecke und der zwiſchen den Stollen verbleibenden Wandungen und Pfeiler zu erreichen iſt.

So wurde ein im Hafen von San Francisco der Schiffahrt hinderliches Riff, der Bloſſom Rock, etwa 5000 cbm groß, bis auf 7,5 m unter Ebbewaſſerſpiegel mit einer Geſamtladung von 30000 kg Schwarzpulver mit Hilfe elektriſcher Zündung geſprengt. In der Hafeneinfahrt von New York (Hell-Gate) mußten zur Sicherung der Schiffahrt mehrere Felsriffe

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

entfernt werden. Das eine davon, das Hallets-Point Riff, wurde durch 2200 laufende Meter Stollen, die allein eine Ausſprengung von 36000 cbm bedingten, unterhöhlt; die in Decke und Pfeiler verbleibenden 30000 cbm wurden ſodann mittels Rendrock- und Vulkanpulver, auch teilweiſe Dynamit und elektriſcher Zündung (Batterie von 960 Zinkkohleelementen), nachdem die Stollenräume vorher mit Waſſer gefüllt waren, geſprengt. Der Geſamtverbrauch an Sprengſtoffen wird zu rund 25000 kg angegeben.

Das andre Riff, der Flood Rock, aus einem von Quarzadern durchzogenen Hornblendegneis beſtehend, wurde, wie Grundriß (Fig. 51) und Schnitt (Fig. 52) zeigen, vorerſt durch ein Netz von 6600 m Stollen (etwa 3,5 m breit) mit einem Ausbruche von 60000 cbm unterfahren, die von einem über Waſſer mündenden Schachte (20 m) aus mit Hilfe von Bohrmaſchinen (Bauart Ingerſoll und Rand) ſo hergeſtellt wurden, daß eine Firſtdecke von 3—6 m Stärke verblieb. Die in Stollenfirſt und Wandungen (Fig. 53) in 1,2—1,5 m Abſtand 2,7 m tief gebohrten Löcher wurden mit in verlötete Kupferpatronen *P* gefülltem Rackarock geladen, auf das ſodann mit Knallqueckſilberkapſel verſehene Dynamitzündpatronen *z* ſo aufgeſetzt wurden, daß ſie noch etwas aus dem Bohrloche hervorragten. Sämtliche Ladungen wurden nach teilweiſer Füllung der Stollen mit Waſſer gleichzeitig elektriſch gezündet; man brachte deshalb die in die Leitung parallel eingeſchalteten Gruppen von je ſechs hintereinander geſchalteten Glühzündern *z'*, die, mit Dynamitpatronen P_1 verbunden, auf Querriegeln *H* im Stollen befeſtigt waren, zur Exploſion; infolge der Stoßwirkung explodierten gleichzeitig auch die aus den Bohrlöchern ragenden, mit der elektriſchen Leitung nicht verbundenen Dynamitzünd- und die darunter liegenden Rackarockpatronen. Zur Sprengung wurden 130000 kg Rackarock und Dynamit verwendet; die Maſſe des Abzuſprengenden betrug etwa 150000 cbm; wieviel hiervon wirklich geſprengt wurde, iſt nicht bekannt geworden. Zur Zündung diente eine Batterie von 60 Chromſäureelementen (mit je vier Kohlen- und drei Zinkplatten), und zwar ſchloß man deren Stromkreis mit Hilfe einer Dynamitpatrone, die durch eine Relaisbatterie zur Exploſion gebracht wurde, um die Batterie tunlichſt nahe der Sprengſtelle aufſtellen zu können. Der Erfolg dieſer großartigen Sprengung iſt hinter den Erwartungen zurückgeblieben, vielleicht deshalb, weil die für die Beſeitigung der ſehr mächtigen Stollendecke angeordnete Ladung zu gering bemeſſen war und auch die Stoßzündung ſtellenweiſe verſagte.

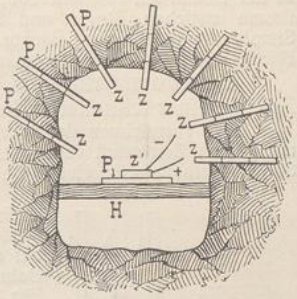


Fig. 53.

Eisſprengungen.

Auch Eisſprengungen werden mit Hilfe von Sprengſtoffen ausgeführt. Frei aufgelegte Ladungen briſanter Sprengſtoffe hatten natürlich beſſeren Erfolg nach ihrer Bedeckung mit Sand und Lehm; noch günſtiger wirkten ſolche, wenn ſie in Rillen verlegt und dann bedeckt wurden, wie dies bei den mit Dynamit ausgeführten Eisſprengungen in der Rhone bei Lyon geſchah. Durchbohrung der Eisdecke und Verſenkung der Sprengſtoffpatronen (1—3 kg) unter ſie in größerer oder geringerer Tiefe (0,3—1 m) je nach der Dicke der Eisſchicht, nach Art und Menge des verwendeten Sprengſtoffes, hatte den günſtigſten Erfolg. Die Sprengſtoffe müſſen mit waſſerdichten Hülſen verſehen ſein; bei Verwendung von Nitroglyzerinpräparaten ſind ſie auch gegen Einfrieren entweder durch raſche Handhabung oder durch Eintauchen in warmes Pech u. dergl. zu ſichern. In ähnlicher Weiſe ſind Eisſprengungen in der Weichſel und Oder, im Rheine, in der Rhone und in der Donau ausgeführt worden.

Literatur: Dolezalek, Tunnelbau, Hannover 1890; Roſiwal, Bohrarbeit, Zeitſchr. des öſterr. Ing.- und Arch.-Vereins, Jahrg. 1891; Riedler, Ueber Geſteinsbohrmaſchinen, Wien 1877; Derſ., Brandt, Hydrauliſche Geſteinsbohrmaſchine, Wien 1877; Dolezalek, Bemerkungen über Bohrmaſchinenarbeit im Gotthardtunnel, Zeitſchr. des Arch.- und Ing.-Vereins zu Hannover 1878; v. Grimburg, Die Drehbohrmaſchine Brandt beim Bau des Sonnſteintunnels, Zeitſchr. des öſterr. Ing.- und Arch.-Vereins, Wien 1878; Dolezalek, Firſtſtollenbetrieb im Gotthardtunnel, Lufttransmiſſion im Gotthardtunnel, Zeitſchr. des Arch.- und Ing.-Vereins Hannover 1880; Dolezalek, Der Krähbergtunnel, Zeitſchr. des Arch.- und Ingen.-Vereins Hannover 1881, 1882; Förſter, Kraftbedarf, Leiſtungen und Koſten bei den Ortsbetrieben mit Stoß- und Drehbohrmaſchinen, Jahrbuch für Berg- und Hüttenweſen in Sachſen, 1883; Schulz, Geſteinsbohrmaſchinen, Handbuch der Ingenieurwiſſenſchaften, Bd. 4, Leipzig 1885; Meißner, Der elektriſche Antrieb für Geſteinsbohrmaſchinen, Elektrotechniſche Zeitſchr. 1885; Mackenſen und Richard, Der Tunnelbau, Handbuch der Ingenieurwiſſenſchaften, Bd. 1, Leipzig 1887; Schrader, Die Anwendung der Geſteinsbohrmaſchinen beim Mansfelder Bergbau, Berlin 1889; Schedl, Elektriſche Drehbohrmaſchine im Salzberg Iſchl, Oeſterr. Zeitſchr. für Berg- und Hüttenweſen, Wien 1893; Drolz, Die elektriſchen Stoßbohrmaſchinen van Depoele und Marvin, Oeſterr. Zeitſchr. für Berg- und Hüttenweſen, Wien 1894 und 1896; Kinzer, Elektriſche Bohrung des Maßbachtunnels, Zeitſchr. des öſterr. Ing.- und Arch.-Vereins 1897; Siemens & Halske, Elektriſch betriebene Geſteinsbohrmaſchinen, Berlin 1900; Heubach, Elektriſche Solenoidbohrer für hartes Geſtein, Zeitſchr. des Vereins deutſcher Ingenieure 1901; Union Elektrizitätsgeſellſchaft, Elektriſche Geſteinsbohrung in Steinbrüchen, Toninduſtriezeitung 1902; Sorgo, Die Stoßbohrmaſchinen mit elektriſchem Antrieb der Siemens-Schuckert-Werke, Oeſterr. Zeitſchr. für Berg- und Hüttenweſen, Jahrg. 1904; Perl, Die elektriſchen Anlagen und Stoßbohrmaſchinen am Karawankentunnel, Zeitſchr. des öſterr. Ing.- und Arch.-Vereins, Jahrg. 1904; Nordenſtröm, Om Nitroglycerin haltiga Sprängämnen, Jern Rontorets Annaler, Stockholm 1880; Berthelot, Sur la force des matières explosives, Paris

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

1883; Dolezalek, Ueber Sprengmittel, Zeitſchr. des Arch.- und Ing.-Vereins Hannover 1887; Höfer, Nutzeffekt der Explofivs bei der Sprengarbeit, Wochenſchr. des öſterr. Ingen.- und Arch.-Vereins 1887; Chalon, Explosifs modernes, Paris 1889; Bornhardt, Ueber Zündelektrifiermaſchinen, Braunſchweig 1885; Burſtyn, Elektriſche Zündung, Zeitſchr. für Elektrotechnik 1886; Chalon, Le tirage des mines par l'électricité, Paris 1880; Zickler, Die elektriſche Minenzündung, Leipzig 1890; v. Reneſſe, Die elektriſche Minenzündung, Berlin 1891; Meyer, Beſeitigung der Verſager bei elektriſcher Zündung, Berg- und Hüttenmänniſche Zeitſchr. Glückauf 1901; Denker, Die elektriſche Zündung in Steinbrüchen, Gewerblich-techniſcher Ratgeber, Berlin 1903; Heiſe, Sprengſtoffe und Zündung der Sprengſchüſſe, Berlin 1904; Höfer, Beiträge zur Spreng- und Minentheorie, Oeſterr. Zeitſchr. für Berg- und Hüttenweſen, Wien 1880, 1881, 1882; Cimino und Verdinois, Unterſeeiſche Sprengungen, Engineering, London 1894; Oeſterr. Zeitſchr. für Berg- und Hüttenweſen, Wien 1894; Lauer, Zerſtörung von Felſen in Flüſſen, Wien 1892; Arnold, Die Regulierung der Donaukatarakte am Eiſernen Tor, Zeitſchr. des Vereins deutſcher Ingenieure und Zeitſchr. des Arch.- und Ing.-Vereins zu Hannover 1895; Rupcic, Die Felſenſprengungen in der Donau am Eiſernen Tor, Braunſchweig 1897; Unger, Die Felſenſprengungen im Rheinſtrome zwiſchen Bingen und St. Goar 1896, Zeitſchr. für Bauweſen 1897; Dolezalek, Der Simplontunnel, Deutſche Bauztg. 1899; Dolezalek, Der Gravehalstunnel, Deutſche Bauztg. 1900; Fiſcher, Der Bau des Karawankentunnels (Nord), Teplitz 1904. *Dolezalek.*

Bohrvorrichtungen, Hilfsmittel beim Bohren mancher Gegenſtände zum Zwecke einer ſchnelleren, bequemeren oder genaueren Arbeit.

Das Vorzeichnen der Bohrlöcher würde bei der Maſſenfabrikation mit großem Zeitverluſt verbunden ſein und der Genauigkeit entbehren. Sollen beiſpielsweiſe viereckige Arbeitsſtücke in genauer Entfernung mit zwei Löchern verſehen werden und dieſe Löcher Verſenkungen für Schraubenköpfe erhalten, ſo benutzt man vorteilhaft auf einer dreiſpindeligen Bohrmaſchine die Bohrvorrichtung Fig. 1. Dieſe beſteht aus einem ⌊-förmigen Körper *d*, auf

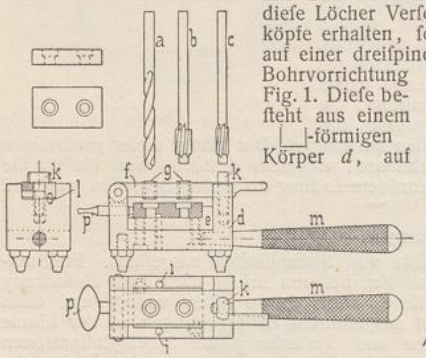


Fig. 1.

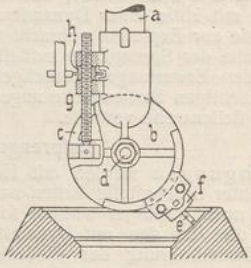


Fig. 2.

Fig. 3.

deſſen untere Fläche die aus Gußſtahl beſtehende gehärtete Auflage *e* aufgeſchraubt iſt. In dem Deckel *f* ſind harte geſchliffene Bohrbüchſen befeſtigt. Die Schraube *p* hält das Arbeitsſtück in der Längenrichtung, die Stifte *i* in der Seitenrichtung feſt. Durch die Schraube *k* wird der Deckel *f*, nachdem das Werkſtück in die Vertiefung gelegt iſt, gegen die Flächen *l* gepreßt. Die Vorrichtung ruht auf vier unten abgeſchliffenen Füßen. Zunächſt werden die Löcher mit dem Spiralbohrer *a*, der in den Büchſen *g* geführt wird, gebohrt, dann nach Aufklappen des Deckels *f* die Erweiterung für den Schraubenkopf mit dem Senker *b* hergeſtellt und endlich mit dem Zapfenfenker *c* das Loch für den Schraubenſchaft auf den richtigen Durchmeſſer gebracht. Bei dieſer Vorrichtung erhalten alle Löcher eine genaue Entfernung voneinander. — Fig. 2 iſt eine Bohrvorrichtung für kugelförmige Mulden von John Riddel in New York. An der Spindel *a* einer Bohrmaſchine iſt mittels einer Hülſe das Kopfſtück *b* befeſtigt. Eine zweite, gleichgroße, an *b* anliegende Scheibe *c* iſt um den Zapfen *d* drehbar angeordnet. Sie trägt die Klemmvorrichtung *f*, die am Umfange von *b* entlang verſchoben werden kann, aber ſeitlich keinen Spielraum hat. Der Drehſtahl *e* iſt am Zapfen *d* durch Unterlegſcheibe und Mutter feſtgehalten. Der Drehſtahl dreht ſich um die Spindel *a* in einem Kreiſe, deſſen Radius durch Drehung von *f* um den Zapfen *d* geändert werden kann. Die Einſtellung des Drehſtahles kann ſelbſttätig dadurch erfolgen, daß die Scheibe *c* durch die Spindel *g* gedreht wird, die mittels der Mutter *h*, die bei der Drehung mit Vorſprüngen an einen feſten Anſchlag ſchlägt, ihre Bewegung erhält. — Eine Bohrvorrichtung, die ſich überall leicht anbringen läßt, von Albert Stahl, Stuttgart, zeigen Fig. 3 und 4 (D.R.G.M. Nr. 122533). Der Spannrahmen hat zwei Augen

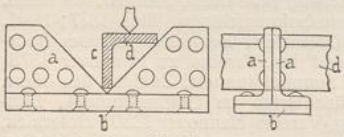


Fig. 5.

Fig. 4.

für die festen Enden zweier Spannketten und zwei winkelförmige Einschnitte für die Glieder der freien Kettenenden. Die Ketten werden um das Werkzeug geschlungen, in die winkelförmigen Einschnitte des Spannrahmens eingehängt und durch eine Schraube festgespannt. Durch dieselbe Schraube erfolgt der Vorschub des Bohrers.

Zum Bohren von Löchern in Winkeleisen dient eine Vorrichtung von Fr. Schreyer (D.R.P. Nr. 100499), Fig. 5. Die Unterlage besteht aus zwei Winkeleisen *a*, die zusammengenietet und an einer Grundplatte *b* befestigt werden. In den rechtwinkligen Ausschnitt *c* wird das zu bohrende Winkeleisen *d* gelegt. — Eine Vorrichtung zum Bohren von Stiftenlöchern in runden Zapfen ist in der Zeitschr. f. Werkzeugmaschinenbau 1897/98, S. 292, beschrieben, ebend. 1901/02, S. 270, eine Bohrvorrichtung für Eisenbahnschienen (D.R.G.M. Nr. 166706), und eine andre Schienenbohrvorrichtung, ebend. 1901/02, S. 43. Eine Bohrvorrichtung zum Bohren von Splintlöchern in schwer zugängliche Werkstücke enthält D.R.P. Nr. 144904, eine Vorrichtung zum Ausbohren von Löchern in Flanschen von schwer zugänglichen Wellen (D.R.P. Nr. 133161), eine Bohrschablone zur Herstellung von Bohrungen mit gemeinschaftlicher geometrischer Achse (D.R.P. Nr. 104855). *Dalchow.*

Bohrwinde, s. Bohrgerät.

Bohrwinkel, s. Bohrgestell.

Bohrwurm, ein Muscheltier (Teredo navalis), das in acht bis zehn Arten im Meerwasser vorkommt, sich in Holzwerk (hölzerne Reis, hölzerne Schiffe) einbohrt und dasselbe sehr rasch vollständig zerstört.

Man schützt die gefährdeten Teile, namentlich die hölzernen Schiffe unter der Wasserlinie durch Verkleidung mit Kupferblech. In Teakholz dringt er nur ungern ein, doch ist dasselbe zu teuer, um in allen Fällen Verwendung finden zu können. Imprägnieren des Holzes mit Kreosot gewährt keinen absoluten Schutz.

Boi, auch Boy, aus baumwollener Kette und wollenem Schuß gewebtes, haariges, als Futterstoff benutztes, tuchartiges Gewebe, auch dicke, weiche wollene Winterstoffe tragen diesen Namen; s. Tuchfabrikation. *Kraft.*

Boiled oil, englischer Name für gekochtes Leinöl, also Leinölfirnis, aber auch ein gut gewählter Name für einen aus England in Verkehr gebrachten Firnisersatz. *Andés.*

Bojen, auf der Wasseroberfläche schwimmende, mit einem leicht in die Augen fallenden Farbeanstrich versehene Körper.

Man benutzt die Bojen überall da, wo es gilt, einen bestimmten Punkt der Wasseroberfläche auf größere Entfernung hin kenntlich zu machen, sei es, um damit Untiefen zu bezeichnen oder ein Fahrwasser zu markieren (schwimmende Seezeichen), sei es, um den Ort eines gesunkenen Gegenstandes behufs Ermöglichung der Auffindung durch Taucher festzulegen. Diese Art Bojen sind ebenso, wie die zum Festmachen der Schiffe (an Stelle des Ankerns dieser) bestimmten, immer verankert, während die als Rettungsapparat (s. Rettungsbojen) dienenden unverankert schwimmen. Soweit die Bojen Seezeichen darstellen, heißen sie im amtlichen Sprachgebrauch „Tonnen". Als einfachste Bojenform findet man mit Leinen an versenkten Steinen befestigte Holzstücke, zuweilen werden auch leere Holzfässer zu Bojen benutzt. Die besseren kleineren bestehen entweder aus Kork, teils mit, teils ohne Segeltuchbezug (Ankerbojen), oder aus wasserdichten Eisenblechgefäßen. Sie besitzen gewöhnlich die Gestalt eines mit der Grundfläche zusammenstoßenden Konuspaares (Fig. 1) oder auch die eines Tönnchens. Die Korkbojen haben eine Tauwerkbestroppung, die ober- und unterhalb der Wasseroberfläche je ein Auge zum Befestigen des Anker- bezw. eines Einholtaues trägt, während bei den eisernen Bojen an Stelle dessen oben und unten je ein eiserner Ring eingelassen ist. Größere Bojen, die man in den verschiedensten Formen antrifft, sind ausschließlich aus starkem Eisenblech gefertigt und innen mit Versteifungen gegen den äußeren Wasserdruck versehen. Ihre Verankerung geschieht mittels starker Kette an richtigen Schiffsankern oder an sehr großen Steinen (Betonquadern bei Festmacherbojen). Die kleineren Bojen dagegen werden mit Leinen, zuweilen auch mit dünnen Ketten an rechteckigen, mit Handgriff versehenen Eisengewichten festgelegt. Will man einen über Bord gefallenen Gegenstand markieren, so bedient man sich der stets zur Hand befindlichen Rettungsbojen, die an eine Lotleine (mit Bleilot) gesteckt werden. — Bei den Festmacherbojen, die so viel Auftrieb besitzen, daß sie außer dem Gewicht der kurz ausgesteckten Schiffskette einige Menschen bequem tragen können, findet man häufiger, daß die Bojenkette durch den mit entsprechender zylindrischer Röhre versehenen Bojenkörper in der Mitte hindurchgeht und — mittels Bolzen am Ausraufchen nach unten und oben verhindert — gleich zum Aufstecken der Schiffskette dient. Bei Unterscheidung der Bojen nach ihrer Form richtet man sich stets nur nach der über Wasser sichtbaren Gestalt, und zwar zeigen:

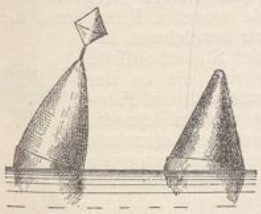


Fig. 2. Spitze Tonnen (Backbordseite).

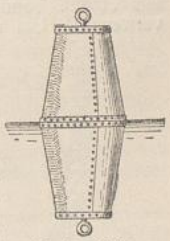


Fig. 1. Kleine eiserne Tonne.

a) spitze Tonnen eine Kegelform (Fig. 2) (mit oder ohne Abzeichen);

b) stumpfe Tonnen die Form eines stehenden, im oberen Teil (Fig. 3) wenig verjüngten, abgestumpften Zylinders (mit oder ohne Abzeichen). Stumpfe Tonnen ohne Abzeichen

Fig. 3. Stumpfe Tonne.

von fehr großem Durchmeſſer und weſentlich geringerer Höhe (Fig. 4) nennt man auch mitunter platte Tonnen;

c) Faßtonnen die Form eines Faſſes oder eines mit der gewölbten Seite nach oben gekehrten (Fig. 5), alſo liegenden Zylinders (ohne Abzeichen);

d) Kugeltonnen eine halbkugelförmige Geſtalt (Fig. 6) (mit Abzeichen);

e) Spierentonnen die Form einer Spiere (mit Abzeichen), (Fig. 7). Spierentonnen, die eine meiſt durch den Bojenkörper geſteckte, unten mit der Ankerleine (Bojereep) verbundene hölzerne Stange (mit Abzeichen) an einem nur wenig aus dem Waſſer ragenden Tonnenkeſſel (Fig. 8) tragen, nennt man auch Treibbaken (ſ. Baken);

f) Bakentonnen einen bakenförmigen Aufbau (Fig. 9) auf der eigentlichen Boje (mit Abzeichen), ſ. Baken. Zu dieſer Kategorie rechnen auch die Gas-, Heul- und Glockenbojen (ſ. unten).

Die erwähnten Abzeichen, auch Topzeichen (ſ. d.) genannt, ſpielen ebenſo wie der Farbeanſtrich eine große Rolle, um nicht nur die Bojen unter ſich, ſondern

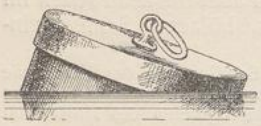


Fig. 4. Platte (Feſtmacher-) Tonne.

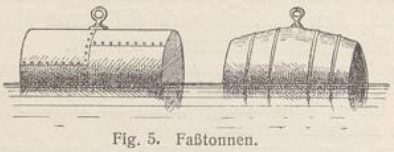


Fig. 5. Faßtonnen.

Fig. 6. Kugeltonne.

auch diejenigen einer Seite des Fahrwaſſers vor denen der andern kenntlich zu machen; anderſeits hängt auch die Bojenform direkt von dem Verwendungszweck ab. Nach dieſem unterſcheidet man: Rettungsbojen, Ankerbojen, Wrackbojen, Quarantänebojen, Telegraphenbojen, Feſtmacherbojen (Mooringbojen) und Fahrwaſſertonnen. Näheres über Rettungsbojen ſ. d. Zu Ankerbojen werden kleine rote (Backbordanker) und grüne (Steuerbordanker) Korkbojen benutzt; zu Wrackbojen grüne ſtumpfe oder ſpitze bezw. Faßtonnen mit der weißen Aufſchrift „Wrack“; zu Quarantänebojen gelbe, ſtumpfe, ſpitze oder Faßtonnen; zu Telegraphenbojen grüne Kugelbojen mit der weißen Aufſchrift „Telegraph“ oder einfach „T“. Dieſe Art Bojen dienen ſämtlich zur Kennzeichnung der Lage des Ankers, eines Wracks, einer Quarantäneſtation (abgegrenzter Liegeplatz) bezw. eines Telegraphenkabels (um das Beſchädigen desſelben durch Ankern zu vermeiden). Zu Feſtmacherbojen verwendet man rote, ſtumpfe, d. h. platte oder Faßtonnen, während zu den Fahrwaſſertonnen und den ſchwimmenden Seezeichen überhaupt alle Tonnenformen in den Farben Schwarz, Rot, Weiß, Schwarz-rot und Schwarz-weiß herangezogen werden. Zur Bezeichnung des Fahrwaſſers werden auf der bei der Einfahrt in einen Hafen rechten, der Steuerbordſeite „Spierentonnen“ (bei mehreren nebeneinander liegenden Fahrwaſſern ausnahmsweiſe auch „ſtumpfe Tonnen“, an der linken, der Backbordſeite, dagegen nur „ſpitze Tonnen“ und zur Kenntlichmachung der Mitte des Fahrwaſſers „Kugeltonnen“ verwendet. Um ein abzweigendes Fahrwaſſer, in dieſem liegende einzelne Riffe bezw. die Spitzen der in dasſelbe vortretenden Untiefen zu bezeichnen, benützt man Baken oder Bakentonnen. Die an der Steuerbordſeite eines Fahrwaſſers liegenden Tonnen ſind immer rot, die an der Backbordſeite befindlichen dagegen ſchwarz gemalt, während Fahrwaſſerzeichen, die an beiden Seiten paſſiert werden können, wie Mittefahrwaſſertonnen, und die zur Bezeichnung einzelner Riffe ſowie der Enden von Mittelgründen dienenden Bakentonnen einen ſchwarz und rot geſtreiften Anſtrich haben. Alle außerhalb des Fahrwaſſers, d. h. in See liegenden Bakentonnen ſind weiß gemalt; wenn die bezeichnete Untiefe eine Annäherung von allen Seiten auf geringe Entfernung zuläßt, alſo ſehr klein iſt, trägt die betreffende Boje einen ſchwarz und weiß geſtreiften Anſtrich. Der Name der jedesmaligen Untiefe iſt ganz oder abgekürzt auf der Boje zu leſen [1]. Bei andern Nationen ſind im allgemeinen dieſelben Farbeanſtriche bei Bojen üblich, doch findet man auch, ebenſo wie bei temporär ausgelegten Bojen (unſern Minenbojen) andre Farben und Farbenzuſammenſtellungen [2]. Natürlich ſind die Bojen hauptſächlich Tagesmarken, da man ſie in dunklerer Nacht, wenn man ſie nicht mit dem Scheinwerfer ſucht, nicht ſehen kann. Man hat jedoch, um beſonders wichtige, die Anfegelung eines Hafens erleichternde Bojen auch bei Nacht erkennen zu können, Gasbojen hergeſtellt. Dieſelben enthalten im Innern ein Quantum Fettgas, das für ein ca. viertel- bis halbjähriges, ununter-

Fig. 8. Treibbake.

Fig. 7. Spierentonne.

Fig. 10. Gasboje.

Fig. 9. Bakentonne.

brochenes Brennen bei Tag und Nacht ausreicht. Die eigentliche Laterne ruht auf einem bakenartigen Aufbau und ist aus so starkem Glase hergestellt, daß sie auch Brechern von Wellen standhält (Fig. 10) [3]. Am meisten benutzt sind die von Julius Pintsch, Berlin, konstruierten Gasbojen. (Die Einfahrt in den Suezkanal ist mit einer doppelten Reihe von Gasbojen versehen, die rotes und grünes Licht zeigen.) Um auch eventuellem Nebel Rechnung zu tragen, benutzt man an wichtigen Hafeneingängen Bojen, die ein akustisches Signal abgeben, Heul- und Glockenbojen, erstere an der Steuerbord-, letztere an der Backbordseite. Die den heulenden, weithin hörbaren Ton von sich gebende Pfeife befindet sich an der Spitze eines sehr hohen, massigen Bojenkörpers, die Glocke hängt in einem bakenartigen Aufbau desselben und wird letztere mittels mehrerer pendelnd aufgehängten Klöpfel beim Hin- und Herschwanken der Boje angeschlagen, die Pfeife dagegen beim Heben und Senken der Boje durch den bei letzterem entstehenden Luftdruck von unten angeblasen (s. Seezeichen).

Literatur: [1] Grundsätze eines einheitlichen Systems zur Bezeichnung der Fahrwasser und Untiefen in den deutschen Küstengewässern, Anlage zur bezüglichen Bekanntmachung des Reichskanzlers vom 31. Juli 1887 (Nachrichten für Seefahrer). — [2] Beaconage and buoyage of different nations, with two charts, S. A. Philipsen, Kopenhagen 1871. — [3] Pintsch, J., Berlin, Seewegmarkierung, 1890.

von Nieffen.

Bojereep ist ein Tau, das die schwimmende Boje mit dem auf dem Grunde liegenden Gegenstand, Anker, Stein u. s. w. verbindet.

Bokharagallen, s. Gerbstoffe.

Bol, s. Bolus.

Bollwerke, s. Bohlwände und Festungsbau.

Bolognamaschine, Rundkettenwirkstuhl meist kleineren Durchmessers.

Bolognefer Leuchtstein, s. Baryumsulfuret.

Bolometer (Strahlungsmesser). In die beiden Zweige einer Wheatstoneschen Brücke sind feine Streifen von Platin, Stahl oder Palladiumblech eingeschaltet; die geringste Erwärmung des einen Streifens hat einen Galvanometerausschlag zur Folge. Die Empfindlichkeit der Methode geht bis $^1/_{100000}{}^0$ C. Diese thermische Wage gestattet besonders, durch Verschiebung des Streifens im Spektrum die Wärmewirkung und selbst die Fraunhoferschen Linien im Infrarot zu bestimmen. Das Flächenbolometer unterscheidet sich vom Linienbolometer dadurch, daß statt eines eine große Zahl in einer Ebene parallel nebeneinander liegender, hintereinander verbundener Metallstreifen verwendet ist.

Literatur: [1] Svanberg, A. F., Pogg. Ann., 84, 1851, S. 411 ff. — [2] Langley, S. P., Chem. News, 43, 1881, S. 6 und 7. — [3] Lummer, O., und Kurlbaum, F., Wied. Ann., 46, 1892, S. 204 ff.

Aug. Schmidt.

Boltstichel (Pollstichel), s. Grabstichel.

Bolus, Bol, Lemnische Erde, Siegelerde, Terra sigillata, durch Eisenoxyd, nicht aber durch Eisenoxydhydrat rot gefärbte Tone von verschiedener Farbentiefe, als Schichten oder Lager im bunten Sandstein von ziemlicher Mächtigkeit, auch im Lias in Schichten vorkommend in der Oberpfalz, in Rheinpreußen u. s. w.

Mit Wasser aufgeweicht und mit Kalkmilch angerührt, dient er als rote Wasserfarbe; gebrannt, so daß der Ton fein Wasser verliert, kann er auch mit Oel angerieben werden. Weißer Bolus, Pfeifenton, eine fette Tonerde, dient ebenfalls als Wasserfarbe, dann aber auch, mit Wasser zu einem dicken Brei angerührt, zum Ausbringen von Fettflecken aus Holz- und Steinfußböden.

Andés.

Bolzen vermitteln als kurze runde Stifte die Verbindung von Bauteilen, in denen sie in der Richtung der Bolzenachse eingesetzt werden. Ihre Beanspruchung auf Biegung und Abscherung sowie durch den seitlichen Flächendruck ist wie bei Gabelzapfen zu behandeln.

Eiserne Splintbolzen, nach den Normalien der preußischen Staatsbahnen [1], sind mit rundem Kopf versehen und enthalten am andern Ende einen Splint (s. d.) mit Unterlagscheibe (Fig. 1) oder Splintring (Fig. 2) mit folgenden Abmessungen:

Schaftdurchmesser, gedreht . . .	$d=$	10	13	16	20	23	26	30	33	36	40	43	46	50	mm
Splintdurchmesser	$\delta=$	4	5	5	6	6	7	7	8	9	9	10	10	10	„
Entfernung vom Ende	$l=$	6	8	8	9	9	10	12	12	13	14	15	15	16	„
Desgleichen vom Mutterboden . .	$m=$	7	9	12	14	16	18	20	22	24	26	29	31	34	„
Höhe des Bolzenkopfes	$H=$	5	6	7	8	9	10	10	11	11	12	12	13	13	„
„ der Unterlagscheibe. . . .	$s=$	3	4	4	5	5	6	6	7	7	8	8	9	9	„
„ des Splintringes	$h=$	10	11	12	13	15	16	17	18	19	20	21	22	23	„
Durchmesser der drei letzteren . .	$D=$	16	22	26	32	36	40	44	48	52	56	60	64	68	„

Erscheint der Splint nicht ausreichend für die Sicherung des Bolzens, so kann man die Unterlagscheibe auf einem Absatz des Bolzens durch eine davorgeschraubte Mutter befestigen (Fig. 3). Wenn aber die Unterlagscheibe nicht am Bolzen selbst, sondern auf dem benachbarten Bauteil aufliegt (Fig. 4), so wird der Bolzen in diesem festgespannt, wobei entweder der Kopf oder der konische Schaft des Bolzens den Widerlagsdruck aufnehmen muß, z. B. an Kreuz-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

kopfbolzen (f. d.). Die Nietbolzen (Fig. 5) und Schraubenbolzen (Fig. 6) werden aus Rundeisenabschnitten durch Anstauchen des Kopfes in Gesenken von Hand oder in Schmiedemaschinen hergestellt [2]. Stehbolzen (f. d.) verbinden zwei Bauteile in bestimmtem Abstande voneinander. Ueber Lehrbolzen s. Meßwerkzeuge; s. a. Bänder und Gallsche Kette.

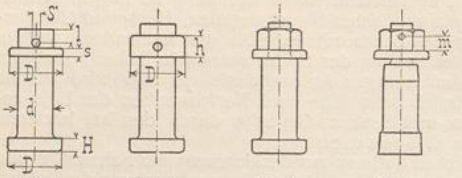


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3. Fig. 4. Fig. 5. Fig. 6.

Literatur: [1] Normalien der Betriebsmittel der preuß. Staatsbahnen, 1885, herausgegeben vom Verein „Hütte", Berlin, Taf. XIII, 2. — [2] Haedicke, Die Technologie des Eisens, Leipzig 1900, S. 236 f. *Lindner.*

Bolzendrehbank, s. Drehbank.

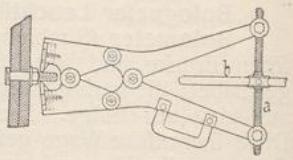
Bolzeneisen, achteckiges Stabeisen (s. d.).

Bolzengewinde oder Außengewinde, im Gegensatz zum Muttergewinde, das auf dem Schraubenbolzen eingeschnittene Gewinde. *Dalchow.*

Bolzenherstellung (Bolzenpresse), s. Metallbearbeitung.

Bolzenkupplung, s. Pressen unter Kupplungen für Pressen.

Bolzenschere, eine kräftige, zum Abschneiden von Schraubenbolzen, die nach der Montage von Brücken u. s. w. hervorstehen, bestimmte Schere.



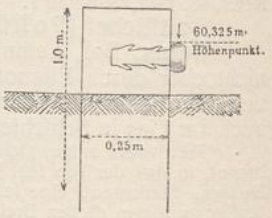
Die nebenstehende Figur zeigt eine Bolzenschere von W. Hellmich [1]. Die Spindel *a* ist mit Rechts- und Linksgewinde versehen und durch das Handrad *b* drehbar. Die Wirkungsweise geht aus der Figur hervor.

Literatur: [1] Zeitschr. f. Werkzeugmaschinen und Werkzeuge 1901/02, S. 390 (D.R.G.M. Nr. 168 604). *Dalchow.*

Bolzenschraube, s. Tunnelbau.

Bolzenschrotzimmerung, diejenige Schachtzimmerung, bei der die einzelnen Schachtgeviere nicht dicht aufeinander liegen, sondern in Zwischenräumen eingebaut werden. Zwischen die Geviere werden senkrechte Hölzer (Bolzen) eingesetzt. S. a. Grubenzimmerung. *Treptow.*

Bolzensteine, Steine von etwa 0,25 m Querschnitt und 1,0 m Länge, in die, wie in der Figur angedeutet, ein eiserner Bolzen (Nivellementsbolzen) zur Bezeichnung eines Nivellementsfestpunktes eingelassen ist. Bei der preußischen Landesaufnahme werden in dieser Weise in Abständen von 2 km längs Chausseen und Eisenbahnen die Festpunkte des Landeshöhennetzes bezeichnet. — Näheres s. Höhenmarke, Nivellieren. *Reinhertz.*



Bolzen- und Mutternhalter, bei Gewindeschneidmaschinen (s. d.) die Vorrichtung, in welche die Bolzen und Muttern mittels Klemmbacken fest eingespannt werden. *Dalchow.*

Bolzenverbindung, die Verbindung der Stabglieder einer eisernen Fachwerkskonstruktion mittels eines zylindrischen Bolzens.

Das Bolzengelenk ermöglicht eine Drehung der Stäbe um den Verbindungsbolzen, wie sie von den elastischen Formänderungen des Fachwerks herbeizuführen gesucht wird, und unterscheidet sich diese Verbindung hierdurch von festen Nietanschlüssen, die eine gegenseitige Verdrehung der Stäbe von vornherein ausschließen. Es sind jedoch auch bei einem Bolzengelenk Nebenspannungen nicht gänzlich vermieden. Es muß nämlich stets erst ein gewisser Reibungswiderstand überwunden werden, bevor eine Drehung um den Bolzen stattfinden kann. Bezeichnet P die Stabkraft, b die Breite, δ die Dicke des Stabes, d den Bolzendurchmesser (etwa $= {}^{3}/_{4}\, b$) endlich φ den Reibungskoeffizienten (etwa $= {}^{1}/_{6}$), so kann das auf das Stabende einwirkende Moment bis zur Größe $\varphi \frac{P d}{2} = \frac{1}{12} P d$ anwachsen, bevor eine Drehung des Stabes eintritt. Die im Stabe hierdurch hervorgerufenen Biegungsspannungen werden $\frac{1}{2} \frac{P}{b \delta} \cdot \frac{d}{b} = 0{,}37 \frac{P}{b d}$, d. h. die primäre oder Systemspannung im Stabe $\frac{P}{d b}$ kann durch die unvollkommene Wirkung des Gelenkes um 37 % vergrößert werden, bezw. das Gelenk fängt erst dann zu spielen an, wenn die Nebenspannung bis auf 37 % der Stabspannung angewachsen ist. So hoch steigt aber auch bei genieteten Fachwerken mit zentrischer Strebenbefestigung die Nebenspannung selten, so daß hiernach die Bolzenverbindung gegenüber der festen Vernietung in dieser Beziehung eigentlich

nichts voraus hat. Man könnte dagegen nur allenfalls geltend machen, daß ſich infolge der durch die bewegten Laſten erzeugten Erſchütterungen doch ruckweiſe Drehungen um die Gelenke vollziehen, wodurch ein Anwachſen des Reibungsmomentes und der von ihm hervorgerufenen Nebenſpannungen bis zu dem oben berechneten Betrage vermindert wird; dieſes Verhalten wird nur bei kleineren Brücken mit leichtem Ueberbau eintreten und hier infolge der großen Beweglichkeit auf die Erhaltung nicht beſonders günſtig wirken. Auch die amerikaniſchen Ingenieure ziehen es jetzt vor, Brücken von kleineren Weiten (etwa bis 50 m) nach europäiſcher Art (mit vernieteten Knoten) herzuſtellen [1]. Immerhin bleibt aber für die Bolzenbrücken noch ein großer Vorteil beſtehen, nämlich die Möglichkeit raſcher Aufſtellung ſelbſt bei Verwendung von ungeübten Arbeitern.

Direktor Gerber (Süddeutſche Brückenbauanſtalt) hat wohl verſucht, die Gelenkbolzenverbindung in einer der europäiſchen Konſtruktionsweiſe angepaßten Durchbildung auch bei einigen in Süddeutſchland gebauten Fachwerksbrücken in Anwendung zu bringen [2]; es hat ſich aber dieſes Konſtruktionsſyſtem für inländiſche Bauwerke gegenüber der hier üblichen Niet-

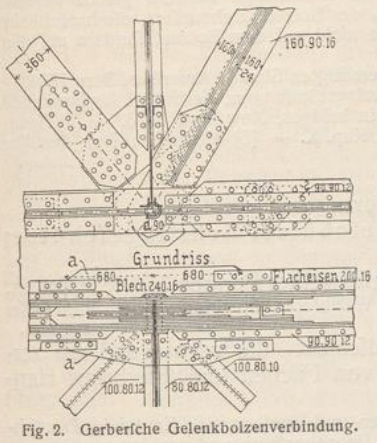


Fig. 2. Gerberſche Gelenkbolzenverbindung.

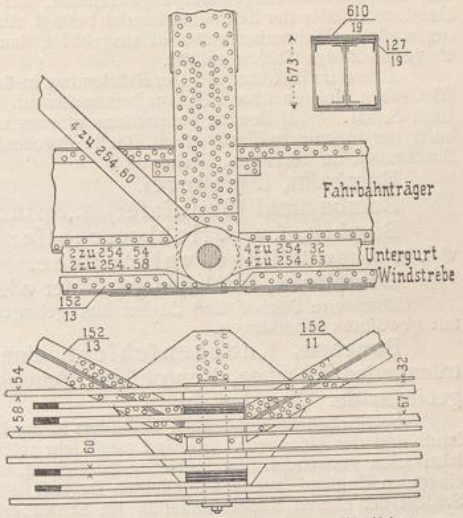


Fig. 1. Untergurtknotenpunkt eines amerikaniſchen Balkenfachwerkträgers von 134 m Spannweite.

verbindung nicht als konkurrenzfähig erwieſen, und es wird jetzt von der Brückenbauanſtalt der Nürnberger Maſchinenfabrik ſowie von der Geſellſchaft Harkort [5] nur für ſolche Konſtruktionen angewendet, die für eine weite Verſchickung beſtimmt ſind und wo es insbeſondere auf eine leichte, raſche und auch von ungeübten Arbeitern durchzuführende Aufſtellung ankommt. In Amerika wird aber an der gelenkartigen Konſtruktion der Knotenpunkte für große Fachwerke konſequent feſtgehalten. Ueber ihre Vor- und Nachteile wurden wiederholt kritiſche Betrachtungen angeſtellt und hierdurch ſeinerzeit Polemiken zwiſchen europäiſchen und amerikaniſchen Ingenieuren veranlaßt. Nach dem oben Bemerkten kann man als wichtigſten und unbeſtreitbaren Vorteil der Bolzenverbindung wohl nur die leichtere Aufſtellung gegenüber den Fachwerken mit feſter Nietverbindung gelten laſſen; bei der amerikaniſchen Konſtruktionsweiſe, wo die Zugſtäbe konſequent als Augenſtäbe (ſ. d.) ausgebildet ſind, tritt hierzu allenfalls noch der Vorteil, daß die gezogenen Stäbe an der Befeſtigungsſtelle keine Querſchnittſchwächung erleiden, wie dies bei der Nietverbindung der Fall iſt. Die Verminderung der Nebenſpannungen durch die Bolzengelenke unter eine gewiſſe Grenze iſt aber fraglich, und es iſt gerade mit den amerikaniſchen Konſtruktionen der Nachteil verknüpft, daß ſie lange Gelenkbolzen erfordern, die bedeutende Biegungsmomente aufzunehmen haben, und daß nur bei ſehr exakter Arbeit, wie ſie allerdings von allen beſſeren amerikaniſchen Brückenbauanſtalten geleiſtet wird, eine ziemlich gleichmäßige Spannungsverteilung auf ſämtliche Stäbe des Kettengurts zu erwarten ſteht. Ein weiterer Nachteil der amerikaniſchen Bolzengelenke bei Brückenfachwerksträgern iſt die verminderte ſeitliche Steifigkeit der Tragwände und mangelhafte Anbringung der Horizontalverſtrebung, in welcher Hinſicht die neueren amerikaniſchen Konſtruktionen (Fig. 1) allerdings einen Fortſchritt erkennen laſſen. Dieſen Nachteilen gegenüber bezeichnen die obenerwähnten Gelenkkonſtruktionen der deutſchen Brückenbauanſtalten (Fig. 2) inſofern eine Verbeſſerung, als daſelbſt möglichſt kurze Bolzen angewendet und die Gurtſtäbe überdies in der Ebene der Bolzenachſe durch Horizontalbleche *a*, die gleichzeitig zur Anknüpfung der Windſtreben dienen, miteinander verbunden ſind. Damit ſind allerdings wieder gewiſſe Vorzüge größerer Einfachheit der amerikaniſchen Knotenpunktsverbindungen, welche dort die konſequente Verwendung der Augenſtäbe im Gefolge hat, aufgegeben worden.

Bolzenverbindungen ſind übrigens dort am Platze, wo durch feſte Vernietung ausnahmsweiſe große Nebenſpannungen auftreten würden, wie in den Gelenkpunkten der Kragträger oder Hängefachwerksträger. — Bei der Berechnung des Bolzendurchmeſſers iſt die Scherkraft, der Stauchdruck und das Biegungsmoment in Rückſicht zu ziehen. Greifen mehrere Stabkräfte

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

nach verſchiedener Richtung am Bolzen an, ſo ermittelt man die Projektionen dieſer Kräfte auf zwei zueinander ſenkrechte, durch die Bolzenachſe gelegte Ebenen und beſtimmt in dieſen Ebenen die Scherkräfte Q_1 und Q_2 ſowie die Biegungsmomente M_1 und M_2. Die reſultierenden, den Bolzen beanſpruchenden Kräfte ſind alsdann $\sqrt{Q_1^2 + Q_2^2}$ und $\sqrt{M_1^2 + M_2^2}$. Die Stabkraft kann dabei über die Stabdicke gleichmäßig verteilt angenommen werden; bei dicken Stäben und verhältnismäßig dünnen Bolzen wird aber dieſe Annahme nicht zutreffen, eine ſtrengere Berechnungsweiſe [3] wird jedoch ſehr ſchwierig. Die Amerikaner verwenden zu den Bolzen mittelharten Stahl (4,0—4,5 t/qm Feſtigkeit) und laſſen eine rechnungsmäßige Biegungsſpannung von 1,2—1,4 t/qm zu. Mit dem Stauchdruck wird in Eiſen bis auf 1,5 t, in Stahl bis auf 1,8 t/qm gegangen. Die Beanſpruchung auf Abſcheren tritt bei den amerikaniſchen Knotenpunktsbolzen gegenüber den beiden andern Beanſpruchungsarten gewöhnlich in den Hintergrund. Da der zuläſſige Stauchdruck ungefähr gleich $^4/_3$—$^3/_2$ der zuläſſigen Zugſpannung geſetzt wird, ſo folgt, daß der Bolzendurchmeſſer mindeſtens gleich $^3/_4$—$^2/_3$ der Breite der Augenſtäbe gemacht werden muß, ſofern letztere nicht im Kopfe verdickt werden. Die Bolzen erhalten an den Enden Schraubengewinde angeſchnitten, auf welche ſechseckige Muttern geſetzt werden. Der Durchmeſſer der Schraubenſpindel beträgt etwa $^2/_3$ des Bolzendurchmeſſers, die Innenfläche der niedrigen Schraubenmutter iſt ausgehöhlt, damit ſie nicht auf dem Bolzen, ſondern auf den zu verbindenden Stäben aufſitzt.

Literatur: [1] Ritter, W., Der Brückenbau in den Vereinigten Staaten Amerikas, Bern 1894. — [2] Gerber, Notizen über Eiſenkonſtruktionen mit Gelenkverbindungen, Zeitſchrift für Baukunde 1882, S. 541. — [3] Bender, Proportions of pins used in bridges, New York 1873. — [4] Handbuch der Ingenieurwiſſenſchaften, Bd. 2: Brückenbau, Kap. X. — [5] Mehrtens, Der deutſche Brückenbau im 19. Jahrh., Berlin 1900.

Melan.

Bombaſin, ſ. Weberei.

Bombayhanf (Sunnfaſer), ſ. Spinnfaſern.

Bomben, ſ. v. w. Hohlgeſchoſſe; ſ. Geſchütze, Schiffsgeſchütze; vgl. a. Auswürflinge, vulkaniſche.

Bombieren, Herſtellen gewölbter oder geſchweifter Formen in Blechplatten. Bombierte Dächer ſind Dächer aus gebogenem Wellblech, bombierte Fäſſer ſind Fäſſer mit gewölbten Wandungen. *Dalchow.*

Bonebed, Knochenſchicht, eine Erdſchicht, die vorwiegend aus zertrümmerten Knochen, Koprolithen, Schuppen von Fiſchen und überhaupt Hartgebilden der Tiere beſteht.

Solche Schichten kommen beſonders in der Keuper- und Liasformation Englands, Deutſchlands und der Alpen vor. Sie ſind meiſt ſehr reich an Phosphorſäure und werden zur Düngerfabrikation verwendet. Im ſpeziellen bezeichnet man mit dem Namen Bonebed, entſprechend einem in England zuerſt aufgeſtellten Begriff, eine dünne, nur wenige Zentimeter mächtige Schicht der oberen Keuperformation (in Schwaben), die obengenannte tieriſche Ueberreſte in einer mergeligen oder ſandſteinartigen (Bonebedſandſtein) Geſteinsmaſſe enthält. *Leppla.*

Bonitierung. Bei dem Vollzug der Güterverlegung (Kommaſſation, Konſolidation, Feldbereinigung, Güterzuſammenlegung, Gemeinheitsteilung) werden die landwirtſchaftlichen Grundſtücke zur Erzielung beſſerer Lage und Form, größerer Komplexe, Durchführung eines geordneten Wegnetzes u. ſ. w. von ihrem bisherigen Platz verſchoben: es tritt ein Umtauſch ein. Für dieſen iſt nicht nur die Größe, ſondern auch der Wert der Stücke maßgebend. Das beſondere Verfahren der Wertsermittlung bei der Verlegung nennt man die Bonitierung.

Es ſollen z. B., um von dem einfachſten Fall auszugehen, die verworren durcheinander liegenden Grundſtücke (Fig. 1) des nebenſkizzierten Gewanns durch eine Verlegung beſſer eingeteilt und durch einen Weg zugänglich gemacht werden, ſo daß der neue Stand ſich etwa durch Fig. 2 darſtellen würde. Dabei kann man meiſt nicht jedem Beſitzer einfach für ſein altes Stück ein gleich großes neues zuweiſen. Denn wenn längs *a b* und längs *c d*

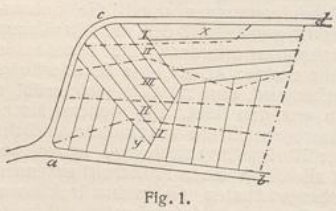


Fig. 1.

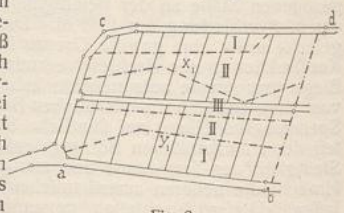


Fig. 2.

der Boden tiefgründig und ſehr gut, in der Mitte, in Richtung des neuprojektierten Weges, leicht iſt, alſo z. B. in den durch die geſtrichelten Linien abgegrenzten Bezirken I, II und III in einem ſolchen Verhältnis ſteht, daß in I das Ar 50, in II 40 und in III 25 Mk. wert iſt, ſo wäre eine Vertauſchung von x gegen x_1 oder y gegen y_1 unter Beibehaltung gleicher Größe eine ſchwere Benachteiligung. Der Beſitzer von x muß, wenn er ein Stück in der Lage von x_1 übernehmen ſoll, ein dem geringeren Bodenwert entſprechendes Mehrmaß erhalten.

Einer Grundſtücksverlegung muß alſo eine ohne Rückſicht auf die Eigentumsgrenzen vorgenommene Einſchätzung des Bodens in verſchiedene Klaſſen mit Feſtſetzung ſcharfer Klaſſengrenzen vorangehen. Hat man dann noch den Bodenwert der verſchiedenen Klaſſen für die

Flächeneinheit ermittelt, ſo kann man für jedes Grundſtück berechnen, wie viel Ar es in jeder Klaſſe hat und wie groß ſein Geſamtwert iſt. Das neu zugeteilte Stück muß denſelben Bodenwert darſtellen, wird alſo bei Zuweiſung von beſſerem Boden kleiner, bei Zuweiſung von geringerem größer werden. Man ſieht ſchon hieraus, daß eine ſolche Bonitierung ein ſehr ſchwieriges Geſchäft iſt, wenn es ſich um große Flächen, um ganze Gemarkungen handelt. Darum ſind auch in den Geſetzen und Verordnungen für die im Eingang genannten Geſchäfte jeweils ſehr umfaſſende Vorſchriften für die Bonitierung gegeben. Bezüglich der Klaſſenbildung ſind dieſe ziemlich alle gleich. Die zu dem Geſchäft beſtellten Sachverſtändigen haben die Flur zu begehen, den Boden durch Probelöcher zu unterſuchen und hiernach feſtzulegen, wo der beſte, wo der geringſte zu finden iſt und wie viele Abſtufungen anzunehmen ſind. Dabei ſind in erſter Reihe in Betracht zu ziehen die Beſchaffenheit der Ackerkrume ſowie des Untergrundes, ob lehmig, lettig, ſandig, kalkig oder kalkfrei, fein oder ſteinig, tiefgründig oder flach, naß oder trocken, und ferner die Lage des Bodens, eben oder ſteil, winterlich oder ſommerlich. — Die Feſtſtellung der Werte der einzelnen Klaſſen erfolgt meiſt nach dem Reinertrag; es wird der Rohertrag jedes Klaſſenmuſters ermittelt und die Produktionskoſten davon abgezogen. Dies geſchieht immer in Norddeutſchland, weil dort wegen der häufig vorkommenden Ablöſungen ohnehin Reinertragsberechnungen notwendig ſind. In Süddeutſchland wird oft neben dem Ertragswert auch der Verkehrswert, der Kaufpreis in Rechnung gezogen, indem man ermittelt, wie hoch ſich der Kaufpreis für die Flächeneinheit jedes Klaſſenmuſters ſtellen würde. Die Beteiligten, die gewohnt ſind, den Wert ihrer Grundſtücke nur nach der letzteren Art zu ſchätzen, werden hierbei weniger leicht irre an den Berechnungen der Sachverſtändigen. Beſondere Umſtände, Gefahr örtlicher Ueberſchwemmungen und Hagelſchläge, Beſchädigung durch Hausgeflügel bei der Nähe von Oekonomiegebäuden u. ſ. w. können den Wert gleich guter Böden verſchieden machen. Dagegen iſt die Entfernung vom Wohnſitz eines Güterbeſitzers ohne Einfluß auf die Schätzung, denn ein Stück, das aus dieſem Grund etwa für die Ortseinwohner minderwertig erſcheint, kann für entfernt liegende Höfe oder für Ausmärker um ſo wertvoller ſein. Ebenſowenig begründen vorübergehende Dinge, Obſtbäume, augenblickliche Bepflanzung oder der Düngungszuſtand die Einreihung in eine höhere Bodenklaſſe, als ſolche der natürlichen Bodenbeſchaffenheit entſpricht. Dieſe müſſen beſonders bewertet und durch Geldentſchädigungen ausgeglichen werden. Literatur ſ. unter Feldbereinigung. *Lubberger.*

Boomerpreſſe, ſ. Glättpreſſe.

Boort, ſ. Diamant.

Boot, Sammelname für alle zum Rudern und Segeln eingerichteten kleineren Fahrzeuge. Näheres ſ. Bootsbau. *T. Schwarz.*

Bootsausrüſtung umfaßt die für den Schiffsdienſt ſowie zum Rettungsdienſt erforderlichen Boote.

Nach den Unfallverhütungsvorſchriften der Seeberufsgenoſſenſchaft für Segelſchiffe und für Dampfer [1] ſowie nach den Vorſchriften des Board of Trade [2] muß jedes ſeegehende Schiff ſeinem Tonnengehalt entſprechend mit einer Anzahl gebrauchsfähiger Boote ausgerüſtet ſein, deren Zahl und kubiſcher Geſamtinhalt nach beſtimmten Normen feſtgeſetzt iſt. Für die Kriegsſchiffe richtet ſich die Bootsausrüſtung nach der Schiffsklaſſe; Flagg- und Admiralſchiffe haben einen abweichenden Bootsetat [3].

Literatur: [1] Unfallverhütungsvorſchriften der Seeberufsgenoſſenſchaft für Segelſchiffe und Dampfer, Hamburg 1899 und 1904. — [2] Board of Trade, Instructions as to the Survey of Passenger Accomodation, London 1903. — [3] Krieger, E., Johows Hilfsbuch für den Schiffbau, Berlin 1902. *T. Schwarz.*

Bootsausſetzvorrichtung. Auf Segelſchiffen erfolgt das Ein- und Ausſetzen der Boote meiſt in umſtändlicher Weiſe mit Hilfe der Raaen und der ſogenannten Stag- und Nocktakel.

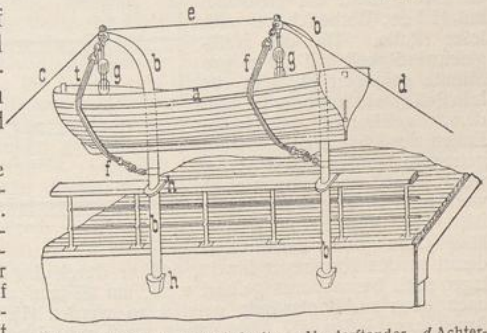


Fig. 1. *a* Beiboot. *b* Bootsdavits. *c* Vorderſtander. *d* Achterſtander. *e* Mittelſtander. *f* Brook. *g* Heißtalje. *h* Davithalter.

Zurzeit verwendet man beſondere eiſerne Bootsdavits, die auch auf Paſſagier- und Frachtdampfern in Anwendung ſind. Die Davits werden durch Vor- und Achterſtänder, bezw. durch beſondere Zahnradgetriebe gedreht, um das Boot, das in der Seezurrſtellung in hölzernen Klampen auf dem Bootsdeck lagert, ein- und auszuſchwenken. Das Rettungsboot verbleibt außenbords und wird durch beſondere Brooks feeſeſt gezurrt, die unteren Enden derſelben ſind mit Sliphaken verſehen (Fig. 1). Da das Ein- und Ausſchwingen der Davits ſchwierig und zeitraubend iſt, ſind neuerdings Beſtrebungen aufgetreten, die Davits der Rettungsboote als Klappdavits querſchiffs ſchwingend zu konſtruieren. Der Quadrantdavit von Welin [6] gehört zu den ſinnreichſten Konſtruktionen dieſer Art, und derſelbe findet in der Handelsmarine mehr und mehr Eingang.

Auf Kriegsſchiffen, auf denen die Boote, der Geſchützaufſtellung entſprechend, oft entfernt von der Bordwand Aufſtellung finden müſſen und außerdem bedeutend größere Boots-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

gewichte in Frage kommen, genügen die Drehdavits zum Teil nur für leichte Boote. Für Barkaſſen, Pinaſſen und Dampfbeiboote (ſ. d.) ſind ſolidere Konſtruktionen erforderlich. Am gebräuchlichſten ſind Ladebäume aus Holz oder Stahl, die an den Gefechtsmaſten gefahren werden (Fig. 2). Sie werden ſo eingerichtet, daß ſie getoppt und ein- und ausgeſchwungen werden können; das Boot hängt dann mittels Hahnepot an dem Heißtakel, deſſen Läufer von Stahldraht von der Nock des Ladebaumes zum Maſttop und dann nach Deck zur Bootsheißmaſchine geht, die den

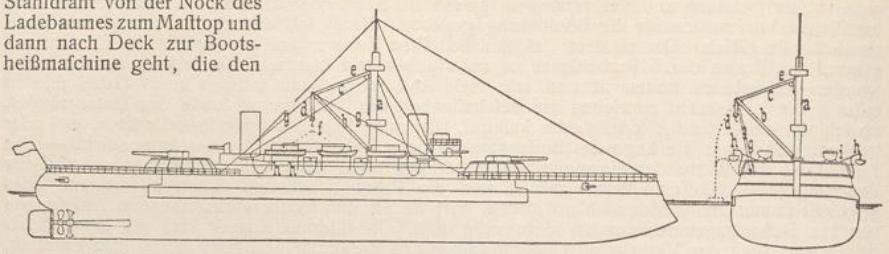


Fig. 2. *a* Gefechtsmaſt. *b* Ladebaum. *c* Toppnant. *d* Heißtakel. *e* Läufer. *f* Hahnepot. *g* Geeren. *h* Klappdavits oder Barkunen. *i* Toppnant.

Läufer auf eine Trommel wickelt [1]. Die Bootsheißmaſchinen ſind nach Art der Dampfwinden konſtruiert; ſie beſtehen aus Zweizylindermaſchinen mit Umſteuerung und Schneckenradgetriebe [2], [7]. Da in Seegang der Ladebaum mit dem vorgeheißten Boot leicht von Bord zu Bord ſchwingen kann, ſo hat man mannigfache Bootsausſetzvorrichtungen verſucht, bei denen das Transportieren der Boote mehr zwangsläufig geſchieht. Die in der amerikaniſchen und deutſchen Marine eingeführten Bootskrane ſind derart aufgeſtellt, daß man mit Hilfe von zwei Drehkranen ſämtliche größeren Boote faſſen und zu Waſſer bringen kann. Die großen Krane haben eine Tragfähigkeit bis zu 18 t bei 9,5 m Ausladung und entſprechender Heißhöhe derart, daß die Boote frei von allen Deckaufbauten und Brücken ausgeſchwenkt werden können (Fig. 3). Die Krane ſind gebogene kaſtenförmige Träger und ſind mittels Hals- und Fußlager mit Kugelringen in dem Kranpivot gelagert. Ueber dem Halslager iſt ein Schneckenrad aufgekeilt, auf welches das Kranſchwenkwerk arbeitet. Das Schwenken des Kranes muß noch bei 10° Neigung des Schiffes ſicher bewerkſtelligt werden. Zum Heißen und Fieren der Boote dient ein Heißtakel mit Haken, Wirbelſchäkel oder loſer Rolle. Da die Heißgeſchwindigkeit auf 20 m pro Minute geſteigert iſt, fällt die loſe Rolle meiſt fort oder ſie wird derart geſchoren, daß beide Enden des Läufers zugleich auf getrennte Trommeln der Bootswinde auf- und abgewickelt werden [7]. Der Taljenläufer fährt über den Krankopf und läuft dann über Leitenrollen derart in den Kranträger hinein, daß er durch das Spurlager nach binnenbords geführt wird, um alsdann wieder nach oben zur Bootswinde geleitet zu werden [1]. Die Amerikaner laſſen die Bootswinde meiſt mit dem Kran drehen und dann fährt der Bootsläufer vom Krankopf direkt zur Bootswinde [5]. Für die leichteren Boote ſind Klappdavits, auch Barkunen genannt, gebräuchlich, die entweder durch je eine Gleitſtange, deren Fuß von einer Schraubenſpindel mit Uebertragung vom Oberdeck aus bewegt wird, oder durch Taljen geführt werden, deren Läufer an Deck zu einem Ende verbunden ſind. Die Boote müſſen bei dieſer Anwendung an der Bordwand ſtehen, und iſt dann die äußere Bootsklampe zum Niederklappen eingerichtet [1]. Neben den Schwierigkeiten, die Boote bei Seegang mit Hilfe der Ausſetzvorrichtung ſicher zu Waſſer zu bringen, tritt ferner der Uebelſtand hervor, daß die Heißtaljen in dem Moment, in dem das Boot zu Waſſer kommt, nicht immer gleichzeitig ſicher ausgehakt werden können, ſo daß das Boot eventuell von der

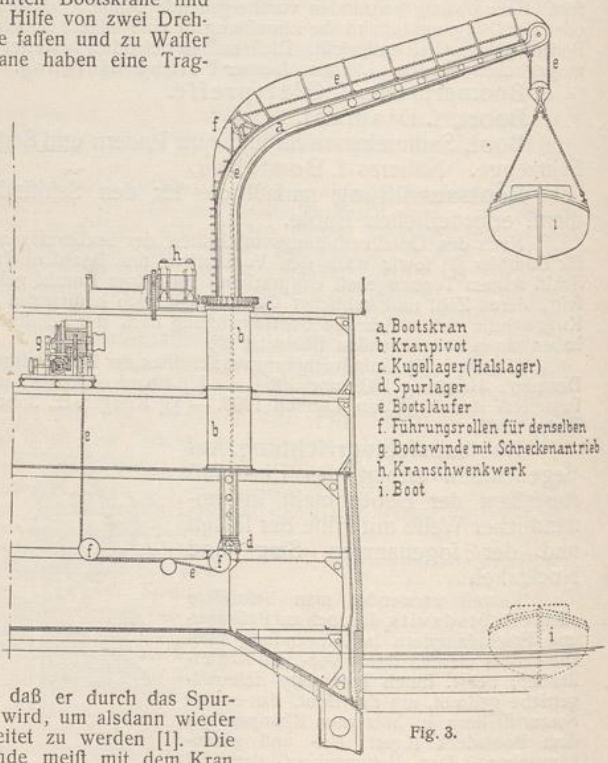


Fig. 3.

See vollſchlagen kann. Dieſer Umſtand hat eine Menge Patente von Bootsdetachierapparaten gezeitigt, von denen jedoch keiner allen Anforderungen tadellos entſprochen hat [3].

Literatur: [1] Dick und Kretſchmer, Handbuch der Seemannſchaft, Berlin 1899. — [2] Busley, Die Schiffsmaſchine, Kiel 1886. — [3] Brix, Bootsbau, Berlin 1892. — [4] Haufer, Cours de construction navale, Paris 1886. — [5] Bertin, L. E., La Marine des États-Unis, Paris 1896. — [6] Welin, Die Quadrantdavits, Jahrb. d. Schiffbautechn. Geſ., Berlin 1904. — [7] Klamroth, G., Leitfaden für den Unterricht in der Maſchinenkunde, Berlin 1902. *T. Schwarz.*

Bootsbau, umfaßt die Konſtruktion und den Bau von Booten, die teilweiſe an Bord der ſeegehenden Schiffe Verwendung finden, teilweiſe auf Gewäſſern und an den Küſten als Vergnügungsboote, Fiſcherboote und Rettungsboote benutzt werden.

Die zur vorſchriftsmäßigen Ausrüſtung der Kauffahrtei- und Kriegsſchiffe erforderlichen Boote ſind vorzugsweiſe als Ruderboote zu betrachten, ebenſo die Rettungsboote; die Fiſcherboote dagegen ſind durchweg als Segelboote konſtruiert, ebenſo wie die ſpeziell zum Segeln beſtimmten Vergnügungsboote, die Segeljachten. — Die Schiffsboote ſind für den Verkehr mit dem Lande und zum Manövrieren des Schiffes im Hafen erforderlich. Ein gutes Schiffsboot muß große Seefähigkeit beſitzen, bei genügender Feſtigkeit des Verbandes ſicher ein- und ausgeſetzt werden können und ſich leicht durch Riemen fortbewegen laſſen. Auf Paſſagierdampfern ſind die Boote in der Hauptſache zum Rettungsdienſt bei Schiffsunfällen beſtimmt. Bei Kriegsſchiffen iſt der Verwendungszweck der Boote ein vielſeitiger, und haben ſich daher beſtimmte Gattungen ausgebildet, die wiederum in drei bis vier Größen gebaut werden. Die Dampfbeiboote dienen für alle Zwecke. Die Barkaſſen ſind Boote ſchwerer Bauart und werden zum Transport ſchwerer Gegenſtände, Anker, Landungsgeſchütz u. ſ. w., benutzt. Die Pinaſſen ſind etwas leichter gebaut und dienen den gleichen Zwecken; ſie ſind außerdem ſo eingerichtet, daß an Bord der Schiffe in denſelben leichtere Boote verſtaut werden können. — Die Kutter ſind von kleineren Abmeſſungen und in der Hauptſache Verkehrsboote, auf See werden ſie als Rettungsboote verwendet. Die Gigs ſind leichte Ruderboote zur Benutzung für den Kommandanten bezw. die Offiziere. Die Jollen und Dingis ſind kleinere Verkehrsboote für die Mannſchaft.

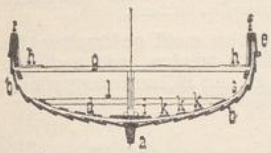


Fig. 2. Klinkerbau.

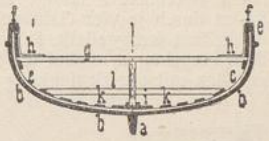


Fig. 1. Krawelbau. *a* Kiel. *b* Außenhautplanken. *c* Spanten. *d* Bodenwrangen. *e* Dollbord. *f* Schandeckel. *g* Duchten. *h* Duchtenknie. *i* Kielſchwein. *k* Pflichten. *l* Fußleiſte.

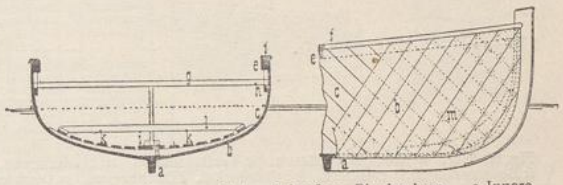


Fig. 3. Diagonalbau. *a* Kiel. *b* Aeußere Plankenlage. *c* Innere Plankenlage. *d* Spanten. *e* Dollbord. *f* Schandeckel. *g* Duchten. *h* Duchtweger. *i* Kielſchwein. *k* Pflichten. *l* Fußleiſte. *m* Gatnägel.

Die Kriegsſchiffsboote werden durchweg aus Holz gefertigt, da ſich dieſes Material für die größte Beanſpruchung der Boote beim Ein- und Ausſetzen am beſten bewährt hat. Desgleichen werden die Vergnügungs- und Fiſcherboote aus Holz gefertigt. Die Rettungsboote auf Paſſagierdampfern ſowie auch zum großen Teil die Boote der Geſellſchaft zur Rettung Schiffbrüchiger werden aus kanneliertem Stahlblech (Francis' Patent) gefertigt. Von den verſchiedenen Holzarten kommen Eichen für Kiel und Steven, Beplankung Spanten, Dollbaum, Duchtweger; Mahagoni, Kiefern, Zypreſſen und Lärchen für Außenhaut; Ulmen für Steven, Bodenwrangen; Eſchen für Spanten, Duchten, Schandeck, Riemen zur Verwendung. Die Beſchläge werden aus verzinktem Eiſen oder Bronze gefertigt. Die Verbindung der einzelnen Teile erfolgt durch eiſerne oder kupferne Nägel. Letztere, Gatnägel genannt, werden nach dem Einſchlagen an der Spitze über kupferne Scheiben (Gaten) verklinkt. Der Bau von hölzernen Booten erfolgt in geſchloſſenen Werkſtätten, da das Holzmaterial trocken und ſaftfrei fein muß. Man unterſcheidet drei verſchiedene Baumethoden, den Krawel-, Klinker- und Diagonalbau, entſprechend der Anordnung der Außenhautplanken (ſ. Fig. 1—3) [1].

Beim Krawelbau ſtoßen die Planken ſtumpf aneinander, und ihre Verbindung erfolgt allein durch die Spanthölzer. Beim Klinkerbau greifen die Planken der einzelnen Gänge übereinander und werden miteinander und mit den Spanten durch Gatnägel verbunden. Der Diagonalbau verlangt eine doppelte oder dreifache Lage von Planken übereinander. Bei drei Lagen liegen die beiden inneren um 40—60° geneigt und kreuzen ſich im faſt rechten Winkel; ſie reichen vom Kiel bis zum Dollbord, die äußerſte Lage iſt dann wie beim Krawelbau angeordnet; bei zwei Lagen iſt die innere allein nach einer Seite geneigt. Der Diagonalbau findet nur bei den größeren Kriegsſchiffsbooten, Barkaſſen, Pinaſſen, Dampfbeibooten Verwendung, der Klinkerbau bei Kuttern, Jollen, Dingis und Gigs, Kauffahrteiſchiffbauten und Fiſcherbooten, der Krawelbau bei Gigs, Ruderbooten und Segeljachten.

Dem Bau eines Bootes liegt ſtets eine Zeichnung zugrunde, aus welcher der Spantenriß nebſt Vor- und Hinterſteven auf einer Plattform in natürlicher Größe aufgezeichnet wird. Nach dieſem Riß werden die Spantmalle gefertigt und mit dem Kiel und den Steven auf einem Bock aufgeſtellt, wobei die Malle gegen einen Längsbalken des Werkſtattsgebäudes verſtrebt und

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

verkeilt werden (ſ. Fig. 4) [2]. Ueber dieſe Malle werden dann die Planken bezw. Bretter, die zuvor durch Waſſerdampf geſchmeidig gemacht ſind, gebogen und mit denſelben durch Heftnägel verbunden. Nach dem Trocknen werden die Planken nachgerichtet und an den Kanten behobelt und endgültig befeſtigt. Die unterſte Planke, der Kielgang, wird mit dem Kiel in einer Sponnung vernagelt. Beim Diagonalbau werden die Spantmalle durch Senten, die in Ausſchnitten der Malle verkeilt ſind, verbunden, ſo daß ein vollſtändiges Lattenwerk von der Form des Bootes entſteht, über das dann die Diagonalplanken — eichene Wagenſchottbretter — gebogen und am Kiel und am Dollbord befeſtigt werden. Die endgültige Verbindung der Plankenlagen miteinander erfolgt an den Kreuzungsſtellen durch je vier Gatnägel (ſ. Fig. 3). Iſt die Außenhaut fertiggeſtellt, ſo werden die Spantmalle entfernt, die Spanten meiſt gedämpft in das Boot eingebogen, wobei die Planken von außen entſprechend geſtützt werden, und nach dem Erkalten mit der Beplankung durch Gatnägel vernietet. Spanten, die aus Hölzern ausgearbeitet

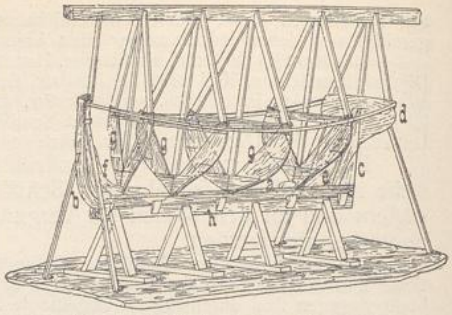


Fig. 4. Spantmalle für ein Boot. *a* Kiel. *b* Vorſteven. *c* Hinterſteven. *d* Spiegel. *e* Totholz. *f* Stevenknie. *g* Spantmalle. *h* Bock.

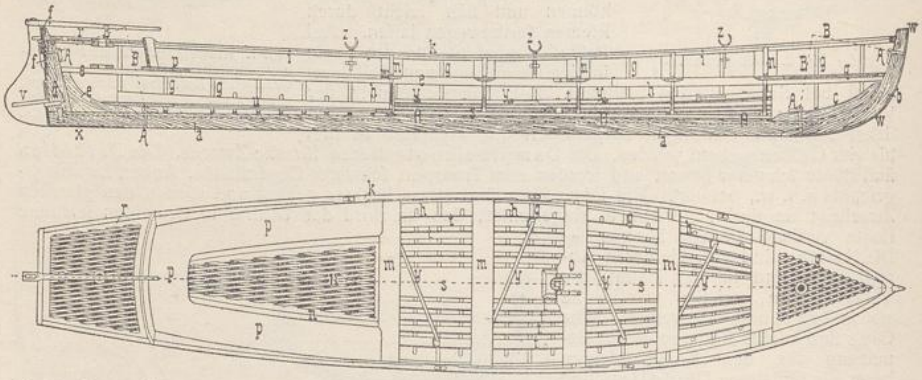


Fig. 5. Gig. *a* Kiel. *b* Vorſteven. *c* Vorſtevenknie. *d* Hinterſteven. *e* Hinterſtevenknie. *f* Spiegel. *g* Spanten. *h* Bodenwrangen. *i* Dollbord. *k* Schandeckel. *l* Duchtweger. *m* Duchten. *n* Duchtenknie. *o* Segelducht. *p* Sitzbank. *q* Buggräting. *r* Heckgräting. *s* Kielſchwein. *t* Pflichten. *u* Fußgräting. *v* Ruder. *w* Vorſtevenſchiene. *x* Hinterſtevenſchiene. *y* Fußleiſten. *z* Rudergabel. *A* Heißbolzen mit Ring. *B* Heißketten.

werden, kommen ſeltener in Anwendung, meiſt nur als Bodenwrangen. Die Diagonalboote erhalten keine Spanten, ſondern nur Bodenwrangen in größeren Abſtänden, die eingebogen werden. Die Bodenwrangen reichen bis oberhalb der Kimm, die Spanten ſtoßen oben am Dollbaum oder Dollbord ab, der den oberen Längsverband des Bootes bildet und zugleich als Fundament für die Ruderdollen oder Rudergabeln benutzt wird. Letztere werden bei den Barkaſſen, Gigs (ſ. Fig. 5) und Dingis in Buchſen des Dollbaums eingeſteckt, während bei den Pinaſſen, Kuttern und Jollen noch ein Setzbord oder Waſchbord vorhanden iſt, in denen die Rojepforten für das Ein-

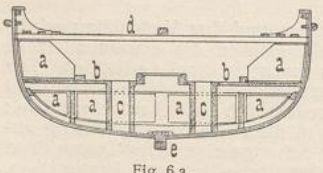


Fig. 6a.

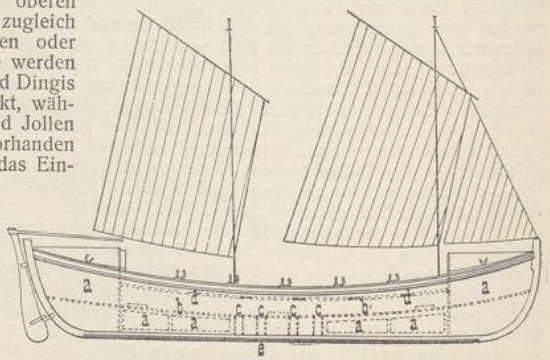


Fig. 6. Rettungsboot.
a Luftkaſten. *b* Innerer Boden. *c* Entwäſſerungsrohre. *d* Duchten. *e* Eiſenkiel.

legen der Riemen in die Rojeklampen eingeſchnitten ſind. Bei Booten ohne Setzbord wird der Dollbord meiſt mit einer dünnen Planke, dem Schandeck oder Schandeckel, belegt, zum Abſchluß der Außenhautplanken. Einen weiteren Längsverband bietet der Duchtweger, auf dem die Duchten aufliegen. Bei den Pinaſſen ſind letztere zum Losnehmen eingerichtet und mit entſprechenden Beſchlägen zum Feſtkeilen verſehen. Bei den übrigen Booten werden die

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Duchten durch eiſerne oder metallene Knie mit dem oberen Plankengang und dem Dollbaum verbunden. Die Duchten ſind die Sitzbänke zum Rudern, und ihre Zahl iſt abhängig von der Anzahl der Riemen. Einzelne Duchten werden zum Feſtſtellen des Maſtes beſonders eingerichtet und mit Beſchlag verſehen, ſie heißen Segelduchten. Der innere Boden beſteht aus dem Fiſch oder dem Kielſchwein und den Pflichten oder Remms zu den Seiten desſelben, die loſe auf den Spanten aufliegen. Zum Ein- und Ausſetzen der Boote werden am Kiel und an den Steven Augbolzen verſchraubt, in welche die Heißſtroppen eingeſchäkelt werden. Die Rettungsboote (Fig. 6) werden zur Vermehrung der Schwimmfähigkeit mit Luftkäſten und Korkgürteln verſehen. Für den Rettungsdienſt an den Küſten ſind beſondere Bootstypen entſtanden, die, dem eigenartigen Zweck entſprechend, abweichend von den Schiffsbooten gebaut werden. Sie haben die Form der Balinieren und ſind von großer Tragfähigkeit und Stabilität, ſo daß ſie ſich nach dem Kentern von ſelbſt wieder aufrichten. Außerdem ſind Vorkehrungen getroffen, das eingedrungene Seewaſſer ſelbſttätig zu entfernen. Der Boden liegt dementſprechend bei voll beladenem Boot oberhalb der Waſſerlinie und ſind an der tiefſten Stelle Entwäſſerungsrohre vorgeſehen. Fig. 6 ſtellt ein nach Peakeſchem Syſtem erbautes Rettungsboot der Société centrale française dar [1]. Den Rettungsbooten in ihrer Form ähnlich ſind die ſogenannten Brandungs- oder Walboote konſtruiert, die dazu beſtimmt ſind, einen Verkehr zwiſchen den Schiffen und Küſten mit ſtarker Brandung zu vermitteln. Die Form der Fiſcherboote iſt nach den Beſchaffenheiten der Küſten und den Ueberlieferungen der einzelnen Nationen verſchieden [5]. An den Flußmündungen, den Küſten der Oſtſee und in Helgoland verwendet man flachbodige Fahrzeuge mit Seitenſchwerten, in Norwegen und England ſind tiefgehende Kielboote mit hohem Kiel gebräuchlich, bei Segelbooten findet man dasſelbe Prinzip. Für ſeichte Gewäſſer, beſonders im Binnenlande, konſtruiert man flache Segelboote, ſogenannte Flundertyp, mit Mittelſchwert (ſ. Fig. 7), für tiefe Gewäſſer und für die See tiefgehende Kielboote mit Kiel von Eiſen oder Blei [3]. Neuerdings verbindet man eine flache Schiffsform mit einem feſten Mittelſchwert und einem an der Unterkante desſelben befeſtigten Bleiballaſt in Zigarrenform, dem ſogenannten Wulſtkiel [4].

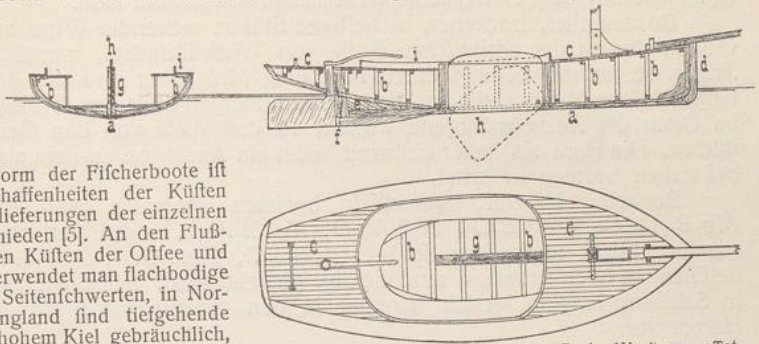


Fig. 7. Schwertboot. *a* Kiel. *b* Spanten. *c* Deck. *d* Vorſteven. *e* Totholz. *f* Hinterſteven. *g* Schwertkaſten. *h* Schwert. *i* Setzbord.

Literatur: [1] Brix, Bootsbau, Berlin 1892. — [2] Belitz, Seglers Handbuch, Berlin 1897. — [3] Kemp, Dixon, Manual of yacht and boot sailing, London 1900. — [4] Oertz, M., Ueber Segeljachten und ihre moderne Ausführung, Jahrbuch der Schiffbautechn. Geſellſch., Berlin 1902. — [5] Laas, W., Stockhuſen, C., Engel, C., und Janſſen, Th., Arbeiten aus der Technik des Schiffbaues, Berlin 1903. *T. Schwarz.*

Bootsdavit, ſ. Bootsausſetzvorrichtung.

Bootshaken, Inventarienſtück für Ruder- und Segelboote, das beim Anlegen und Abſetzen von Booten Verwendung findet. *T. Schwarz.*

Bootsheißmaſchine, ſ. Bootsausſetzvorrichtung.

Bootsklampe, Lager zur Aufſtellung der Boote an Bord der Schiffe. Die Bootsklampen ſind aus Holz oder Flacheiſen der Bootsform entſprechend gefertigt und auf dem Oberdeck, dem Sturmdeck bezw. den Barringsbalken (ſ. Barring) befeſtigt. An der oberen Fläche ſind ſie zum Schutz der Boote mit Leder benagelt. S. a. Bootsausſetzvorrichtung. *T. Schwarz.*

Bootskleid, ein Bezug aus Segeltuch zum Schutz der an Bord in den Klampen ſtehenden Boote. *T. Schwarz.*

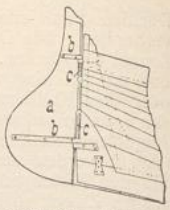
Bootskran, ſ. Bootsausſetzvorrichtung.

Bootsmannsſtuhl, ein mit Tauſtroppen verſehenes Brett, das zum Aufbringen des ſtehenden Gutes und zum Schrapen und Oelen des Maſtes benutzt wird (ſ. die Figur). *T. Schwarz.*

Bootsriemen bilden die Treibkraft für Ruderboote. Die Bootsriemen, deren Länge gleich der dreifachen Bootsbreite iſt, werden meiſtens aus Eſchenholz gefertigt, und iſt die Form der Ruderblätter für Schiffsboote gerade, für Vergnügungs- und Raceboote gekrümmt. *T. Schwarz.*

Bootsruder (Steuerruder) iſt das Steuer für Boote. Dasſelbe beſteht aus

der Ruderfläche, der Ruderpinne und den Ruderfingern und Oefen (f. die Figur). *T. Schwarz.*



a Ruderfläche. *b* Scheren. *c* Fingerlinge.

Bootsfegel, f. Befegelung.

Bor *B*, Atomgewicht 11, fpez. Gew. 2,68, bildet entweder ein olivgrünes bis braunes Pulver oder farblofe bis fchwarze Kriftalle (Bordiamanten) von großer Härte, ftarkem Glanze und Lichtbrechungsvermögen.

In der Natur findet es fich in Form von Borfäure oder Salzen derfelben, namentlich im Borax oder Tinkal, im Boracit und im Borocalcit (f. Borax). Es ift nur in einigen gefchmolzenen Metallen löslich; gegen Säuren fehr widerftandsfähig, in amorphem Zuftande durch die ftärkeren Sauerftofffäuren zu Borfäure oxydierbar. — Darftellungsmethoden: a) Reduktion von Bortrioxyd durch Natrium (amorphes Produkt), b) Reduktion von Bortrioxyd durch Aluminium, und c) Reduktion von borfauren Salzen flüchtiger Metalle durch elektrifch erhitzten Kohlenftoff (kriftallinifches Produkt). Technifche Verwendung findet das Bor nicht. *Bujard.*

Bora, kalter, trockener, in heftigen Stößen wehender Wind aus NNO bis ONO, der an der adriatifchen Küfte von Trieft füdwärts, zumal in der kalten Jahreszeit, auftritt, bedingt durch über dem Mittelmeer und der Adria lagernde barometrifche Minima, die auf die kalten Luftmaffen über den Gebirgslandfchaften im Often der Adria anfaugend wirken, fo daß diefe von den Gebirgen herabftürzen. Die Bora als kalter Fallwind bildet ein Analogon zu dem als Föhn (f. d.) bekannten warmen Fallwind. *Großmann.*

Boracit, Mineral, wefentlich borfaure Magnefia und Chlormagnefia $Mg_7B_{16}O_{30}Cl_2$ (62,5 B_2O_3, 26,9 MgO, 10,0 Cl_2Mg), kriftallifiert rhombifch und regulär; bricht mufchelig; fpröde. Härte 7, fpez. Gew. 2,9—3. Farblos bis hellbläulich oder -grünlich, durchfichtig, glasglänzend. Schwer fchmelzbar. Wird in Salzfäure langfam gelöft. Kommt in den großen Salzlagern am Rand des Harzes vor. *Leppla.*

Boracium, f. v. w. Bor.

Borate find Salze der Borfäure, von denen einige natürlich vorkommen (f. Borax), andre künftlich dargeftellt werden (f. Borax und Borfaures Manganoxydul).

Doppelborate verdanken ihre Entftehung der Eigenfchaft des gefchmolzenen Boraxes, auf Metalloxyde wie eine Säure zu wirken; es entftehen neben Natriumborat Metallborate, in denen der Wafferftoff der normalen Borfäure teils durch Natrium, teils durch andre Metalle erfetzt ift, z. B.: $Na_2B_4O_7 + 5\,CuO = Na_2Cu_5(BO_3)_4$. *Bujard.*

Borax (Natriumborat, Natriumtetraborat, borfaures Natrium) $Na_2B_4O_7$, kriftallifiert in der Regel mit 10 H_2O als prismatifcher Borax, kann aber auch mit 5 Molekülen Waffer als oktaedrifcher Borax erhalten werden. Im kriftallifierten Zuftande bildet er ein farblofes, in Waffer leicht lösliches Salz, das beim Erwärmen unter Aufblähen zu einer ftark poröfen weißen Maffe (gebrannter Borax, Borax usta) fein Waffer verliert, dann zu einer glasähnlichen Maffe (Boraxglas) zufammenfchmilzt.

In gefchmolzenem Zuftande löft Borax Metalloxyde und Siliciumdioxyd (Kiefelfäure), mit erfteren charakteriftifch gefärbte, glasartige Schmelzen bildend. Daher feine Verwendung in der chemifchen Analyfe (Vorprüfung) als Boraxperle. — Borax kommt fowohl als folcher wie auch in Gemeinfchaft mit andern borfauren Salzen natürlich vor. Von Wichtigkeit für die Gewinnung des reinen Boraxes find (außer der natürlich vorkommenden Borfäure) der natürliche Borax oder Tinkal $Na_2B_4O_7 \cdot 10\,H_2O$; der Borocalcit $CaB_4O_7 \cdot 2\,H_2O$, der Boronatrocalcit $Na_4B_6O_{11} \cdot 9\,H_2O + 2\,Ca_2B_6O_{11} \cdot 9\,H_2O$ und der Boracit (Staßfurtit) $2\,Mg_3(BO_3)_2 \cdot 3\,B_2O_3 \cdot MgCl_2$. Aus Borfäure erhält man den Borax durch Löfung in Waffer, Neutralifation mit Soda, Klärung und Kriftallifation der Löfung; aus den übrigen Mineralien entweder direkt durch Umfetzung mittels Soda in wäfferiger Löfung oder indirekt durch Zerlegung von Borocalcit oder Boronatrocalcit mit Schwefelfäure unter Abfcheidung von Borfäure, die dann mit Soda neutralifiert wird. In beiden Fällen folgt eine Kriftallifation und nötigenfalls nochmalige Reinigung der Rohware durch Umkriftallifieren. Als Umfetzungs- und Kriftallifationsgefäße können da, wo mit Soda, alfo mit alkalifchen Löfungen gearbeitet wird, eiferne Gefäße dienen. Für alle mit Säuren (Schwefelfäure) ausgeführten Arbeiten müffen mit Blei ausgelegte Holzgefäße benutzt werden. Je nach der Dichte der kriftallifierenden Löfung erhält man entweder (heiß über 25° Bé) den oktaedrifchen Borax oder (heiß unter 24° Bé) den prismatifchen Borax beim Erkalten der Lauge. Eingehendere Angaben über die Boraxfabrikation bringt Scheuer in [2]. — Wie fchon oben erwähnt, entweicht beim Erhitzen der kriftallifierten Boraxforten das Kriftallwaffer unter ftarkem Aufblähen des Rückftandes. Letzterer wird als calcinierter, gebrannter, Rinden- oder Juwelierborax, auch Borax usta, in zerkleinertem Zuftande in den Handel gebracht. Er bildet eine leichte, lockere, weiße, leicht fchmelzbare Maffe. Die Namen calcinierter, Rinden-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

und Juwelierborax finden übrigens auch auf den oktaedriſchen Borax Anwendung. — Da der lockere, gebrannte Borax beim Liegen an der Luft nicht unbeträchtliche Mengen Waſſer anzieht, iſt es für einige Verwendungsarten des waſſerfreien Boraxes ratſamer, ihn in eine dichtere Form überzuführen, die dieſe Uebelſtände nicht in ſo hohem Maße beſitzt. Zu dieſem Zwecke wird der gebrannte Borax bei ſchwacher Rotglut (am beſten in reinen eiſernen Tiegeln) geſchmolzen, in Platten ausgegoſſen und nach dem Erkalten gröblich zerkleinert. Er bildet dann eine faſt farblose, glasartige Maſſe, das Boraxglas. Die Verwendungsarten der verſchiedenen Boraxſorten ſind ſehr mannigfache: die kriſtalliſierten Produkte werden benutzt als Erſatz für Seife beim Waſchen, als Erſatz oder als Beimiſchung zur Stärke behufs Erzeugung eines Glanzes auf Geweben, als Heilmittel, als Antiſeptikum. Vor kurzem noch ein Hauptbeſtandteil der Konſervierungsmittel für Fleiſch und Wurſtwaren, gilt er nach dem Fleiſchſchaugeſetz vom 3. Juni 1900 in ſeiner Wirkung auf den menſchlichen Organismus als nicht ganz einwandfrei und darf dieſen Nahrungsmitteln nicht mehr beigemiſcht werden. Die waſſerfreien Sorten dienen als Flußmittel beim Metallſchmelzen, als Erkennungsmittel bei metallurgiſchen Proben, zur Herſtellung leicht ſchmelzbarer und zu färbender Glasflüſſe in der Tonwaren- und Emailinduſtrie, zur Darſtellung von Sikkativen für Firniſſe (ſ. Borſaures Manganoxydul) u. ſ. w.

Literatur: [1] Sämtliche größeren chemiſch-techniſchen Lehr- und Handbücher. — [2] Scheuer, in Zeitſchrift für angewandte Chemie 1892, S. 241. *Bujard.*

Boraxſäure, ſ. v. w. Borſäure.

Bord, der oberſte Rand des Schiffskörpers; ſ. a. Backbord, Steuerbord.

Bordaſche Regel, auch franzöſiſche oder Trapezregel genannt, zur Berechnung der Inhalte und Schwerpunktslagen ebener, von Kurven begrenzter Flächen.

Sind $y_0 y_1 y_2 \ldots y_{n-1} y_n$ die Ordinaten der Fläche, Δx der Abſtand der Ordinaten voneinander, ſo iſt der Inhalt F derſelben

$$F = \Delta x \left[\frac{y_0}{2} + y_1 + y_2 + \cdots y_{n-1} + \frac{y_n}{2} \right].$$

Die Schwerpunktslage ergibt ſich aus

$$\zeta = \Delta x \left[\frac{y_1 + 2y_2 + 3y_3 \ldots + (n-1) y_{n-1} + {}^1/_6 (y_0 + [3n-1] y_n)}{\frac{y_0}{2} + y_1 + y_2 + y_3 + \cdots y_{n-1} + \frac{y_n}{2}} \right]$$

$$\eta = {}^1/_2 \left[\frac{\frac{y_0^2}{3} + y_1^2 + y_2^2 + y_3^2 + \cdots y_{n-1}^2 + 2\frac{y_n^2}{3}}{\frac{y_0}{2} + y_1 + y_2 + y_3 + \cdots y_{n-1} + \frac{y_n}{2}} \right].$$

Für genauere Rechnungen kommen in Frankreich noch verbeſſerte Trapezregeln in Anwendung. Näheres [2].

Literatur: [1] Krieger, E., Johows Hilfsbuch für den Schiffbau, Berlin 1902. — [2] Pollard und Dudebout, Theorie du navire, Paris 1890. *T. Schwarz.*

Bordaſcher Kreis, ſ. Spiegel- und Prismeninſtrumente.

Bordeaux, ſ. Farbſtoffe, künſtliche organiſche.

Bordieren, das Beſticken der Wirkwaren mit Plattſtichen.

Bordſcheiben, die auf Rohre aufgelöteten Scheiben zur Verbindung derſelben miteinander oder mit einem Flanſch.

Bordſchicht (Ortſchicht), die begrenzende Schicht von Deckflächen. Bei Pflaſterungen und an Rinnen iſt die Bordſchicht aus größeren Steinen, bei Schieferdächern durch das an dem Ortgang (ſ. d.) hinführende Deckmaterial, ſogenannte Bordſteine, auch Ortſteine, gebildet; bei Ziegeldächern durch Bordziegel, bei Strohdächern durch Bordſchofen. *Weinbrenner.*

Bordſteine, ſ. Straßenbau.

Bordüre (Saum), der verzierte Randabſchluß eines Teppichs oder einer Bauform, die dem Teppich nachgeahmt iſt.

Der in beiſtehender Figur dargeſtellte Moſaikfußboden vom Zeuſtempel zu Olympia iſt ein Beiſpiel [1]. Hier iſt der Mäander, der in bezug auf außen und innen vollkommen indifferent iſt, der Saum, während das darauffolgende Zickzackornament das paſſendſte Symbol für die Naht iſt; hierauf folgt eine Bordüre, die ihrer Dekorierung nach nicht mehr indifferent iſt, ſondern nach innen weiſt, aber in einer gemilderten Form, indem die Blumen in den Ecken nach außen gerichtet ſind.

Literatur: [1] Semper, G., Der Stil, Bd. 1, § 15, S. 53 ff., Frankfurt 1860. — [2] Meyer, F. S., Handbuch der Ornamentik, Leipzig 1888. *Weinbrenner.*

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Bordwand ist die Außenhaut eines Schiffes oberhalb der Wasserlinie. — S. a. Eisenbahnwagen.

Borg, im Schiffbau Vorsilbe für „Hilfs", z. B. Borgtakel oder Borgstag für Hilfstakel, Hilfsstag. *T. Schwarz.*

Borgrün, auch giftfreies Kupfergrün, Kupfergrün, Glanzgrün, als Oel- und Porzellanfarbe geeignetes Grün, durch Fällen der Lösungen von 2 Teilen Kupfervitriol und 3 Teilen Borax als blaßgrüner Niederschlag erhalten, der bei sehr mäßiger Temperatur getrocknet werden muß und dann geglüht wird. Je nach der Temperatur, bis zu der das borsaure Kupferoxyd erhitzt wird, erhält man verschiedene Nuancen. *Andés.*

Boride, Verbindungen des Bors mit einzelnen andern Grundstoffen.

Von den Metallboriden oder Bormetallen sind solche des Platins, Eisens, Aluminiums und Kaliums genauer untersucht, haben jedoch für die Technik keine Bedeutung erlangt. Aluminiumborid wird für die Aluminiumgießerei empfohlen. *Bujard.*

Bormetalle, s. Boride.

Bornit, s. v. w. Buntkupfererz.

Bornylacetat, s. Riechstoffe, künstliche.

Boron, s. v. w. Bor.

Borsäure $B(OH)_3$, Mol.-Gew. 62, spez. Gew. 1,43, bildet, aus wässeriger Lösung kristallisierend, farblose, eigenartig glänzende, dünne, blätterige Massen.

Als solche ist sie nicht schmelzbar, da sie beim Erhitzen unter Wasserabgabe in Bortrioxyd B_2O_3 übergeht. Beim Erhitzen auf 100° geht die Borsäure (Orthoborsäure) in Metaborsäure HBO_2 unter Verlust von 1 Molekül Wasser über, bei 160° entsteht Tetraborsäure $H_2B_4O_7$, und bei noch höherer Temperatur erhält man Borsäureanhydrid B_2O_3 (= Bortrioxyd). Borsäure ist leicht in Wasser löslich (kalt 1 : 25, heiß 1 : 3), ferner in Alkohol; sie löst sich auch in geringen Mengen in Wasserdampf, ist also mit Wasserdampf flüchtig. In wässerigen Lösungen ist die Borsäure eine der schwächsten Säuren, die durch die meisten andern Säuren aus ihren Salzen abgeschieden werden kann. Das Bortrioxyd dagegen, das in der Technik auch vielfach als glasige oder wasserfreie Borsäure bezeichnet wird, ist in geschmolzenem Zustande von sehr kräftig saurer Wirkung. Die beständigsten Salze sind die Tetraborate und die Metaborate. Die Orthoborate sind unbeständig und zerfallen mit Wasser in freie Borsäure und Meta- oder Tetraborate. Die eigentliche Borsäure ist ein Gift für niedere Pflanzen und Tiere; sie wirkt daher auch antiseptisch (s. a. Borax). — Eine beträchtliche Menge der in der Technik verbrauchten Borsäure wird aus den borsäurehaltigen Dämpfen gewonnen, die aus Erdspalten vulkanischer Gegenden (Toskana) zutage treten. Durch Verdichtung dieser dampfförmigen Borsäurelösung in von Wasser durchflossenen, an der Mündung der Dampfkanäle in den Erdboden angelegten Teichen erhält man eine dünne, wässerige Borsäurelösung. Letztere wird nach erfolgter Klärung durch Eindampfen verstärkt. Die hierzu nötige Wärme wird ebenfalls von den der Erde entströmenden Dämpfen geliefert. Aus der eingedampften Lauge kristallisiert eine rohe Borsäure aus, die für manche Verbrauchszwecke (Boraxfabrikation) direkt geeignet, für andre Zwecke erst nach einer Reinigung durch Umkristallisieren brauchbar wird. — Zur Darstellung der reineren Handelsmarken von Borsäure wird vielfach eine Zersetzung der reineren natürlich vorkommenden Borate (s. Borax) durch Schwefelsäure vorgezogen. Das Verfahren läßt sich mit verhältnismäßig einfachen Hilfsmitteln (mit Blei ausgelegten Holzbottichen) durchführen und liefert in kurzer Zeit eine reine Ware. Verwendung der Borsäure: Boraxfabrikation, Fabrikation von Kohlen für elektrotechnische Zwecke, Heilmittel bei der Behandlung von Wunden und Entzündungen; früher als Zusatz zu Nahrungsmittelkonservesalzen, ist durch das Fleischschaugesetz vom 3. Juni 1900 ihre Verwendung zur Konservierung von Fleisch und Wurstwaren verboten. *Bujard.*

Borsäureanhydrit, s. Bortrioxyd.

Borsäuresalze, s. v. w. Borate.

Borsaßäure, s. v. w. Saffolin.

Borsaures Manganoxydul. Unter diesem Namen wird ein fast weißes, etwas rötlich schimmerndes Pulver in den Handel gebracht, das tatsächlich nur ein Gemisch von borsauren Oxydulsalzen und Manganoxydulsalzen ist.

Die Darstellung besteht in einer Mischung von gebranntem Borax mit Manganchlorür. Ob und wie weit dabei eine Umsetzung des Manganchlorürs in Manganborat stattfindet, hängt natürlich wesentlich von der Dauer und Innigkeit der Mischung ab. Es findet unter verschiedenen Bezeichnungen (Manganextrakt, Manganfikkativ, Sikkativpulver u. s. w.) als Erhärtungs- und Trocknungsmittel für Firnisse (s. Leinölfirnis) Anwendung. *Bujard.*

Borstenviehwagen (Schweinetransportwagen), s. Eisenbahnwagen.

Bort, s. Diamant.

Bortenweberei, s. Weberei.

Bortrioxyd B_2O_3, Mol.-Gew. 70, spez. Gew. 1,8; glasige, durchsichtige, bei Rotglut schmelzbare Masse; in Wasser unter Bildung von Borsäure löslich.

Darstellung: Erhitzen von Borsäure (s. d.). Verwendung: unter dem Namen glasige Borsäure oder Borsäureanhydrit als Flußmittel und als Zusatz zu leicht schmelzbaren

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Glasflüſſen (Email, Glaſuren u. ſ. w.). Von Intereſſe iſt die Eigenſchaft des Bors, nicht nur als Säure, ſondern auch als baſenbildendes Element aufzutreten. So bildet das Trioxyd mit konzentrierter Schwefelſäure einen Körper von der Zuſammenſetzung $(BO)HS_2O_7$, alſo eine Pyroſchwefelſäure, in der ein Waſſerſtoffatom durch die einwertige Atomgruppe *BO* oder Boryl erſetzt iſt. Es erinnert dieſes Verhalten an die Antimonyl- und die Bismutylverbindungen; ſo kennt man z. B. auch eine dem Brechweinſtein oder Antimonylkaliumtartrat analoge Verbindung, die man als Borylkaliumtartrat bezeichnet. Die ſchwefelſauren Borylſalze haben techniſche Bedeutung, ſie ſind leicht löslich in Waſſer und haben ſtärkere antiſeptiſche Eigenſchaften als die Borſäure ſelbſt. S. a. Borax und Bor.

Literatur: Die allgemeinen Lehrbücher über anorganiſche Chemie; Zeitſchrift für angewandte Chemie 1891, S. 626. *Bujard.*

Boſchin, eine dem Fabrikanten J. Boſch-Wien patentierte, aus einer Löſung von Aſphalt und Kautſchuk beſtehende Anſtrichmaſſe, die, auf waſſerdurchläſſiges Mauerwerk aufgetragen, eine waſſerdichte Haut bildet und im großen bei Reparatur des Aquäduktes der Wiener Hochquellenleitung verwendet wurde. Vgl. Wochenſchr. des öſterr. Archit.- u. Ingen.-Vereins 1891, S. 217.

Boſſage, Boſſagegeſtein, ſ. Boſſenwerk.

Boſſenwerk, Boſſage oder Ruſtika, Mauerwerkbildung, bei der die Stoß- und Lagerfugen der einzelnen Steine glatt bearbeitet ſind, während der mittlere Teil des Quaders mehr oder weniger ſtark vortritt.

Boſſenwerk wurde im Altertum niemals in der ſchönen Baukunſt verwendet, höchſtens an Türmen und Subſtruktionen; dagegen finden wir an Römerbauten, z. B. dem Amphitheater in Verona u. a. Boſſenwerk nur an den Lager- und Stoßfugen bearbeitet, die dazwiſchenliegende Fläche rauh belaſſen und einer ſpäteren Ueberarbeitung und Vollendung vorbehalten, die dann nicht mehr ſtattgefunden hat. Nach ſolchen Vorbildern übernahm ſpäter die Renaiſſanceperiode die Ausbildung des Boſſenquaders als Kunſtmotiv. In der Frührenaiſſance ſah man die Anbringung des Boſſenwerkes als Erſatz für das damals übliche Fortlaſſen der Säulen- und Pilaſterarchitektur an. In Italien nannte man das Boſſenwerk „Ruſtika“, was ſo viel wie „ländlich“ bedeutet, wahrſcheinlich weil ſich dieſe Bauart zuerſt aus der ländlichen Baukunſt entwickelte; bald aber bildete es das Hauptmotiv der Dekoration der bedeutendſten Paläſte der Frührenaiſſance, ſo namentlich P. Pitti, P. Strozzi, P. Riccardi in Florenz u. m. a.

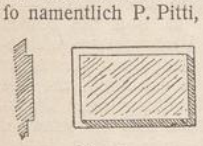


Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 3.

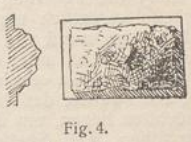


Fig. 4.

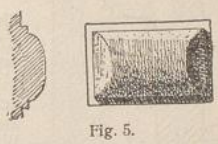


Fig. 5.

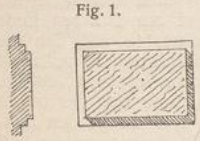


Fig. 6.

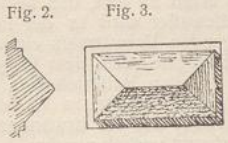


Fig. 7.

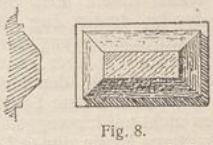


Fig. 8.

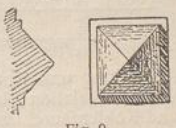


Fig. 9.

Der dekorative Quader zerfällt in zwei Teile: 1. den Rand und 2. den Spiegel. Der Rand iſt ein Rahmen, der den Spiegel umzieht; die einfachſte Form desſelben iſt ein ringsherumlaufender glatter Saum (Fig. 1). Später erhielt derſelbe Bereicherungen durch Hinzufügung eines Wulſt (Fig. 2), eines Kymations (Fig. 3) oder ähnlicher Formen, die überdies durch einen kleinen Rundſtab oder ein Plättchen an dem Spiegel befeſtigt erſchienen. Viel reicher und verſchiedenartiger wurde der Spiegel durchgebildet; in ſeiner roheſten Form wurde er gar nicht bearbeitet, vielmehr der Stein ſo belaſſen, wie er aus dem Bruche kam (Fig. 4), ein Dekorationsmotiv, das ſich namentlich als Unterbau zu mächtigen Bauten ſehr wohl eignete. Die Frührenaiſſance liebte den Polſterquader, der in einer runden, wohl behauenen, aber elaſtiſchen Linie aus der Mauer hervorquillt (Fig. 5). Eine weitere, ſehr verwendbare Form erhielt der Spiegel als rauhe, vertikale, dem Rahmen parallele Fläche (Fig. 6). Noch ſpäter gab man dem Spiegel die Geſtalt von Kriſtallen. Der Stein endete in der Mitte entweder in einer ſcharfen Kante (Fig. 7), einer kleinen Fläche (Fig. 8) oder einer Spitze (Fig. 9). In der franzöſiſchen Renaiſſance treten Verzierungen der Spiegelflächen auf, die das Maß des Zuläſſigen bereits überſchreiten; dazu gehören Regenwurmgänge, Bohrlöcher, Eiszapfenbildungen u. dergl. In der Barockzeit ging man noch einen Schritt weiter, indem man nicht nur die Wand, ſondern auch Säulen und Pilaſter ſowie die Einfaſſungen der Fenſter und Türen mit Boſſenwerk durchſetzte.

Literatur: Handbuch der Architektur, 2. Teil, Bd. 2: Baukunſt der Römer von D. Joſ. Durm, 4. Kap., S. 126; Bd. 5: Baukunſt der Renaiſſance in Italien von D. Durm. *Weinbrenner.*

Boſſenwerkfenſter, ſ. Ruſtikafenſter.

Boßhammer der Maurer, großer Hammer zum Zerſchlagen der Bruchſteine, ſ. a. Werkſteinbearbeitung. *L. v. Willmann.*

Boſſiereiſen oder Spitzeiſen iſt ein unten zugeſpitztes Eiſen von 16—23 cm Länge und 2,5 cm Stärke und dient zur erſten Bearbeitung einer Steinfläche,

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

indem mit ihm die gröbſten Unebenheiten abgeſchlagen werden, wobei es in ſchräger Haltung geführt und zum Treiben der eiſerne oder hölzerne Schlegel benutzt wird. S. a. Werkſteinbearbeitung. *L. v. Willmann.*

Boſſieren oder Spitzen, die Bearbeitung einer Steinfläche aus dem Rohen mit dem Boſſiereiſen. S. Werkſteinbearbeitung. *L. v. Willmann.*

Boſſierwachs, ziemlich weiches, plaſtiſches Material zur Anfertigung von Modellen für Bildhauerei, die Metalltechnik u. ſ. w., wird aus Bienenwachs, Terpentin, Kolophonium, mit Baumöl gemiſcht, hergeſtellt und mit beliebigen Farben, meiſtens mit Zinnober, gefärbt. Ein ebenfalls zum Modellieren verwendetes Material beſteht aus Ton mit Glyzerin zuſammengeknetet oder aus einem Gemenge von Ton, Wachs und Baumöl. *Andés.*

Botanybaigummi, ſ. Akaroidharz.

Botſchka, ruſſiſches Flüſſigkeitsmaß (das Faß) = 40 Wedro oder 4,92 hl.

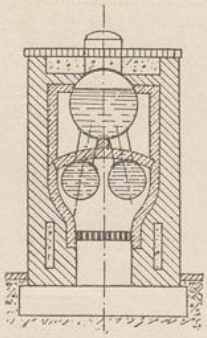
Bottichkühlung, ſ. Spiritusfabrikation.

Bottlerei iſt derjenige Raum an Bord eines Schiffes, in dem der Tagesproviant aufbewahrt und verausgabt wird. *T. Schwarz.*

Bouclé, ein Stoff mit Garnen, die Knoten, Schleifen oder Locken bilden.

Bouilleur- oder Siederkeſſel, Walzenkeſſel in Verbindung mit Unterkeſſeln, den Siedern. Die Feuerung liegt entweder unter den Unterkeſſeln (ſ. Figur) oder unter dem Oberkeſſel.

Bei der erſten Anordnung gehen die Rauchgaſe an den Siedern entlang nach hinten, kehren durch den einen oberen Seitenzug am Hauptkeſſel zurück und ziehen hierauf durch den zweiten Seitenzug wieder nach hinten, um in den Schornſtein zu entweichen. Die Waſſerzirkulation iſt bei dieſen Keſſeln gering, der in den Siedern in großer Menge erzeugte Dampf kann durch die Verbindungsſtutzen nicht raſch genug in den Oberkeſſel entweichen, infolgedeſſen werden die Bleche nur ungenügend gekühlt und brennen, beſonders wenn mit ſchlammigem, ungereinigtem Waſſer geſpeiſt wird, leicht durch.



Liegt die Feuerung unter dem Oberkeſſel, ſo ſind die beiden Unterkeſſel eigentlich nur noch Vorwärmer. Die Verbrennungsgaſe beſtreichen dann zuerſt den Oberkeſſel, kehren unter dem einen Vorwärmer zurück und ziehen unter den zweiten nach hinten in den Fuchs ab. Die Vorwärmer erhalten eine geringe Neigung in der Richtung ihrer Längsachſe, und zwar ſo, daß die kälteſten Stellen am tiefſten und die wärmſten am höchſten liegen, um ſicher zu ſein, daß ſie ſich auch vollſtändig mit Waſſer füllen. Das Speiſewaſſer wird in der Regel am hinteren Ende des im dritten Zug liegenden Vorwärmers eingeführt, ſo daß ſich die Wärmeübertragung der Heizgaſe nach dem Gegenſtromprinzip vollzieht. Hierbei tritt aber, wie bei den Batteriekeſſeln ſchon erwähnt, infolge Abkühlung und Kondenſation der in den Heizgaſen enthaltenen Waſſerdämpfe und der trägen Waſſerzirkulation, bei der die aus dem Speiſewaſſer bei der Erwärmung frei werdenden Luft- und Kohlenſäurebläschen nicht mit hinweggeführt und verteilt werden, leicht ſtarkes inneres und äußeres Verroſten der hinteren Partie dieſes Vorwärmers auf (ſ. a. Dampfkeſſel). *G. Schwarz.*

Bouillon, ſ. Leoniſche Waren.

Boulevards, ſ. Prachtſtraßen.

Bourgeoiſſche Formeln, ſ. Schiffswiderſtand.

Bournonit (Schwarzſpießglanzbleierz, Spießglanzerz), weſentlich Schwefel-Blei, -Kupfer und -Antimon = $CuPbSbS_3$ (42,6 *Pb*, 13 *Cu*, 24,6 *Sb*, 19,8 *S*), kriſtalliſiert rhombiſch, dicktafelig; derb, körnig bis dicht; Bruch muſchelig; ſpröde. Härte $2^1/_2$—3, ſpez. Gew. 5,7—5,9. Grau, bleigrau bis ſchwarz, ſtark metallglänzend, Strich grau. Schmilzt vor dem Lötrohr unter Ausſtoßung von Antimonrauch zu ſchwarzer Kugel. Löslich in Salpeterſäure unter Abſcheidung von Schwefel und Antimonoxyd. Sehr wichtig für Blei-, Antimon- und Kupfergewinnung. *Leppla.*

Bourrette, Bourretteſpinnerei, ſ. Seidenſpinnerei.

Bouteillenſtein, ſ. v. w. Moldawit, ſ. Gläſer, natürliche.

Bowſtringträger, ſ. Parabelträger.

Box, ſ. Pferdeſtälle.

Boxchronometer (Büchſenchronometer) oder Schiffschronometer heißen die feinen Uhren (engl. oft Time Keeper), die beſonders in der Nautik zur Zeitübertragung (Längenbeſtimmung) verwendet werden; auch als Beobachtungsuhren (zur Zeitbeſtimmung und ſonſtigen Meſſungen) auf geodätiſch-aſtronomiſchen Feldſtationen, an denen keine Pendeluhr aufgeſtellt werden kann, ſind ſie im

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Gebrauch. Vgl. Chronometer, Uhren, ferner Längenbeſtimmung, Zeitbeſtimmung.

Boy, auch Boi (ſ. d.), ein tuchartiges Gewebe; ſ. Tuchfabrikation.

Boyle-Gay-Luſſacſches Geſetz oder Mariotte-Gay-Luſſacſches Geſetz. Dasſelbe entſteht durch Verbindung des Boyleſchen Geſetzes (ſ. d.) und des Gay-Luſſacſchen Geſetzes (ſ. d.) und gibt die Beziehung zwiſchen dem Drucke p, dem Volumen v und der Temperatur t eines Gaſes (Zuſtandsgleichung). Es läßt ſich für techniſche Zwecke am einfachſten in der ſchon von Sadi Carnot [1] angewendeten Form ſchreiben:

$$p\,v = R\,(a+t) = R\,T, \qquad 1.$$

worin R konſtant und von der Gasart abhängig, a konſtant und von letzterer unabhängig, gewöhnlich gleich 273° geſetzt, ſo daß $T = a + t = 273 + t$, welche Größe jetzt die abſolute Temperatur heißt. Andre Formen des Boyle-Gay-Luſſacſchen Geſetzes, wie

$$\frac{p\,v}{p_1\,v_1} = \frac{1+\alpha\,t}{1+\alpha\,t_1} \qquad 2.$$

bei Vergleichung zweier Zuſtände p, v, t und p_1, v_1, t_1, oder

$$p\,v = p_0\,v_0\,(1+\alpha\,t), \qquad 3.$$

wenn der eine Zuſtand ſich auf die Temperatur 0° C. bezieht, ſind mehr in der Phyſik als in der Technik gebräuchlich. In 2., 3. iſt $\alpha = \frac{1}{a}$. In der Regel wird 1. auf 1 kg Gas bezogen, womit v das dieſem entſprechende Volumen (das ſpezifiſche Volumen) bedeutet und für ein beliebiges Gasgewicht G vom Volumen V:

$$p\,V = G\,R\,T. \qquad 4.$$

Nehmen wir dies im folgenden an und denken uns v in Kubikmetern, p in Kilogrammen pro Quadratmeter eingeſetzt, ſo folgen aus 1. mit $p = 10333$ kg $= 1$ Atmoſphäre, $t = 0$ oder $T = 273°$ und den folgenden hierfür von Regnault [2] ermittelten $\gamma = \frac{1}{v}$ die beigeſetzten R:

Für	γ	R	Für	γ	R
Atmoſphäriſche Luft .	1,293187	29,269	Stickoxyd	1,34284	28,186
Sauerſtoff	0,089566	26,472	Kohlenoxyd	1,25090	30,258
Stickſtoff	1,429786	30,131	Kohlenſäure	1,97741	19,141
Waſſerſtoff	1,256163	422,591			

Uebrigens hat man nach 1. für alle dem Boyle-Gay-Luſſacſchen Geſetze folgenden Gaſe bei gleichen p, T

$$R\,\gamma = R'\,\gamma', \qquad 5.$$

wonach ſich die R derſelben aus demjenigen irgend eines von ihnen berechnen laſſen, wenn die γ, γ' bei gleichen p, T bekannt ſind. Iſt das Gas vom Gewichte G ein Gemiſch zweier Gaſe der Gewichte G_1, G_2, ſo hat man in 1., 4. auf Grund des Daltonſchen Geſetzes (ſ. d.):

$$R = \frac{1}{G}\,(G_1\,R_1 + G_2\,R_2). \qquad 6.$$

Für ein Gemiſch beliebig vieler Gaſe wäre [7], S. 138:

$$R = \frac{1}{G}\,\Sigma\,G_e\,R_e, \qquad 7.$$

worin die Summe rechts ſich auf alle Einzelgaſe bezieht.

Genau genommen iſt R in 1. und damit auch in 4. nur dann konſtant, wenn allein Gaszuſtände an Orten von gleicher Acceleration g des freien Falls verglichen werden; vorſtehende Zahlen beziehen ſich auf Paris etwa 60 m überm Niveau des Meeres, wo $g = 9{,}8096$ m. Für manche Zwecke, z. B. für barometriſche Höhenmeſſungen, genügt die Annahme eines konſtanten R nicht. Es iſt nun in 1., 4. genauer:

$$R = \frac{C}{g} \qquad 8.$$

mit konſtantem C, ſpeziell für atmoſphäriſche Luft $C = 287{,}114$ [7], S. 144, ſo daß man anſtatt 1. und 4. auch ſchreiben kann:

$$p\,v\,g = C\,T, \qquad p\,V = M\,C\,T, \qquad 9.$$

unter M die Maſſe des Gaſes verſtanden. Beim barometriſchen Höhenmeſſen pflegt allerdings noch die Feuchtigkeit der Atmoſphäre in angenäherter Weiſe berückſichtigt zu werden, indem man in 1., 4. ſetzt:

$$R = \frac{C}{g\left(1-\varepsilon\frac{f}{p}\right)} \quad \text{oder} \quad R = \frac{C}{g}\left(1+\varepsilon\frac{f}{p}\right), \qquad 10.$$

worin f den Beitrag des in der Luft befindlichen Waſſerdampfes zum Drucke p, und ε eine Verhältniszahl bedeutet, die gewöhnlich $^3/_8$ angenommen wird.

Das Boyle-Gay-Luſſacſche Geſetz iſt ſelbſtverſtändlich denſelben Beſchränkungen unterworfen wie das Boyleſche Geſetz und das Gay-Luſſacſche Geſetz. Außer den für dieſe einzeln beſtehenden Prüfungsmethoden ergibt ſich eine weitere daraus, daß unter Vorausſetzung beider Geſetze der Spannungskoeffizient gleich dem Ausdehnungskoeffizienten iſt ($= \alpha = {}^1/_a = {}^1/_{273}$, ſ. Spannungskoeffizient). Die kinetiſche Gastheorie (ſ. Gaſe) geſtattet, das Geſetz mathematiſch

abzuleiten [4], II, S. 25, [6], S. 128, [7], S. 237. Auf Grund aller Verſuche und der kinetiſchen Gastheorie pflegt man anzunehmen, daß das Boyle-Gay-Luſſacſche Geſetz einem Grenzzuſtande, dem idealen Gaszuſtande, entſpricht, der von keinem wirklichen Gaſe erreicht wird, dem ſich aber die letzteren um ſo mehr nähern, je weiter ſie ſich von ihrem Kondenſationspunkte entfernen, je ſchwerer ſie alſo von dem augenblicklichen Zuſtande aus kondenſierbar ſind. Das Boyle-Gay-Luſſacſche Geſetz gilt alſo auch in der Technik nur für eine kleine Anzahl gasförmiger Körper, zu denen vor allem die atmoſphäriſche Luft, ſodann Waſſerſtoff, Sauerſtoff, Stickſtoff, Kohlenoxyd und Stickoxyd, aber ſchon die Kohlenſäure nicht ohne weiteres gehören. Im übrigen haben verallgemeinerte Beziehungen (ſ. Gaſe) oder die Formeln für geſättigte und überhitzte Dämpfe einzutreten (ſ. Dampf, geſättigter und überhitzter).

Literatur: [1] Carnot, Réflexions sur la puissance motrice du feu, Paris 1824, p. 67, 75. — [2] Regnault, Relation des expériences etc., Paris 1847 (zugleich Bd. 21 der Mém. de l'Acad. des sciences), p. 142. — [3] Grashof, Theoretiſche Maſchinenlehre, I, Leipzig 1875, S. 100. — [4] Clauſius, Die mechaniſche Wärmetheorie, I, Braunſchweig 1887, S. 42; II, Braunſchweig 1889—91, S. 25. — [5] Zeuner, Techniſche Thermodynamik, I, Leipzig 1900, S. 91. — [6] Weinſtein, Thermodynamik und Kinetik der Körper, I, Braunſchweig 1901, S. 122. — [7] Weyrauch, Grundriß der Wärmetheorie, I, Leipzig 1905, S. 124. — Weitere Literatur ſ. Boyleſches Geſetz, Gay-Luſſacſches Geſetz.

Weyrauch.

Boyleſches Geſetz. Dasſelbe beſagt: Bei konſtanter Temperatur iſt das Volumen eines Gaſes umgekehrt proportional dem Drucke, dem es ausgeſetzt iſt. Bezeichnen p, v Druck und Volumen, ſo ſoll alſo ſtets ſein:

$$p\,v = Const. = p_0\,v_0\,, \qquad 1.$$

worin *Const.* für eine beſtimmte Gasart nur von der Höhe der konſtanten Temperatur abhängt, für verſchiedene Gaſe aber verſchieden ſein kann (vgl. Boyle-Gay-Lussacſches Geſetz). Der Wert von *Const.* kann aus Druck und Volumen p_0, v_0 für irgend einen Zuſtand bei der fraglichen Temperatur berechnet werden. Bezieht man v auf die Gewichtseinheit, ſo läßt ſich mit $v = \frac{1}{\gamma}$ auch ſchreiben:

$$p = \gamma\,Const. = \gamma\,p_0\,v_0\,, \qquad 2.$$

unter γ das Gewicht der Volumeneinheit Gas verſtanden.

Das Boyleſche Geſetz wurde 1662 von Robert Boyle mit ſeinem Schüler Townley entdeckt [1] und 1679 auch durch Edme Mariotte ausgeſprochen [2], nach welchem es häufig Mariotteſches Geſetz genannt wird. Ueber ſeine Gültigkeit wurden ſchon im achtzehnten Jahrhundert und zu Anfang des neunzehnten mehrfach Verſuche angeſtellt. Die zum Teil widerſprechenden Reſultate derſelben veranlaßten anfangs der dreißiger Jahre des letzteren Arago und Dulong, die Frage aufs neue zu prüfen [4]. Sie fanden bei Verſuchen mit atmoſphäriſcher Luft von 1—27 Atmoſphären Druck und 13° Temperatur, daß die beobachteten Volumen um 1—7 ‰ kleiner als die aus $p_0\,v_0$ für 1 Atmoſphäre nach 1. berechneten waren. Die Abweichungen wurden von ihnen Beobachtungsfehlern zugeſchrieben. Da Pouillet für Stickſtoff, Sauerſtoff, Waſſerſtoff, Stickoxyd und Kohlenoxyd bis 100 Atmoſphären dasſelbe Kompreſſionsgeſetz erhielt wie für die zum Vergleich herangezogene atmoſphäriſche Luft [5], ſo nahm man zunächſt die Gültigkeit des Boyleſchen Geſetzes für die genannten ſchwerſt kondenſierbaren Gaſe als genügend erwieſen an. Daß Kohlenſäure und andre leicht kondenſierbare Gaſe bei Drücken über etwa 4 Atmoſphären weſentlich ſtärkere Volumenänderungen erleiden, als das Geſetz verlangt, hatte Pouillet ebenfalls feſtgeſtellt. Für Kohlenſäure beiſpielsweiſe war bei 40 Atmoſphären das beobachtete Volumen nur 0,739 des nach dem Volumen bei 1 Atmoſphäre berechneten.

In den vierziger Jahren ſtellte Regnault Verſuche nach weſentlich verbeſſerter Methode an [6]. Er fand bei etwa 4,4° Temperatur, daß ſelbſt atmoſphäriſche Luft ſchon für 1 Atmoſphäre Druckdifferenz vom Boyleſchen Geſetz abweicht. Bei Anfangsdrücken p_0 von 1—12 Atmoſphären, die nahezu verdoppelt wurden, war

$$\frac{p_0\,v_0}{p\,v} = \frac{p_0}{p}\,\frac{\gamma}{\gamma_0} = \mu$$

nicht gleich 1, wie Gleichung 1. beſtimmt, ſondern 1,4—6,4 ‰ größer. Aehnliche Abweichungen zeigten die übrigen unterſuchten Gaſe, nur für Waſſerſtoff ergab ſich $\mu < 1$, wobei die Abweichungen ebenfalls mit dem Drucke wuchſen.

Nach dem bisherigen konnte man ſchließen, daß die meiſten Gaſe im Gegenſatze zu Waſſerſtoff ſtärker komprimierbar ſeien, als das Boyleſche Geſetz verlangt, oder mit andern Worten, daß von $p_0 = 1$ Atmoſphäre an zu höheren p im allgemeinen die v in wachſendem Maße kleiner, die γ in wachſendem Maße größer würden, als den Gleichungen 1., 2. entſpräche. Indeſſen haben Verſuche von Natterer [7], Cailletet [8] und Amagat [9] bei Drücken bis über 3000 Atmoſphären ergeben, daß die Abweichungen bei höheren als den früher beobachteten Drücken wieder abnehmen, Null durchſchreiten und dann in entgegengeſetztem Sinne zunehmen, ſo daß bei genügend hohen p alle Gaſe (wie der Waſſerſtoff ſchon bei gewöhnlichen Drücken) weniger komprimierbar ſind, als das Boyleſche Geſetz angibt. Letztere Abweichungen ſind weit größer als die zuerſt erwähnten. Während nach 2. γ für $p = 3000$ Atmoſphären 3000 mal ſo groß als für $p_0 = 1$ Atmoſphäre ſein ſollte, erhielt Amagat in dieſem Falle bei 15°:

für atmoſphäriſche Luft	$\frac{\gamma}{\gamma_0}$	= 714
„ Stickſtoff	. . . . .	692
„ Sauerſtoff	. . . . .	810
„ Waſſerſtoff	. . . . .	1037

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Von unbeſchränkter Gültigkeit des Boyleſchen Geſetzes kann hiernach keine Rede ſein. Da indeſſen bei gewöhnlicher Temperatur (Cailletet 15°)

p Atmoſphären	für atmoſphäriſche Luft μ nach Cailletet	Natterer	für Waſſerſtoff μ nach Cailletet	Natterer
60	1,0131	—	0,9810	—
90	1,0118	—	—	—
100	1,0098	1,0000	0,9552	0,9800
200	0,9990	0,9502	0,9158	0,9050
300	0,9465	0,9200	0,8761	0,8600
400	0,8672	0,8628	0,8347	0,8312
500	0,7927	0,7893	0,7893	0,7891
605	0,7215	0,7185	0,7580	0,7533
705	0,6660	0,6601	—	0,7385

wobei angenommen war

$p_0 =$ 1 100 1 78 Atmoſphären,

ſo kann das Geſetz für atmoſphäriſche Luft und andre ſchwerſt kondenſierbare Gaſe bei gewöhnlicher Temperatur und den gewöhnlich vorkommenden Drücken für die meiſten techniſchen Zwecke als genügend genau gelten. Für Drücke unter 1 Atmoſphäre haben die Verſuche widerſprechende Reſultate geliefert, doch ſind die betreffenden Abweichungen ſo klein, daß ſie faſt immer außer Betracht bleiben können. Während die bisher erwähnten Reſultate ſich auf gewöhnliche Temperaturen beziehen, haben weitere Verſuche von Amagat, Winkelmann u. a. ergeben, daß mit dem Wachſen der Temperatur (ſolange die chemiſche Beſchaffenheit des Gaſes ungeändert bleibt) die Abweichungen vom Boyleſchen Geſetze abnehmen. So fand Amagat für atmoſphäriſche Luft und Drücke von 1—2 Atmoſphären [11]:

bei $t =$	0	100	150	320°
$\mu =$	1,0015	1,00011	1,00025	1,00010.

Umgekehrt nehmen mit Erniedrigung der Temperatur die Abweichungen zu und in der Nähe der kritiſchen Temperatur (ſ. d.) treten Verhältniſſe ein, die durch das Boyleſche Geſetz auch nicht annähernd wiedergegeben werden können. Vgl. Gaſe, Dampf, auch geſättigter und überhitzter. Ueber weitere Verſuche ſ. [3], [12], [13], [14].

Literatur: [1] Boyle, New experiments physico-mechanical touching the spring of the air etc., London 1662. — [2] Mariotte, Second essai de physique de la nature de l'air, Paris 1679. — [3] Gehler, Phyſikaliſches Wörterbuch, IV, Leipzig 1828, S. 1026. — [4] Mémoires de l'Académie royale des sciences etc., 1831, X, p. 193. — [5] Pouillet, Élements de physique, I, 4. édition, Paris 1844, p. 327. — [6] Regnault, Relation des expériences etc., Paris 1847 (zugleich Bd. 21 der Mém. de l'Acad. des sciences), p. 329. — [7] Natterer, Gasverdichtungsverſuche, Poggendorfs Annalen, 1855, XCIV, S. 436. — [8] Cailletet, Compressibilité des gaz à hautes pressions, Comptes rendus etc., 1870, LXX, p. 1131. — [9] Amagat, Compressibilité des gaz: oxygène, hydrogène, azote et air jusqu'à 3000 atm., Comptes rendus etc., 1888, CVII, p. 522. — [10] Baly und Ramſay, Verſuche über die Beziehungen zwiſchen Druck, Volumen und Temperatur in verdünnten Gaſen, Philosophical Magazine etc., 1894, XXXVII, p. 301; vgl. Beiblätter zu Wiedemanns Annalen, 1895, S. 317. — [11] Amagat, Sur la compressibilité de l'air et de l'hydrogène à des températures élevés, Annales de chimie et de physique, 1873, XXVIII, p. 274. — [12] Winkelmann, Handbuch der Phyſik, I, Breslau 1891, S. 503. — [13] Violle, Lehrbuch der Phyſik, II, Berlin 1893, S. 809. — [14] Wüllner, Lehrbuch der Experimentalphyſik, I, Leipzig 1895, S. 520. — [15] Zeuner, Techniſche Thermodynamik, I, Leipzig 1900, S. 91. — [15] Weyrauch, Grundriß der Wärmetheorie, I, Stuttgart 1905, S. 124.

Weyrauch.

Brachimetrie. Unter dieſem Namen hat P. Kahle einige Verfahren für grobe Aufnahmen von Lageplanſkizzen und genäherte Höhenbeſtimmungen (ferner für die Zeichnung von Rundſichten bei der Itinerarführung, von ſonſtigen Landſchaftsſkizzen u. ſ. w.) zuſammengefaßt, die ſich als inſtrumenteller Hilfsmittel nur eines Maßſtabs, im übrigen der Länge des Arms (woher der Name) u. dergl. bedienen.

Die brachimetriſche Meſſung von Winkeln geſchieht z. B. mit zwei Gliedern des zuſammenlegbaren Maßſtabs, der Schmiege, vgl. [1]; im übrigen ſ. [2], [3] und (ſpeziell über Brachimetrie ausführlicher) [4].

Literatur: [1] Zeitſchrift f. Vermeſſungsweſen 1901 (Bd. 30), S. 443—446, mit Genauigkeitsangaben. — [2] Zeitſchrift f. prakt. Geologie (herausgeg. von Krahmann), Jahrg. 1894—97. — [3] Zeitſchrift für Kriminal-Anthropologie und Kriminaliſtik (herausgeg. von Groß), Aufſatz über Krokieren für Unterſuchungsrichter u. ſ. w., Bd. 7, S. 80—122, ſpeziell 90—92. — [4] Mitteilungen des D.-Oe. Alpenvereins, Jahrg. 1900, Nr. 17 (auch ſeparat, Wien 1900).

Hammer.

Brachiſtochrone. Zwiſchen zwei Punkten A und B verſchiedener Höhe über der Horizontalebene laſſen ſich unendlich viele Kurven ziehen, die ein ſchwerer Punkt durchlaufen kann. Die Brachiſtochrone iſt diejenige von allen, auf welcher der ſchwere Punkt in der kürzeſten Zeit vom höheren Punkte zum niedereren fallend gelangt.

Das Problem der Brachiſtochrone wird im allgemeinen als ein ſolches der Variationsrechnung behandelt. Indeſſen genügen die folgenden elementaren Betrachtungen, um zu zeigen, daß die Brachiſtochrone zwiſchen zwei Punkten A und B eine Zykloide iſt, deren Ebene in die Vertikalebene dieſer Punkte fällt, deren Baſis horizontal liegt und welche die Konvexität nach

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

unten kehrt. Nach dem Prinzip der lebendigen Kraft ist die Geschwindigkeit v, welche der Punkt, der von A mit der Geschwindigkeit v_0 ausgeht, in irgend einem Punkt seiner Bahn annimmt, bloß von der Anfangsgeschwindigkeit v_0 und der Fallhöhe y abhängig:

$$\tfrac{1}{2}(v^2 - v_0^2) = g\,y.$$

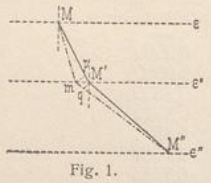


Fig. 1.

Für alle möglichen, durch A und B gehenden Bahnen wird daher bei gleicher Anfangsgeschwindigkeit die Geschwindigkeit in gleichen Fallhöhen gleich groß sein. Die Kurve kürzesten Falles muß daher notwendig in einer Vertikalebene durch AB liegen, da die andern Kurven zwischen A und B stets größere Bogenelemente haben als ihre Projektion auf die Vertikalebene durch AB und daher zu ihnen als Bahnkurven notwendig größere Fallzeiten gehören. Weiter kann man beweisen, daß, wenn i die Neigung der Tangente eines Punktes M der Brachistochrone gegen die Vertikale und v dessen Geschwindigkeit ist, die Größe $\frac{\sin i}{v}$ konstant bleibt längs der Brachistochrone (Fig. 1). Denn bedeutet jetzt m einen Punkt in unendlicher Nähe zu M' auf der Ebene ε' in der Schnittlinie der Horizontal-Vertikalebene durch AB mit ε', so ziehe man Mm und mM'' und projiziere m nach p auf MM' und M' nach q auf mM''. Dann wird $Mm = Mp$ und $qM'' = M'M''$, und es sind die Zeiten, die der bewegliche Punkt braucht, um $MM' + M'M''$ und $Mm + mM''$ zu durchlaufen: $\frac{MM'}{v} + \frac{qM''}{v'}$ und $\frac{Mp}{v} + \frac{mM''}{v'}$, und ihre Differenz ist $\frac{pM'}{v} - \frac{mq}{v'} = mM'\left(\frac{\sin i}{v} - \frac{\sin i'}{v'}\right)$, wenn i' die analoge Bedeutung für M' hat, wie i für M. Diese unendlich kleine Zeit ist aber die Aenderung der Fallzeit des beweglichen Punktes beim Uebergang von der Brachistochrone zu einer Nachbarkurve MmM''. Dieselbe muß Null sein, weil die Fallzeit für die Brachistochrone ein Minimum sein muß. Daher folgt $\frac{\sin i}{v} = \frac{\sin i'}{v'}$, d. h. $\frac{\sin i}{v}$ ist eine Konstante.

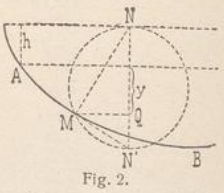


Fig. 2.

Diese Sätze genügen, um die Zykloide als Brachistochrone zu erweisen. Setzt man $\frac{\sin i}{v} = \frac{1}{\mu}$, wo also μ konstant ist, und bezeichnet mit v_0 die Geschwindigkeit auf der Brachistochrone in einem Punkte A (Fig. 2), mit v aber die Geschwindigkeit in einem andern Punkte M, tiefer als A, so hat man nach dem Prinzip der lebendigen Kraft $\frac{1}{2}v^2 - \frac{1}{2}v_0^2 = gy$, wo y die Tiefe von M unter A ist. Setzt man daher in dieser Gleichung $v_0 = \sqrt{2gh}$, $v = \mu \sin i$ und $\mu = \sqrt{4ga}$, so geht sie über in:

$$\sin i = \sqrt{\frac{y+h}{2a}},$$

d. h. mit Rücksicht auf die leicht verständliche Figur:

$$\sin i = \sin MN'N = \frac{MN}{NN'} = \sqrt{\frac{NN' \cdot NQ}{NN'}} = \sqrt{\frac{NQ}{NN'}} = \sqrt{\frac{y+h}{NN'}},$$

wo N der Schnittpunkt der Normalen der Brachistochrone mit der Niveauebene Null, MN' aber deren Tangente ist. Die Vergleichung dieses Ausdrucks mit $\frac{\sin i}{v} = \frac{1}{\mu}$ gibt $\sqrt{\frac{y+h}{v^2 \cdot NN'}} = \frac{1}{\mu}$, oder da $\frac{1}{2}v^2 = g(y+h)$ ist, $2g \cdot NN' = \mu^2 = 4ga$, d. h. $NN' = 2a$. Es ist demnach NN' konstant. Ein Kreis also, der die Linie des Niveaus Null berührt und durch M geht, hat einen konstanten Durchmesser $2a$. Hiermit ist aber die Zykloide als Brachistochrone hinreichend charakterisiert, da die vorliegende Konstruktion nichts andres als die Konstruktion der Tangente und Normalen der Zykloide ist. *(Schell) Finsterwalder.*

Brack, Bruck, Kolk oder Waye bezeichnet die Vertiefung, welche bei Deichbrüchen durch das einströmende Außenwasser in den Untergrund gerissen wurde. Bei Wiederherstellung des Deiches empfiehlt es sich stets, sie an der Außenseite zu lassen, weil sie hier allmählich zuschlickt, während ein an der Innenseite gelegenes Brack nachteilige Durchquellungen veranlaßt und den Bestand des Deiches durch Abrutschungen gefährden kann. Vgl. Auslage. *Frühling.*

Bracket-plate-System, Bauweise eiserner Schiffe mit Doppelboden, bei der die Außenhaut, der innere Boden und die Längsspanten durch Dreieckplatten (Bracket-plates) miteinander verstrebt werden. *T. Schwarz.*

Bradley-Hammer, s. Aufwerfhämmer.

v. Braukesches Pulver, s. Geschoßtreibmittel.

Bramme, s. Blechfabrikation unter Eisenblech, S. 48.

Bramraa, Bramsegel, die an der Bramstenge (oberste Stenge) geführten Raaen und Segel; s. Bemastung und Besegelung.

Brandbrett, das beim Pressen des Tuches zwischen die erhitzten eisernen Preßplatten und das Gewebestück eingelegte Brett. S. Tuchfabrikation.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Branddamm, ſ. Grubenbrand.

Brandgaſſe (Feuergaſſe), ſchmale Gaſſe zwiſchen zwei Einzelgebäuden. In alten Städten, in denen die Wohnhäuſer mit ihren Giebeln gegen die Straße gerichtet ſind, hat ſie den Zweck, im Falle eines Brandes mit den Feuerlöſchgeräten beikommen zu können; ſ. a. Grubenbrand. *Weinbrenner.*

Brandgeſchoß, ſ. Geſchütze, Schiffsgeſchütze.

Brandgiebel. Benachbarte Gebäude, beſonders in geſchloſſenen Häuſerblöcken, ſollen zur Verhütung der Uebertragung des Feuers in Brandfällen mit maſſiven Mauern, die bis unter das Deckmaterial des Daches, beſſer noch darüber hinaus, aufgeführt werden, voneinander geſchieden ſein (ſ. Brandmauer). *Weinbrenner.*

Brandkitt (Feuerkitt), 1. Anſtrichmaſſe für Holzwerk, um dieſes gegen Entzündung zu ſichern, beſteht aus Stoffen wie Lehm, Ziegelmehl, Aſche, Mehlkleiſter u. a. m.; 2. Bindemittel, aus Harzen u. dergl. beſtehend, mittels der an Hauſteinen die ſogenannten Vierungen dauerhaft befeſtigt werden. *Weinbrenner.*

Brandladen (Brandtüre), Verſchlußteile von Oeffnungen in Brandmauern aus feuerfeſten Stoffen. Lediglich aus Eiſenblech erſtellte Brandladen haben ſich als feuerſicher nicht bewährt; beſſer widerſtehen ſtarke Laden oder Türen aus Eichenholz (ſogenannte verdoppelte), mit Eiſenblech beſchlagen. *Weinbrenner.*

Brandmalerei, ſ. Holzbrandtechnik.

Brandmauer (Feuermauer), 1. eine an Feuerungen, Oefen, Küchenherden u. ſ. w. errichtete Mauer, in der kein Holz- oder Fachwerk ſich befinden darf; 2. eine in Hinſicht auf Stoff und Standfeſtigkeit der Wirkung des Feuers widerſtehende und der Weiterverbreitung desſelben ein Ziel ſetzende Mauer; ſie ſchließt ein Gebäude bis unter Dach ohne Unterbrechung ab, kann aber auch zwiſchen zwei Gebäuden gemeinſchaftlich aufgeführt werden.

Die geringſte zuläſſige Stärke iſt	in Bruchſteinen	in Backſteinen
bei einſtöckigen Gebäuden	45 cm	1 Stein = 25 cm
„ zweiſtöckigen „ im unteren Stock	50 „	1½ „ = 38 „
„ mehrſtöckigen „ „ „ „	60 „	2 „ = 51 „

In den oberen Stockwerken iſt eine entſprechende Abnahme der Stärke nach den vorſtehenden Maßen zuläſſig. — Bei langen Gebäudeanlagen ſollen in Entfernungen von 24 m Brandmauern errichtet werden. Die verbindenden Oeffnungen dieſer Mauern ſind mit Brandladen zu ſchließen. Kamine dürfen nicht in die Stärke der Brandmauern einſpringen. Gebälke ſollen ihr Auflager nicht auf dieſen Mauern erhalten. Einzelne Hölzer, wie Unterzüge u. dergl., dürfen mit ihren Enden bis 6 cm von der Mitte der Brandmauer eingelegt werden; ſ. a. Oefen, metallurgiſche. *Weinbrenner.*

Brandopferaltar, ſ. Altar.

Brandpappe, die beim Preſſen des Tuches, zum Schutze dieſes letzteren, anſtatt eines Brandbrettes zwiſchen die heiße eiſerne Preßplatte und das Gewebeſtück eingelegte ſtarke Pappentafel. S. Tuchfabrikation. *M. Kraft.*

Brandſchiefer, ſchwarze oder dunkelgraue Schiefertone, Tonſchiefer und Mergel, die entweder einen beträchtlichen Gehalt an feinverteilter Kohle (bis 50 %) oder aber ſtatt Kohle Kohlenwaſſerſtoffe, Bitumen führen.

Sie ſind meiſt ſehr dünnſchieferig bis blätterig und brennen, wenn bitumenreich, im Feuer mit ſtark rußender Flamme und Harzgeruch. Vielfach führen die bituminöſen Abarten Reſte von Fiſchen, die kohligen ſolche von Pflanzen. Solche Schiefer treten in verſchiedenen Formationen oft in großer Mächtigkeit auf, z. B. im Devon, in der Steinkohlenformation, im Rotliegenden, im Lias u. ſ. w. Die Brandſchiefer der älteren Formationen ſind zumeiſt kalkfreie, kohlen- oder bitumenreiche Schiefertone, deren Entſtehung mit derjenigen der Kohle aufs engſte verwandt iſt. Ihre techniſche Verwendung iſt eine ſehr untergeordnete. Sie dienen bei größerem Gehalt an Kohle als Erſatz für Steinkohle, z. B. beim Kalkbrennen. In der Trias und im Lias treten kalkreiche Brandſchiefer auf, die reich an Bitumen (Aſphalt) ſind und daraufhin oder als Brennmaterial ausgebeutet werden. Wichtig iſt nach dieſer Richtung hin der ſchwäbiſche Liasſchiefer [1], der etwa 41 % Ton, 41 % kohlenſauren Kalk, 12 % organiſche Subſtanz und 6 % Schwefelkies führt. Er bildet einen Teil der ſogenannten Poſidonienſchiefer der oberen Liasformation in Form von ſehr dünnblätterigem, zähem, bituminöſem Mergelſchiefer und wird zur Gewinnung von Mineralölen verwendet. Die Tertiärformation Norddeutſchlands iſt oft reich an kohlehaltigen Schiefertonen, Brandſchiefern in Begleitung von Alaunſchiefern.

Literatur: [1] Dorn, Der Liasſchiefer und ſeine Bedeutung als Brennmaterial u. ſ. w., Tübingen 1877. *Leppla.*

Brandſchutzſtreifen, ſ. Forſtſchutzſtreifen.

Brandſignale werden zuweilen an Eiſenbahnſtrecken, an denen Entzündungen durch den Funkenauswurf der Lokomotive zu befürchten ſind, angewendet,

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

um den Lokomotivführer zum vorsichtigen Bedienen des Feuers zu veranlassen. Die deutsche Signalordnung schreibt derartige Signale nicht vor. *Köchy.*

Brandung. Diese ist entweder Strandbrandung oder Felsbrandung [1]; die erstere kommt an Flachküsten vor und ist unausgesetzt tätig, wogegen an einer Felsküste nur durch stärkeren Wind eine zerstörende Brandungswoge erzeugt wird.

Wenn eine ganz regelmäßig gebaute Welle von trochoidaler Gestalt in das seichte Küstenwasser kommt, so wirken zwei Umstände formverändernd auf sie ein; nämlich einmal kann die Orbitalbewegung, die nur nach oben, nicht aber nach unten freien Spielraum findet, nicht mehr wie früher zustande kommen, und dann bewirkt auch die Reibung am Grunde ein Voreilen des oberen Teiles der Welle. Diese wird so zur Sturzwelle und kann unter Umständen, wie die berüchtigte Kalema an der Küste von Portugiesisch-Westafrika sie bietet, eine ganz ungeheure mechanische Arbeit leisten [2]. Auch die schwächere Strandbrandung übt einen Zerstörungseffekt aus, indem sie Teilchen der Küste loslöst und — im sogenannten Sog — in das Meer hinausführt, während auch anderseits die Zerstörungsprodukte wieder an gewissen Stellen des Gestades abgelagert werden können [3], so daß Landverlust und Landgewinn miteinander abwechseln.

Die Felsbrandung, auch Klippenbrandung genannt, ist durch die gewaltigen Höhen gekennzeichnet, bis zu welchen das inkompressible Wasser, an einem ebenfalls zunächst unwandelbaren Widerstande aufgehalten, emporsteigen kann, da ihm eben nur die dritte Dimension noch freisteht. Auf der Shetlandinsel Unst wurde einmal, wie Stevenson berichtet, eine vom normalen Wasserspiegel um 59 m entfernte Leuchtturmtüre durch die Wellen eingeschlagen; die gewaltige Energie der Brandungswogen zu bestimmen, hat eben auch Stevenson [4] seinen als Wellendynamometer bekannten Apparat konstruiert und u. a. gefunden, daß in einer Höhe von 7 m über dem Mittelwasser auf 1 qm vertikaler Fläche ein Druck von 11 000 kg ausgeübt wurde. Die geologischen Leistungen derartigen Wogenanpralles sind selbst dann sehr beträchtlich, wenn die Küste Stabilität besitzt; dafür liefert die Insel Helgoland den besten Beweis, obwohl es weit übertrieben ist, zu behaupten, daß diese schon in naher Zukunft dem Meere zum Opfer fallen müsse [5]. Ganz erheblich wird jedoch der Zerstörungseffekt gesteigert, wenn die Wasserlinie sich in positiver Bewegung befindet, indem entweder das Wasser steigt oder das Land sich senkt; alsdann kommt es zur Abrasion, wie sie v. Richthofen [6] zuerst an der chinesischen Küste wahrgenommen hat, wo ganze Gebirge von den Fluten weggeschwemmt wurden, an deren Stelle jetzt eine langsam ansteigende Abrasionsfläche getreten ist.

Literatur: [1] Krümmel, Handbuch der Ozeanographie, Stuttgart 1887, 2. Bd., S. 82 ff.; v. Richthofen, Führer für Forschungsreisende, Berlin 1886, S. 337 ff., 352 ff., 669 ff., 692 ff. — [2] Güßfeldt und Pechuel-Löfche, Die Loango-Expedition, Leipzig 1882, 3. Bd., 1. Teil, S. 18 ff. — [3] Philippson, Verteilung der Strandgerölle an den Küsten der Insel Rügen, Sitzungsberichte der Niederrheinischen Gesellschaft für Natur- und Heilkunde, 1892, S. 63 ff. — [4] Stevenson, Account of Experiments upon the Force of the Waves of the Atlantic and German Oceans, Transactions of the Edinburgh Philosophical Society, 16. Bd., S. 23 ff. — [5] Wiebel, Die Insel Helgoland, Hamburg 1848; Tittel, Die natürlichen Veränderungen Helgolands und die Quellen über dieselben, Leipzig 1894. — [6] v. Richthofen, China, Ergebnisse eigener Reisen und darauf gegründeter Studien, Berlin 1882, 2. Bd., S. 130 ff.

Günther.

Brandungsboot, ein Schiffsboot mit scharf auslaufendem aber überfallendem Bug und Heck, das zum Passieren der Brandung an flachen Küsten besonders geeignet ist.

T. Schwarz.

Branntwein, ein Getränk mit sehr wechselndem Alkoholgehalt (25—65 Volumprozent), das durch Destillation aus vergorenen Flüssigkeiten, entweder ohne jeden Zusatz oder nur mit ganz geringen Zusätzen von ätherischen Oelen, Zucker oder Farbstoffen — auch Wasser — hergestellt wird. Für die Herstellung finden teils zuckerhaltige, teils stärkemehlhaltige Rohmaterialien Verwendung.

I. **Branntwein aus zuckerhaltigen Rohmaterialien.** — 1. Aus Trauben, s. Franzbranntwein. 2. Aus Rohrzuckermelasse, s. Rum. 3. Aus Kirschen. Diese, am besten wilde Kirschen, die gut gereift sind, werden in Bottichen zu einer breiigen Masse zerstampft. Soll der Branntwein einen starken Geschmack resp. Geruch nach bitteren Mandeln erhalten, so werden auch die Kerne zerstoßen. Das in den Kernen enthaltene Amygdalin zerfällt in Zucker, Bittermandelöl (Benzaldehyd) und Blausäure. Nach einiger Zeit gerät die Masse in Gärung. Die Gärung ist je nach der Größe der Bottiche und der Temperatur des Gärraums oft schon in 5—6 Tagen beendet, dauert aber auch oft 2—4 Wochen. Am besten wird nach beendeter Gärung die vergorene Flüssigkeit, die Maische, destilliert; läßt man sie vor dem Destillieren noch längere Zeit stehen, so bildet sich reichlicher Essigsäure. Die Destillation geschieht meistens in höchst primitiven Blasen (s. Spiritusfabrikation) auf freiem Feuer. Hierbei muß besonders achtgegeben werden, daß die dicke Maische, namentlich gegen Ende des Abtreibens, nicht anbrennt. Vollkommenere Brennapparate mit Dampf führen sich nur sehr langsam ein. Das erste Produkt wird häufig einer nochmaligen Destillation unterworfen und damit auf 60 Volumprozent Alkohol gebracht. Dieses zweite Produkt wird dann mit Wasser auf die gewünschte Stärke eingestellt. Durch Lagern verfeinert sich der Geschmack. Aus 100 kg Kirschen erhält man 7—8 l Branntwein von ca. 50 %. — Der Alkoholgehalt des Kirschbranntweins schwankt zwischen 30 und 60 Volumprozent, der Gehalt an Essigsäure zwischen 0,03 und 0,16, jener an Blausäure zwischen

0,003 und 0,011, an Extrakt zwiſchen 0,004 und 0,023. Ausführliche Unterſuchungen über das Fuſelöl des Kirſchbranntweins liegen noch nicht vor. Ein geringer, jedoch unſchädlicher, durch die Eſſigſäure aus den kupfernen Kühlern aufgelöſter Kupfergehalt iſt in faſt allen Kirſchbranntweinen nachzuweiſen (ſ. a. [1]).

4. Aus Zwetſchgen. Der Branntwein aus Zwetſchgen (in Böhmen, Ungarn und Deutſch-Oeſterreich Slibowitz, auch Sliwowitz genannt) wird ganz in derſelben Weiſe wie der Kirſchbranntwein dargeſtellt. Vielfach wird die vergorene Maiſche nicht ſobald ſie reif iſt abgebrannt, ſondern unmittelbar bevor Branntwein gebraucht wird. Der Alkoholgehalt iſt demgemäß auch ſehr ſchwankend zwiſchen 27 und 47 Volumprozent, ebenſo der Gehalt an Eſſigſäure zwiſchen 0,078 und 0,240 g in 100 ccm. Blauſäure iſt entweder gar nicht oder nur ſpurweiſe nachzuweiſen (ſ. a. [2]).

5. In derſelben Weiſe wie aus Kirſchen wird aus vielen zuckerhaltigen Früchten Branntwein dargeſtellt.

Die folgende Tabelle zeigt den Zuckergehalt der entſprechenden Materialien, aus dem ſich der zu erwartende Alkoholertrag ergibt. (S. Gärung und Spiritusfabrikation.)

Aepfel . . .	4,92—10,68 %	Pfirſiche . .	1,57—11,64 %	Brombeeren .	4,14 %
Birnen . . .	6,83—11,52 „	Aprikoſen .	1,14—16,50 „	Maulbeeren .	9,19 „
Zwetſchgen .	5,29— 6,78 „	Kirſchen . .	3,43—18,1 „	Stachelbeeren	6,00— 8,24 „
Pflaumen . .	1,97— 6,44 „	Erdbeeren .	3,63—10,78 „	Johannisbeeren	4,78— 7,69 „
Reineclauden .	2,96— 3,41 „	Himbeeren .	2,80— 4,71 „	Preifelbeeren	12,6 —16,81 „
Mirabellen .	3,58— 4,37 „	Heidelbeeren	4,78— 5,26 „		

6. S. unter Arrak.

II. **Branntwein aus ſtärkemehlhaltigen Rohmaterialien.** — Ueber die Darſtellung des Spiritus, aus dem dieſe Branntweinſorten hergeſtellt werden, ſ. Gärung und Spiritusfabrikation. Die Darſtellung des Branntweins beſteht einfach darin, daß der Spiritus, wenn er nicht ſchon die gewünſchte Stärke hat, durch Verſetzen mit Waſſer auf dieſelbe gebracht wird. Man wendet am beſten deſtilliertes oder wenigſtens ſehr weiches Waſſer an, weil ſonſt eine Trübung eintreten kann, der Branntwein wird „blau“. Eine Trübung kann auch bei Herſtellung ſehr ſchwachgradigen Branntweins aus ſtark fuſelhaltigem Spiritus eintreten. Dieſe Trübungen müſſen durch geeignete Filtrationen entfernt werden. Zum Filtrieren eignet ſich am beſten eine doppelt ausgeglühte Holzkohle (Lindenkohle), die auch den Geſchmack des Branntweins verbeſſert, indem ſie einen Teil des Fuſels zurückhält. Der Geſchmack des Branntweins hängt von dem Rohmaterial, der Gärung, der Deſtillation und der weiteren Reinigung des rohen Spiritus ab. Aus rohem Kartoffelſpiritus hergeſtellter Branntwein hat einen unangenehmen, kratzenden Geſchmack, der durch das Kartoffelfuſelöl bedingt wird, das in wechſelnden Mengen ſelten über 0,7 auf 100 Alkohol vorkommt. Die Zuſammenſetzung des Kartoffelfuſelöls fand Windiſch [1] in 1 kg:

Normalpropylalkohol	68,54 g	Freie Fettſäuren	0,11 g
Iſobutylalkohol	243,5 „	Fettſäureeſter	0,20 „
Amylalkohol	687,6 „	Furfurol und Baſen	0,05 „

In 100 Gewichtsteilen der freien Säuren fand Windiſch ungefähr: Kaprinſäure 36, Pelargonſäure 12, Kaprylſäure 32, Kapronſäure 14, Butterſäure 0,5, Eſſigſäure 3,5. Der Genuß des rohen Kartoffelbranntweins iſt wegen des Fuſelölgehalts entſchieden der Geſundheit nachteiliger als der Genuß des gereinigten; doch iſt dieſer ſchädliche Einfluß des Fuſelöls vielfach übertrieben worden. Man hat oft der Wirkung des Fuſelöls zugeſchrieben, was die Wirkung des übermäßigen Branntweingenuſſes überhaupt war. Immerhin bietet die Reinigung des Kartoffelſpiritus (ſ. Spiritusfabrikation) ſo wenig Schwierigkeiten, daß man den ungereinigten ganz vom Konſum ausſchließen ſollte. Der aus reinem Kartoffelſprit hergeſtellte Branntwein hat einen wenig charakteriſtiſchen Geſchmack, ſo daß er meiſt einen Zuſatz von ätheriſchen Oelen erhält. Hierbei wird entweder ſo verfahren, daß der Branntwein mit den entſprechenden Materialien, z. B. Kümmel, Anis u. dergl. noch einmal deſtilliert wird oder daß er mit den käuflichen ätheriſchen Oelen verſetzt wird. Der aus rohem Kornſpiritus, gleichviel ob aus Roggen oder Weizen gewonnen, hergeſtellte Branntwein hat einen weſentlich angenehmeren Geſchmack als der Kartoffelbranntwein. Nach den Unterſuchungen von Windiſch [1] enthält 1 kg Kornfuſelöl aus Roggen:

Normalpropylalkohol .	36,9 g	Fettſäureeſter	3,05 g
Iſobutylalkohol . . .	157,6 „	Terpen	0,33 „
Amylalkohol	798,5 „	Terpenhydrat	0,48 „
Hexylalkohol	1,33 „	Furfurol, Baſen und Heptyl-	
Freie Fettſäuren . . .	1,60 „	alkohol	0,21 „

In 100 Gewichtsteilen der freien Säuren fand Windiſch: 44,1 Kaprinſäure, 12,9 Pelargonſäure, 26,7 Kaprylſäure, 13,2 Kapronſäure, 0,4 Butterſäure, 2,7 Eſſigſäure. In 100 Gewichtsteilen der Fettſäureeſter fand Windiſch Eſter der Kaprinſäure 40,7, der Pelargonſäure 14,2, der Kaprylſäure 34,8, der Kapronſäure 9,6, der Butterſäure 0,4, der Eſſigſäure 0,3. Obwohl im Kornfuſelöl nur geringe Mengen eines Terpens und Terpenhydrats vorkommen, ſind ſie es doch, die den weſentlichen Unterſchied zwiſchen Kartoffelbranntwein und Kornbranntwein bedingen. Windiſch ſagt davon: „Das Terpen $C_{10}H_{16}$ und das Terpenhydrat $C_{10}H_{18}O$ ſind bei der Bildung des Kornbranntweinaromas ſtark beteiligt. Sie ſind in hohem Grade geeignet, den zum Huſten reizenden Geruch des Amylalkohols zu mildern oder ganz zu verdecken; Beimengungen, die ſo gering ſind, daß ſie durch Elementaranalyſe nicht mehr angezeigt werden, heben den Geruch des Amylalkohols ſchon faſt ganz auf. Selbſt in außerordentlich großer Verdünnung iſt der Geruch dieſer Stoffe noch ſehr ſtark.“ Dieſe Stoffe ſind es auch, die ſelbſt durch gute Rektifikation dem Kornbranntwein nicht vollſtändig entzogen werden können,

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

während die übelriechenden Teile des Fuſelöls ſich vollſtändig abſcheiden laſſen. Dadurch erhält der gereinigte Kornbranntwein ſein vorzügliches Aroma. Auch Kornbranntwein, gereinigter ſowohl wie roher, wird vielfach mit ätheriſchen Oelen verſetzt, in derſelben Weiſe wie Kartoffelbranntwein. Unter dieſen Oelen ſpielt beſonders das des Wacholders eine große Rolle (ſ. Genever). Branntwein aus Gerſte wird in Schottland erzeugt, der ſogenannte ſchottiſche Whisky. Das Gerſtenmalz wird über Torffeuer gedarrt und erteilt dem Branntwein einen eigentümlichen Rauchgeſchmack. Das erſte Deſtillat, Low Wines genannt, wird noch einmal aus einer flachen Blaſe deſtilliert. Vor- und Nachlauf werden unter der Bezeichnung Four Shots und Faints der nächſten Operation hinzugefügt, während die mittlere Fraktion, Clean Spirit genannt, den eigentlichen Whisky bildet. Kornbranntwein wird vielfach mit Kartoffelbranntwein gemiſcht; dieſes Gemiſch bezeichnet man dann ebenfalls als Kornbranntwein, während man im Gegenſatz dazu den nicht gemiſchten als „reinen Kornbranntwein“ bezeichnet. Oft wird auch das Gemiſch mit beſonderen Bezeichnungen belegt, z. B. Nordhäuſer Korn. Zur Herſtellung ſolcher Verſchnittbranntweine wird aus der Kornmaiſche durch Deſtillation ein niedriggradiger, ſehr fuſelreicher Lutter gewonnen, der dann nach dem Verſchneiden mit rektifiziertem Kartoffelſprit immer noch ſtarkes Kornaroma hat. Mais wird in Deutſchland meiſt nur in Gemeinſchaft mit Kartoffeln oder mit Roggen verarbeitet. Ausführliche Unterſuchungen über Maisbranntwein liegen noch nicht vor. Andre ſtärkemehlhaltige Materialien, wie Reis, Dari, Buchweizen, finden nur ſelten, meiſtens in Verbindung mit andern Stoffen, Anwendung zur Branntweinbereitung.

Ueber die Unterſuchung des Branntweins ſ. Spiritusfabrikation.

Literatur: [1] Neßler und Barth, Zeitſchr. f. analyt. Chemie, 22, 33. — [2] Tietze, Zeitſchr. f. Spiritusinduſtrie, 21, 16. — [3] Windiſch, Karl, Ueber die Zuſammenſetzung der Trinkbranntweine, Arbeiten aus dem Kaiſerl. Geſundheitsamt, Bd. 8, Berlin 1892. *H. Herzfeld.*

Branntweinbrennerei, ſ. Branntwein und Spiritusfabrikation.

Branntweinvergoldung, ſ. Vergolden.

Branntweinwage, ſ. Alkoholometrie.

Braſilienholz, gelbes, ſ. Farbſtoffe, pflanzliche.

Braſſen, die an den Nocken der Raaen befeſtigten Taue, mit denen die Raaen gedreht (gebraßt) werden können; ſ. Takelage.

Braſſoline, ſ. Celluloidlacke.

Bratſpill (Pumpenſpill), ſ. Ankerſpill.

Brauchwaſſer, im Gegenſatz zum Trinkwaſſer, das für den öffentlichen Verbrauch, einen Teil der Gewerbe, in den Haushaltungen u. ſ. w. zur Verwendung gelangende Waſſer minderwertiger Qualität.

Brauerei, ſ. Bierbrauerei.

Brauerlacke, ſpirituöſe Lacke, zum Lackieren der Innenwände hölzerner und eiſerner Brauereigefäße, um glatte, geſchloſſene Flächen zu erzielen und leichte Reinigung ſowie Geruchloserhaltung zu geſtatten.

Für Holzgefäße führen ſie die Namen: Bierlack, Glaſur, Email, Holzglaſur, Faßglaſur; für Eiſengefäße: Eiſenglaſur, Kühlſchifflack. Sie dürfen nur aus reinem (nicht denaturiertem, hochprozentigem) Alkohol und ſolchen Harzen (Schellack u. ſ. w.) hergeſtellt werden, die bei der Temperatur der heißen Würze weder erweichen noch Geruch abgeben. Terpentinöl, ätheriſche Oele, Aether, Kampfer u. dergl. ſind als Beſtandteile ausgeſchloſſen; ſie müſſen ſofort trocknen, binnen wenigen Stunden hart und vollkommen geruchlos werden. Die getrockneten Ueberzüge, einerlei ob auf Eiſen oder Holz, dürfen weder im Bier ſich löſen noch Geſchmack oder Geruch an dasſelbe abgeben. Die zu ſtreichenden Holz- und Eiſengefäße müſſen vollkommen ausgetrocknet ſein, weshalb Holzgefäße vor dem Streichen einige Stunden anzuwärmen ſind, damit alle Feuchtigkeit verjagt werde. Eiſengefäße ſind gut an der Luft auszutrocknen. *Andés.*

Brauerpech, zum Auskleiden der Transport- und Lagerfäſſer des Bieres, verhindert die Feſtſetzung von Schimmel- und ſonſtigen die Qualität des Bieres ungünſtig beeinfluſſenden Keimen an den poröſen Holzwandungen, weil der Ueberzug eine glatte, leicht mit Waſſer zu reinigende Oberfläche, frei von Sprüngen, bildet und den Zutritt der Luft durch die Poren des Holzes von außen abhält.

Urſprünglich wurde nur reines Fichtenpech hierzu verwendet; jetzt aber dienen dazu auch Miſchungen aus Kolophonium und Harzöl mit Farbkörpern (Engelrot, Ocker), die Fichtenpech nur in geringen Mengen, um der Maſſe den charakteriſtiſchen Geruch zu erteilen, enthalten. Gutes Brauerpech ſoll transparent, nicht zu hart und nicht zu weich ſein, einen angenehmen, aromatiſchen Geruch haben, leicht ſchmelzen und an den Wänden der Fäſſer feſt haften; durch Erſchütterungen, denen die Fäſſer ausgeſetzt ſind, darf es ſich nicht ablöſen, es darf aber auch dem Bier weder Geſchmack noch Geruch verleihen, muß ſich vielmehr völlig indifferent verhalten. In einigen Gegenden liebt man den Pechgeſchmack, und wird dieſer dadurch künſtlich hervorgerufen, daß man kurz nach vorgenommenem Pichen das Bier in die Fäſſer einfüllt. Als gänzlich geruch- und geſchmackfrei ſind die jetzt viel verwendeten ſogenannten überhitzten Brauerpeche zu bezeichnen, bei deren Herſtellung das Kolophonium einer teilweiſen Deſtillation (Abtreiben des Sauerwaſſers, der Harzeſſenz und eines geringen Anteiles Harzöl) unterworfen wird. *Andés.*

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Braukeſſel, -pfanne, ſ. Bierbrauerei.

Brauneiſenerz (Limonit, Brauneiſenſtein), waſſerhaltiges Eiſenoxyd $2\,Fe_2O_3 + 3\,H_2O$ (85,6 Fe_2O_3 mit 60 Fe) nebſt kleinen Mengen von Kieſelſäure, Tonerde und Mangan, in erdigen und dichten, teilweiſe auch in radialſtrahligen und faſerigen Maſſen mit traubiger ſchwarzer Außenfläche. Farbe, wenn erdig, ockergelb bis braun, bei niedrigem Waſſergehalt mehr rot und dem Roteiſenerz ähnlich, in derbem Zuſtande braunſchwarz. Strich braungelb; Glanz halbmetalliſch, wenn faſerig oft ſeidenartig, im allgemeinen nicht ſehr lebhaft; undurchſichtig. Härte bis $5^1/_2$ ſteigend, wenn erdig, dann abfärbend; ſpez. Gew. 3,4—3,9. Gibt beim Erhitzen Waſſer ab und wird alsdann rot, indem es in Fe_2O_3 übergeht. Schmilzt ſchwer vor dem Lötrohr. Löſt ſich leicht in Salpeterſäure und ſchwer in Salzſäure. Im allgemeinen ein Verwitterungsprodukt andrer Eiſenerze und dieſe enthaltender Mineralien, z. B. des Spateiſenſteins, Roteiſenſteins, Pyrits u. ſ. w. Iſt von außerordentlich großer Verbreitung in feiner Verteilung und wird, wenn mächtig und frei von Schwefelkies, auch zur Eiſendarſtellung verwendet. Reine, mehlige und erdige Abarten werden entweder unvermiſcht oder mit Ton oder Kreideſchlamm vermengt als Farben gebraucht oder zu Farbſtiften verarbeitet.

Als Abarten des Brauneiſenerzes gelten: 1. Stilpnoſiderit, Eiſenpecherz, Glanzeiſenſtein, derb, fettglänzend, braunſchwarz, amorph, mit muſcheligem Bruch; enthält meiſt noch Kieſel- und Phosphorſäure. 2. Kupferpecherz, ein mit Kupferverbindung vermengtes Brauneiſenerz. 3. Brauner Glaskopf, faſerig, mit traubiger, ſchwarzer, glänzender Außenfläche, die zuweilen bunt anläuft, ſtalaktitiſch. 4. Dichter Brauneiſenſtein, von mattem Bruch, oft oolithiſch oder als Bohnerz; letztere beide Formen weitverbreitet im Jura, in Lothringen, Luxemburg, Schwaben (Bohnerze), dann im älteren Tertiär (oolithiſch), überall zur Eiſendarſtellung verhüttet. Wenn ſphäroidiſch oder kugelig, häufig Eiſennieren genannt. 5. Toniger Brauneiſenſtein in kompakten grauen, braunen, dichten Maſſen; im Innern zuweilen hohl durch Wegführung einer leichter löslichen Beimengung (Adler- oder Klapperſteine, Aëtide, werden hohle Eiſennieren mit klapperndem Kern genannt). Als Amberger Gelb oder Gelberde wird ein toniger Brauneiſenſtein bezeichnet. 6. Erdiger Brauneiſenſtein, gelber Ocker, Brauneiſenocker, Berggelb, erdig, abfärbend, meiſt heller gelb gefärbt und verunreinigt. Häufig als Farbe verwendet, z. B. Terra di Sienna mit Ton verunreinigt, Umbra, türkiſche oder cypriſche, mit Ton und Kieſelſäure vermengt. Als Ortſtein wird ein mit Sand vermengter erdiger Brauneiſenſtein bezeichnet. 7. Raſeneiſenſtein. Hierher gehören die knolligen, dichten, meiſt gelbbraunen Abarten, die durch Ausſcheidung aus eiſenhaltigen Gewäſſern (oft durch Verluſt der Kohlenſäure in kohlenſauren Eiſenoxydullöſungen bei längerem Stehen an der Luft) und gewöhnlich unter Mitwirkung von Organismen (Pflanzen) gebildet werden. Man nennt dieſe Formen nach dem Ort ihrer Entſtehung an Quellen Quellerz, am Boden von Sümpfen Sumpferz, Moraſterz, in naſſen Wieſen Wieſenerz, in Seen (Schweden) Seeerz u. ſ. w. Durch die Entfernung des Phosphors (Thomas-Gilchriſtſches Verfahren) werden Raſeneiſenerze zur Verhüttung tauglich. 8. Kieſeleiſenſtein und Kalkeiſenſtein (Braunerz) ſind Brauneiſenerze mit weſentlichen Beimengungen von Kieſelſäure oder kohlenſaurem Kalk. 9. Schwarzeiſenerz wird ein aus der Umwandlung von Spateiſenſtein entſtandenes, manganhaltiges Brauneiſenerz genannt. *Leppla.*

Braunholzpapier, aus braunem Holzſchliff erzeugtes Papier, ſogenanntes Lederpapier. S. Lederſurrogate und Papierſorten.

Braunit, ſ. v. w. Pſilomelan (ſ. d.).

Braunkohle, ſ. Brennſtoffe.

Braunkohlenformation wird in der älteren Geologie eine Schichtenreihe der Tertiärformation, weſentlich des Oligocäns und Miocäns, genannt, die ſich durch das Vorkommen von Braunkohle auszeichnet.

Die ſich in Zentraleuropa, beſonders in der Mark Brandenburg, Provinz Sachſen, Böhmen, Niederöſterreich, dann in Heſſen-Naſſau, am Niederrhein, in Südbayern u. ſ. w. weit ausdehnenden Ablagerungen ſetzen ſich vorwiegend aus Ton, Sand und Mergel zuſammen, Flötze von Braunkohlen, ſtellenweiſe in bedeutender Mächtigkeit (10—30 m) treten in mehreren Horizonten auf, ſind aber immerhin unregelmäßige Schichtenglieder ſowohl ihrer Mächtigkeit als ihrer horizontalen Ausdehnung nach. Charakteriſtiſch ſind auch noch die oft als zurückgebliebene Reſte die frühere, urſprüngliche Ausdehnung der Formation angebenden, meiſt ſehr umfangreichen, plumpen Blöcke von weißem, hellgelbem oder hellgrauem, quarzitiſchem Sandſtein von außerordentlicher Härte (Braunkohlenquarzite, Braunkohlenſandſtein). Ihre Außenfläche iſt meiſt glatt und poliert, gelblichgrau. Sie ſind ein faſt nur mittelfeinkörniger, ſeltener breccienartiger oder grobkörniger (bis konglomeratiſcher) Quarzſand, deſſen einzelne Körner wieder durch ein kieſeliges Bindemittel (Kieſelſäure in Quarz- oder Opalform) verkittet ſind. Sie ſind meiſt ſehr zäh, daher ſchwer zu bearbeiten, gehen mit Mörtel nur ſehr ſchwer eine Verbindung ein und werden daher für Bauzwecke wenig verwendet, wohl aber geben ſie kleingeſchlagen ein widerſtandsfähiges Beſchotterungsmaterial; reine Abarten werden zu feuerfeſten Waren, Glasdarſtellung u. ſ. w. benutzt. Stellenweiſe nehmen auch vulkaniſche Tuffe als Auswurfsmaſſen der tertiären

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Vulkane oder umgelagertes Verwitterungsmaterial ihrer Gesteine am Aufbau der Braunkohlenformation teil (Siebengebirge, Böhmen). Von technischer Wichtigkeit sind neben der Braunkohle (s. Brennstoffe) und den Quarziten auch die begleitenden Tone (Letten) zur Herstellung von feuerfesten Steinen und in untergeordneter Weise auch die Sande und Schotter- oder Kieslager für Weg- und Straßenbaumaterial, auch Form-, Scheuer- und Glassande. *Leppla.*

Braunkohlengas, s. Kraftgas.

Braunkohlenöle, s. Teer.

Braunkohlenquarzit, -sandstein, s. Braunkohlenformation.

Braunschweigergrün, s. Scheelsches Grün.

Braunspat, s. v. w. Dolomit (s. d.).

Braunstein (Pyrolusit, Weichmanganerz, Graubraunsteinerz, Mangansuperoxyd) MnO_2 (63,22% *Mn*, 36,78% *O*), außerdem noch BaO, SiO_2, H_2O enthaltend, kein selbständiges Mineral, sondern ein Umwandlungsprodukt (und zwar eigentliches MnO_2 oder Polianit) von andern Manganerzen, besonders Manganit.

Meist derb, strahlig oder faserig, dicht, erdig; undurchsichtig, schwarz, mit schwarzem Strich, halbmetallischem Glanz. Spröde, an den Fingern dunkelgraubraun abfärbend. Spez. Gew. 4,85—5,0. Vor dem Lötrohr unschmelzbar. Gibt beim Glühen und beim Erhitzen mit Schwefelsäure Sauerstoff ab, beim Erhitzen mit Salzsäure aber Chlor. Hierauf beruht die Anwendung in der Bleicherei. Außerdem wird er zur Darstellung von Sauerstoff und Chlor und übermangansaurem Kali, zur Entfärbung (Reinigung von grünfärbendem Eisenoxydul und kohligen Bestandteilen) und Färbung von Glas und überhaupt in der Malerei von Porzellan und Fayence benutzt. *Leppla.*

Braunsteinbraun (Mangansuperoxyd), aus den Rückständen der Chlorfabrikation durch Versetzen mit unterchlorigsaurem Natron, Stehenlassen, bis keine Farbenänderung mehr eintritt, Auswaschen und Trocknen hergestellt, eine sehr schöne braune Farbe, luftbeständig und billig. *Andés.*

Braunsteinweiß, s. Manganweiß.

Brausen (Duschen), bei Badeeinrichtungen angewendet, um einzelne Teile oder den ganzen Körper mit feinzerteilten Wasserstrahlen zu überrieseln; es gibt Kopf-, Brust-, Rücken-, Knie-, Sitzbrausen u. s. w.; die vollkommenste Einrichtung ist die Ringdusche (s. Badeeinrichtungen), die Kapellendusche genannt wird, wenn sich die senkrecht stehenden Brauseröhren über die Einrichtung kuppelartig zusammenschließen.

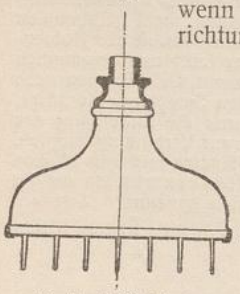


Fig. 2. Maßstab 1:4.

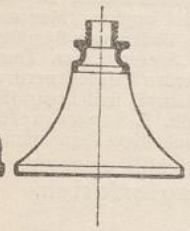


Fig. 1. Maßstab 1:4.

Die gewöhnlichen Brausen werden aus Messing- oder Kupferblech in der Art, wie Fig. 1 zeigt, hergestellt; der Boden dieser Brausen (ca. 100 mm Durchmesser) ist an den Kelch angelötet und mit vielen feinen Löchern versehen; anstatt der einfachen Lochbohrung wendet man auch besonders eingesetzte Röhrchen an, wie Fig. 2, und nennt diese dann Stachelbrausen. Diese üben eine kräftigere Wirkung aus. Eine Brust- und Rückenbrause, im Gelenk drehbar, zeigt Fig. 3. Zweckmäßig ist die Kombination einer Brause mit einem Vollstrahl (Wechselbrause, s. Fig. 4); man kann hierbei durch Ziehen rechts oder links entweder die Brause oder den Vollstrahl zur Wirkung bringen. Die Brausen werden häufig an einem Arm an der Wand befestigt; der Arm bildet zugleich die Wasserzuleitung; diese Brausearme werden in der verschiedensten Weise, einfach und in künstlerisch gehaltenen Formen ausgeführt; ein vielfach angewendetes Modell ist z. B. Fig. 5. In Badeanstalten trifft man sie auch in Säulenform angeordnet, wobei verschiedene, durch Lilienhähne zu bedienende Brausen (Kopfbrause, Rückenbrause, Unterleibsbrause u. s. w.) von einem senkrecht stehenden Rohre abzweigen. Zum Einlassen des Wassers in die Brausen werden vielfach Selbstschlußhähne mit Zugkette angewendet, sogenannte Brausehähne, Brauseventile. Die Zugkette hängt am Ende eines Hebels, der an der andern Seite ein Gegengewicht trägt (Fig. 6,

Fig. 3.

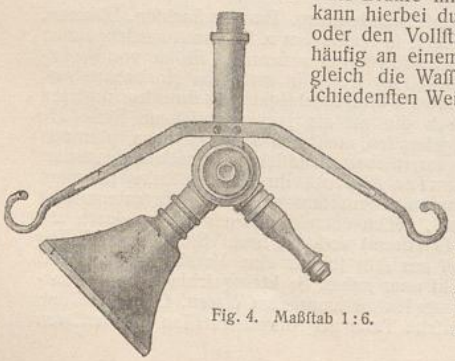


Fig. 4. Maßstab 1:6.

Grundriß und Anſicht). Die Brauſeapparate finden eine ausgedehnte Anwendung bei den ſogenannten Volksbädern (Brauſebädern), bei denen die Brauſen in der Regel ſchräg geſtellt (Fig. 7) und entweder von einer horizontalen Brauſeleitung

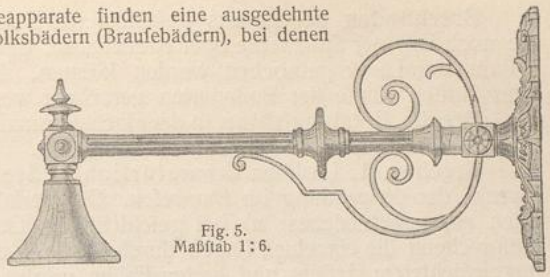


Fig. 5.
Maßſtab 1 : 6.

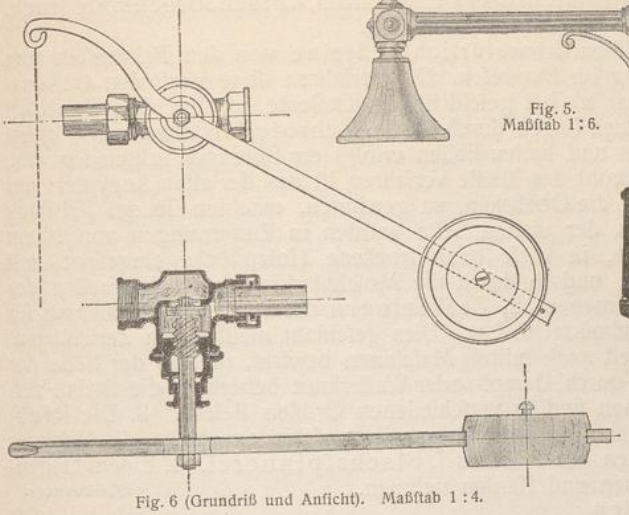


Fig. 6 (Grundriß und Anſicht). Maßſtab 1 : 4.

Fig. 7.

(mittels eingelöteter Knieſtücke und Metallregulierhähne) oder von einer Dienſtbüchſe mit ſelbſtſchließenden Hähnen und bemeſſenem Waſſerquantum abgenommen werden.

Zahlreiche Patente ſind auf Brauſen erteilt; wir erwähnen: D.R.P. Nr. 12753, 14827, 15023, 16614, 18273, 19104, 19112, 22366 (rotierende Brauſe), 24685, 26270, 29088 (veränderliche Brauſefläche), 30097, 45628, 49453, 49495, 49550, 50458, 50646, 51628, 52233, 57219, 59000, 60031, 69307 (Miſchvorrichtung für Brauſebäder), 74446 (Brauſebadeinrichtungen), 78694, 82250, 82974, 84985, 87541, 87648, 89520, 94378. — Bezugsquellen: D. Grove, Berlin; C. Maquet, Berlin und Heidelberg (für gewöhnliche und beſondere ſanitätlich vorgeſchriebene Brauſen); Fiſcher, Göppingen; Eſchenbach & Haußner, Dresden; Thiergärtner, Baden-Baden, ſowie die Inſtallationsgeſchäfte für Waſſerverſorgungs- und Heizungsanlagen u. ſ. w. Preiſe ſind allgemein nicht angebbar.

Literatur: Zeichnungen und Beſchreibungen enthalten die von den obengenannten Geſchäften gebotenen Kataloge und die erwähnten Patentſchriften; vgl. die Bd. 1, S. 443 dieſes Lexikons genannten allgemeinen und aus dem Titel leicht erkennbaren (Volksbäder, Badeapparate u. ſ. w.) beſonderen Abhandlungen.

Blecken.

Breakwagen (Ausſichtswagen), ſ. Eiſenbahnwagen.

Breccia dorata, di Seravezza, pavonazza, ſ. Kalkſtein.

Breccia verde d' Egitto, ſ. Breccien.

Breccien oder Trümmergeſteine, aus verſchiedenen Stücken zuſammengeſetzte Geſteine, bei welchen das einzelne Stück eine eckige, kantige, nicht runde oder abgerollte Form, ſondern Bruchſtückform hat.

Die Breccien ſind meiſt Schichtgeſteine und aus der Zertrümmerung von andern Geſteinen entſtanden. Häufig läßt ſich aber eine Schichtung nicht mehr erkennen. Die durch Preſſung und Gebirgsſtörungen entſtandenen ſogenannten Reibungsbreccien zwiſchen zwei ſich verſchiebenden Gebirgsſtrecken ſind nicht geſchichtet. Sie treten gangartig auf, beſtehen aus zertrümmertem Nebengeſtein und ſind häufig nachträglich durch Kalk oder Kieſelſäure oder auch Rot- und Brauneiſenerz verbunden. Vielfach ſind die einzelnen Bruchſtücke durch ein ſpäter zugeführtes Bindemittel (Mineralöſungen von Kieſelſäure, Kalkſpat u. ſ. w.) verkittet, und dadurch entſtehen feſte Geſteine. Nach der urſprünglichen Natur der einzelnen Bruchſtücke unterſcheidet man Granit-, Gneis-, Porphyr-, Diabas-, Baſalt-, Kalk-, Marmor-, Knochen-, Quarz-, Muſchel- u. ſ. w. Breccie. Es können auch mehrere Geſteinsarten zu gleicher Zeit an der Zuſammenſetzung einer Breccie beteiligt ſein. Die Größe der einzelnen Bruchſtücke iſt keiner Regel unterworfen. Die feſten verkitteten Breccien nehmen dann, wenn ſie aus einem ziemlich einheitlichen Material, ſowohl hinſichtlich der Bruchſtücke als auch des Bindemittels, beſtehen, oft eine ſchöne Politur an und können zu edleren Bauzwecken verwendet werden (Kalkbreccien, Marmorbreccien). — Als Breccia verde d' Egitto wurde in Rom eine aus Bruchſtücken von Granit, Porphyr und Diorit mit feinkörnigem Bindemittel, aus Koſſeyr in Oberägypten ſtammend, zu Säulen und Vaſen verwendet.

Leppla.

Brechbacken, ſ. Mühlen, Steinbearbeitungsmaſchinen.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Brechboden beſteht aus geſchichteten Felsarten oder Trümmergeſteinen, die noch mit der Spitzhacke oder Kreuzhacke, dem Brecheiſen und durch Unterkeilung der Lager gebrochen werden können. Er kann demnach zur vierten oder fünften Klaſſe der Bodenarten gerechnet werden. *L. von Willmann.*

Breche, Brechmaſchine, in der Flachsſpinnerei, ſ. Flachsbrechmaſchinen.

Brecheiſen, ſ. v. w. Brechſtange (ſ. d.).

Brechen, 1. Loslöſen der natürlichen Steine von den Felsmaſſen zum Zwecke der Verwendung im Bauweſen. Das Verfahren iſt je nach den Geſteinsarten ein verſchiedenes: a) bei geſchichtetem Geſteine werden den Schichten entſprechend die einzelnen Lagen durch Keile, Schroteiſen abgetrennt; b) bei ungeſchichtetem Geſtein und harten Felſen erfolgt ein Sprengen mittels Pulver, Dynamit u. ſ. w.; c) wohl das älteſte Verfahren iſt das der alten Aegypter; um die größten Steine, wie die Obelisken, zu gewinnen, machten ſie das Felsſtück an drei Seiten frei; an der vierten Seite wurden in Entfernungen von 30 cm Keillöcher ausgearbeitet, in dieſe dann trockene Holzpflöcke eingeſetzt, mit heißem Waſſer begoſſen und ſo durch die Molekularkraft beim Aufquellen der Hölzer der Stein losgebrochen. 2. Zerkleinern der Steine zu Steinſchlag für Straßenſchotter und Gußmörtel u. ſ. w. Dies geſchieht meiſt durch Zerſchlagen, wird aber in neuerer Zeit auch mittels Maſchinen bewirkt, die, in der Nähe der Steinbrüche aufgeſtellt, durch Dampf- oder Waſſerkraft betrieben, die Steine zerkleinern und zerquetſchen und in verſchiedenen Größen liefern. 3. Die Richtung ändern, z. B. den Lauf einer Treppe in verſchiedene Arme, die Neigung der Dachflächen. Brechen des Flachſes ſ. Flachsſpinnerei. 4. Einem Gegenſtande die ſcharfen Ecken und Kanten nehmen. *Weinbrenner.*

Brecher, ſ. Mühlen.

Brechhammer dient zum Einreißen von Mauern; er iſt auf der einen Seite mit einer Spitze verſehen, auf der andern als Hacke geformt. *L. von Willmann.*

Brechkapſel, bei einem Walzenſtänder ein hohles Gußſtück, das zwiſchen das Walzenlager und die Druckſpindel, die das Lager feſthält, eingeſchaltet iſt, damit bei übermäßigem Widerſtande nicht die Walzen, ſondern die Brechkapſel zerbrochen wird (ſ. Walzwerk). *Dalchow.*

Brechkopf, die Kupplungsmuffe, mit der beim Walzwerk unter Zwiſchenſchaltung kurzer Kupplungswellen die Walzen untereinander und mit dem Getriebe verbunden werden.

Die Muffen werden ſchwach gehalten, damit bei großem Widerſtande der Walzen nicht dieſe, ſondern die Brechköpfe zerbrechen. Die zwiſchengeſchalteten Kupplungswellen, Brechſpindeln, werden häufig aus demſelben Grunde in der Mitte geſchwächt (ſ. Walzwerk). *Dalchow.*

Brechpunkte des Gefälles der Eiſenbahnen, Straßen, Kanäle u. ſ. w., auch Gefäll- oder Neigungswechſel genannt, ſind die Punkte, an denen die immer in längeren Strecken gleichmäßig zu haltende Neigung der Bahn u. ſ. w. ſich ändert. Sie werden bei Eiſenbahnen ſchlank ausgerundet und durch Neigungszeiger (ſ. d.) kenntlich gemacht, damit die Lokomotivführer die Dampfzulaſſung und Bremſung danach regeln können. *Goering.*

Brechſchnecke, ſ. Mühlen.

Brechſpindel, ſ. Brechkopf und Walzwerk.

Brechſtange (Hebeiſen) iſt eine etwa 2—4 cm ſtarke, 1—1,5 m lange, am unteren Ende verſtählte und mit einer Schärfe verſehene Eiſenſtange, die zum Zerſtören von Mauerwerk, zum Unterſuchen des Bodens und als Hebel zum Umkanten größerer Steine dient. *L. von Willmann.*

Brechung (Refraktion) des Lichtes, ſ. Licht.

Brechungswinkel, bei der polygonometriſchen Punktbeſtimmung (ſ. Polygoniſieren) die Winkel auf den Brechpunkten eines Polygonzuges zwiſchen zwei aufeinander folgenden Strecken. — Brechungswinkel in der Optik, ſ. Licht.

Brechweinſtein (Kaliumantimonyltartrat, weinſaures Antimonylkalium, Stibiocalium tartaricum, Tartarus emeticus, Tartarus stibiatus), das Kaliumantimonoxydſalz der gewöhnlichen (Rechts-) Weinſäure der Zuſammenſetzung $C_4H_4O_6(SbO)K + {}^1/_2H_2O$. Molekulargewicht 332.

Bei der techniſchen Darſtellung des Brechweinſteins löſt man 5 Teile gereinigten Weinſtein in 50 Teilen Waſſer und trägt in die in einem bleiernen Keſſel befindliche ſiedende Löſung

allmählich und unter Umrühren 4 Teile Antimontrioxyd ein, das man durch Fällen des Chlorids mit Waſſer und Behandeln des Niederſchlags mit Sodalöſung erhalten hat. Das Oxyd löſt ſich nicht ganz auf. Man filtriert durch Spitzbeutel und läßt in glaſierten irdenen Gefäßen kriſtalliſieren. Der Brechweinſtein bildet durchſichtige, farbloſe, leicht verwitternde Kriſtalle (Oktaeder) und verliert bei 100° ſein Kriſtallwaſſer. Bei Luftzutritt erhitzt, verkohlt er unter Funkenſprühen und Entwicklung eines weißen Rauches (Antimonoxyd). Glüht man ihn in geſchloſſenen Gefäßen, ſo bildet ſich eine pyrophoriſche, kohlehaltige Maſſe, die, mit Waſſer in Berührung gebracht, unter Bildung von Waſſerſtoff heftig explodiert (ſ. Pyrophore). In Waſſer (1 : 14,5) löslich, unlöslich in Alkohol. Die wäſſerige Löſung reagiert ſchwach ſauer, ſchmeckt widrig-metalliſch und erregt, innerlich genommen, ſtarkes Erbrechen. Der Brechweinſtein findet als Brechmittel und in Form von Salben arzneiliche und als Beize in der Färberei Verwendung.

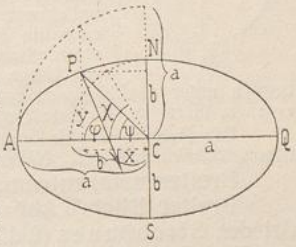
Literatur: Clarke und Stallo, Berichte der Deutſchen chem. Geſellſchaft, 13, 1788; Clarke und Evans, ebend., 16, 2379; Schmidt, Lehrbuch der pharm. Chemie, Braunſchweig 1901. *Bujard.*

Brechweinſteinerſatz, ſ. Antimonſalze.

Brechwerk, ſ. Mühlen.

Breitbeil (Breithacke), ſ. Beil, Böttcherei.

Breite, geographiſche, geozentriſche, reduzierte. Die geographiſche Breite (oder Polhöhe) iſt der Winkel φ (vgl. die Figur), den die Richtung der Schwerkraft an einem Erdpunkte P mit der Aequatorebene AQ bildet.



Wird als mathematiſche Erdfigur die Kugel eingeführt, ſo fällt die Lotrichtung mit dem Kugelradius zuſammen, wird das Umdrehungsellipſoid (ſ. Erde) eingeführt, ſo iſt dieſer Winkel φ (ſphäroidiſche oder wahre Breite) zu unterſcheiden von dem Winkel ψ, den der Radiusvektor PC mit der Aequatorebene bildet und der die geozentriſche oder verbeſſerte Breite genannt wird.

Zwiſchen φ und ψ beſteht die Beziehung $\operatorname{tg}\psi = (1-e^2)\operatorname{tg}\varphi$ oder $= \frac{b^2}{a^2}\operatorname{tg}\varphi$, worin a und b die Halbachſen und e die Exzentrizität der Meridianellipſe bedeuten. — Wird die Lage des Punktes P durch die Beziehung $x = a\cos\chi$, $y = b\sin\chi$ und $\frac{x^2}{a^2}+\frac{y^2}{b^2}=1$ zum Ausdruck gebracht, alſo mit Hilfe der mit den Halbachſen a und b um C beſchriebenen Kreiſe, ſo nennt man den Winkel χ die reduzierte Breite, und es entſteht die Beziehung:

$$\operatorname{tg}\chi = \operatorname{tg}\varphi\sqrt{1-e^2} = \operatorname{tg}\psi\frac{1}{\sqrt{1-e^2}}.$$

Zur Erlangung größerer Rechenſchärfe und zur Erleichterung der Rechnungen ſind für $\varphi-\psi$ und $\varphi-\chi$ Formeln entwickelt und durch Tafeln berechnet worden [1], [2].

Literatur: [1] Albrecht, Formeln und Hilfstafeln für geographiſche Ortsbeſtimmungen, Leipzig 1894. — [2] Bremiker, Studien über höhere Geodäſie, Berlin 1869; Helmert, Die mathematiſchen und phyſikaliſchen Theorien der höheren Geodäſie, Leipzig 1880, Bd. 1, S. 39; Brünnow, Lehrbuch der ſphäriſchen Aſtronomie, 4. Aufl., Berlin 1881, 3. Abſchn.; Jordan, Handbuch der Vermeſſungskunde, Bd. 3, 4. Aufl., Stuttgart 1896, Kap. 9.

Ueber gewiſſe kleine Veränderungen der geographiſchen Breite eines Punktes infolge kleiner periodiſcher Verlegungen der Erddrehachſe im Erdkörper, die neuerdings nachgewieſen ſind, vgl. den Art. Erdachſenſchwankungen; über geodätiſche Beſtimmung (im Gegenſatz zur direkten aſtronomiſchen) der geographiſchen Breite die Art. Geodätiſche Uebertragung der geographiſchen Koordinaten, Polhöhenbeſtimmung; über aſtronomiſche Beſtimmung den ausführlichen Artikel: Polhöhenbeſtimmung (mit Literaturangaben), ferner die Art. Ortsbeſtimmung, photographiſche, Zenitfernrohr, Zenitſektor. Infolge der ſogenannten Lotſtörungen, d. h. des Umſtandes, daß die in den Punkten der Erdoberfläche wirklich vorhandenen Lotrichtungen im allgemeinen abweichen von den Richtungen, die durch die entſprechenden Normalen der mit einem Rotationsellipſoid (Referenzellipſoid) von geringer Abplattung zu identifizierenden ideellen Geſtalt der mathematiſchen Erdoberfläche angegeben werden, unterſcheiden ſich „geodätiſch übertragene geographiſche Breite“ und „unmittelbar aſtronomiſch beſtimmte Breite“ eines Punktes der Erdoberfläche oft um viele Bogenſekunden voneinander (vgl. a. Erde, Erdmeſſung und Lotabweichung). — Ueber das nautiſche Breitenproblem vgl. Polhöhenbeſtimmung, Douwes Aufgabe, Sumner-Linien. *Reinhertz.*

Breite am Himmel, ſ. Koordinaten am Himmel.

Breiteiſen, ein breites Schlageiſen der Steinhauer, mit geradliniger, 6—12 cm langer Schneide und kurzem, achtkantigem Stiele für eine Hand, vom Stiel nach der Schneide zu verjüngt (ſ. die Figur); ganze Länge 20—25 cm; dient zum Auffchlagen (Scharrieren) der Werkſtücke. *Weinbrenner.*

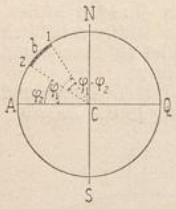
Breitel, durch Hämmern hergeſtelltes Eiſenblech.

Breitengrade heißen die 90 Teile des Meridianquadranten der Erde, in die dieſer durch die von Grad zu Grad fortſchreitenden Polhöhen geteilt wird.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Ueber die Bedeutung der Kenntnis ihrer Längen für die Beſtimmung der Größe und Geſtalt der Erde ſ. Erde. *Reinhertz.*

Breitengradmeſſung, diejenige Methode der Erdmeſſung, bei der die Form und Größe eines Meridianſchnittes der Erde durch Meſſung von Meridianbogen und der Polhöhen an ihren Endpunkten ermittelt wird.



Werden unter der Vorausſetzung, daß die mathematiſche Erdfigur eine Kugel iſt, der Erdbogen b und die Polhöhen an ſeinen Endpunkten φ_1 und φ_2 gemeſſen (ſ. die Figur), ſo beſteht die Beziehung $b = \frac{r}{\varrho_0}(\varphi_1 - \varphi_2)$ (ϱ_0 = Kreiskonſtante), ſo daß daraus der Umfang des Meridians oder der Erdradius gefunden werden können. Iſt die mathematiſche Erdfigur ein Ellipſoid (ſ. Erde), ſo ſind zur Beſtimmung der Meridianellipſe, d. h. der unbekannten Halbachſen a und b, mindeſtens zwei Gleichungen und alſo auch die Meſſung zweier Bogenſtücke nebſt den zugehörigen Polhöhen erforderlich. Der Umſtand, daß bei ellipſoidiſcher Erdgeſtalt die Meſſungen der Länge des zu einem Grad Polhöhenunterſchied gehörenden Meridianbogens unter verſchiedenen Breiten verſchiedene (mit wachſender Polhöhe wachſende) Werte ergeben, führte zu der Bezeichnung Breitengradmeſſung.

Die Meſſung der Erdbogen b erfolgt ſeit Snellius (anfangs des 17. Jahrhunderts) auf trigonometriſchem Wege. Näheres ſ. Erde. *Reinhertz.*

Breitenmetazentrum, ſ. Metazentrum.

Breiter Blick. Abbau mit breitem Blick, im Bergbau eine beſondere Art des Strebbaues (ſ. d.), bei welcher der Abbauſtoß in der Richtung des Einfallens der Lagerſtätte ſehr breit genommen wird.

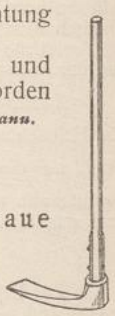
Breite und Länge, markſcheideriſcher Ausdruck für Abſziſſe und Ordinaten eines Punktes im ebenen, meiſt mit + X-Achſe nach Norden orientierten Koordinatenſyſtem (nicht allgemein gebräuchlich). *Haußmann.*

Breitfärbemaſchine, ſ. Jigger.

Breitfock, ſ. Beſegelung.

Breithammer, ſ. Hammer.

Breithaue oder Breithacke, auch Platthacke und Blatthaue genannt, iſt eine bei der Arbeit mit zwei Händen am Stiel zu faſſende Hacke, deren Eiſen in eine rechtwinklig zum Stiel geſtellte breite Schneide ausläuft (ſ. die Figur). *L. von Willmann.*



Breitſchleudermaſchine, ſ. Zentrifugen.

Breitſeite, die den alten Segellinienſchiffen entnommene Bezeichnung für die ſämtlichen Geſchütze einer Bordſeite.

Breitſeitrohr, für Torpedos, ſ. Torpedoarmierung.

Breitſeitſchiff, ſ. Kriegsſchiffstypen.

Breitziegel, Schluß- oder Krampziegel (ſ. d.), in Norddeutſchland übliche flache Dachziegel, die nach Art der holländiſchen ∾ förmigen Dachpfannen an den beiden Langſeiten zu einem 2 cm hohen Falz in entgegengeſetzter Richtung abgebogen ſind, ſo daß ein Ueberdecken der Stoßfugen ſtattfindet. Die abwärts gebogene Seite heißt die Schluß-, die aufgebogene die Waſſerkrampe. Die Größen gehen von 35 bis 45 cm Länge und 20 bis 30 cm in der Breite (vgl. Dachdeckung). *Weinbrenner.*

Bremerblau, -grün, ſ. Mineralblau.

Bremerlicht, ſ. Bogenlampen.

Bremsberge, mit Gleiſen verſehene ſchiefe Ebenen, auf denen zwei an ein, um ein oder mehrere Scheiben geführtes, Seil gekuppelte Wagenreihen in der Weiſe abwechſelnd hinaufgezogen und herabgelaſſen werden, daß die bergabfahrenden vollen Wagen die leeren hinaufziehen, wobei die Geſchwindigkeit durch eine an der Seilſcheibe befindliche Bremſe geregelt wird (vgl. Bremsbergförderung).

Als Seile kommen gewöhnlich Drahtſeile zur Verwendung. Dieſe Anordnung wird zur Bodenbeförderung benutzt, wenn der Ort der Bodengewinnung ſehr hoch liegt, ſo daß die Anlage von gewöhnlichen Förderbahnen, ohne große Umwege, durch zu ſtarkes Gefälle unmöglich wird. Unpraktiſch wird eine ſolche Anlage, wenn die Schienen häufig verſchoben werden müſſen, da dies auch einen Umbau der Seilführung bedingt. — Sollen umgekehrt auf einer ſolchen ſchiefen Ebene Erdmaſſen hinaufbefördert werden, ſo tritt die Notwendigkeit der Anwendung einer Kraftmaſchine hinzu, welche die vollen Wagen hinaufzuziehen imſtande iſt, während die gleichzeitig leer hinabgehenden nur einen Teil des zu fördernden Gewichtes ausgleichen.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Literatur: Zeitſchr. des Arch.- u. Ingen.-Vereins zu Hannover 1870, S. 64; Handbuch der Ingen.-Wiſſ., Leipzig 1897, Bd. 1, 2. Abt., 3. Kap., S. 90; Henz, Anleitung zum Erdbau, 3. Aufl., Berlin 1874, S. 178.

L. von Willmann.

Bremsbergförderung und Haſpelförderung. Im Bergbaubetriebe werden bei größerer Förderung jetzt ſtets Gleiſe aus Kopfſchienen und Förderwagen (Hunde, ſ. Streckenförderung) mit Spurkränzen an den Rädern angewendet. Bei geringer Neigung der Bahn genügen einfache Mittel zur Bremſung, damit der Arbeiter den Hund in der Gewalt behält: ſo das Feſtſtellen der Räder durch Einſtecken von Bremsknütteln oder das Anziehen von Bremsbacken. Steigt die Bahnneigung über 3°, ſo würde auch ein Hund mit vier feſtgeſtellten Rädern auf den Schienen mit zunehmender Geſchwindigkeit abwärts gleiten; man befeſtigt daher in dieſen Fällen den Förderwagen an einem Seile, wickelt letzteres auf einen Rundbaum oder Seilkorb und verbindet dieſe mit wirkſamen Bremſen; die ganze Einrichtung wird daher auch kurz Bremſe genannt. Geneigte Strecken, die mit derartigen Einrichtungen verſehen ſind, nennt man im Bergbaubetriebe und auch bei Ausführung von Erdarbeiten Bremsberge, die Abwärtsförderung auf geneigter Bahn Bremsbergförderung.

Das Aufwärtsfördern eines Hundes wird ſchon bei geringerer Bahnneigung erheblich erſchwert; man verſieht zur Aufwärtsförderung die vorher erwähnten Bremseinrichtungen mit Vorkehrungen zum Antrieb, um das Seil aufzuwickeln und den Hund aufwärts zu fördern (Haſpelberg), ſei es mit der Hand an angeſteckter Kurbel oder mittels Maſchinenkraft. Ueber Tage wird Dampfkraft, in der Grube Preßluft oder elektriſcher Antrieb verwendet. Die Kurbel am Haſpel nennt der Bergmann auch Haſpelhorn, und einen ſolchen Haſpel Hornhaſpel; den Raum, in dem der Haſpel aufgeſtellt iſt, Haſpelſtatt, das Arbeiten am Haſpel heißt Haſpelziehen.

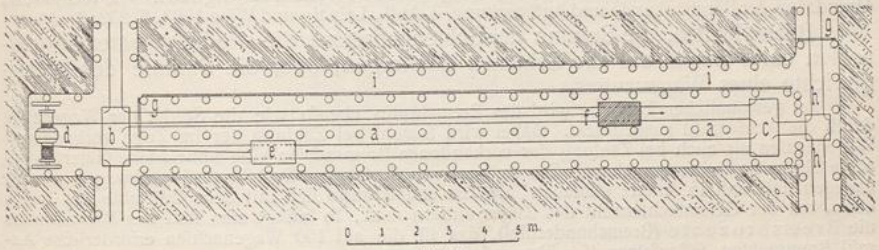


Fig. 1.

Iſt der Bremsberg nur mit einem Gleiſe verſehen, ſo muß, nachdem der volle Hund herabgebremſt iſt, der leere Hund heraufgehaſpelt werden; einen ſolchen Berg (vgl. Berg, 2.) nennt man eintrümig und die ganze Einrichtung Bremshaſpel. Bei ſtärkerer Förderung iſt es zweckmäßig, Brems- und Haſpelberge zweitrümig, d. h. mit zwei Gleiſen anzulegen. Es geht dann auf der einen Seite ſtets ein volles, auf der andern Seite ein leeres Gefäß, und die toten Laſten gleichen ſich aus, die Förderungsanlage wird leiſtungsfähiger. Entweder iſt für jedes Gleis ein Seil und ein dementſprechender Seilkorb vorhanden oder man benutzt auch nur ein Seil und legt dieſes einigemal um eine Seilſcheibe, die ebenfalls mit Bremseinrichtung verſehen wird. Als Seile kommen gewöhnlich Drahtſeile zur Verwendung. Bei einer Neigung des Berges, die ſtärker als etwa 20° iſt, würde bei der Förderung leicht ein Teil des Fördergutes aus dem Hunde herausrollen; es werden dann Bühnenwagen, auch Geſtellwagen genannt, angewendet, d. h. Plattformen, die auf den durch einen Rahmen verbundenen Achſen ſo befeſtigt ſind, daß ſie ſich in wagerechter Lage befinden; man ſchiebt zur Förderung die Hunde auf dieſe Plattformen und ſtellt ſie feſt. Gegen das freie Herablaufen der Wagen beim Seilbruche kann man ſich durch Anwendung einfacher Fangvorrichtungen ſchützen. Der Fanghaken iſt am Hunde befeſtigt, wird von dem geſpannten Seile gehoben und faßt, falls das Seil reißt, an den Schwellen an, um den Hund aufzuhalten; der Dorn kann bei dem aufwärtsgehenden Gefäße verwendet werden. Solange das Gefäß ſich aufwärts bewegt, ſchleppt der an der Rückſeite befeſtigte Dorn; beim etwaigen Zurückgehen des Fördergefäßes dringt der Dorn in die Sohle ein und erhält ſo den Hund an ſeiner Stelle. Brems- und Haſpelberge finden beim Bergbaubetriebe [1], [2] auf geneigten Lagerſtätten vielfach Verwendung zur Sammlung der Fördermaſſen auf den horizontalen Hauptförderſtrecken; beim Bodentransport werden ſie benutzt, wenn der Ort der Bodengewinnung ſehr hoch oder ſehr tief liegt, ſo daß die Anlage von gewöhnlichen Förderbahnen ohne zu große Umwege durch zu ſtarkes Gefälle unmöglich wird. Unpraktiſch wird eine ſolche Anlage, wenn die Schienen häufig verſchoben werden müſſen, da dies auch einen Umbau der Seilführung bedingt. — Auch die ſenkrechte Abwärts- und Aufwärtsförderung geſchieht in ähnlicher Weiſe (Bremsſchacht, Haſpelſchacht); doch

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

ſteht dann der Hund auf einem Geſtelle, das am Seil hängt (ſ. Schachtförderung). — Die beigefügten Fig. 1 und 2 zeigen einen zweitrümigen Bremsberg in derjenigen Ausführung, wie er beim Bergbau zurzeit gewöhnlich in Anwendung ſteht. Derſelbe verbindet eine höher und eine tiefer gelegene horizontale Strecke; *a* iſt der eigentliche Berg, d. h. die geneigte Strecke, *b* iſt die Kopfplatte in der oberen Sohle, *c* die Fußplatte in der unteren Sohle, *d* iſt die Bremſe, *e* der leere, *f* der volle Hund, *g* (Fig. 1) ſind Schranken, welche die Zugänge zum Berge zeitweilig abſchließen, *h* eine Schutzvorrichtung für die untere Strecke, *i* iſt ein Fahrtrum (Raum für den Verkehr der Arbeiter) unmittelbar neben dem Bremsberge. Die Schranken (Bremsbergverſchlüſſe) können ſelbſttätig wirken (vgl. [1], [2]). Gewöhnlich ſind ſie durch Gewichtsbelaſtung geſchloſſen. Soll ein Hund herabgebremſt werden, ſo öffnet der Bremſer den Verſchluß mittels eines Kettenzuges, den er losläßt, ſobald der Hund an der Schranke vorüber iſt, wodurch dieſe ſich wieder ſchließt. Der heraufkommende Hund drückt die Schranke ſelbſt zur Seite, die Gewichtsbelaſtung ſchließt ſie wieder.

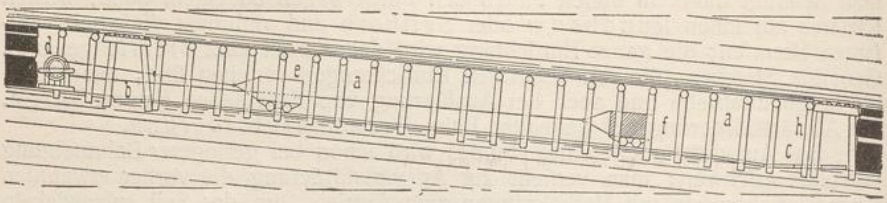


Fig. 2.

Bremsbergbetrieb mit Gegengewicht. Eintrümige Bremshaſpel werden zur Erſparung der Betriebskraft zweckmäßig mit Gegengewicht verſehen; dieſes iſt ſchmal gebaut und läuft auf beſonderem Gleiſe neben oder unter dem Fördergefäß. Der volle Hund muß ſo viel ſchwerer ſein als das Gegengewicht und das zugehörige Förderſeil, daß zur Einleitung der Bewegung auch die Reibungshinderniſſe überwunden werden; dagegen muß das Gegengewicht ſchwerer ſein als der leere Hund und das Förderſeil.

Literatur: [1] Köhler, G., Lehrbuch der Bergbaukunde, 6. Aufl., Leipzig 1903. — [2] Treptow, E., Grundzüge der Bergbaukunde und Aufbereitung, 3. Aufl., Leipzig und Wien 1903, S. 232. *Treptow.*

Bremsbrutto, die Summe der Schienendrücke, die alle bremsbaren Wagenachſen eines Zuges auf die Schienen übertragen, oder die Summe der Bremsgewichte eines Wagenzuges.

Im gewöhnlichen Betriebe wird das Bremsbrutto ebenſo wie die Stärke der Wagenzüge durch die Achſenzahl ausgedrückt. Dabei wird ſowohl bei Zählung der im Zuge vorhandenen Wagenachſen als auch bei Zählung der vorhandenen Bremsachſen eine unbeladene Güterwagenachſe als halbe Achſe gerechnet. Die Achſen von Perſonen-, Poſt- und Gepäckwagen werden dagegen ſtets voll in Anſatz gebracht. Da das Bremsbrutto ſich mit dem Gewichte des Zuges bezw. mit der Geſamtachſenzahl des Zuges ändern muß, ſo pflegt man ſtatt des Bremsbruttos die Bremsprozente (Bremshundertſtel), das iſt die auf 100 Wagenachſen erforderliche Anzahl Bremsachſen, feſtzuſetzen (ſ. a. Bremſen). *A. Birk.*

Bremſen, alle jene Mechanismen, die den Zweck haben, vorhandene Bewegungen an Maſchinen durch Einſchaltung eines Reibungswiderſtandes zu mäßigen oder ganz aufzuheben. Mit der Anwendung der Bremſe iſt ſtets Arbeitsvernichtung verbunden; man ſoll ſich alſo ihrer nur dann bedienen, wenn andre Wege zur Erreichung des obengenannten Zweckes nicht gangbar ſind.

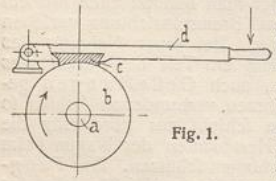


Fig. 1.

Da die Reibung mit dem Drucke eines ruhenden Körpers gegen einen bewegten Körper zunimmt bezw. abnimmt, ſo iſt der Erfolg des Bremſens von dem ausgeübten Drucke abhängig. Die Anordnungen der Bremſen ſind verſchieden; bei der Drehbewegung mit feſter Achſe drückt die Bremſe auf den ſich drehenden Körper, bei beweglicher Achſe (z. B. bei Wagenrädern) kann das Umdrehen durch Hemmſchuhe aufgehoben werden. Die in der Technik wichtigſten Bremseinrichtungen ſind jene an Aufzügen, an Kranen, an Eiſenbahnfahrzeugen und landwirtſchaftlichen Fahrzeugen. Erſtere ſollen unter dem Stichworte Handaufzüge eingehender beſprochen werden.

A. Bremſen für Kranen.

Die einfachſte Vorrichtung iſt die in Fig. 1 dargeſtellte **Backenbremſe.** Die mit der Welle *a* verbundene Bremsſcheibe *b* wird durch den aus Holz oder Metall gefertigten Klotz *c*, der durch Hebel *d* gegen *b* gepreßt wird, am Drehen verhindert. Bezeichnet man mit: *K* den Druck am Bremshebelgriffe, *P* die Bremskraft am Umfange der Scheibe, μ den Koeffizienten der gleitenden Reibung (0,1—0,20, je nachdem die Fläche trocken oder geölt iſt), *l* die Entfernung von Mitte Bremsbacke bis Mitte Bremshebelgriff in Zentimetern, *a* die Entfernung von

Mitte Bremsklotz bis Mitte Drehpunkt in Zentimetern, c die horizontale Entfernung von Bremsſcheibe bis Drehpunkt. Dann iſt: $K = P\frac{a}{l+a}\left(\frac{1}{\mu} \pm \frac{c}{a}\right)$.

Das $-$-Zeichen gilt für die durch Pfeil angegebene und das $+$-Zeichen für die entgegengeſetzte Drehrichtung.

Bei der in Fig. 2 dargeſtellten **Bandbremſe** wird das Bremsband c gleichfalls durch den Hebel d feſt um die Bremsſcheibe b geſchlungen und letztere in ihrer Drehbewegung gehemmt. Bei den Bandbremſen iſt die Anordnung ſo zu treffen, daß die Drehrichtung von b gleich gerichtet iſt der Anzugsrichtung von c, da der Reibungswiderſtand das Schließen der Bremſe unterſtützt. Im entgegengeſetzten Falle würde ein Oeffnen der Bremſe ſtattfinden und folglich eine geringe Bremswirkung erreicht werden. Unter Beibehaltung der Bezeichnungen bei der Backenbremſe ſei weiter: α der Winkel des umſpannten Bogens der Bremsſcheibe, S_1 die Bremsbandſpannung im linksſeitigen Trum, S_2 die Bremsbandſpannung im rechtsſeitigen Trum, k die zuläſſige Spannung des Bremsbandes in Kilogramm/Zentimetern, e die Grundzahl der natürlichen Logarithmen $= 2{,}718282\ldots$, s die Stärke des Bremsbandes in Zentimetern, b die Breite des Bremsbandes in Zentimetern. Es iſt:

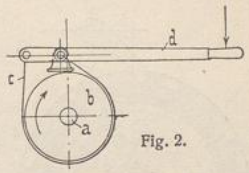


Fig. 2.

$$S_1 = P\frac{1}{e^{\mu\alpha}-1}; \quad S_2 = P\frac{e^{\mu\alpha}}{e^{\mu\alpha}-1} \quad K = \frac{S\,a}{l}.$$

Der Querſchnitt des Bremsbandes iſt:

$$b \cdot s = \frac{P}{k}\,\frac{e^{\mu\alpha}}{e^{\mu\alpha}-1}.$$

Der Ausdruck $e^{\mu\alpha}$ iſt für $\mu = 0{,}18$ nachfolgender:

Verhältnis des umſpannten Bogens zum Umfang $\frac{\alpha}{2\pi}$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
$e^{\mu\alpha}$	1,12	1,25	1,40	1,57	1,66	1,76	1,86	1,97	2,21	2,47	2,77	3,10

Die größte der beiden Spannungen von S_1 und S_2 wird zur Beſtimmung der Dimenſion des Bremsbandes verwendet.

Eine wegen ihrer großen Vorzüge mit Vorliebe angewandte Bremſe iſt die in Fig. 3 dargeſtellte **Differentialbremſe.** Die beiden Enden des Bremsbandes c werden in ungleichen Entfernungen vom Stützpunkt des Bremshebels d befeſtigt. Bei richtiger Wahl der Entfernungen a_1 und a_2 von dieſem Stützpunkt iſt die Differentialbremſe ſelbſtſperrend und hält die Laſt ſelbſttätig in der Schwebe nach Aufhören der Antriebskraft, ſelbſtverſtändlich nur für die in Fig. 3 durch Pfeil gekennzeichnete Drehrichtung. Für die entgegengeſetzte Drehrichtung, alſo Hochziehen der Laſt, wird ſie ſich ſelbſttätig öffnen. Die Bremſen werden in der Regel durch Druck auf den Bremshebel d betätigt, und ſobald dieſer Druck unterbrochen wird, hört auch die Wirkung der Bremſe auf. Unter Beibehaltung der früheren Bezeichnungen iſt für die Differentialbremſe:

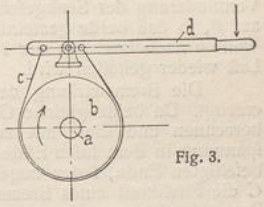


Fig. 3.

$$K = \frac{P}{l}\,\frac{a_1 - a_2 \cdot e^{\mu\alpha}}{e^{\mu\alpha}-1}.$$

Fig. 4 veranſchaulicht eine ſogenannte **Löſungs- oder Sperrklinkenbremſe,** die durch ein auf Hebel e angebrachtes Gegengewicht f geſchloſſen gehalten und durch Lüften von e geöffnet wird. Sie kommt vielfach bei den Hubwindwerken der Krane zur Verwendung. Das Sperrad b iſt mit Welle a feſt verbunden. Auf die Nabe von b iſt Bremsſcheibe c frei drehbar aufgeſetzt. Um c iſt Bremsband d geſchlungen, das durch Hebel e, auf dem das Gegengewicht f ſitzt, ſtets geſchloſſen gehalten wird. Durch die an c befeſtigten Klinken g, die im Sperrad b eingreifen, wird verhindert, daß b und c ſich in entgegengeſetzter Richtung drehen können. Wird die Laſt durch Drehen der Welle a in der Pfeilrichtung gehoben, ſo dreht ſich mit dieſer Sperrrad b in gleicher Richtung, und da Bremsſcheibe c durch das geſchloſſene Bremsband am Drehen gehindert iſt, ſo gleiten die Zähne von b unter die Sperrklinke g und heben dieſe, die wieder durch Feder h ſtets nach innen gedrückt wird, hoch. Hört die Drehkraft an a auf, ſo wird die Welle a am Rückwärtsdrehen durch Klinke g gehindert, die Laſt ſomit in der Schwebe gehalten. Lüftet man Bremshebel e, ſo löſt man d, und c und b können ungehindert in entgegengeſetzter Richtung umdrehen.

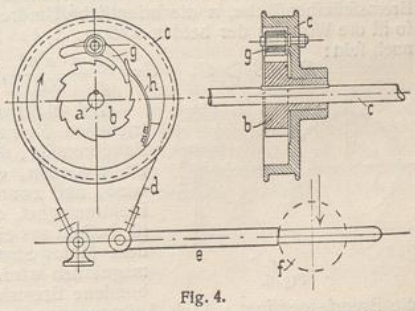


Fig. 4.

Alle vorſtehend beſchriebenen Bremskonſtruktionen haben den großen Nachteil, daß beim Senken der Laſt die Kurbeln, wenn ſie nicht ausgerückt werden, mit umſchlagen und Unglücksfälle der Bedienungsmannſchaften verurſachen können. Ferner kann die Laſt, wenn die Bremſe unachtſam bedient wird, plötzlich abſtürzen und dieſe ſelbſt oder darunter liegende Waren zertrümmern.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Man war daher bemüht, eine Bremſe zu konſtruieren, bei der dieſe Uebelſtände vermieden ſind. In Fig. 5 iſt eine derartige **Zentrifugalſicherheitsbremſe** (Konſtruktion Koll) dargeſtellt. Sie beſteht aus einem Gehäuſe *a*, das an ihrem Umfange mit rechteckigen Sperrzähnen und vorn mit einem Bremskonus verſehen iſt. Die Nabe von *a* erhält in ihrer Bohrung flachgängiges Gewinde, gleichfalls die zugehörige Handkurbelwelle *b*. Das Gegenſtück *c* iſt frei drehbar auf *b* vorgeſehen und durch zwei Stellringe *d d* auf Welle *b* fixiert. Mit *c* iſt ein Zahntrieb *e*, das zum Antrieb des Windwerkes dient, zuſammengegoſſen. Ferner ſind zwei Fliehklötze *f* und *f'* vermittelſt Drehbolzen *g g* mit *c* verbunden. Fliehklotz *f'* iſt mit einem Ende einer Bremsfeder *h* bei *i* verbunden, während das andre Ende von *h* mit *c* durch Bolzen *k* in Verbindung gebracht iſt. Durch Klinke *l* wird *a* in der einen Drehrichtung geſperrt. Wird Welle *b* durch eine Handkurbel in der Pfeilrichtung gedreht, ſo nehmen *a* und *c* an dieſer Drehung teil, da der Konus von *a* vermittelſt des Gewindes in den Konus von *c* gepreßt wird; das Windwerk dreht ſich ebenfalls, und die Laſt wird gehoben. Klinke *l* ſchleift über die Zähne von *a* und wird durch Schleppfedern hochgehalten. Nach Loslaſſen der Kurbel fällt Klinke *l* in die Sperrzähne von *a* und verhindert deſſen Rückwärtsdrehen, ſo daß die Laſt in der Schwebe gehalten wird. Soll letztere geſenkt werden, wird die Kurbel ein wenig in entgegengeſetzter Pfeilrichtung gedreht; hierdurch löſt man die Verbindung zwiſchen dem Konus von *a* und *c*, und letzterer Teil kann ungehindert rückwärts drehen, ohne daß *a* und *b* hieran teilnehmen; durch mehr oder weniger Löſen zwiſchen *a* und *c* kann die Senkgeſchwindigkeit beliebig reguliert werden. Wird *a* ſo weit gelöſt, daß keine Berührung mehr zwiſchen dem Konus von *a* und *c* ſtattfindet, ſo ſinkt die Laſt frei. Die Senkgeſchwindigkeit kann jedoch eine vorher beſtimmte Maximalgeſchwindigkeit nicht überſchreiten, denn infolge der Zentrifugalkraft gehen die Fliehklötze *f* und *f'* auseinander und preſſen die Bremsfeder *h* gegen die zylindriſche Innenfläche von *a*, und da dieſer Teil durch Klinke *l* gehalten iſt, entſteht Bremſung reſp. Verminderung der Senkgeſchwindigkeit. Platte *m* dient zur Uebertragung der Fliehkraft von *f* auf *f'*, ſo daß beide gemeinſam auf Bremsfeder *h* wirken. Durch eine angebrachte Feder wird Welle *b* nach Loslaſſen der Kurbel wieder zurückgezogen, preßt Konus von *a* in *c*, ſo daß die Laſt wieder gehalten wird.

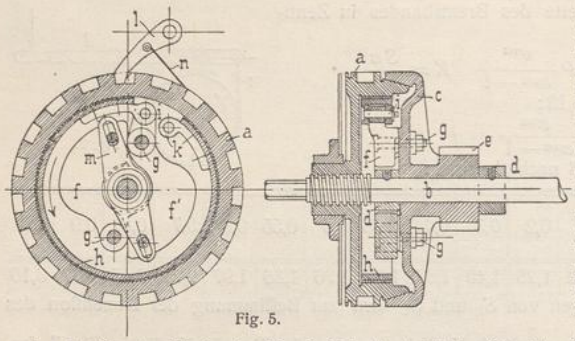


Fig. 5.

Die Bremswirkung der Zentrifugalbremſe wird durch die beiden Fliehklötze *f* und *f'* erzeugt. Da beide gleiche Größe beſitzen, iſt es nur nötig, die Fliehkraft des einen Klotzes zu berechnen und dieſe mit zwei zu multiplizieren. Bezeichnet man nun mit: S_1 die Druckſpannung in dem loſen Ende der Bremsbandfeder *h*, S_2 die Druckſpannung in dem am Zapfen *k* befeſtigten Ende, *l* den zugehörigen Hebelarm, bezogen auf den Drehpunkt *g* in Millimetern, *C* die Fliehkraft eines Bremsklotzes, *G* das Gewicht eines Bremsklotzes, *a* den Abſtand des Bremsklotzſchwerpunktes von der Wellenmitte in Millimetern, *c* den Schwerpunkt des Bremsklotzſchwerpunktes vom Drehpunkt *g* in Millimetern, *L* den Lüftungswiderſtand der Bremsbandfeder *h*, *f* deſſen Hebelarm, bezogen auf den Drehpunkt *g* in Millimetern, α den Bogen der vom Bremsband berührten Bremsſcheibenfläche, *U* die zu vernichtende Kraft an der inneren Bremsſcheibenfläche, *n* die minutliche Umdrehungszahl der Welle, *g* die Beſchleunigung = 9,81, ſo iſt die Wirkung der beiden Klötze: $S_1 l = 2 (C c - L f)$. Die benötigte Bremskraft muß hiernach ſein:

$$S_2 - S_1 \geqq U, \quad C = \frac{G}{g} \frac{\pi^2 a n^2}{900}, \quad G = \frac{900 g}{\pi^2 a n^2 c} \left(\frac{U}{e^{\mu\alpha} - 1} \frac{l}{2} + L f \right).$$

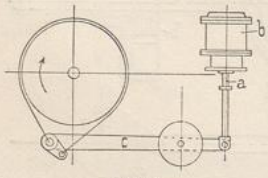


Fig. 6.

Bei **elektromagnetiſchen Bremſen**, die bei elektriſch betriebenen Kranen verwendet werden, nimmt man gewöhnliche Bandbremſen, die durch einen Elektromagneten in der Weiſe betätigt werden, daß die Bremſe durch ſie geöffnet und geſchloſſen wird, und zwar in der in Fig. 6 dargeſtellten Anordnung. Der Elektromagnet, der in den Stromkreis des Betriebsmotors geſchaltet iſt, beſteht aus einem Eiſenkern *a* und einer Magnetſpule *b*. Sobald dem Motor Strom zugeführt wird, erhält ihn auch *b*, die dadurch magnetiſch wird. Hierdurch wird Kern *a* und der mit ihm verbundene Bremshebel *c* durch die Magnetſpule hochgezogen und die Bremſe geöffnet. Nach Aufhören der Stromzuführung entmagnetiſiert ſich *b*, und *a* und *c* fallen und ſchließen wieder die Bremſe (vgl. a. S. 261, elektriſche Bremſen).

In Verbindung mit vorſtehender elektromagnetiſchen Bremſe verwendet man aus Betriebsſicherheitsgründen vielfach ſogenannte **Luftdruckbremſen.** Die Konſtruktion zeigt beiſtehende Fig. 7. Das Zahnritzel *a* iſt in ſeiner Bohrung mit Gewinde verſehen. Die zugehörige Welle *b* erhält das gleiche Gewinde. Neben dem Zahnritzel *a* iſt ein Sperrad *c*, das auf beiden Seiten je eine Leder- oder Vulkanfiberplatte zur beſſeren Friktion aufgenietet erhält, auch die Welle iſt frei drehbar angeordnet, in welche die Sperrklinke *d* greift. Neben *c* iſt noch eine weitere Scheibe *e* angebracht, die ſich in axialer Richtung gegen den Anſatz der Welle *b* ſtützt. Das

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Gewinde der Welle *b* iſt ſo gewählt, daß beim Aufziehen der Laſt *a* gegen *c* und *e* gepreßt wird und alle drei gemeinſam die Drehrichtung von *b* erhalten. Die Sperrklinke *d* wird durch Schleppfeder *f* hochgehalten, ſo daß kein klapperndes Geräuſch entſteht. Sobald die Antriebskraft aufhört, verhindert die jetzt zum Eingriff kommende Sperrklinke *d* das Rückwärtsdrehen von *a*, ſo daß die Laſt gehalten wird. Beim Rückwärtsdrehen von *b* wird *a* infolge des Gewindes von *c* entfernt, die Friktion zwiſchen beiden aufgehoben, ſo daß die Laſt ſinken kann. Nun wird jedoch durch Drehung von *a* dieſe wieder gegen *c* gepreßt, und ſoll weiteres Sinken der Laſt erfolgen, muß ein weiteres Rückwärtsdrehen von *b* ſtattfinden. Es findet ſomit ein abwechſelndes Löſen und Anpreſſen zwiſchen *a* und *c* während der ganzen Senkdauer ſtatt. Durch die ſchnelle Aufeinanderfolge dieſer wechſelſeitigen Vorgänge entſteht die gleichmäßige Senkgeſchwindigkeit. Bezeichnet man mit *Q* die durch das Zahntrieb *a* zu übertragende Kraft, *R* den Teilkreishalbmeſſer dieſes Triebes, β den Steigungswinkel des Gewindes, ϱ den Reibungswinkel des Schraubenmaterials, *r* den mittleren Halbmeſſer des Gewindes, R_1 und r_1 den äußeren und inneren Radius der Reibungsflächen von *a* und *e* (Fig. 7), *P* den Anpreſſungsdruck der Schraube, M_1 und M_2 die Reibungsmomente für *a* und *e* (Fig. 7), μ den zugehörigen Reibungskoeffizient, ſo iſt $M_1 = M_2 = \frac{\mu}{2} P(R_1 + r_1)$, der Anpreſſungsdruck

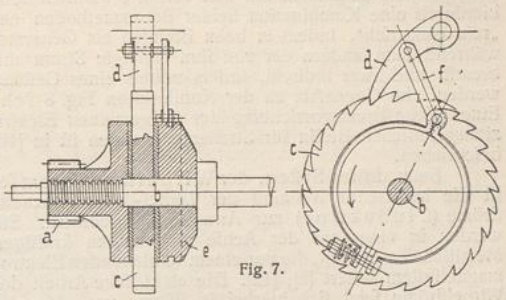


Fig. 7.

$$P = \frac{Q R}{r \operatorname{tg}(\beta + \varrho) + \frac{\mu}{2}(R_1 + r_1)}.$$

Wird Selbſthemmung gewünſcht, ſo muß $M_1 + M_2 \geq Q R$ ſein.

Neuerdings verwendet man bei elektriſchen Hebezeugen anſtatt der vorſtehenden Laſtdruckbremſe auch die **Selbſtbremſung der Motoren**, indem der Anlaſſer beim Senken von Laſten den Motor kurzſchließt, d. h. der Motor wird aus der Stromzuführungsleitung ausgeſchaltet, muß alſo als Dynamo arbeiten und ſendet den erzeugten Strom in das Leitungsnetz. Dieſer Stromerzeugungswiderſtand wird zur Bremſung der ſinkenden Laſt benutzt.

Literatur: Otto, Joſ., Die Sperr- und Bremswerke, Leipzig 1876; Ernſt, Ad., Die Hebezeuge, Berlin 1903; Bethmann, Hugo, Die Hebezeuge, Braunſchweig 1903; Ingenieur-Taſchenbuch „Hütte", Berlin 1902.

H. Koll-Sulzbach.

B. Elektriſche Bremſen.

Der erſte Vorſchlag [1] zur Benutzung des elektriſchen Stromes zum Bremſen ſtammt von Amberger (1851), doch kam erſt Achard (1867) zu ernſtlichen Verſuchen [1]. Weitere Konſtruktionen wurden von Park [2], Werner v. Siemens [3], Cardew [4], Forbes & Timmis [5] und Sperry [12] angegeben. Die Einführung des elektriſchen Betriebes für Straßenbahnen, Kran- und Aufzuganlagen ſteigerte die Anforderungen an die Bremsvorrichtungen beträchtlich und drängte dazu (etwa von Mitte der neunziger Jahre ab), an Stelle der Handbremſung, deren für dieſe Schnelligkeiten ungenügendes Ueberſetzungsverhältnis von ca. 1 : 100 nicht mehr erheblich zu überbieten war, ſich mehr und mehr der ſchnell und ſicher wirkenden elektriſchen Bremſung zuzuwenden. Hierbei haben hauptſächlich die drei Gruppen 1. Motorbremſen (Kurzſchlußbremſen), 2. Magnetbremſen und 3. Wirbelſtrombremſen ſowie eine Kombination dieſer drei Anwendung gefunden [6].

Bei der Motor- oder Kurzſchlußbremſe wird der Elektromotor des Wagens oder des Hebezeuges von der Stromzuführung abgeſchaltet und an einen regulierbaren Widerſtand gelegt. Der Motor läuft dann als Stromerzeuger, wirkt durch ſeine Arbeitsleiſtung hemmend auf die Bewegung der Triebachſe ein, und der Widerſtand nimmt die während der Bremsperiode erzeugte elektriſche Energie auf und ſetzt ſie in Wärme um [7]. Dieſe Verwendung des Motors iſt jedoch für ihn nicht ungefährlich, da die Beanſpruchung nicht kontrollierbar iſt und bei hoher Bremsleiſtung leicht eine ſchädliche Erwärmung oder ein Durchſchlagen des Ankers ſtattfinden kann. Es liegt deshalb die Möglichkeit vor, daß dieſe Bremſung gerade im Momente der Gefahr verſagt.

Statt den Motor vom Netz abzuſchalten, kann man auch durch entſprechendes Umſteuern ſeine Drehrichtung ändern, das Abbremſen alſo durch Gegenſtrom bewirken. Dieſe Methode iſt jedoch für Gleichſtrommotoren noch gefährlicher als die erſte, dagegen für Drehſtrommotoren ganz unbedenklich und wird häufig angewendet.

Bei dem zweiten Syſtem, der Magnetbremſe, wird die Wirkung eines Elektromagneten benutzt, der mit dem Motor gleichzeitig Strom erhält reſp. ſtromlos wird und im Hauptſtromkreis oder im Nebenſchluß liegen kann. Seine Zugkraft hält während der Arbeitsperiode des Elektromotors mittels eines Geſtänges eine Backen- oder Bandbremſe offen; bei Abſtellung des Stromes ſchließt ſich die Bremſe durch Gewichts- oder Federzug. Fig. 8 zeigt eine derartige Konſtruktion. Der Bremselektromagnet *a* hat die Form eines Solenoides. Geht Strom durch die Spule *b*, ſo zieht ſie den Eiſenkern *c* ein, hebt dadurch das Bremsgewicht *d* und öffnet die Bremſe *e*. Beim Erlöſchen des Stromes ſinkt Kern und Bremsgewicht herab, wodurch die Bremſe angezogen wird. Die im Luftzylinder *f* eingeſchloſſene Luft, die von dem Kolben nur

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

allmählich durch kleine Oeffnungen herausgedrückt werden kann, verhindert ein ruckweiſes Arbeiten der Bremſe [7].

Bei Wagen für elektriſche Bahnen iſt die Schaltung gewöhnlich ſo angeordnet, daß nicht der Betriebsſtrom den Elektromagneten betätigt, ſondern letzterer wird in den Stromkreis des Wagenmotors zuſammen mit den vorher erwähnten Belaſtungswiderſtänden eingeſchaltet, ſo daß hierdurch eine Kombination beider Bremsmethoden entſteht. Es wirkt einmal der Motoranker „rein elektriſch", indem er beim Bremſen als Generator läuft, hemmend auf die Wagenachſe, während zum andern der von ihm erzeugte Strom mittels des Solenoids „elektromagnetiſch" bremſt, und zwar indirekt, indem mittels eines Geſtänges Bremsbacken an die Räder gedrückt werden. Im Gegenſatz zu der Konſtruktion Fig. 8 ſchließt alſo hier der Strom die Bremſe. Eine ſolche Bremsvorrichtung der Allgemeinen Elektrizitätsgeſellſchaft Berlin für Straßenbahnwagen iſt in [10] beſchrieben.

Beim dritten Syſtem, der Wirbelſtrombremſe, iſt die hemmende Wirkung der Wirbel- oder Foucaultſtröme (ſ. Induktion) zur Anwendung gebracht. Sie werden in einer auf der Achſe aufgekeilten kräftigen Metallſcheibe erzeugt, die vor einem feſtſtehenden Elektromagnetſyſtem rotiert [6], [12]. Die elektriſche Arbeit der Wirbelſtröme ſetzt ſich hierbei in Wärme um. Um die bremſende Wirkung zu verſtärken, geſtaltet man die Wirbelſtrombremſe ſo,

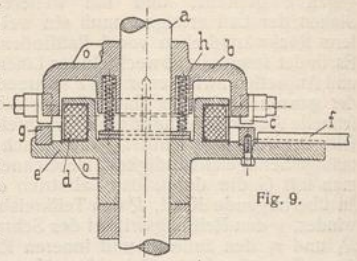


Fig. 9.

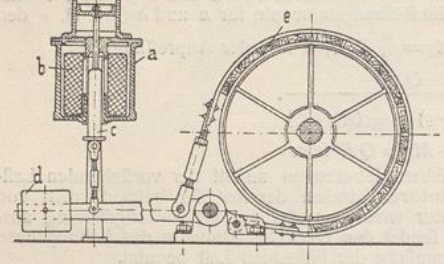


Fig. 8

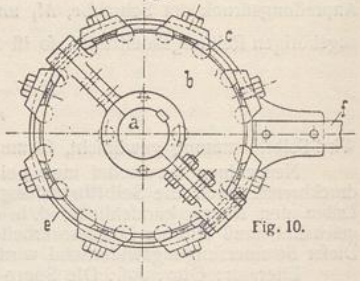


Fig. 10.

daß ſie gleichzeitig als Reibungsbremſe arbeitet. Zu dieſem Zweck läßt man für die auf der Achſe ſitzende Scheibe eine axiale Verſchiebung von einigen Millimetern zu, ſo daß ſie ſich bei ſtarker Erregung des feſtſtehenden Elektromagnetſyſtems dieſem nähern und ſich an ſeine Pole anpreſſen kann, wodurch eine kräftige Bremſung durch Reibung entſteht. Natürlich kann auch das Magnetſyſtem axial verſchiebbar ſein, während die Bremsſcheibe feſtſteht. Fig. 9 und 10 zeigen eine derartige Ausführung für Straßenbahnwagen nach dem Syſtem Fiſchinger. Auf der Welle *a* ſitzt die gußeiſerne Scheibe *b*, gegen Verdrehung und Verſchiebung geſichert. Am Umfange trägt ſie acht Paar nachſtellbare und leicht auszuwechſelnde Rundeiſenſtifte *c*. Das Elektromagnetſyſtem beſteht aus einer die Erregerſpule *d* tragenden Scheibe *e*, welche die Welle loſe umſchließt und mittels des Armes *f* am Wagengeſtell ſo befeſtigt iſt, daß eine Verſchiebung von 6 mm in der Richtung der Welle möglich iſt. Auf der Scheibe *e* befindet ſich noch der auswechſelbare Ring *g*. Ein durch die Spule *d* fließender Strom erzeugt in den Eiſenſtiften und dem Ringe entgegengeſetzte Pole, wodurch gegenſeitige Anziehung und ſchließlich ſtark bremſendes Schleifen entſteht. Die gleichzeitig auftretenden Wirbelſtröme vermehren die Bremſung je nach der Geſchwindigkeit, mit der die Scheibe rotiert. Die in Bohrungen der feſten Scheibe ſitzenden Federn *h* trennen beide Scheiben wieder nach dem Erlöſchen des Stromes. Aehnliche Konſtruktionen ſind von Déri [13] und Kubiersky [14] angegeben.

Bremsſtrom in Ampère	Spannung in Volt	Bremskraft in Kilogramm, nur durch Reibung erzeugt	Bremskraft in Kilogramm, durch die Kombination Motorkurzſchluß, Wirbelſtrom und Reibung erzeugt
5	1	3,4	57,9
9	1,8	8,3	139,1
9,5	1,9	16,5	281,9
15	3	56,1	916
16	3,2	69,1	1127,5
20	4	73,3	1197,9
23	4,6	77,4	1268,4
25	5	86,2	1466,4
31	6,2	96	1569,2
35	7	98,7	1618
35,5	7,7	99,2	1622
41	8,5	103,4	1692

Benutzt man zur Speiſung der Magnetſpulen einer ſolchen Bremſe den Eigenſtrom des von der Leitung abgeſchalteten Antriebsmotors, ſo entſteht eine Kombination aller drei Bremsſyſteme, die wegen ihrer Vorzüge meiſtens angewendet werden. Die Bremswirkung iſt hierbei eine dreifache. Der als Stromerzeuger laufende Motor wird über einen Widerſtand kurzgeſchloſſen, der mit den Spulen des Elektromagnetſyſtems in Serienſchaltung liegt, und bremſt durch ſeine Arbeitsleiſtung die Welle; die zweite Bremswirkung tritt durch die Beziehungen zwiſchen dem ruhenden Magnetfelde (*e* in Fig. 9) und dem durch Wirbelſtröme erzeugten bewegten Magnetfeld der Scheibe *b* ein, während die dritte Bremſung von der Reibungsarbeit

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

geleistet wird, wenn Scheibe und Magnetsystem aufeinander schleifen. Wie erheblich die Bremskraft bei dieser Kombination zunimmt, zeigt die vorstehende, nach Versuchen von Sperry aufgestellte Tabelle [12].

Zu beachten ist noch, daß alle elektrischen Bremsen das betreffende Fahr- oder Hebezeug nicht immer (z. B. bei stärkerem Gefälle) zum absoluten Stillstand bringen oder in der Ruhelage festhalten können, soweit sie den Strom des eignen Motors verwenden, weshalb eine gewöhnliche Sperrbremse als Reserve unentbehrlich ist.

Sehr beachtenswert sind auch die neueren Konstruktionen elektromagnetischer Bremsen, welche nach dem Prinzip der mechanischen Gleisbremsen gebaut sind, bei denen ein auf die Fahrschiene niedergedrückter Klotz die Bremsung besorgt. Bei diesen magnetischen Schienenbremsen ist ein gußeiserner Bremsschuh vorhanden, in dem die Magnetisierungsspulen eingebettet sind. Beim Stromdurchgange findet Anziehung und starke Reibung zwischen dem magnetisch gewordenen Bremsschuh und der Schiene statt, wobei außerdem wieder die hemmenden Foucaultströme auftreten. Näheres über diese Konstruktionen findet sich in [9], [11].

Literatur: [1] Zetzsche, Handbuch der Telegraphie, Bd. 4, Berlin 1881. — [2] Der Elektrotechniker, Wien 1886. — [3] Elektrotechn. Zeitschrift 1880, S. 55. — [4] Ebend. 1881, S. 300. — [5] D.R.P. Nr. 33634. — [6] Ernst, Hebezeuge, Bd. 2, Berlin 1903. — [7] Holzt, Schule des Elektrotechnikers, Bd. 3, Leipzig 1903. — [8] Elektrotechn. Zeitschrift 1898, S. 223. — [9] Ebend. 1899, S. 535. — [10] Ebend. 1900, S. 601. — [11] Ebend. 1901, S. 816. — [12] Ebend. 1894, S. 598. — [13] Ebend. 1897, S. 422. — [14] Ebend. 1898, S. 223. — [15] Niethammer, Generatoren, Motoren und Steuerapparate für elektrisch betriebene Hebe- und Transportmaschinen, Berlin 1900. *Holzt.*

C. Bremsen für Eisenbahnfahrzeuge.

Diese sollen die Ueberschreitung gewisser Geschwindigkeiten hindern, die Geschwindigkeit der Fahrzeuge vermindern, die Fahrzeuge zum Stillstand bringen oder in der Ruhelage erhalten. Bremsklötze aus Holz, Gußeisen oder Stahlguß (Gußeisen mit Zusatz von Stahlspänen) werden entweder nur von einer Seite oder von beiden Seiten gegen die Laufflächen der Radreifen gepreßt und auf solche Weise der Reibungswiderstand erzeugt.

1. Bremsklötze und Bremsgestänge. Hölzerne Bremsklötze, zu denen besonders Pappelholz verwendet wird, sind billig in der Anschaffung, nutzen sich rasch ab, sind bei dauernder Inanspruchnahme, besonders auf starken Gefällen, unzuverlässig, wirken bei Schnee sehr schlecht, verursachen leicht das Feststellen der Räder und das Flachschleifen einzelner Stellen der Radreifen. Gußeisen ist günstiger, doch nutzen auch Bremsklötze aus diesem Stoffe sich rasch ab. Am günstigsten verhält sich Stahlguß, so daß Klötze aus Stahlguß trotz des bedeutend höheren Preises den Holz- und Gußeisenklötzen vorgezogen werden [1]. Einseitig wirkende Bremsen finden nur noch bei Wagen sehr einfacher Bauart (z. B. Kohlen-, Erztransportwagen, Bahnmeisterwagen) und zum Verschieben der Wagen Anwendung, namentlich in Nordamerika. In ihrer einfachsten Anordnung erscheinen sie hier als Hebel- oder Einlegbremsen: der Bremsklotz wird mittels eines Winkelhebels betätigt, dessen längerer Arm durch sein Gewicht oder die Kraft des Bremsers niedergedrückt wird; soll die Bremse außer Tätigkeit gesetzt werden, so legt man den Hebel in den Einschnitt einer Zahnstange. Bei einseitigen Bremsen ist der Druck auf die Flächeneinheit der Klotzfläche ungefähr doppelt so groß als bei zwei Klötzen, die Schenkel und Achslager werden erheblich beansprucht, das Federspiel wird stark gehemmt, so daß die Wagen beim Bremsen stoßen; zweckmäßiger und in Europa auch fast allgemeiner gebräuchlich sind die Bremsen, bei denen die Bremsklötze von beiden Seiten auf die Räder einwirken. — Man unterscheidet Bremsgestänge mit schwingenden und mit festgelagerten Bremswellen v (Fig. 11 und 12), erstere sind entweder in den Bremsklötzen selbst oder an deren Gehängen g gelagert, letztere sind zwischen den Rädern am Untergestelle aufgehängt und in ihren Lagerböcken nach der Bahnrichtung verschiebbar angeordnet. Die Bremsgestänge mit schwingenden Wellen behalten gleichmäßigen Bremsdruck auch bei ungleicher Einstellung und Abnutzung der Bremsklötze, letztere neigen aber hier zum Schleifen; jeder Bremsklotz dient dem auf der gegenüberliegenden Seite des Rades angreifenden Bremsklotze als Stützpunkt. Die festgelagerte Welle trägt an jedem Ende einen doppelarmigen Hebel, dessen Bewegung durch Bremsstangen, die teils auf Zug, teils auf Druck beansprucht sind, auf die Klötze übertragen wird. Das Nachstellen abgenutzter Bremsklötze wird durch Nachstellöcher oder Verschraubungen an den Stangen ermöglicht. Die gleichmäßige Bewegung der Gehänge der Bremsklötze eines Rades kann durch Stangen- und Hebelkombinationen gesichert werden. Zur Verhinderung des Schleifens der einzelnen Bremsklötze sind verschiedene Vorrichtungen im Gebrauche. Bei den neueren Bremsgestängen wirken alle Klötze unabhängig von der Einstellung und Abnutzung mit gleichem Drucke auf die Räder; die ungleichen Abstände von den Rädern beim Lösen der Bremsen finden ihren Ausgleich während der Fahrt [2]; vgl. a. die weiter unten beschriebene Bremse der preußischen Staatsbahnen.

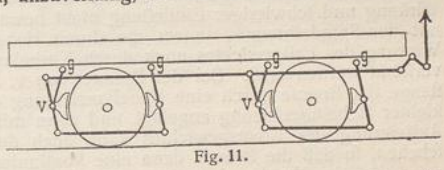


Fig. 11.

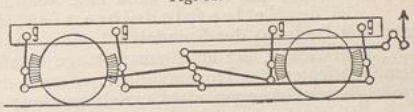


Fig. 12.

2. Einteilung der Bremsen nach der Bremskraft. Das Anziehen und Lösen der Bremsen geschieht entweder durch die Hand des Bremsers — Handbremsen — oder durch mechanische Vorrichtungen, wobei der Antrieb durch Schwerkraft, Luftdruck, Dampfdruck, Elektrizität bewirkt werden kann. Während bei den Handbremsen jeder einzelne Bremswagen

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

oder höchſtens zwei Wagen durch einen Bremſer bedient werden (Einzelbremſe — Zweiwagenbremſe), wirken die mechaniſchen Bremſen zumeiſt auf eine größere Anzahl der Wagen ein — Gruppenbremſen. Dieſe letzteren ſind dann auch ſo angeordnet, daß ſie es ermöglichen, von der Lokomotive und von jedem Wagen des Zuges aus in jedem Augenblicke die volle Bremskraft des Zuges zur Wirkung zu bringen; dieſe Art Gruppenbremſen heißen durchgehende oder kontinuierliche Bremſen. Sind ſie ſo eingerichtet, daß das Bremſen des Zuges bei einer Beſchädigung der Bremsvorrichtung, z. B. bei Zugstrennungen, ſelbſttätig eintritt, ſo werden ſie als ſelbſttätige oder automatiſche Bremſen bezeichnet.

3. Handbremſen. Hierzu gehören: Die Schraubenſpindelbremſe, die Gewichtsbremſe, die Kettenſpindelbremſe, die Federbremſe. Die Kraft des Bremſers kann auf 30 kg, nach Schlöß auf 50 kg [3] beziffert werden, ſo daß zur Erreichung des erforderlichen Druckes auf die Bremsklötze eine große Kraftübertragung notwendig wird. Die Handbremſen kommen in Europa bei Güterzügen ausſchließlich zur Anwendung; auch die Perſonenwagen ſind — ſchon aus Rückſicht für den Verſchubdienſt — mit Handbremſen ausgerüſtet.

Die Schraubenſpindelbremſe, auch Spindelbremſe genannt, kann für jeden erforderlichen Bremsdruck ausgeführt werden, geſtattet alſo gute Ausnutzung des Wagengewichtes. Der Antrieb erfolgt durch eine ſenkrechte Schraubenſpindel — Bremsſpindel —, an deren oberem Ende ſich die Handkurbel — Bremskurbel — befindet. Die ſenkrecht geführte Schraubenmutter — Bremsmutter — ſetzt durch zwei Zugſtangen einen Hebel in Bewegung, deſſen Welle mittels eines zweiten Hebels nebſt Zugſtange die Bremſe betätigt. Das Anziehen der Bremſe findet bei Rechtsdrehung der Bremskurbel ſtatt. Unnötig weites Zurückſchrauben wird durch eine zweite Mutter verhindert, die gegen einen am Wagenkaſten befeſtigten Ring ſtößt, ſobald die Bremſe genügend gelöſt iſt. Die Kraftüberſetzung beträgt 1 : 300 bis 1 : 600, größere Ueberſetzungen erfordern zu viel Kurbelumdrehungen. Um ſolche dennoch ohne letztgenannten Nachteil zu erzielen, beſtehen verſchiedene, aber wenig angewandte Konſtruktionen (von Paulitſchky, Weickum). Der Wirkungsgrad der Spindelbremſen iſt von der Steigung und Lagerung der Spindel abhängig [3].

Bei den Gewichtsbremſen erfolgt der Anzug der Bremsklötze mit Hilfe von Gewichten, die durch entſprechende Hebelüberſetzung den erforderlichen Bremsdruck erreichen laſſen. Hierher gehören die Bremſen von Exter, Gaßebner und v. Borries. Die Exterſche Bremſe hat ſich an der Tenderlokomotive eingebürgert, als Wagenbremſe aber wegen zu plötzlicher Wirkung und ſchwieriger Einſtellung nicht bewährt. Gaßebner vereinigt die Gewichtsbremſe mit der Spindelbremſe, indem die durch Hebelüberſetzung auf die Bremsklötze übertragene Wirkung des Fallgewichtes noch durch Kurbelumdrehung zur vollen Feſtſtellung der Bremſen verſtärkt werden muß. Bei der Bremſe von v. Borries ſteht das Bremsgewicht mit der Zugſtange der Bremſe durch eine Hebelvorrichtung derart in Verbindung, daß die Bremsklötze mit kleiner Hebelüberſetzung angelegt und dann mit großer Ueberſetzung feſtgeſtellt werden. Die Aktivierung des Bremsgewichtes kann auch durch eine über die Wagen geführte Leine geſchehen, ſo daß die Bremſe dann eine kontinuierliche wird [4].

Bei den Kettenſpindelbremſen, die auf amerikaniſchen Bahnen in Anwendung ſind, wird bei Drehung der Spindel auf eine am unteren Ende befeſtigte Trommel eine Kette auf- oder abgewickelt, die am Bremsgeſtänge befeſtigt iſt. Da die Spannung der Kette ausſchließlich dem Quotienten des Trommeldurchmeſſers in den Kurbelkreisdurchmeſſer proportional iſt, können große Bremswirkungen nicht erzielt werden; die Kette nutzt ſich raſch ab.

Als Federbremſe im Sinne der Handbremſen bezeichnet man jene ſelten angewandten Bremſen, bei denen der Anzug der Klötze durch Auslöſung einer mittels Zahnradgetriebes geſpannten Feder bewirkt wird. Kloſe ſpannt die Feder durch Dampfdruck; ſeine Federbremſe ſteht auf ſchweizeriſchen Bahnen im Gebrauch [5].

Als Beiſpiel einer gut durchgebildeten, allen Anforderungen entſprechenden Handbremſe, und zwar einer Schraubenſpindelbremſe, ſei die in Fig. 13, 13a und 13b dargeſtellte Bremſe der preußiſchen Staatsbahnen erwähnt [6]. Die aus Stahlguß hergeſtellten Bremsklötze $K_1 K_2$ hängen mittels der Bremsgehänge am Untergeſtelle des Wagens. Dieſe Bremsgehänge ſind zweiteilig, liegen zu beiden Seiten der Bremsklötze und tragen die als Dreiecke ausgebildeten geſchmiedeten Bremsbäume. — Der eine dieſer Bremsbäume greift in mittlerer Höhe der Bremsklötze an, alſo hinter ihren Aufhängepunkten, und nimmt außerdem den Bolzen c auf, der dem Bremshebel $H_1 H_2$ zur Aufhängung dient. Der zweite Bremsbaum greift an den Enden der verlängerten Hängeeiſen h_2 an und iſt zugleich zu einem Stangenkopfe ausgebildet, der mit dem unteren Ende des Hebels H_2 verbunden iſt und verſchiedene Bolzenlöcher enthält, um eine Nachſtellung der Bremsklötze bei eingetretener Abnutzung zu ermöglichen. — Die Bremshängeeiſen ſind zum Teil nach oben verlängert, um mit den gegenüberliegenden Bremshängeeiſen durch Stangen in ſolche Verbindung zu treten, daß ſie ſich ſymmetriſch zur Achsmitte bewegen müſſen und dadurch ein gleichmäßiges Abheben der Bremsklötze vom Rade bewirken. Die Bremsklötze werden durch Stellfedern in der richtigen Lage erhalten, um ein Anſchleifen an den Rädern zu verhindern. Die Bremsbäume ſind durch je zwei Schleifen von Flacheiſen gegen das Herabfallen geſichert. — Der kürzere Hebelarm H_2 des Bremshebels verhält ſich zu dem längeren wie 1 : 2. Dasſelbe Verhältnis beſteht aber auch zwiſchen der Verlängerung der gegenüberliegenden Bremshängeeiſen und ſeiner Länge oberhalb der Bremsklotzaufhängung, ſo daß die Bremsklotzpreſſungen auf beiden Seiten des Rades gleich ausfallen müſſen. Bei den Handbremſen ſtützt ſich die von der Bremskurbel gedrehte Bremsſpindel mit einem unteren Spurzapfen auf ein an der Kopfplatte des Untergeſtells befeſtigtes Spurlager und wird oben durch ein Halslager geführt. Die Bremskurbel iſt mit einem wagerechten und einem ſenkrechten Griffe verſehen. Die Bremsſpindel beſitzt zweigängiges Gewinde und eine durch ein Winkeleiſen der Kaſtenwand ſenkrecht geführte Mutter.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

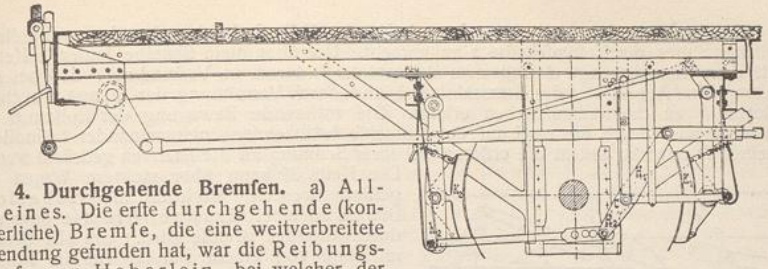


Fig. 13.

4. Durchgehende Bremſen. a) Allgemeines. Die erſte durchgehende (kontinuierliche) Bremſe, die eine weitverbreitete Anwendung gefunden hat, war die Reibungsbremſe von Heberlein, bei welcher der Anzug der Bremſen durch Reibungsräder in Verbindung mit Kettentrommel, und die Verbindung der Fahrzeuge untereinander durch die Bremsleine geſchieht. Später entſtanden und entwickelten ſich die Luftſaugebremſen, bei denen die Betätigung der Bremſen durch Luftverdünnung in den Bremszylindern erfolgt, und die Luftdruckbremſen, bei denen ſie durch Preßluft bewirkt wird; zu erſteren gehören die Bremſen von Smith-Hardy, Körting, Clayton und Eames, zu letzteren die Bremſen von Weſtinghouſe, Carpenter, Schleifer, Wenger und Soulerin. Die durchgehenden Bremſen ſind in neuerer Zeit bei Perſonenzügen allgemein in Anwendung und für die Hauptbahnen Deutſchlands durch die „Betriebsordnung“ auch für alle mit mehr als 60 km Geſchwindigkeit fahrenden Perſonenzüge vorgeſchrieben. Der Hauptzweck der durchgehenden Bremſen iſt die Erhöhung der Sicherheit und Regelmäßigkeit des Betriebes; außerdem werden beſondere Bremſer erſpart und der Dienſt der Zugmannſchaft erleichtert. Jede derartige Bremſe beſteht aus der Kraftquelle, die das Anziehen der Bremſen bewirkt, aus den Bremseinrichtungen der einzelnen Fahrzeuge und aus der Verbindungsleitung, durch welche die Bremſen der einzelnen Fahrzeuge zu gemeinſamer Handhabung verbunden werden; bei einigen Anordnungen erfolgen Verbindung und Kraftäußerung durch ein einziges, bei andern durch zwei getrennte Mittel. Die wichtigſte Eigenſchaft der neueren durchgehenden Bremſen iſt die ſchon erwähnte Selbſtwirkung im Falle einer Beſchädigung der Verbindungsleitung und der damit zuſammenhängenden Teile; ſie erfordert, daß das Verbindungsmittel bei gelöſter Bremſe in Spannung iſt und jedes Fahrzeug eine wirkungsbereite Kraftquelle beſitzen muß; das Bremſen wird durch Verminderung der Spannung des Verbindungsmittels bewirkt.

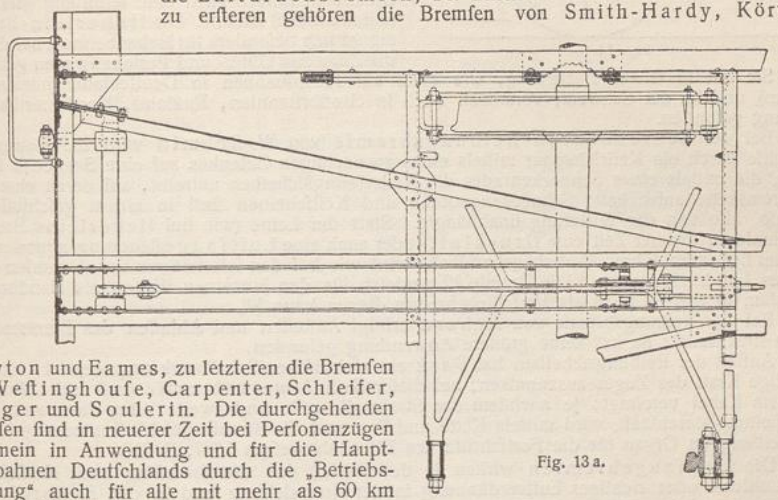


Fig. 13a.

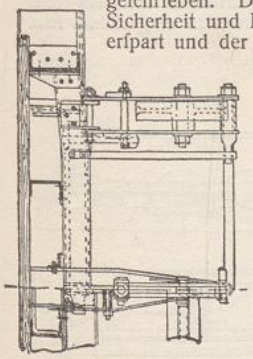


Fig. 13b.

Durchgehende Bremſen ſollen eine möglichſt raſche und ſtoßfreie, beliebig einſtellbare und andauernde Wirkung ausüben, ſich raſch und zuverläſſig löſen, in allen Teilen dauerhaft ſein und geringe Unterhaltungskoſten verurſachen. In neuerer Zeit wird auch die Anwendung durchgehender Bremſen bei Güterzügen angeſtrebt, und in dieſer Beziehung wurden ſehr beachtenswerte Verſuche ſeitens der pfälziſchen Bahnen mit Schleiferſchnellbremſen [7] und ſeitens der öſterreichiſchen Staatsbahnen mit Luftdruck- und Luftſaugebremſen auf dem Arlberg und auf der Flachlandſtrecke Sigmundsherberg-Ziersdorf (im Jahre 1901) vorgenommen [8].

b) Konſtruktive Anordnung der verſchiedenen Bremsſyſteme. Die Reibungsbremſen (Friktionsbremſen) verwerten die lebendige Kraft des rollenden Zuges mit Hilfe von Reibungsſcheiben und Zugkette, indem das antreibende Reibungsrad auf der Achſe eines Räderpaares des betreffenden Fahrbetriebsmittels angebracht iſt. Bei der Heberleinbremſe kann durch die ins Bremscoupé führende Kette *l* (ſ. Fig. 14) mit Hilfe des einarmigen Hebels *g*, der Stange *i* und des gleichfalls einarmigen Hebels *h* die am letzteren befindliche

Welle *o* etwas geſenkt oder gehoben werden. Auf dieſer Welle ſind nebeneinander zwei Rollen *H* und zwiſchen ihnen die Kettenſcheibe *s* angebracht. Die über dieſe Scheibe laufende Kette *K* ſteht mit dem Bremsgehänge *d* und dem Bremsklotz *b* derart in Verbindung, daß bei ihrer Aufwicklung eine Anpreſſung des Bremsklotzes *b* und durch Vermittlung der Stange *t* auch des Bremsklotzes *b'* an die Radlaufflächen erfolgt. Die rotierende Bewegung der Rollen *H* und der Scheibe *s* wird durch die zwei auf der Radachſe feſtſitzenden, nebeneinander befindlichen Holzſcheiben *R* bewirkt, indem die erſteren bei ihrer Senkung an die letzteren gedrückt werden.

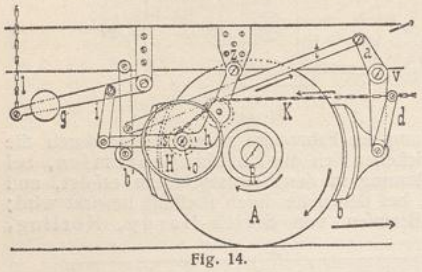


Fig. 14.

Die Kette *K* kann über mehrere Wagen fortgeführt werden, wodurch die Heberlein-Bremſe zu einer Gruppenbremſe oder auch durchgehenden Bremſe wird. Um alle Bremſen im Zuge von einem Punkte aus in Tätigkeit ſetzen zu können, läuft über den ganzen Zug eine Leine, durch deren Verlängerung oder Verkürzung ſich die Bremſe betätigen läßt. Bei einer Zugtrennung reißt die Leine, und tritt ſelbſttätig die Bremſung ein; die Heberlein-Bremſe iſt ſonach auch eine ſelbſttätig wirkende (automatiſche) Bremſe. Die Heberlein-Bremſe eignet ſich beſonders für Nebenbahnen, bei denen die Züge aus Güter- und Perſonenwagen gebildet ſind. Sie hat in dieſer Beziehung, wie auch auf Hauptbahnen in Deutſchland (namentlich Sachſen) und in der Schweiz, vereinzelt auch in Großbritannien, Rußland, Nordamerika Anwendung gefunden.

Bei der Schraubenrad-Reibungsbremſe von W. Schmid wird die Bewegung der Achſe durch ein Keilräderpaar mittels eines zweiachſigen Gelenkes auf eine Schnecke übertragen, die mittels eines Schneckenrades die Keilreibungsſcheiben antreibt, auf deren eine ſich die Bremskette aufwickelt; Schneckengetriebe und Keilſcheiben ſind in einem geſchloſſenen Gehäuſe, alſo von der Witterung unabhängig. Statt der Leine (wie bei Heberleins Bremſe) hat Schmid in neuerer Zeit eine Druckluft- oder auch eine Luftſaugeſteuerung angewendet, die vom Lokomotivführer ähnlich gehandhabt wird wie bei den ſelbſttätigen Saugebremſen oder bei den Luftdruckbremſen. Die Bremſe iſt zugleich für den einzelnen Wagen als Handbremſe benutzbar, ſo daß ſie noch als Verſchiebebremſe dienen kann [9].

Bei der Reibungsbremſe von Achard erfolgt Anſtellen und Ablaſſen des Bremsmotors mittels Elektrizität; ſie hat keine größere Anwendung gefunden.

Anſtatt der Reibungsſcheiben hat Park ein elektriſches Schaltwerk angewendet, um die lebendige Kraft des Zuges auszunutzen; bei dieſer Schaltwerksbremſe ſind drei Leitungen in einem Kabel vereinigt; je nachdem der Strom die erſte und zweite oder die zweite und dritte Leitung durchläuft, wird mittels Kette und Trommel die Bremſe geſchloſſen oder geöffnet. Beſchreibung im Organ für die Fortſchritte des Eiſenbahnweſens 1887, S. 215.

Die Luftſaugebremſen wirken in der Weiſe, daß die Bremſung nach Herſtellung einer Luftleere oder richtiger Luftverdünnung in der Bremsleitung und in den Bremszylindern durch den natürlichen Luftdruck erfolgt. Die Luftverdünnung wird durch einen auf der Lokomotive angebrachten Dampfſtrahlapparat — Ejektor — erzeugt. Die Luftſaugebremſen ſind entweder ſelbſttätig oder nicht ſelbſttätig oder können auch für beide Funktionsweiſen eingerichtet ſein.

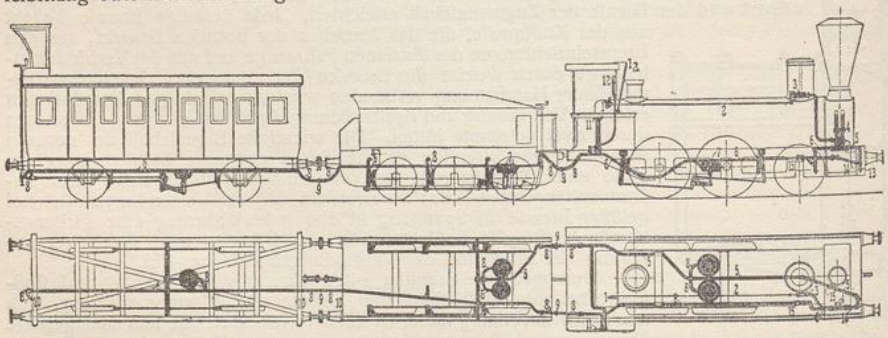


Fig. 15. 1 und 1a Ventilhebel für das Dampfventil. 2 Zugſtange. 3 Dampfventil. 4 Doppelter Ejektor. 5 Rohrleitung für Lokomotive und Tender. 6 Rohrleitung für den Zug. 7 Vakuumzylinder. 8 Kautſchukſchlauch. 9 Kupplung. 10 Blindmuffe. 11 Doppelte Luftklappe. 12 Vakuummeter. 13 Kondenſationswaſſerabflußventil. 14 Ablaßrohr. 15 Rückſchlagventil.

Die Hardy-Bremſe, deren eigentlicher Erfinder Smith iſt, während Hardy ſie verbeſſerte, ſteht bei allen öſterreichiſchen Bahnen und vielen andern Staatseiſenbahnen in Anwendung; auch bei der Berliner Stadt- und Ringbahn. Die nicht ſelbſttätige (einfache) Hardy-Bremſe umfaßt im weſentlichen den auf der Lokomotive angebrachten Luftſauger, die unter dem Zuge entlang führende Hauptrohrleitung und die Bremszylinder, die ſich unter den mit Bremſen ausgerüſteten Wagen befinden, und deren Kolben mit den Bremsklötzen in geeigneter Verbindung ſtehen (Fig. 15). Der Luftſauger beſteht aus zwei Ejektoren, von denen einer in Verbindung

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

mit der Wagenleitung, der andre mit der Lokomotiv- und Tenderleitung ſteht. Jeder Vakuumzylinder iſt aus zwei miteinander verſchraubten gußeiſernen Schalen gebildet, die durch eine Diaphragmaſcheibe aus Leder getrennt ſind, welch letztere zugleich den Kolben des Zylinders darſtellt; der obere Teil des Vakuumzylinders kommuniziert mit dem Ejektor, der untere Teil mit der atmoſphäriſchen Luft. Wenn gebremſt werden ſoll, ſo ſchließt der Lokomotivführer den Regulator (ſ. Lokomotive) und öffnet das Dampfventil; der in die Ejektoren eintretende Dampf ſaugt die in den Rohrleitungen und den Vakuumzylindern enthaltene Luft aus, ſo daß ſich die Kolben in letzteren aufwärts bewegen und die Bremshebel in Tätigkeit geſetzt werden; ſoll die Bremswirkung aufgehoben werden, ſo öffnet der Lokomotivführer die neben ſeinem Standorte befindliche Luftklappe, wodurch die Luft in die Rohrleitung und die Vakuumzylinder eintritt, alſo die Bremswirkung aufgehoben wird.

Die ſelbſttätig wirkende Hardy-Bremſe iſt gleichartig mit der Clayton-Bremſe (ſ. u.), denn einzelne wichtige Teile ſtammen von Clayton, Maſchinendirektor der Midland-Railway, her.

Bei der direkt wirkenden Körting-Bremſe [10] befinden ſich auf der Lokomotive ein größerer und ein kleinerer Dampfſtrahlluftſauger, von denen der letztere beſtimmt iſt, die Luftverdünnung dauernd zu erhalten (z. B. bei der Talfahrt), gleichzeitig aber auch eine Kontrolle der Dichtheit der Luftleitung geſtattet. Die gußeiſernen, in der Regel ſenkrecht aufgehängten Bremszylinder haben — im weſentlichen Gegenſatze zu Hardys Bremſe — einen gußeiſernen Kolben mit ventilartig wirkender Kolbenſtulpe (Fig. 16 und 17). Soll gebremſt werden, ſo wird der größere Luftſauger in Tätigkeit geſetzt und die Luft aus dem Raume oberhalb des Kolbens im Bremszylinder geſaugt, ſo daß der im unteren Raume wirkende atmoſphäriſche Druck die Kolben hebt und das Bremsgeſtänge anzieht; ſoll die Bremſe gelöſt werden, ſo wird durch Oeffnung der Luftklappe atmoſphäriſche Luft in die Hauptleitung und mithin in den Raum oberhalb des Bremszylinderkolbens eingelaſſen, ſo daß dieſer bei Gleichheit des Druckes auf beiden Seiten infolge ſeines Gewichtes ſinkt und das Geſtänge gelöſt wird. Die ſelbſttätige Körting-Bremſe beſteht gleichfalls aus zwei Dampfſtrahlluftſaugern, der Hauptleitung und den Bremszylindern. Letztere ſtehen je mit einem ſchmiedeeiſernen luftdichten Hilfsbehälter in Verbindung; ſie haben ferner ein „Losventil“, durch das die atmoſphäriſche Luft in den Raum oberhalb des Kolbens, und ein „Bremsventil“, durch das ſie in den Raum unterhalb des Kolbens eingelaſſen werden kann. Soll die Bremſe gelöſt werden, ſo wird mittels der Luftſauger die Luft aus der Hauptleitung gezogen; vermöge der ventilartig wirkenden Kolbenſtülpung ſtellt ſich zu beiden Seiten des Zylinderkolbens und im Luftbehälter eine annähernd gleiche Luftverdünnung ein, der Kolben fällt abwärts, die Bremſe löſt ſich. Dieſer Zuſtand kann durch den kleineren Luftſauger dauernd erhalten werden. Soll die Bremſe angezogen werden, ſo iſt die Luftklappe zu öffnen, ſo daß in die Hauptleitung und in den Raum unterhalb des Kolbens atmoſphäriſche Luft einſtrömt, während oberhalb des letzteren die Luftverdünnung aufrecht bleibt, weil die Kolbenſtülpung den Rücktritt der Luft verhindert; der Kolben wird alſo gehoben und zieht die Bremſe an. Beim Abkuppeln einzelner Wagen wird die Bremſe mit Hilfe des „Losventils“ gelöſt; das „Bremsventil“ geſtattet, die Bremſe von jedem Fahrzeuge aus anzuziehen. Bei einer Zugtrennung tritt Luft in die Leitung, und es erfolgt eine ſelbſttätige Bremſung der Fahrzeuge.

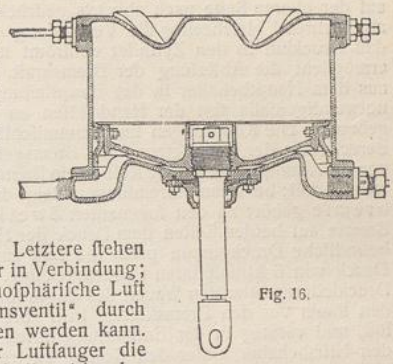


Fig. 16.

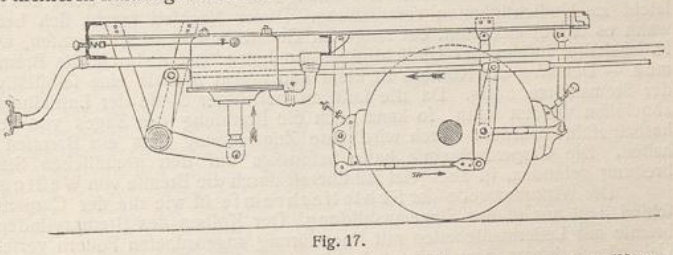


Fig. 17.

Die Clayton-Bremſe, eine nur ſelbſtwirkende Konſtruktion [11], beſitzt folgende Eigentümlichkeiten, durch die ſie ſich von andern Anordnungen unterſcheidet: 1. Der kleine Ejektor iſt in den großen Ejektor gleichachſig eingebaut und beide ſind in unmittelbare Verbindung mit dem Bremsventil gebracht, ſo daß ein Handhebel genügt, um den einen oder andern Ejektor in Gang zu ſetzen oder auch die Luft in die Leitung zu laſſen. 2. Der Bremszylinder iſt hier von dem Hilfsbehälter umſchloſſen. Beide ſind mit einem gemeinſamen Kugelventile verſehen, welches das gleichzeitige Ausſaugen der Luft aus dem Raume unter dem Kolben und dem Hilfsreſervoir geſtattet, während beim Zulaſſen der Luft das Hilfsreſervoir durch die Kugel abgeſchloſſen wird. Das Ausſaugen des Hilfsbehälters erfolgt alſo hier, ohne die Kolbendichtung dazu in Anſpruch zu nehmen. 3. Ein beſonders ausgebildetes Arbeitsventil, um bei langen Zügen die Bremswirkung zu beſchleunigen. Bei ſtarkem Luftzutritt in die Leitung ſollen ſich dieſe Ventile heben und der äußeren Luft den unmittelbaren Zutritt in die Luftleitung geſtatten, während ſie bei mäßigem Luftzutritte geſchloſſen bleiben. Hierdurch ſoll der Uebelſtand vermieden werden, daß bei langen Zügen die vorderen Wagen raſcher gebremſt werden als die hinteren Wagen und letztere deshalb auf die erſteren aufrennen.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

In abweichender Weiſe hat Eames die Selbſtwirkung der Saugebremſe durch Einſchaltung beſonderer Steuerventile zwiſchen den bei gelöſter Bremſe entleerten Hilfsbehältern der einzelnen Wagen und den Bremstöpfen hergeſtellt [12]; dieſe Steuerventile laſſen die Luft hinter den Kolbenplatten in die Hilfsbehälter in dem Maße entweichen, wie die Spannung in der Hauptleitung vermindert wird. Zur raſchen Betätigung dieſer Ventile benutzt Eames den Strom einer kleinen Dampfdynamo. Die Bremſe von Eames ſteht in Nordamerika in Anwendung.

Bei den Luftdruckbremſen wird die Luft in kleinen, durch den Dampf der Lokomotiven betriebenen, auf dem Keſſel derſelben befeſtigten Luftpumpen auf 4—8 Atm. verdichtet; die gepreßte Luft drückt auf die eine Fläche eines Bremszylinderkolbens, deſſen andre Fläche mit dem Bremsgeſtänge verbunden iſt. Bei ſelbſttätigen Luftdruckbremſen ſind Hauptleitung und Hilfsbehälter bei gelöſter Bremſe mit Druckluft gefüllt und muß zum Bremſen der Druck vermindert werden. — Die am meiſten verbreitete Luftdruckbremſe iſt die Weſtinghouſe-Bremſe [13], die zuerſt nicht ſelbſttätig, ſpäter (1875) ſelbſttätig wirkend gebaut wurde. Die Beſtandteile der Weſtinghouſe-Bremſe ſind auf der Lokomotive: Luftpumpe, Hauptluftbehälter, Führerbremsventil; an den Wagen: Hilfsluftbehälter mit Bremszylinder, Steuerventil, Schaffnerbremshahn. Von der Lokomotive führt eine Hauptluftleitung unter allen Wagen hin. Bei gelöſter Bremſe befindet ſich Luft von gleicher Spannung in dem Luftbehälter, dem Ventil und der Hauptleitung; wird jedoch der Druck in der Hauptleitung und damit auch unterhalb des Kolbens des Steuerventils entſprechend vermindert, ſo wird dieſer durch den größeren Druck auf der oberen Seite nach abwärts gedrückt und ſchließt den Hilfsbehälter von der Hauptleitung ab, während gleichzeitig die Verbindung desſelben nach dem Bremszylinder geöffnet wird, ſo daß Druckluft in den Zylinder einſtrömt und die Bremſe in Tätigkeit ſetzt. Ein kleines Ventil ermöglicht die Abſtufung der Bremskraft. Um die Bremſen zu löſen, wird wieder Druckluft aus dem Hauptbehälter in das Hauptleitungsrohr eingelaſſen. Um die Bremſe eines Fahrzeuges notwendigenfalls mit der Hand löſen zu können, wird am Luftbehälter ein Auslaßventil angebracht. Die Kupplungen ſind Gummiſchläuche mit Hanfeinlage und Ueberzug aus Leinen. Bei Berechnung der Ueberſetzung des Bremsgeſtänges wird angenommen, daß mit einem Luftdrucke von 3,7 Atmoſphären auf die Kolben ein Bremsdruck von 70 % des Leergewichtes der Wagen ausgeübt werden ſoll; bei Schnellbremſungen ſteigt der Luftdruck auf 4,2 Atmoſphären. — Die Carpenterbremſe gehört zu den ſogenanten Zweikammerbremſen, deren Bremskolben bei gelöſter Bremſe auf beiden Seiten dem Druck der Hauptleitung ausgeſetzt ſind. Eine an der Lokomotive befindliche Druckpumpe preßt die Luft zunächſt in einen Hauptbehälter und ſtellt hier einen Druck von 6 Atmoſphären Ueberdruck her. Aus dieſem Hauptbehälter wird die Luft durch die Druckleitung unter den Wagen des Zuges fortgeleitet und in die Bremszylinder gelaſſen, wo ſie in den Raum vor den Bremskolben tritt. Sie drückt dieſen Kolben zurück, wobei ſie die Bremſe löſt, und vermag in der Endſtellung durch die in der Zylinderwandung angebrachten Nuten in den Hilfsbehälter hinter den Kolben zu treten, ſo daß der Druck vor und hinter dem Kolben gleich groß ausfällt. Druckleitung, Bremszylinder und Hilfsbehälter erhalten hierbei einen Ueberdruck von etwa 4 Atmoſphären. Sobald man nun Luft aus der Druckleitung entweichen läßt, entſteht in dem Hilfsbehälter ein Ueberdruck, der den Kolben vorwärts treibt und dabei die Bremſe anzieht. Die Stopfbüchſe der Kolbenſtange liegt hier auf der Seite des Hilfsbehälters und gibt leicht zu Undichtigkeiten Veranlaſſung. Dieſer Nachteil macht ſich beſonders dann geltend, wenn es darauf ankommt, auf längerem Gefälle anhaltend zu bremſen, weil der Ueberdruck im Hilfsbehälter infolge der Undichtigkeit abnehmen und dadurch die Bremskraft ſich vermindern muß. — Der Weg des Kolbens iſt klein und macht deshalb eine ſelbſttätige Nachſtellvorrichtung der Bremsklötze nötig. Da die Luft an beliebiger Stelle der Luftleitung aus einem Lufthahn abgelaſſen werden kann, ſo kann auch die Bremſung des Zuges von jeder ſolchen Stelle aus herbeigeführt werden. Auch wird eine Zugtrennung ſtets ein Bremſen des Zuges zur Folge haben. Die Carpenterbremſe hatte beſonders auf den preußiſchen Staatsbahnen große Verbreitung gefunden, iſt aber jetzt faſt überall durch die Bremſe von Weſtinghouſe erſetzt worden.

Die Wirkungsweiſe der Schleiferbremſe iſt wie die der Carpenterbremſe. Der Unterſchied liegt nur in der Einzelausbildung. Der Kolben des Bremszylinders iſt bei der Schleiferbremſe mit Ledermanſchetten mit fingerförmig angeordneten Federn verſehen, die bei größerem Ueberdruck hinter dem Kolben abdichten, ſonſt aber vor dem Kolben ein Ueberſtrömen der Luft nach rückwärts geſtatten. Das Zurückziehen des Kolbens wird durch Gewichte bewirkt. Selbſttätige Nachſtellvorrichtungen beſitzt die Schleiferbremſe nicht. — Auch die Wenger-Bremſe iſt eine Zweikammerbremſe, deren Bremszylinder ähnlich wie bei Schleifer gebaut ſind; zum Auslaſſen der Luft beim Bremſen iſt aber an jedem Bremszylinder ein Ventil angebracht; die Bremſe ſteht auf franzöſiſchen Bahnen im Gebrauche, wird aber allmählich durch die Weſtinghouſe-Bremſe erſetzt. — Die Soulerin-Bremſe, von den franzöſiſchen Staatsbahnen angewendet, beſitzt ein Steuerventil, das aus zwei Kolben und Ventilſätzen in einem Gehäuſe beſteht; ſie geſtattet eine leichte Einſtellung des Bremsdruckes und — im Gegenſatze zur Weſtinghouſe-Bremſe — auch eine beliebige Verminderung des einmal angewandten Druckes.

Die Luftdruckbremſen beſitzen durchweg eine für den beladenen und unbeladenen Wagen gleiche höchſte Bremskraft, die dem Gewichte des letzteren angepaßt werden muß, da ſonſt ein Gleiten der unbelaſteten Räder nicht zu vermeiden wäre. Eine Abhilfe in dieſer Richtung ſtrebt die im Organ für die Fortſchritte des Eiſenbahnweſens, 1902, S. 79, beſchriebene Vorrichtung Georgoffs zur Regelung der Bremskraft je nach der Belaſtung der Wagen an; Verſuchswagen laufen auf der St. Petersburg-Warſchauer-Bahn. Die elektriſche Steuerung für Luftdruckbremſen, Syſtem Siemens (Ann. f. Gew. u. Bauw., 1901, Bd. 1, S. 25) dient zum gleichzeitigen Anziehen ſämtlicher Bremſen eines langen Zuges; es wird dies mit Hilfe von elektriſch geſteuerten Ventilen erreicht, die zwiſchen Hauptleitung und Bremszylinder eines jeden Fahrzeuges eingeſchaltet ſind; zur Betätigung dient ein einziges, durch den ganzen Zug

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

laufendes Kabel. Das Entbremſen erfolgt nur auf pneumatiſchem Wege (vgl. die ähnliche Einrichtung bei der Luftſaugebremſe von Eames, ſ. oben).

5. Beſondere Lokomotivbremſen. Zum Bremſen der Lokomotivräder kommen auch Dampfbremſen zur Anwendung, bei denen die Bremsklötze mittels eines Dampfkolbens angepreßt werden. Hiervon zu unterſcheiden ſind die Gegendampfbremſen, bei denen die Steuerung der Lokomotive der Fahrtrichtung entgegen verlegt wird, ſo daß der Dampfdruck dem Dampfkolben entgegenwirkt. Um bei den Gegendampfbremſen das für Kolben und Schieber ſo ſchädliche Einſaugen der Verbrennungsgaſe aus dem Rauchkaſten in die Schieberkäſten und Zylinder und ihr Einpumpen in den Keſſel zu verhüten, bringt Le Chatelier beim Führerſtande ein Dampfventil *d* (Fig. 18) und ein Waſſerventil *W* an, durch deren Oeffnen Dampf oder Waſſer oder auch beides zugleich in die Ausſtrömung geleitet werden kann. Es gehen nämlich von den Ventilen zwei Kupferrohre aus, die ſich in dem Rohre *r* vereinigen, das bis an den Rauchkaſten geführt iſt und ſich hier teilt, um nahe an den Schieberkäſten vollkommen ſymmetriſch in die Ausſtrömungsröhren zu münden. Bei älteren Einrichtungen endigen die vom Dampf- und Waſſerventil ausgehenden Röhren in einem eignen, am Führerſtande angebrachten Miſchungskaſten, aus dem ein Dampf- und Waſſergemenge in die Ausſtrömung geleitet wird. Die Gegendampfbremſe dient zur Unterſtützung der Tender- und Wagenbremſen, wenn dieſe nicht mehr hinreichen, den Zug auf ſtarkem Gefälle in normaler Geſchwindigkeit zu erhalten. Sie bietet aber auch in Gefahrmomenten ein ſehr ſchnell wirkendes und kräftiges Hemmittel; bei ihrem Gebrauch iſt jedoch große Vorſicht geboten. Auf ſtark geneigten Ebenen werden ſehr zweckmäßig Luftgegendruckbremſen angewendet, um die Geſchwindigkeit zu mäßigen.

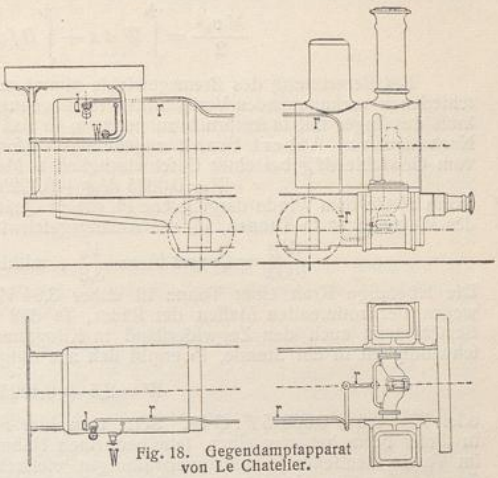


Fig. 18. Gegendampfapparat von Le Chatelier.

Bei den Luftgegendruckbremſen werden die Dampfausſtrömungsröhren mit Luftſchiebern verſehen, um die Luft in die Dampfzylinder einzulaſſen, wenn die Lokomotive bei zurückgelegter Steuerung ſich abwärts bewegt. Dieſe Luft wird durch die Kolben in die Schieberkaſten und die Einſtrömungsröhren geſchoben, ohne bei geſchloſſenem Regulatorventil in den Keſſel gelangen zu können. Die gepreßte Luft läßt man durch einen Hahn entweichen, durch deſſen Einſtellung die Bremswirkung geregelt wird. Zur Abkühlung der durch die Preſſungsarbeit erhitzten Dampfzylinder wird ein Waſſerſtrahl in die Schieberkaſten geführt. In neueſter Zeit wirken die durchgehenden Bremſen in der Regel auch auf die gekuppelten Räder, wie dies für Schnell- und Perſonenzuglokomotiven durch die „Techniſchen Vereinbarungen" vorgeſchrieben iſt. Die in Amerika ſchon ſeit längerer Zeit bekannte Bremſung der Lokomotivdrehgeſtelle hat auch in Europa vielfach Anwendung gefunden (Gotthardbahn, öſterreichiſche Staatsbahnen, ſchwediſche Staatsbahnen), wobei — falls alle Achſen im Zuge gebremſt wurden — eine Verkürzung des Bremsweges um 12 % und der Bremszeit um 14 % ſich ergab.

6. Einteilung der Bremſen nach dem Betriebszwecke. Je nach Betriebszweck der Bremſen unterſcheidet man noch: Notbremſen, um in Fällen der Gefahr den Zug von jedem Wagenabteil aus zum Anhalten zu bringen, wobei auch gleichzeitig die Signalpfeife auf der Lokomotive ertönt; Rangierbremſen, das ſind die für Rangierzwecke eingerichteten Betriebsbremſen (Hand- und Gewichtsbremſen); Schnellbremſen, auch Gefahr- oder Notbremſen, zur Erzielung einer raſchen und kräftigen Bremſung, wie ſie bei geeigneter Ausführung alle durchlaufenden Bremſen bieten.

7. Außergewöhnliche Bremsſyſteme. Abweichend von den Klotzbremſen, zu denen alle vorſtehend beſprochenen Bremſen gehören, werden bei den Keilbremſen zwiſchen Rad und Schiene Keile gepreßt, ſo daß erſteres hierdurch von letzterer teilweiſe abgehoben wird; die Bremswirkung iſt kräftig, aber ſtoßartig; ihre Verwendung daher ſehr beſchränkt. Die Schlittenbremſen erzielen die Bremswirkung durch Anpreſſen von Gleitbacken gegen die Schienen und ſtehen nur auf ſtarken Gefällen vereinzelt in Gebrauch.

8. Berechnung der zu bremſenden Achſen eines Zuges. Die Zahl der Bremswagen, die in einen Zug einzuſtellen ſind, hängt von dem Gewichte des Zuges, von ſeiner Geſchwindigkeit und der Neigung der Bahn ab, auf der er ſich bewegt; denn man muß fordern, daß jeder Zug von dem Augenblicke an, in dem das Signal zum Halten gegeben wird, auch nach Durchlauf einer gewiſſen und für alle Züge ziemlich gleichen Strecke zum Stillſtande kommt. Dabei wird eine gewiſſe Zeit vom Ertönen des Bremsſignals bis zum Eintritt der Bremswirkung vergehen und während dieſer Zeit der Zug noch mit unverminderter Geſchwindigkeit weiterlaufen.

Es ſei s_1 der Weg in Metern, der vom Ertönen oder Sichtbarwerden des Signals bis zum Eintritt der vollen Bremswirkung zurückgelegt wird, und s_2 der Weg, der von Beginn der Bremswirkung bis zum Stillſtande des Zuges zurückgelegt wird, dann iſt der ganze Bremsweg $s = s_1 + s_2$ Meter.

Iſt v_0 die Geſchwindigkeit des Zuges in Metern in der Sekunde und M die Maſſe des Zuges,

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

so ist die anfängliche lebendige Kraft $\frac{M v_0^2}{2}$. Diese muß durch die Arbeit des Zugwiderstandes und des Bremswiderstandes vernichtet werden, während die Schwerkraft im Gefälle der lebendigen Kraft des Zuges zu Hilfe kommt. Ist W der Zugwiderstand in Kilogramm, B der Bremsdruck, f der Reibungskoeffizient für die Reibung zwischen Bremsklotz und Rad, g die Beschleunigung der Schwere und α der Neigungswinkel der Bahn, so muß sein:

$$\frac{M v_0^2}{2} = \int_0^{s_2} W\,ds + \int_0^{s_2} B f\,ds - M g \sin\alpha\, s_2.$$

Bei Berechnung des Bremsgewichts nimmt man an, daß die Lokomotiven unter den verschiedenen vorkommenden Verhältnissen rasch genug gebremst werden können, ohne die Bremskraft des Zuges mit in Anspruch zu nehmen, so daß hier nur der Wagenzug in Betracht kommt. Nach den von Albert Frank angestellten Versuchen ist der Widerstand eines Wagenzuges vom Gewichte Mg bei einer Geschwindigkeit v Meter in der Sekunde

$$W = 0{,}0025\, Mg + 0{,}1225\, F v^2 \text{ Kilogramm},$$

worin F die dem Winde dargebotene Fläche in Quadratmetern bedeutet [14]. Ist Q das Gewicht des Wagenzuges in Tonnen, V_0 die Anfangsgeschwindigkeit in Kilometern in der Stunde, so ist

$$\frac{Mg}{1000} = Q \text{ und } V_0 = \frac{V_0}{3{,}6}, \text{ mithin } \frac{M v_0^2}{2} = \frac{Q V_0^2 1000}{254{,}28}.$$

Die lebendige Kraft einer Tonne ist daher $3{,}94\, V_0^2$. Dieser Wert erhöht sich jedoch etwas wegen der rotierenden Massen der Räder, so daß wir statt dessen $4{,}2\, V_0^2$ setzen können. — Bezieht man auch den Zugwiderstand in Kilogramm auf 1 t Zuggewicht bei V Kilometer Geschwindigkeit in der Stunde, so ergibt sich aus obiger Formel:

$$W = 2{,}5 + 0{,}1225\, \frac{F V^2}{Q\, 3{,}6^2},$$

oder $W = 2{,}5 + 0{,}00945\, F : Q\, V^2$. Setzt man hier $F : Q = 0{,}106$, so wird $W = 2{,}5 + 0{,}001\, V^2$. In dieser Form hat man einen sehr bequemen Näherungsausdruck für den Zugwiderstand, der im Verein deutscher Eisenbahnverwaltungen vielfach Anwendung gefunden hat [15]. Da der Zugwiderstand im Vergleich zum Bremswiderstande eine nur kleine Arbeit verrichtet, so kann man ohne wesentlichen Fehler für die Arbeitsberechnung des Zugwiderstandes einen mittleren Wert $W_m = 2{,}5 + 0{,}0006\, V_0^2$ einführen, indem man setzt:

$$\int_0^{s_2} W\,ds = W_m s_2.$$

Ist Q_b das Gewicht des gebremsten Zugteiles, so kommt auf eine Tonne Zuggewicht $1000\, \frac{Q_b}{Q}\, f$ Kilogramm Bremskraft. Die Reibungsziffer f ändert sich aber mit der Geschwindigkeit. Nach Versuchen von Galton nähert sie sich bei sehr kleinen Geschwindigkeiten dem Werte 0,33, nimmt aber mit zunehmender Geschwindigkeit ab, so daß sie bei einer Geschwindigkeit von 90 km in der Stunde zwischen 0,058 und 0,123 liegt [16]. — Die von Galton bei Versuchen mit gleicher Geschwindigkeit gefundenen Werte schwanken zwischen ziemlich weiten Grenzen und lassen deshalb das Gesetz der Aenderung keineswegs mit Sicherheit erkennen. Man erhält aber eine ziemlich gute Uebereinstimmung mit den mittleren Werten Galtons durch die Formel

$$f = \frac{10}{30 + V},$$

worin V die Geschwindigkeit in Kilometern in der Stunde angibt. — Infolge von Versuchen des Eisenbahndirektors Wichert in den Eisenbahnhauptwerkstätten zu Berlin hat der Verein deutscher Eisenbahnverwaltungen für geringe Geschwindigkeiten etwas kleinere Werte von f angenommen und zur Berechnung der Bremsarbeit für verschiedene Anfangsgeschwindigkeiten folgende mittlere Reibungsziffern empfohlen [17]:

	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90 km in 1 Std.
$f_m =$	0,250	0,201	0,164	0,142	0,128	0,117	0,109	0,103	0,098	0,093.

Angenähert lassen sich diese Werte durch die Formel wiedergeben:

$$f_m = \frac{12{,}5}{50 + V_0}.$$

Die bei irgend einer Anfangsgeschwindigkeit V_0 für jede Tonne Zuggewicht verrichtete Bremsarbeit ist daher

$$\int_0^{s_2} \frac{B}{Q} f\,ds = \frac{1000\, Q_b}{Q} f_m = s_2 \text{ Meterkilogramm}.$$

Bedeutet a die Steigung in Millimetern auf 1 m, so stellt dieser Wert zugleich die von 1 t herrührende in die Richtung der Bahn fallende Seitenkraft der Schwere in Kilogramm dar. Hiernach ist:

$$4{,}2\, V_0^2 = \left(w_m + \frac{1000\, Q}{Q_b} f_m - a\right) s_2.$$

Führt man hier das Gewicht der gebremsten Wagen in Prozenten des ganzen Zuggewichts ein, indem man $b = 100\, \frac{Q_b}{Q}$ setzt, so wird

$$b = \frac{1}{f_m}\left(\frac{0{,}42\, V_0^2}{s_2} - 0{,}1\, W_m + 0{,}1\, a\right).$$

Diesen Wert b bezeichnet man mit dem Ausdrucke Bremsprozente. Der Weg vom Ertönen des Signals bis zum Stillstande ist $s = s_1 + s_2$. Die Verhandlungen des Vereins deutscher

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Eisenbahnverwaltungen haben dazu geführt, $s_2 = 650$ m zu setzen, den dabei sich aus obiger Formel berechnenden Wert von b aber um eine von der Zuggeschwindigkeit und der Steigung der Bahn abhängige Größe $0{,}012\,a\,v$ zu vermehren, in keinem Falle aber b kleiner als 6 gelten zu lassen. Für den Weg s_1 hat man $s_1 = 1{,}5\,V_0$ angenommen [18]. Demnach berechnet sich der zu bremsende Zugteil b in Prozenten des Zuggewichts nach der Formel

$$b = \frac{1}{f_m}\left(\frac{0{,}42\,V_0^2}{650} - 0{,}1\,W_m + 0{,}1\,a\right) + 0{,}012\,a\,v_0 \geqslant 6. \qquad 1.$$

Der Bremsweg s ergibt sich aus der Formel

$$s = 1{,}5\,V_0 + \frac{0{,}42\,V_0^2}{b\,f_m + 0{,}1\,W_m - 0{,}1\,a}, \qquad 2.$$

worin für W_m und f_m die vorstehend angegebenen Werte einzuführen sind.

Die aus Formel 1. berechneten Werte sind vom „Verein deutscher Eisenbahnverwaltungen“ bezüglich der Hauptbahnen bei Feststellung der Anzahl Wagenachsen, die auf 100 Wagenachsen bei Fahrgeschwindigkeiten von 25—90 km in der Stunde und Neigungen von 0—25 ‰ zu bremsen sind, zugrunde gelegt worden. Für die Nebeneisenbahnen wird bei gleicher Fahrgeschwindigkeit eine vermehrte Zahl gebremster Achsen verlangt und die auf 100 Wagenachsen zu bremsenden Achszahlen für Fahrgeschwindigkeiten von 15—40 km in der Stunde und Neigungen von 0—24 ‰ festgesetzt.

Hierbei entspricht die Zahl der Bremsprozente der Nebenbahnen jenen der Hauptbahnen nach Erhöhung der Fahrgeschwindigkeit um 10 km, so daß die Bremsprozente der Nebenbahnen nach folgender Formel berechnet werden können:

$$b = \frac{1}{f_m}\left(\frac{0{,}42\,(V_0 + 10)^2}{650} - 0{,}1\,W_m + 0{,}1\,a\right) + 0{,}012\,a\,(V_0 + 10) \geqslant 6. \qquad 1\,a.$$

Die Anzahl der zu bremsenden Wagenachsen ist sowohl für die Haupteisenbahnen als auch für die Nebeneisenbahnen stets für die stärkste auf der fraglichen Strecke vorkommende Bahnneigung (Steigung oder Gefälle), die sich ununterbrochen 1000 m oder darüber erstreckt, zu bestimmen. Erreicht die stärkste vorkommende Neigung an keiner Stelle die Länge von 1000 m, so ist die gerade Verbindungslinie zwischen denjenigen zwei Punkten des Längenschnitts, die bei 1000 m Entfernung den größten Höhenunterschied zeigen, als stärkst geneigte Strecke anzusehen. Als maßgebende Fahrgeschwindigkeit ist diejenige anzunehmen, die der Zug auf der betreffenden Strecke höchstens erreichen darf. Sowohl bei Zählung der vorhandenen Wagenachsen als auch bei Feststellung der erforderlichen Bremsachsen ist eine unbeladene Güterwagenachse als halbe Achse zu rechnen. Die Achsen von Personen-, Post- und Gepäckwagen sind stets voll in Ansatz zu bringen. Am Schlusse eines Zuges mit durchgehenden Bremsen dürfen einzelne Wagen ohne durchgehende Bremsen mitgenommen werden, deren gesamte Achsenzahl jedoch nie mehr als sechs betragen darf. Die Bremsen eines mit durchgehender Bremse versehenen Zuges müssen in der erforderlichen Anzahl auch einzeln mit der Hand bedient werden können. Tenderlokomotiven und Tender müssen ohne Rücksicht auf etwa vorhandene andre Bremsvorrichtungen mit einer leicht und rasch zu betätigenden Handbremse versehen sein.

Literatur: [1] Organ f. d. Fortschr. d. Eisenbahnw., Ergänz.-Bd. 6, S. 296. — [2] Das Eisenbahnmaschinenw. d. Gegenwart, 1. Abschn., 2. Teil, S. 564—567, Wiesbaden 1897—98. — [3] Zeitschr. d. österr. Ingen.- u. Arch.-Vereins 1900, S. 225. — [4] Organ f. d. Fortschr. d. Eisenbahnw. 1887, S. 232. — [5] Heusinger, Handbuch f. spezielle Eisenbahntechnik, Bd. 2, Leipzig 1870; Röll, Encyklopädie d. Eisenbahnw., S. 705, Wien 1890. — [6] Organ f. d. Fortschr. d. Eisenbahnw., Ergänz.-Bd. 10, II., S. 84. — [7] Ebend. 1902, S. 235. — [8] Ebend. 1901, S. 149. — [9] Ebend. 1903, S. 135 u. 175. — [10] Broßius u. Koch, Die Eisenbahnbetriebsmittel, Bd. 2, Wiesbaden 1893. — [11] Glasers Ann. f. Gew. u. Bauw., 1885, Bd. 2, S. 194; Das Eisenbahnmaschinenw. d. Gegenwart, 1. Abschn., 2. Teil, S. 630. — [12] Organ f. d. Fortschr. d. Eisenbahnw. 1887, S. 84, und 1890, 1. Abschn., 2. Teil, S. 630. — [13] Das Eisenbahnmaschinenw. d. Gegenwart, 1. Abschn., 2. Teil, S. 610. — [14] Frank, Die Widerstände der Lokomotivbahnzüge, Wiesbaden 1886. — [15] Organ f. d. Fortschr. d. Eisenbahnw. 1889, S. 72. — [16] Engineering, t. 25, p. 469; t. 26, p. 386; t. 27, p. 371. — [17] Organ f. d. Fortschr. d. Eisenbahnw. 1889, S. 117. — [18] Ebend. 1889, S. 120.

Alfred Birk.

D. Bremsen in der Landwirtschaft.

Diese finden Verwendung bei Transportgeräten, wie Wagen, Schlitten, bei fahrbaren schweren Maschinen, wie Dreschmaschinen, Lokomobilen u. s. w., sowie auch bei leichteren Geräten, wie Räderkultivatoren, Sämaschinen u. s. w. und sind in bergigem Gelände nötig zur Schonung der Zugtiere und Sicherung des Transportes. Die Hemmung kann durch Festhalten eines Rades mittels einer Kette oder mittels des Brems-(Hemm-)schuhes geschehen. Hierbei ist die Abnutzung des Radreifens und der Fahrbahn groß. Zweckmäßiger ist die Verwendung von Holzklötzen, die nach Bedarf gegen die Hinterräder des Wagens angepreßt werden. Ein Bremsen der Vorderräder empfiehlt sich nicht, weil darunter die Lenkbarkeit des Vorderwagens leidet. Bei selbsttätigen Bremsen ist der Zughaken z. B. mit den Bremsklötzen so verbunden, daß letztere beim Aufhören des Zuges sich gegen die Räder legen. Bei Schlitten erfolgt das Hemmen durch eiserne Krampen, die, an den Kufen (Läufern) angebracht, durch einen Hebel nach Bedarf in die Schneebahn eingestellt werden. Bei Selbstfahrern findet sich häufig an einem Hinterrade eine Bremsscheibe mit Stahlbremsband. Außerdem finden die Bremsen Verwendung bei Lokomobilen, Göpeln, Häckselmaschinen, Dreschmaschinen u. s. w. zum Anhalten der arbeitenden Teile, insbesondere bei oder zur Verhütung von Unglücksfällen. Bei den letzteren Maschinen werden die Bremsen dann z. B. beim Ausrücken der Antriebsmaschine selbsttätig dadurch zur Wirkung gebracht, daß der belastete Bremshebel aus seiner gesperrten Lage ausgelöst wird und dadurch das Bremsband oder den Bremsklotz anzieht.

Wrobel.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Bremſen an Rettungsapparaten (ſ. Feuerſchutz und Feuerrettungsweſen). — Bremſen (Lafettenbremſen), ſ. Geſchütze, Schiffsgeſchütze. — Bremſen an Aufzügen, ſ. d., insbeſondere den Art. Handaufzüge.

Bremſerſitze. Der Bremſerſitz befindet ſich an dem einen Ende eines Bremswagens und muß ſo angeordnet ſein, daß der Bremſer die Bremſe bequem bedienen kann.

Die Bremſerſitze waren früher bei Güterwagen meiſt frei und ungeſchützt, werden jetzt aber in der Regel mit geſchloſſenen oder doch nur an einer Seite offenen Bremſerhäuſern verſehen. Die Bremſerſitze der Perſonenwagen werden allgemein in geſchloſſenen, mit Tür und Fenſtern verſehenen Bremſerhäuſern angebracht. Bei den preußiſchen Staatsbahnen haben die Bremſerhäuſer Türen an beiden Seiten, einen beweglichen Sitz und Rücklehne. Auf offenen Güterwagen werden meiſt nur Schutzkaſten ohne Tür- und Fenſteröffnungen angebracht. In Amerika, wo ſich die Bremſer während der Fahrt auf den Wagendächern aufhalten und mehrere Bremſen bedienen müſſen, ſind die Wagen nur mit Handgriffen und Laufbrettern auf dem Dachfirſt verſehen. *A. Birk.*

Bremsgeſtänge, das zum Anziehen und Löſen der Bremsklötze dienende Hebel- und Stangenwerk. Sein weſentlicher Unterſchied beruht auf der Anwendung feſtgelagerter oder ſchwingender Bremswellen.

Bremshaſpel, ſ. Bremsbergförderung.

Bremsklötze ſind die Teile der Bremſen, die gegen die Umfänge der Radreifen oder der Bremsſcheiben der Fahrzeuge gepreßt werden, um den erforderlichen Reibungswiderſtand herbeizuführen. Sie beſtehen aus Holz, Gußeiſen oder Stahlguß; ſ. Bremſen für Eiſenbahnfahrzeuge.

Bremsknittel werden beim Verſchieben der Eiſenbahnwagen ohne Bremſen zum Anhalten der Wagen benutzt, indem der Arbeiter den Bremsknittel zwiſchen Rad und Federgehänge einſtemmt und ihn als Bremsklotz wirken läßt. Es iſt dies jedoch ein mangelhaftes und nicht ungefährliches Bremsmittel, das nur mit Vorſicht gehandhabt werden muß. Dem gleichen Zwecke dienen auch die Bremsſchuhe.

Bremskurbel dient zur Drehung einer Schraubenſpindel, deren Schraubenmutter durch entſprechende Führung ſich lediglich fortſchreitend bewegen kann und mit dem Bremsgeſtänge derart verbunden iſt, daß ihre Bewegung ein Anziehen oder Löſen der Bremſe zur Folge hat. Die Anordnung wird dabei ſtets ſo getroffen, daß beim Rechtsdrehen der Bremskurbel das Anziehen der Bremſe erfolgt; ſ. Bremſen für Eiſenbahnfahrzeuge.

Bremsleine iſt eine über den Eiſenbahnzug fortlaufende Leine, die den Zweck hat, die einzelnen Wagen untereinander zu verbinden.

Bei Anwendung der Heberleinbremſe hält die geſpannte Bremsleine die durch Gewichte belaſteten Bremsgeſtänge in der Schwebe, während eine Verlängerung der auf Haſpel aufgewickelten Bremsleine ein Herabſinken der Gewichte und dadurch ein Anziehen der Bremſen zur Folge hat. Die Bremsleine dient auch zur Kommunikation der einzelnen Wagenabteile mit dem Lokomotivführer in der Weiſe, daß ein kräftiges Anziehen der Leine die Signalpfeife auf der Lokomotive zum Ertönen bringt, was einem Haltſignale gleichkommt; ſ. Bremſen für Eiſenbahnfahrzeuge. *A. Birk.*

Bremsleitungswagen, mit Leitungsröhren verſehene Wagen, die derart eingerichtet ſind, daß ſie in die mit durchgehenden Bremſen verſehenen Eiſenbahnzüge eingeſtellt werden können, ohne ſelbſt Bremswagen zu ſein; ſ. Bremſen für Eiſenbahnfahrzeuge.

Bremsmutter, eine auf der Bremsſpindel befindliche, geradlinig geführte Mutter, an deren zweiſeitigen Zapfen das Bremsgeſtänge angreift, um bei Drehung der Bremsſpindel die Bremſe anzuziehen oder zu löſen; ſ. Bremſen für Eiſenbahnfahrzeuge.

Bremsneigung der Eiſenbahnen iſt dasjenige Neigungsverhältnis, auf dem bei der Talfahrt die Schwerkraft und der Bewegungswiderſtand ſich ausgleichen, ſo daß bei Ueberſchreitung dieſer Neigung Bremſung des Zuges erforderlich wird, um die Geſchwindigkeit nicht zu gefahrbringender Höhe anwachſen zu laſſen. Je nach Güte der Bahn und der Fahrzeuge kann die Größe der Bremsneigung etwas kleiner oder größer ausfallen. Bei günſtigen Verhältniſſen auf vollſpurigen Eiſenbahnen kann der Widerſtand der Bewegung, alſo auch die Bremsneigung in gerader Linie unter 1 : 300, ja bis auf 1 : 400

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

herabsinken. In Kurven vergrößert sich die Bremsneigung um den Betrag des hinzutretenden Krümmungswiderstandes. *Goering.*

Bremsplateau, eine an jedem Ende der mit Bremsen versehenen Durchgangswagen angebrachte und von beiden Seiten her durch Stufen zugängliche Plattform. Das Bremsplateau ist durch das Wagendach überdeckt und nach außen mit einem Geländer versehen, das in der Mitte durchbrochen ist, um den Uebergang von einem zum andern Wagen zu gestatten. Jedes Bremsplateau erhält auch eine Bremsspindel mit der Bremskurbel, um von dem auf der Plattform stehenden Bremser bedient werden zu können.

Bremsscheiben finden bei Lokomotiven und Wagen der Zahnradbahnen Anwendung. Sie werden auf den Achsen der in die Zahnstangen eingreifenden Zahnräder angebracht und der Wirkung der Bremsklötze ausgesetzt, wenn das Fahrzeug gebremst werden soll.

Bremsschuhe, keilförmige Klötze, die sich der Form der Schienen und der Form der Radreifen anpassen und zum Anhalten der Fahrzeuge dienen.

Sie gelangen bisweilen einzeln zur Anwendung, werden aber besser paarweise verwendet, damit beide Räder einer Achse gleichzeitig auf die Bremsschuhe auflaufen. Im letzteren Falle sind die beiden Bremsschuhe durch eine Stange miteinander verbunden. Die Räder laufen auf die keilförmigen Spitzen der Bremsschuhe auf, legen sich gegen den Klotz und verlieren infolge des Reibungswiderstandes zwischen Rad und Bremsschuh bald ihre Drehgeschwindigkeit. Vermöge der fortschreitenden Geschwindigkeit des Wagens nehmen sie aber den Bremsschuh mit, der sich gleitend auf den Schienen fortbewegt und durch den Reibungswiderstand das Fahrzeug zur Ruhe kommen läßt. Sollen die Bremsschuhe zum Anhalten entlaufener Wagen dienen, so müssen sie so hoch sein, daß die Räder auch bei großer Geschwindigkeit nicht darüber fortspringen können. Man läßt sie wohl ein Fünftel des Radumfangs umfassen. Sollen die Bremsschuhe beim Rangieren benutzt werden, so stellt man sie viel leichter her. Sie umfassen etwa ein Siebtel des Radumfangs. Die Neigung des Keils wird steil genug gewählt, so daß das Fahrzeug von selbst wieder davon abläuft. Um das Anhalten der Fahrzeuge sanfter eintreten zu lassen, werden die Klötze mit Rollen versehen (Rollbremsschuhe).

Bremssignale werden bei Eisenbahnzügen, die nicht mit durchgehenden Bremsen ausgerüstet sind, vom Lokomotivführer mit der Dampfpfeife gegeben, um das Zugpersonal zum Anziehen oder Lösen der Handbremsen zu veranlassen.

Die deutsche Signalordnung [1] schreibt folgende derartige Signale vor: Nr. 24. Bremsen anziehen; a) mäßig: ein kurzer Ton ⌣; b) stark: drei kurze Töne schnell hintereinander ⌣⌣⌣. Nr. 25. Bremsen loslassen: zwei mäßig lange Töne hintereinander — —.

Literatur: [1] Signalordnung für die Eisenbahnen Deutschlands vom 1. Okt. 1898. *Köchy.*

Bremsspindel ist eine am Wagenkasten angebrachte Schraubenspindel, die mittels der Bremskurbel gedreht wird, aber in ihrer Längsrichtung nicht verschieblich ist. Sie dient dazu, die mit zwei Zapfen versehene Bremsmutter zu bewegen und dadurch die Bremsklötze mittels der Bremsgestänge anzuziehen oder von den Rädern zu lösen; s. a. Bremsen für Eisenbahnfahrzeuge.

Bremsstrecken, s. Bremsweg.

Bremsversuche, s. Dynamometer.

Bremswagen sind die mit einer Bremsvorrichtung versehenen Eisenbahnwagen; s. Bremsen für Eisenbahnfahrzeuge.

Bremsweg, der vom Ertönen oder Sichtbarwerden des Signals bis zum Stillstande des Eisenbahnzuges zurückgelegte Weg; er setzt sich zusammen aus dem Wege bis zum Eintritt der vollen Bremswirkung und aus dem Wege vom Beginn dieser bis zum Stillstande des Zuges; s. Bremsen für Eisenbahnfahrzeuge.

Bremswelle, jene Welle, deren Hebel mit dem Bremsgestänge verbunden sind und durch deren Drehung das Anpressen der Bremsklötze gegen die Räder oder auch das Lösen derselben vermittelt wird; sie kann entweder in besonderen Lagerböcken am Wagenuntergestell festgelagert oder in den Bremsklötzen oder deren Gehängen schwingend angeordnet sein; s. Bremsen für Eisenbahnfahrzeuge.

Bremszaum (Pronyscher Zaum), s. Dynamometer.

Bremszylinder für Geschützlafetten, s. Geschütze, Schiffsgeschütze.

Brennätzverfahren, s. Lithographie.

Brennbarkeit, s. Brennstoffe.

Brennblase, s. Spiritusfabrikation.

Brennbock, s. Crabben.

Brennebene, s. Brennpunkt, 2.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Brenner, in der Gasfabrikation diejenigen Vorrichtungen, die den Uebergang des Gases aus der Rohrleitung zur Flamme vermitteln.

Urſprünglich wurden die Brenner aus Metall (Eiſen, Meſſing), ſpäter aus Ton und Porzellan, ſeit 1852 in der Regel aus Speckſtein gefertigt. Die Metallbrenner werden raſch durch Oxydation zerſtört und entziehen der Flamme viel Wärme, wodurch die Leuchtkraft beeinträchtigt wird; die Speckſteinbrenner ſind leicht zerbrechlich, weshalb man ſie mit einer Meſſingfaſſung verſieht. Der Speckſtein widerſteht allen nachteiligen Einflüſſen der Hitze, Witterung u. ſ. w., läßt ſich gut bearbeiten und ermöglicht die Herſtellung außerordentlich feiner und ſcharfkantiger Ausſtrömungsöffnungen. Die im Fichtelgebirge vorkommenden Speckſteinblöcke werden mit Kreisſägen in Platten von einer der Brennerhöhe entſprechenden Stärke zerſchnitten, aus denen die Brenner ausgefräſt und dann auf Drehbänken abgedreht und gebohrt werden. Um den zur Herſtellung des Schnittes reſp. der Bohrung nötigen Härtegrad zu erhalten, werden die Brenner in mit Sägemehl gefüllten Tiegeln einem ſchwachen Feuer ausgeſetzt, wobei der Speckſtein eine ſchwarze Farbe erhält, die durch die Weißglut, der die fertigen Brenner ſchließlich in Muffelöfen ausgeſetzt werden, ganz unabhängig von der urſprünglichen Färbung des Rohmaterials in eine hellgelbe übergeht.

Strömt das Gas aus einem Röhrchen, ſo verbrennt es mit kegelförmiger Flamme bei geringer Leuchtkraft. — Verengt man dieſe kreisförmige Ausſtrömungsöffnung zu einem Loche von etwa 1 mm Durchmeſſer, ſo entſteht der Einlochbrenner, auch Strahlbrenner genannt, der eine der Kerzenflamme ähnliche Form gibt und vielfach zu Illuminationszwecken benutzt wird, ebenſo wie der Sternbrenner, bei dem die Bohrung nicht in der Brennerachſe, ſondern in einer zu dieſer ſenkrechten Ebene liegt, wobei die Entfernung je zweier benachbarten Löcher ſo groß ſein muß, daß die einzelnen Flämmchen ſich gegenſeitig nicht berühren. Der Zweilochbrenner, auch Fiſchſchwanzbrenner, urſprünglich Mancheſterbrenner genannt, hat an ſeiner oberen Abſchlußplatte zwei unter einem Winkel gegeneinander geneigte Bohrungen, aus denen das Gas in zwei Strahlen ausſtrömt, die ſich unmittelbar oberhalb des Brennerkopfes treffen und eine flache, zur Ebene der Bohrungen ſenkrechte Flamme bilden (Fig. 1). — Ein Arbeiter Namens Stone erfand 1805 den Schnittbrenner, auch Fledermaus- oder Schmetterlingsbrenner genannt (Fig. 2), indem er ſtatt vieler nebeneinander ſtehender Löcher einen Schnitt durch den Brennerkopf machte. Unter den Schnittbrennern ſind die Hohlkopfſchnittbrenner (Fig. 3) die beſten. Bei den Braybrennern, die entweder Zweiloch- oder Schnittbrenner in einer Meſſinghülſe ſind, befindet ſich etwa in der Mitte der letzteren ein feines Sieb von Gaze, um den Druck an der Ausſtrömungsöffnung zu mindern, weil eine weite Ausſtrömungsöffnung und ſchwacher Druck bei den genannten Brennarten die günſtigſte Lichtentwicklung geben. — Der Brönnerſche Brenner (Fig. 4), aus einer verhältnismäßig langen Meſſingfaſſung mit Speckſteinkopf beſtehend, hat zum Zwecke der Druck- und Geſchwindigkeitsreduktion am unteren Ende der Faſſung eine Speckſteinplatte mit Loch und eine lange Hülſe. — Bei dem Globebrenner ſitzt der Schnittbrenner auf einer Hohlkugel von Meſſing; die Flamme muß durch eine Glaskugel vor Schwankungen durch den Einfluß von Zugluft geſchützt werden. — Die von Frankland gemachte Beobachtung, daß, wenn man zwei Kerzenflammen gegeneinander neigt, bis ſie ſich treffen und eine einzige Flamme bilden, die Leuchtkraft bei ſich gleichbleibendem Konſum verſtärkt wird, wurde 1852 von Billow auf die Gasbrenner angewendet, indem er ſich den Zwillingsbrenner patentieren ließ. Bei dieſem ſind zwei Zweiloch- oder Schnittbrenner unter einem Winkel ſo in einer Meſſingfaſſung befeſtigt, daß die Flammen nahe den Ausſtrömungsöffnungen ſich treffen und in eine einzige Flamme übergehen.

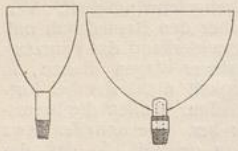


Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 3.

Fig. 4.

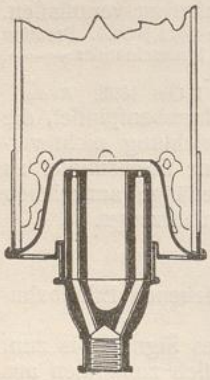


Fig. 5.

Im Handel kommen Zweiloch- und Schnittbrenner unter der Bezeichnung „Sparbrenner“ vor, bei denen durch Watte u. dergl. der Gaszufluß zur Ausſtrömungsöffnung mehr oder weniger gehemmt wird; dieſe brauchen allerdings weniger Gas, geben dafür aber auch weniger Licht. Einen beſtimmten Brenner dieſer Bezeichnung gibt es nicht, ebenſowenig wie einen beſtimmten „Patentbrenner“, da viele verſchiedenartige Brenner patentiert ſind oder waren. Der beſte Sparbrenner iſt derjenige, der, verglichen mit andern Brennern, für eine beſtimmte Gasmenge, z. B. auf 100 l reduziert, die größte Leuchtkraft entwickelt. Die Brennerfabrikanten pflegen die verſchiedenen Größen der Zweiloch- und Schnittbrenner mit 3-, 4-, 5- u. ſ. w. -Kubikfußbrenner zu benennen und durch eingedrehte Ringe zu bezeichnen, wobei ein ſtarker Ring 4 cbf, ein ſchwacher 1 cbf und ein ſchwacher Ring in etwas größerer Entfernung $^1/_2$ cbf bedeuten; demnach bedeuten z. B. ═══ 3 cbf, ═══ 6 cbf, ═══ $5^1/_2$ cbf. Dieſe Benennungen geben aber Anlaß zu Irrtümern, weil z. B. ein 5-cbf-Brenner weniger Gas gebraucht als 5 cbf, denn es wird von den Fabrikanten ein Druck von 1 Zoll engliſch = 25,4 mm direkt unterm Brenner gemeſſen zugrunde gelegt, während in der Praxis der Druck weit geringer iſt, und außerdem wird 1 cbf = 30 l anſtatt 28,3 l gerechnet. Man muß daher für einen beſtimmten Gasverbrauch ſtets einen größeren Brenner wählen, als die Bezeichnung angibt. — Für dieſe Brennerarten genügt meiſt ein Druck von 4—5 mm, direkt unterm Brenner gemeſſen.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Während die seither genannten Brenner eine plattenförmige Flamme geben, bilden die Rundbrenner eine rohrförmige Flamme. Sie erhalten von innen und außen gleichzeitig Luft zugeführt, wodurch eine vorteilhaftere Lichtentwicklung des Gases erreicht wird. Diese, nach ihrem Erfinder Argandbrenner benannt, bestehen (Fig. 5) aus einem hohlen ringförmigen Körper, dessen Deckplatte mit einer Anzahl (12—40) auf dem Umfang des mittleren Kreises stehenden kleinen Löchern, aus denen das Gas ausströmt, versehen ist, und der durch ein oder mehrere Röhrchen mit dem Zuleitungsrohr verbunden wird. Ursprünglich ganz aus Metall, fertigte man später den Brennerring aus Porzellan, jetzt aus Speckstein.

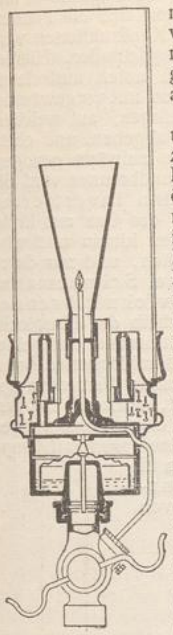


Fig. 6.

Um der Flamme die nötige Straffheit zu geben und in ihrem Innern einen kräftigen Luftzug hervorzurufen, bedürfen die Rundbrenner eines Zugglases. Hinsichtlich der Zahl und Entfernung der Ausströmungsöffnungen, der Weite und Anordnung der Gaszuführungsröhrchen und der Anordnung behufs einer möglichst innigen Berührung der Verbrennungsluft mit den Flammenflächen bestehen zahlreiche Verschiedenheiten. Bei den Regulier-Argandbrennern befindet sich im Zuflußrohr ein von außen mittels Hebels verstellbarer Konus, durch den der Gaszufluß und somit auch die Flamme geregelt werden kann. Der in England für die amtlichen Lichtmessungen benutzte, 1869 von W. Sugg konstruierte „London Argand" hat folgende Abmessungen: Durchmesser jedes der drei Zuführungsröhrchen 2,03 mm, äußerer Durchmesser des Speckstein-ringes 21,33 mm, innerer Durchmesser des Speckstein-ringes 12,19 mm, Anzahl der Löcher 34, Lochweite 1,14 mm, Durchmesser des konischen Metallmantels oben 24,43 mm, unten 38,10 mm, Oberkante des Metallmantels über den Boden der Galerie 19,50 mm, Höhe des Glaszylinders 152 mm, Durchmesser des Glaszylinders 48 mm. — Der Pariser Normalbrenner von Bengel hat 30 Löcher von 0,7 mm Durchmesser, die in einem Kreise von 16,5 mm Durchmesser stehen; der Glaszylinder hat 49 mm Durchmesser bei 200 mm Höhe; statt des Luftzuführungskonus ist derselbe mit einem Korb, der 109 Löcher von je 3 mm Durchmesser hat, versehen. — Beim Dumasbrenner sind die Ausströmungsöffnungen durch einen kreisförmigen Schlitz ersetzt.

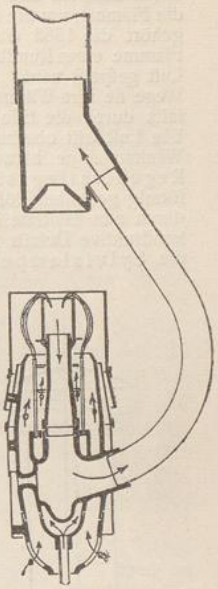


Fig. 8.

Das Bedürfnis besserer Beleuchtung führte zur Konstruktion der lichtstarken oder Intensivbrenner. Der 1878 von Sugg konstruierte Londonbrenner besteht aus zwei bis vier konzentrischen Argandbrennern, von denen jeder Ring eine besondere, von einer gemeinsamen Gaskammer ausgehende Zuleitung hat. — Der Giroudbrenner (Fig. 6) hat zwei konzentrische Lochreihen und im Zentrum einen Blechmantel und einen Glaskonus, wodurch der Luftstrom so gelenkt wird, daß er im Innern die Flammenfläche ihrer ganzen Höhe nach berührt. Durch einen Regulator wird die zuströmende Gasmenge konstant erhalten. — Der Brenner von Bengel gibt eine kugelförmige Flamme, die entsteht, indem eine konzentrisch über dem ringförmigen Ausströmungsschlitz angebrachte Brennscheibe die Flamme veranlaßt, sich auszubreiten. — Mallets Brenner (Fig. 7) besteht aus einem 25 mm weiten Rohrstück, von dessen unterem Ende fünf Schnittbrenner abzweigen. Derselbe trägt oben eine Kappe, von der ebenfalls fünf Schnittbrenner abzweigen, die so über den unteren Brennern liegen, daß die Flammen je zwei übereinander liegender Brenner sich unter einem Winkel treffen. Bringt man die Kappe in ihre tiefste Stellung, so wird der Gaszufluß zu den oberen Brennern abgesperrt. — Der Brenner von Coze ist ein Argandbrenner, um dessen Umfang fünf bis sechs Schnittbrenner angeordnet sind, welche die Anwendung des Zugglases entbehrlich machen sollen. — Bei den Regenerativbrennern wird die abziehende Wärme der Verbrennungsgase der Flamme benutzt, die Verbrennungsluft vor ihrem Zutritt zur Flamme möglichst hoch vorzuwärmen.

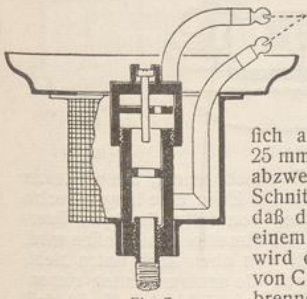


Fig. 7.

Schon Faraday beobachtete 1819 eine Vermehrung der Leuchtkraft durch Vorwärmung von Gas und Luft. Frankland fand 1854, daß eine möglichst hohe Flammentemperatur erzielt werden kann durch Umgebung der Flamme mit einem zweiten Zylinder in der Weise, daß die Luft zwischen beiden Zylindern zunächst hindurchstreichen muß, hier einen Teil der ausgestrahlten Wärme aufnimmt und nun hocherwärmt zur Flamme tritt. Hiernach konstruierten Chauffenot und später Muchall ihre Doppelzylinderlampen. — Die technischen Schwierigkeiten zu überwinden und einen brauchbaren Regenerativbrenner herzustellen, der in Fig. 8 dargestellt ist, gelang zuerst Friedrich Siemens in Dresden 1879. Das Gas strömt aus einer Anzahl enger Röhrchen, die im Kreise auf der Gaskammer montiert sind, und vereinigt sich um einen Porzellanzylinder zu einer geschlossenen Flamme, deren Spitze in diesem durch ein Eisenrohr,

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

das die Verbrennungsprodukte abführt, hineingezogen wird. Die Luft muß, ehe sie zur Flamme gelangen kann, Kammern durchziehen, deren Wandungen von den abziehenden Verbrennungsgasen hocherwärmt sind. Zum Schutz gegen äußere Einflüsse muß die Flamme mit einem kurzen Glaszylinder umgeben werden. In Fig. 8 ist der Weg des Gases und seiner Verbrennungsprodukte durch ——➤ angedeutet, diejenige der Luft durch —⊖—➤. Die unschöne und massive Form dieses Brenners regte zu neuen Konstruktionen an, bei denen sich die Flamme unten befindet und der Regenerator über derselben liegt. Bei den späteren Konstruktionen wird die Flamme, um die nötige Führung zu bekommen, durch eine Glasglocke eingeschlossen. Hierher gehört die 1883 eingeführte Wenhamlampe (Fig. 9), bei der die nach unten austretende Flamme eines Rundbrenners durch eine darüberliegende Siebplatte ringsherum mit vorgewärmter Luft gespeist wird. Mittels einer Esse werden die Verbrennungsgase abgesogen, auf welchem Wege sie ihre Wärme im Regenerator an die Wandungen der Luftkammern abgeben, und ebenfalls durch die Esse wird der äußere Rand der scheibenförmigen Flamme aufwärts gezogen. Die Luft tritt oberhalb der Glasglocke in den Regenerator ein. Statt mit Rundbrenner wird die Wenhamlampe bisweilen auch mit einem Sternbrenner versehen. — Bei dem invertierten Regenerativgasbrenner von Friedrich Siemens (Fig. 10) brennt das Gas aus kreisförmig gestellten Röhrchen um den Rand eines Porzellanzylinders in diesen hinein und wird durch eine zentrale Esse abgeführt. — Den beiden letztgenannten sehr ähnlich, und nur durch konstruktive Details verschieden, sind die Lampen von Westphal, Butzke, Schneemann, die Sylvialampe u. s. w. Bei Siemens' horizontalem Regenerativschnittbrenner (Fig. 11) brennt innerhalb der Glasglocke ein horizontaler Schnittbrenner unter einer emaillierten, siebartig durchlöcherten Platte, durch welche die warme Verbrennungsluft zur Flamme tritt, während die Verbrennungsgase durch einen kreisförmigen Schlitz abziehen. — Eine Regenerativlampe für kleine Lichtquellen ist der sogenannte Glanzlichtsparbrenner von

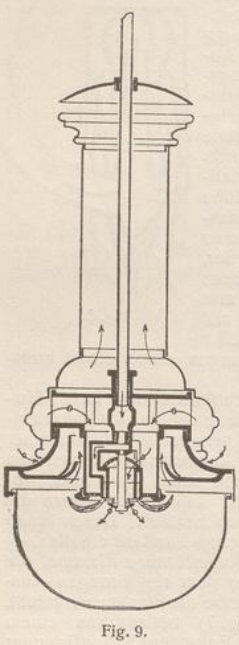


Fig. 9.

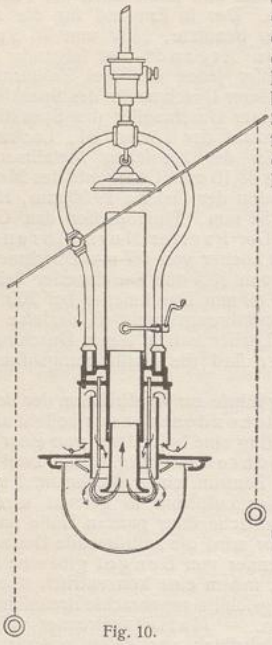


Fig. 10.

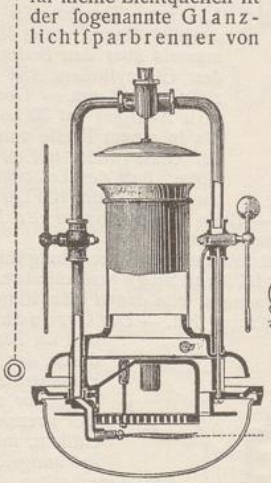


Fig. 11.

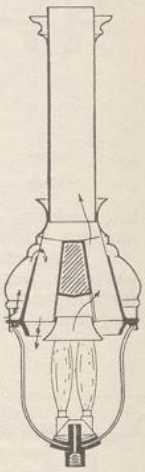


Fig. 12.

Schülke (Fig. 12). Auf einem Brennerkörper befinden sich zwei Zweilochbrenner, die von einer Glasglocke umschlossen sind und deren Flamme durch den Einfluß der Essen eine langgestreckte Form erhalten. Ueber den Flammen befindet sich der Regenerator von faltenförmigem Querschnitt aus dünnem Blech von Nickelkomposition, der von einem Asbestmantel umschlossen wird, wodurch die äußeren Falten Kanäle bilden, durch die die Luft von oben nach unten zieht, während in entgegengesetzter Richtung die Verbrennungsgase durch die inneren Falten ziehen.

Alle vorgenannten Brennerarten sind durch das Gasglühlicht (s. d.) fast vollständig verdrängt worden und kommen nur noch dort zur Anwendung, wo besondere Umstände das Gasglühlicht nicht zulassen. Brenner für Acetylen s. Bd. I, S. 60. — S. a. Bunsenbrenner, Gasblaubrenner, Gaslampen, Geleucht, Glühlampe, Lampenfabrikation, Petroleumglühlicht, Spiritusglühlicht. *Schaar.*

Brennerei, s. Spiritusfabrikation.

Brennerknie, -tüllen, s. Gaslampen.

Brennkultur (zur Urbarmachung des Torfmoores), s. Moorkultur.

Brennlinie. Werden in einer Ebene Lichtstrahlen, die von einem Punkt ausgehen, durch eine gegebene Kurve zurückgeworfen oder gebrochen, so nennt

man die Hüllkurve (Enveloppe) der zurückgeworfenen bezw. gebrochenen Strahlen eine Brennlinie durch Reflexion bezw. Refraktion (oder auch eine katakauſtiſche bezw. diakauſtiſche Linie). Eine andre Bedeutung des Wortes ſ. unter Brennpunkt, 2; vgl. a. Linſe.

Literatur: Salmon, G., u. Fiedler, W., Analytiſche Geometrie der höheren ebenen Kurven, 2. Aufl., Leipzig 1882, Art. 115—117. *Mehmke.*

Brennmaterialien, ſ. Brennſtoffe.

Brennöfen, ſ. Oefen zum Brennen.

Brennöl, ſ. Olivenöl.

Brennpunkt. 1. Ein Punkt heißt Brennpunkt einer ebenen Kurve, wenn er, als Kreis mit dem Halbmeſſer Null aufgefaßt, die Kurve in zwei (imaginären) Punkten berührt, oder, was dasſelbe iſt, wenn die von ihm nach den ſogenannten unendlich fernen imaginären Kreispunkten gehenden Geraden beide die Kurve berühren.

Eine reelle Kurve $n$ter Klaſſe hat im allgemeinen n reelle Brennpunkte. Eine einfache Methode, die Brennpunkte einer durch eine Gleichung in Linienkoordinaten gegebenen Kurve zu beſtimmen, hat Siebeck [1] angegeben. Ueber die Brennpunkte der Ellipſe, Hyperbel und Parabel ſ. Kegelſchnitte. Den Brennpunkten ebener Kurven entſprechen in der Raumgeometrie die Fokalpunkte und Fokallinien von Flächen.

2. Bei einem Strahlenſyſtem, d. h. einem Syſtem gerader Linien, die den Raum ſo erfüllen, daß durch jeden Punkt ein Strahl oder eine endliche Anzahl von Strahlen hindurchgeht, gibt es unter den unendlich vielen Strahlen des Syſtems, die einem beliebigen Strahl desſelben unendlich benachbart ſind, deren zwei, die den betrachteten Strahl ſchneiden. Die beiden Schnittpunkte (die auch zuſammenfallen oder imaginär werden können) werden die Brennpunkte des betreffenden Strahles genannt, und die Verbindungsebenen des letzteren mit den beiden ihn ſchneidenden unendlich nahen Strahlen heißen Brennebenen oder Fokalebenen.

Die zu den verſchiedenen Strahlen des Syſtems gehörigen Brennpunkte erfüllen die beiden Brennflächen desſelben, die übrigens auch in Linien oder Punkte ausarten können. Die zu einem beliebigen Strahl unendlich nahen Strahlen bilden einen unendlich dünnen Strahlenbündel; diejenigen Querſchnitte desſelben, die durch die Brennpunkte des Strahles gehen, ſind unendlich kleine gerade Linien, die ſogenannten Brennlinien des Bündels.

Brennpunkt in der Optik, ſ. Licht, Spiegel.

Literatur zu 1.: [1] Siebeck, Ueber eine neue analytiſche Behandlungsweiſe der Brennpunkte, Crelles Journal für die reine und angewandte Mathematik, Bd. 64, S. 175. — [2] Salmon, G., und Fiedler, W., Analytiſche Geometrie der höheren ebenen Kurven, 2. Aufl., Leipzig 1882, Art. 139—148. — Literatur zu 2.: Diefelben, Analytiſche Geometrie des Raumes, 2. Teil, 3. Aufl., Leipzig 1880, Art. 181—189. *Mehmke.*

Brennſpiritus, ſ. Spiritusfabrikation.

Brennſtoffe. Zur Erzeugung von Wärme können zahlreiche und ſcheinbar verſchiedenartige Wege eingeſchlagen werden; doch iſt die Auswahl nicht groß, ſobald es ſich um Beſchaffung von Wärme zu billigem Preiſe handelt. Denn abgeſehen von der gelegentlichen direkten Benutzung der Sonnenwärme und des in den Thermalwaſſern vorhandenen Wärmevorrats läßt ſich die Deckung des täglichen Wärmebedarfs im häuslichen wie im gewerblichen Leben — von beſonderen Verhältniſſen abgeſehen — nur durch Auslöſung chemiſcher Energie ermöglichen und kommt daneben der Erzeugung von Wärme durch Umwandlung andrer Energieformen nur eine beſchränkte Bedeutung zu; ſ. a. Heizung (elektriſche Heizapparate).

Als allgemein in der Natur verbreitete Träger chemiſcher Energie ſind die rohen Brennmaterialien oder Brennſtoffe anzuſehen, die, unter dem Einfluß der von der Sonne ausſtrahlenden Energie aus Kohlendioxyd und Waſſer entſtanden, einen wenigſtens für die nächſte Zukunft unerſchöpflichen Wärmevorrat repräſentieren. Die Auslöſung der in den Brennmaterialien aufgeſpeicherten chemiſchen Energie erfolgt durch Ueberführung in Körper von andrer Zuſammenſetzung, und bezweckt das „Verbrennen“ nichts andres als die Umwandlung der genannten Dauerform der Energie in die wandelbare Form der Wärme.

Die natürlichen oder künſtlich erzeugten Brennmaterialien enthalten ausnahmslos Kohlenſtoff. In den feſten wie auch in den flüſſigen Materialien iſt der Kohlenſtoff faſt immer mit Waſſerſtoff oder mit Waſſerſtoff und Sauerſtoff zugleich verbunden, während in den gasförmigen neben Kohlenſtoff in Form von Kohlenwaſſerſtoffen und Kohlenoxyd auch Waſſerſtoff im freien

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Zustand auftritt. Die Mengenverhältnisse der Elementarbestandteile schwanken bei einem und demselben Produkt je nach Fundort, Gewinnungsart u. s. w. innerhalb weiter Grenzen; doch läßt sich für die meisten Brennstoffe ein allgemeiner Ausdruck finden, den die nachstehende Tabelle wiedergibt. Hierbei sind die festen Brennstoffe auf wasser- und aschenfreie Substanz reduziert, wogegen bei den gasförmigen von idealen Voraussetzungen ausgegangen ist, um Vergleiche zu ermöglichen:

Material	O%-Gehalt an				Material	O%-Gehalt an			
	C	*H*	*O*	*N*		*C*	*H*	*O*	*N*
Holzfaser . . .	50	6,5	43	0,5	Petroleum . . .	86	14	—	—
Torf	59	6	33	2	Teer	81,5	7	10,5	1
Braunkohle . . .	69	5,5	25	0,5	Naturgas . . .	56,3	43,7	—	—
Steinkohle . . .	82	5	12	1	Leuchtgas . . .	42,8	51,5	5,7	—
Holzkohle . . .	92,5	2,5	5	—	Luftgas	43	—	57	—
Koks	95	2	3	—	Wassergas . . .	40	6,7	53,3	—

Unter bestimmten Voraussetzungen wird übrigens auch die durch Verbrennen des Schwefels, des Phosphors, des Siliciums sowie des Aluminiums und Eisens erzeugte Wärme zu technischen Zwecken nutzbar gemacht.

I. Verbrennungsprozeß.

Die Fähigkeit, beim Verbrennen Wärme zu entwickeln, verdanken die Brennmaterialien ausschließlich ihrem Gehalt an Kohlenstoff und Wasserstoff. Der Verbrennungsprozeß wird dadurch eingeleitet, daß der verbrennende Körper durch von außen zugeführte Wärme auf seine Entzündungstemperatur erhitzt wird, worauf er bei genügendem Zutritt von Luft selbständig weiterbrennt. Sobald jedoch die Temperatur aus irgendwelchen Gründen unter die in der nachstehenden Tabelle angegebenen Grade sinkt, so wird der weitere Fortgang des Prozesses sistiert.

Entzündungstemperaturen einzelner Brennstoffe:

Torf	225°	Koks	700°
Steinkohle . .	326°	Leuchtgas . .	800°
Holzkohle . .	360°	Luftgas . . .	900°

Die lebhafte Verbrennung ist immer von der Erscheinung des Erglühens oder aber von dem Auftreten einer Flamme begleitet und daran äußerlich erkennbar. Für das Verhalten eines Brennstoffs in dem einen oder andern Sinn ist sein Aggregatzustand im Moment der Verbrennung entscheidend. Während feste Stoffe, sofern sie bei hohen Hitzegraden ihre Zusammensetzung nicht verändern, nur unter Erglühen verbrennen, bedingt der gas- und dampfförmige Zustand die Bildung einer Flamme, auf deren Natur die Eigenart des betreffenden Gases u. s. w. von Einfluß ist. Die Tatsache, daß beim Verbrennen der meisten festen Brennstoffe eine Flamme zu beobachten ist, hängt mit ihrem Verhalten bei hoher Temperatur zusammen und erklärt sich dadurch, daß unter den betreffenden Bedingungen eine Abspaltung flüchtiger Zersetzungsprodukte stattfindet, die sich mit der Verbrennungsluft mischen und in der Zugrichtung bewegen.

Je nach der relativen Menge von Luft, mit welcher der kohlenstoffhaltende Brennstoff in Wechselwirkung tritt, unterscheidet man verschiedene Grade der Verbrennung. Wenn die letztere unter solchen Bedingungen erfolgt, daß als ausschließliche Produkte Kohlendioxyd resp. Kohlendioxyd und Wasser entstehen, so wird die Verbrennung als eine vollkommene bezeichnet; eine unvollkommene Verbrennung findet dagegen dann statt, wenn der Kohlenstoff ganz oder teilweise in Kohlenoxyd übergeht. Unter partieller Verbrennung ist weiterhin derjenige Vorgang zu verstehen, bei dem neben den genannten Verbrennungsprodukten solche von andrer Zusammensetzung auftreten.

In bezug auf die Geschwindigkeit, mit der sich der Verbrennungsakt vollzieht, unterscheidet man die langsame, die lebhafte und die rapide Verbrennung. Sowohl bei der langsamen als auch bei der rapiden Verbrennung (Explosion) wird die Wärme unter solchen Umständen frei, daß sie nur mit Hilfe von eigenartigen Vorrichtungen nutzbar gemacht werden kann, und bleiben die betreffenden Verhältnisse an dieser Stelle außer Betracht.

Die zur Verbrennung erforderliche Luftmenge läßt sich in der Weise berechnen, daß man zunächst mit Hilfe der atomistischen Verhältniszahlen die

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Quantitäten von Sauerstoff ermittelt, mit welchen 1 Gewichtsteil Kohlenstoff resp. Wasserstoff zusammentritt, woraus sich dann das entsprechende Luftgewicht durch Multiplizieren mit $100 : 23 = 4{,}33$ ergibt.

Die Luft kann, wenn man von ihrem geringen Gehalt an Kohlensäure, Edelgasen und Wasserdampf absieht, als aus 23 Gewichtsprozent Sauerstoff und 77 Gewichtsprozent Stickstoff bestehend angesehen werden.

1 Gewichtsteil Kohlenstoff erfordert zur Bildung von Kohlenoxyd $16 : 12 = 1{,}33$ Gewichtsteile O
1 „ Kohlenoxyd „ „ „ „ Kohlendioxyd $16 : 28 = 0{,}57$ „ „
1 „ Kohlenstoff „ „ „ „ „ $32 : 12 = 2{,}67$ „ „
1 „ Wasserstoff „ „ „ „ Wasser $16 : 2 = 8$ „ „

Demgemäß läßt sich das Gewicht der Luft L, das theoretisch zur vollkommenen Verbrennung von 1 kg eines sauerstofffreien Brennmaterials erforderlich ist, nach der Formel $L = 11{,}56\,C + 34{,}64\,H : 100$ berechnen, wenn C den Prozentgehalt an Kohlenstoff, H denjenigen an Wasserstoff bezeichnet. Das dem Gewicht der Luft L entsprechende Volumen in Kubikmetern von der Temperatur t und dem Barometerstand b wird unter Zugrundelegung des Gewichts von 1,29 kg für 1 cbm Luft (0° und 760 mm Barometerstand) nach der Formel $Lv = L : 1{,}29 \cdot 760\,(1 + 0{,}003366\,t) : b$ erhalten.

Ohne den Umweg über das Gewicht läßt sich das Luftvolumen unmittelbar berechnen, wenn man davon ausgeht, daß 1 kg Kohlenstoff in Gasform den Raum von 0,933 cbm, 1 kg Wasserstoff denjenigen von 11,17 cbm (bei 0° und 760 mm B) einnimmt. Durch Multiplizieren des in 1 kg des Brennmaterials enthaltenen Gewichts an Kohlenstoff und desjenigen an Wasserstoff mit diesen Werten erhält man zunächst die Volumina, die diese Elemente im gasförmigen Zustand einnehmen würden. Hieraus sowie auf Grund der Tatsache, daß 1 Vol. Kohlenstoffgas mit 2 Vol. Sauerstoff und 1 Vol. Wasserstoff mit 0,5 Vol. Sauerstoff zusammentritt, ergibt sich zunächst der Sauerstoffbedarf in Kubikmetern von 0° und 760 mm B. Da die Luft auf 21 Volumprozent Sauerstoff 79 Volumprozent Stickstoff u. s. w. enthält, so findet man das gesuchte Luftvolumen durch Multiplizieren des Sauerstoffvolumens mit 100 : 21.

Wenn in einem Brennmaterial neben Kohlenstoff und Wasserstoff noch Sauerstoff als konstituierendes Element enthalten ist, so verringert sich der Luftbedarf um einen entsprechenden Betrag. Es muß deshalb bei Benutzung der angegebenen Formeln der Sauerstoff eliminiert werden. Dies geschieht in der Weise, daß man die demselben äquivalente Wasserstoffmenge von der Gesamtmenge des vorhandenen Wasserstoffs abzieht und nur den verbleibenden Restbetrag an Wasserstoff, den sogenannten disponibeln Wasserstoff, in die Formeln einsetzt (disponibler Wasserstoff = Gesamtwasserstoff $- 1 : 8\,O$). Die Summe der zu Wasser zusammentretenden Bestandteile bezeichnet man im Gegensatz zu dem etwa als solchem vorhandenen hygroskopischen Wasser als sogenanntes chemisch gebundenes Wasser, ohne daß jedoch dadurch die Existenz solchen Wassers in dem Brennmaterial präsumiert wird.

Das durch Rechnung gefundene theoretische Luftquantum reicht jedoch in Wirklichkeit zur vollkommenen Verbrennung nicht aus. Diese Tatsache erklärt sich dadurch, daß sich der Verbrennungsakt vollzieht, ehe eine molekulare Mischung zwischen Brennstoff und Luft vor sich gegangen ist. Bei der gewöhnlichen Rostfeuerung, bei der die Luft nur eine verhältnismäßig niedrige Brennstoffschicht durchstreicht, liegen die Verhältnisse am ungünstigsten und beträgt der in der Praxis erforderliche Luftüberschuß 30—100 % des theoretischen. Bei der Feuerung mit gasförmigen Brennstoffen geht die gegenseitige Durchdringung der sich vereinigenden Körper infolge ihres gleichartigen Aggregatzustandes schneller und vollkommener vor sich und reicht man in diesem Fall mit dem 1,2—1,3fachen des theoretischen Luftbedarfs aus.

Das Gewicht der gas- und dampfförmigen Produkte, die durch die Verbrennung von 1 kg Brennstoff entstehen, ist gleich der Summe der Gewichte der aus dem Prozentgehalt an Kohlenstoff und Wasserstoff entstehenden Oxyde, des miterhitzten Stickstoffs, des hygroskopischen und chemisch gebundenen Wassers und des Luftüberschusses. Das Volumen, das die einzelnen Verbrennungsprodukte bei 0° und 760 mm B einnehmen, ist gleich dem Produkt aus ihren absoluten Gewichten mit den betreffenden Volumgewichten, welch letztere für Kohlensäure 1,97, für Wasserdampf 0,806, für Stickstoff 1,25 und für Luft 1,29 betragen. — Da sich 1 Vol. Kohlenstoffdampf mit 2 Vol. Sauerstoff zu 2 Vol. Kohlensäure vereinigt, so hat die Verbrennung von reinem Kohlenstoff keine Aenderung des ursprünglichen Gasvolumens zur Folge, wenn dieses bei konstantem Druck auf die Anfangstemperatur reduziert wird.

II. Wärmeentwicklung in Hinsicht auf Quantität und Intensität.

Die mit dem Uebergang eines Körpersystems in ein oder mehrere andre verbundene Wärmeentwicklung kann sowohl der Quantität als auch der Intensität nach gemessen werden.

Heizwert oder theoretischer Heizeffekt (Verbrennungswärme). Während man im allgemeinen die bei chemischen Vorgängen frei werdende Wärmemenge auf das Molekulargewicht der betreffenden Substanz bezieht und in Grammkalorien ausdrückt, geht man in der Wärmetechnik von 1 kg Substanz aus und nimmt

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

als Einheit der Wärme den hundertſten Teil derjenigen Wärmemenge, die erforderlich iſt, um die Temperatur von 1 kg Waſſer von 0° auf 100° zu erhöhen (W.E.).

Der Heizwert kann nur auf experimentellem Wege genau ermittelt werden und dient hierzu die kalorimetriſche Methode. Dieſe wird im Prinzip in der Weiſe ausgeführt, daß man die Wärme, die beim Verbrennen eines bekannten Gewichts des zu unterſuchenden Materials entbunden wird, auf eine bekannte Waſſermenge überträgt, deren Temperatur vor und nach Beendigung des Verſuchs beſtimmt wird.

Von den zu dieſem Zweck vorgeſchlagenen Apparaten iſt in erſter Linie die kalorimetriſche Bombe von Berthelot zu nennen. Dieſe beſteht in der von Mahler und von Kröcker modifizierten Ausführung aus einer verſchließbaren Verbrennungskammer, die aus Martinſtahl hergeſtellt und inwendig zum Schutz gegen die Einwirkung ſaurer Verbrennungsprodukte mit einem Emailüberzug verſehen iſt. Die Entzündung der im Innern der Kammer aufgehängten Brennſtoffprobe erfolgt auf elektriſchem Weg, nachdem die Bombe mit komprimiertem Sauerſtoff gefüllt und in ein gegen äußere Temperatureinflüſſe geſchütztes, mit einer gewogenen Waſſermenge beſchicktes Gefäß eingeſetzt iſt. Aus der Differenz zwiſchen Anfangs- und Endtemperatur ergibt ſich unter Berückſichtigung des „Waſſerwertes“ des Apparates die bei dem Verbrennungsvorgang frei gewordene Wärmemenge. Weiterhin iſt das Kalorimeter von Ferd. Fiſcher, in dem die Verbrennung durch Sauerſtoffgas unter Atmoſphärendruck erfolgt, ſowie das Parrſche Kalorimeter zu erwähnen, bei welch letzterem gebundener Sauerſtoff in Form von Natriumſuperoxyd zur Anwendung gelangt und die Verbrennungsprodukte im Entſtehungsmoment abſorbiert werden. Für die Beſtimmung des Heizwerts von Gaſen empfiehlt ſich der Junckersſche Kalorimeter, der bei ſehr bequemer Handhabung genaue Reſultate liefert und in vielen Gaswerken u. ſ. w. Eingang gefunden hat.

Nachſtehend ſind die Verbrennungswärmen der für die Wärmetechnik in Betracht kommenden Elemente ſowie des Kohlenoxyds und Methans nach Favre und Silbermann angegeben.

1 kg	Kohlenſtoff	entwickelt bei der	Verbrennung	zu	Kohlenoxyd	2417	W.E.
1 „	Kohlenoxyd	„ „	„	„	Kohlendioxyd	2428	„
1 „	Kohlenſtoff	„ „	„	„	Kohlendioxyd	8080	„
1 „	Waſſerſtoff	„ „	„	„	Waſſerdampf von 100°	29360	„
1 „	Waſſerſtoff	„ „	„	„	flüſſigem Waſſer von 100°	34400	„
1 „	Methan	„ „	„	„	Kohlenſäure und Waſſerdampf	12000	„
1 „	Schwefel	„ „	„	„	Schwefeldioxyd	2200	„
1 „	Phoſphor	„ „	„	„	Phosphorpentoxyd	5950	„
1 „	Silicium	„ „	„	„	Siliciumdioxyd	7830	„
1 „	Aluminium	„ „	„	„	Aluminiumoxyd	7140	„

Zu dieſer Tabelle iſt folgendes zu bemerken:

1. Die für den Kohlenſtoff angegebene Zahl bezieht ſich auf diejenige Modifikation dieſes Elements, die der Holzkohle entſpricht. Graphit und Diamant liefern 7790 reſp. 7770 W.E.

2. Nach dem Geſetz von der Konſtanz der Wärmeſummen entſpricht einem beſtimmten chemiſchen Vorgang ſtets dieſelbe Wärmemenge, und es iſt gleichgültig, ob dieſer Vorgang in einer oder in mehreren Phaſen erfolgt (Heß). Demgemäß iſt die Wärmemenge, die 1 kg Kohlenſtoff bei der Verbrennung zu Kohlendioxyd liefert, gleich der Summe der Wärmemengen, die beim Uebergang von 1 kg Kohlenſtoff in Kohlenoxyd und von $2^1/_3$ kg Kohlenoxyd in Kohlenſäure frei werden.

3. Die Differenz in den Verbrennungswärmen des Waſſerſtoffs zu Waſſerdampf von 100° und zu flüſſigem Waſſer von 100° iſt in der latenten Wärme des Waſſerdampfs begründet, die im vorliegenden Fall $9 \cdot 537 = 4833$ W.E. beträgt.

4. Die von andern Forſchern gefundenen Werte für die Verbrennungswärme des Kohlenſtoffs u. ſ. w. ſind in dem Artikel Thermochemie angeführt.

5. Während ſich der Heizwert eines Gaſes von bekannter Zuſammenſetzung an Hand der vorſtehenden Tabelle ohne weiteres berechnen läßt, geht dies bei den flüſſigen und feſten Brennſtoffen nicht an, indem die Verbrennungswärme dieſer Körper um den bei ihrer Bildung ausgetretenen Betrag kleiner iſt. Es muß ſomit in jedem einzelnen Fall der Heizwert auf experimentellem Weg ermittelt werden, wenn es ſich um Erlangung genauer Zahlen handelt. — In der Praxis begnügt man ſich jedoch mit Annäherungswerten, wie ſie nach der Dulongſchen Regel aus der auf analytiſchem Weg ermittelten prozentiſchen Zuſammenſetzung erhalten werden können.

Dieſelbe lautet in der von dem Internationalen Verband der Dampfkeſſelüberwachungsvereine und dem Verein deutſcher Ingenieure adoptierten Form:

$$p = 8000\,C + 29000\left(H - \frac{O}{8}\right) + 2500\,S - 600\,W.$$

In dieſer Formel bezeichnet C, H, O und S den Prozentgehalt an Kohlenſtoff, Waſſerſtoff, Sauerſtoff und Schwefel, W das hygroſkopiſche Waſſer.

Wiewohl die der Dulongſchen Regel zugrunde liegenden Vorausſetzungen nur teilweiſe richtig ſind, liefert ſie doch ſpeziell bei Steinkohlen Werte, die von den durch direkte Meſſung gefundenen Reſultaten nur wenig (im Durchſchnitt um $\pm$ 0,5 %) abweichen, und iſt die Brauchbarkeit der Formel namentlich durch Bunte, Schwackhöfer, Hempel und Mahler in überzeugender Weiſe dargetan worden.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Anstatt in Wärmeeinheiten drückt man den Heizwert häufig auch in der Weise aus, daß man die Zahl der Kilogramm Wasser von 0° angibt, die theoretisch durch 1 kg des Brennstoffs in Dampf von 100° verwandelt werden. Dieser sogenannte theoretische Verdampfungswert wird erhalten, indem man die Verbrennungswärme durch die zur Verdampfung eines Kilogramms Wasser von 0° erforderliche Wärmemenge dividiert. Die letztere beträgt nach der Regnaultschen Formel $l = -(606{,}5 + 0{,}305\,t)$, worin l die Wärmeentwicklung bei der Verwandlung von 1 Gewichtsteil Wasser von der Schmelztemperatur 0° in Dampf von $t°$ bezeichnet, 637 W.E.

Verbrennungstemperatur. Die Intensität der einem chemischen Vorgang entsprechenden Wärmeentwicklung ist nur von der Natur und nicht wie die Verbrennungswärme von der Masse der sich verbindenden Körper abhängig. Dagegen wird sie, im Gegensatz zu der Verbrennungswärme, durch die Gegenwart indifferenter, wärmeaufnehmender Körper beeinflußt.

Die theoretische Verbrennungstemperatur (auch pyrometrischer Heiz- oder Wärmeeffekt) drückt die Temperatur der Verbrennungsprodukte im Moment ihrer Entstehung in Celsius-Graden aus. Sie ist direkt proportional der Wärmemenge und umgekehrt proportional der Wärmekapazität der bei der Verbrennung entstehenden oder gegenwärtigen Körper. Die Wärmekapazität eines Körpers ist gleich dem Produkt aus seinem Gewicht mit seiner spezifischen Wärme.

Nennt man demgemäß die Verbrennungstemperatur T, so hat man:

$$T = \frac{p}{(G\,s) + (G_1\,s_1) + (G_2\,s_2) + \ldots}$$

wenn G, G_1, G_2 ... die Gewichte s, s_1, s_2 ... die bezüglichen spezifischen Wärmen bezeichnen. Die Gewichte der aus einem beliebigen Brennstoffgewicht entstehenden Produkte lassen sich auf stöchiometrischem Wege berechnen; diejenigen der etwa miterhitzten Körper, wie des überschüssigen Sauerstoffs und Stickstoffs, ergeben sich aus dem Gewicht der dem Brennmaterial zugeführten Luft. Die spezifischen Wärmen der in der Praxis in Betracht kommenden Körper sind für konstanten Druck nachstehend angegeben:

Sauerstoff .	0,218	Kohlendioxyd .	0,216
Stickstoff. .	0,244	Kohlenoxyd . .	0,247
Atm. Luft .	0,237	Wasserdampf . .	0,475.

Hierbei ist jedoch zu beachten, daß diese Werte nur zwischen den Temperaturen von 0 bis 200° genau sind, während oberhalb dieser Grenze die spezifischen Wärmen rasch anwachsen, ohne daß jedoch zuverlässige Angaben über die Größe der Zunahme vorliegen.

Wie die angegebene Gleichung ohne weiteres erkennen läßt, daß die Anwendung eines Luftüberschusses bei der Verbrennung ein Sinken der Temperatur zur Folge hat, so zeigt sie auch den Weg, auf dem eine Erhöhung derselben zu erreichen ist. Dieser Weg besteht in der Vorwärmung des Brennstoffs oder des Verbrennungsmittels oder beider Körper. — Die Anzahl der Wärmeeinheiten, die in den vorerhitzten Körpern aufgespeichert und zu den durch den Verbrennungsprozeß selbst frei werdenden zu addieren ist, ergibt sich, wenn man das Gewicht des Brennstoffs mit seiner spezifischen Wärme und der Temperatur multipliziert. — Die spezifischen Wärmen der wichtigeren Brennstoffe sind nachstehend angegeben:

Kohlenstoff (Holzkohle)	0,22	Kohlenoxyd	0,24
Wasserstoff	3,41	Methan . .	0,59.

In Wirklichkeit bleiben jedoch die tatsächlich erreichbaren Temperaturen immer sehr erheblich hinter den berechneten zurück. Die Ursache dieser Abweichung ist darin zu suchen, daß ein Teil der produzierten Wärme durch Strahlung und Leitung abgeführt wird, daß die spezifischen Wärmen der Gase u. s. w. mit steigender Temperatur wachsen und daß die Verbrennungsprodukte bei höheren Hitzegraden eine mehr oder weniger weitgehende Dissoziation erleiden, die der Neubildung das Gleichgewicht hält und dadurch die Wärmequelle selbst beeinflußt. Was die untere Dissoziationsgrenze betrifft, so ist diese nicht mit Sicherheit anzugeben; doch ist nachgewiesen, daß der Wasserdampf bei einer 1200° übersteigenden Temperatur in seine Komponenten zu zerfallen beginnt und daß Kohlendioxyd bei etwas höherem Hitzegrade sich in Kohlenoxyd und Sauerstoff zu spalten Neigung zeigt. Diese Tendenz wird insbesondere durch die Gegenwart rauher Oberflächen erhöht; dagegen muß vorläufig dahingestellt bleiben, ob und wie weit hiermit die schon lange bekannte, von Fr. Siemens weiter verfolgte Tatsache zusammenhängt, daß in niedrigen Ofengewölben, in denen die Flamme das sie umschließende Mauerwerk direkt berührt, im allgemeinen keine so hohen Temperaturen erzielt werden als in solchen Verbrennungsräumen, in denen sich die Flamme frei entfalten und durch die von ihr ausgehende Strahlung wirken kann.

Zum Messen hoher Temperaturen bedient man sich in der Technik in Ermanglung eines für alle Verhältnisse gleich bequemen Meßinstrumentes verschiedenartiger Hilfsmittel. Als zuverlässigstes Instrument ist das Luftthermometer anzusehen. Dasselbe beruht darauf, daß die Ausdehnung, die ein bekanntes, in einem Porzellangefäß eingeschlossenes Luftvolumen beim Erwärmen erfährt, entweder direkt aus der Volumvergrößerung oder indirekt durch Messen des Drucks, den das konstant erhaltene Volumen auf eine Quecksilbersäule ausübt, ermittelt wird. Nach dem letztgenannten Prinzip ist das von Wiborg herrührende,

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

die genaueſten Meſſungen geſtattende Luftthermometer konſtruiert.*) Bei der von Dürr erſonnenen, den Bedürfniſſen der Technik angepaßten Form dieſes Thermometers wird die Ausdehnung der Luft auf ein ausbalanciertes, glockenförmiges Gefäß übertragen, das in eine Sperrflüſſigkeit eintaucht und an ſeinem oberen Teil mit einem Zeigerwerk verſehen iſt. Vgl. a. Pyrometer.

Von ſonſtigen zum Meſſen höherer Temperaturen beſtimmten Inſtrumenten iſt das elektriſche Pyrometer von Siemens & Braun zu erwähnen, das auf der Aenderung des elektriſchen Widerſtandes eines Platindrahtes mit der Temperatur des ihn umſchließenden Raumes beruht. Die auf einem Schamottekörper induktionsfrei aufgewundene und in ein eiſernes Schutzrohr eingeſetzte Drahtſpirale bildet den Zweig einer Wheaſtonſchen Brücke, die in Verbindung mit einem Galvanometer oder Telephon den jeweiligen Widerſtand zu meſſen erlaubt. Die größte Verbreitung hat aber in der neueſten Zeit wegen ſeiner Zuverläſſigkeit und bequemen Handhabung das für Temperaturen bis 1600° brauchbare thermo-elektriſche Pyrometer von Le Chatelier in der von Holborn und Wien angegebenen Ausführungsform gefunden. In dieſem Inſtrument bilden die zu einer Kugel verſchmolzenen Enden eines Platin- und eines Platinrhodiumdrahtes ein Thermoelement, das, eventuell in eine Schutzröhre aus Eiſen oder Porzellan eingeſchloſſen, der Einwirkung der Hitze ausgeſetzt wird. Die freien Enden dieſer Drähte ſtehen mit einem Galvanometer in Verbindung, auf deſſen Skala neben den Mikrovolt auch die entſprechenden Temperaturen aufgetragen ſind. (Bezugsquelle: W. C. Heraeus-Hanau und Hartmann & Braun, Bockenheim-Frankfurt a. M.)

Auch das C. Fiſcherſche Waſſerkalorimeter (von Mechaniker Apel in Göttingen zu beziehen) iſt für genaue Meſſungen geeignet und wird in der Weiſe benutzt, daß man zunächſt die Wärmemenge, die ein abgewogenes und auf die zu beſtimmende Temperatur erhitztes Stück Platin an ein bekanntes Gewicht Waſſer abgibt, ermittelt und daraus die urſprüngliche Temperatur berechnet. Etwas weniger genaue Reſultate liefert das im übrigen ſehr handliche und viel benutzte Graphitpyrometer von Steinle & Hartung in Quedlinburg. Bei dieſem Inſtrument wird mittels Hebelüberſetzung und Zeigerbewegung die jeweilige Länge beſtimmt, die ein ſchmiedeeiſerner Stab (Rohr) gegenüber einem ſich hierbei nicht verändernden, aus einer Miſchung von Ton und Graphit hergeſtellten annimmt.

In vielen Fällen begnügt man ſich mit bloßen Annäherungswerten, wie man ſolche durch Beobachtung der Aenderung des Aggregatzuſtandes ſtarrer, in den Feuerraum eingeſetzter Körper erhalten kann. Hierfür ſind namentlich Metalle oder Legierungen von bekanntem Schmelzpunkt geeignet, die man in Tiegel eingeſchloſſen oder in Form von an einem Schamotteſtab aufgehängten Ringen verwendet.

Beſonders brauchbar erweiſen ſich für Temperaturen zwiſchen 900 bis 1500° die Princepſchen, aus Gold und Silber oder Gold und Platin beſtehenden Legierungen. Auch die Seegerſchen Kegelpyrometer, die durch Zuſatz wechſelnder Mengen von Quarz, Kalk und Kali zu reinem, an ſich im Ofenfeuer unſchmelzbarem Kaolin erhalten werden, zeigen durch ihren Erweichungspunkt eine beſtimmte Temperatur an und finden namentlich beim Schamotte- und Porzellanofenbetrieb in dem Sinn Verwendung, daß man mit ihrer Hilfe die Widerſtandsfähigkeit der im Ofen befindlichen Materialien gegen die jeweiligen Hitzegrade beurteilt. Außerdem bedient man ſich auch optiſcher Hilfsmittel zur Temperaturbeſtimmung und iſt hier das auf der Meſſung der Lichtintenſität durch Polariſation beruhende Pyrometer von Wanner (Bezugsquelle: Dr. R. Hafe, Hannover) ſowie das optiſche Pyrometer von Holborn und Kurlbaum (Bezugsquelle: Siemens & Halske, Akt.-Geſ., Berlin) namhaft zu machen. Manchmal gibt man ſich auch mit ſubjektiven Schätzungen auf Grund der für alle Körper gleichen Glühfarben zufrieden.

Glühfarben nach Pouillet:

Beginnende Rotglut .	525°	Hellrotglut	950°	Weißglut	1300°
Dunkle „ . .	700°	Gelbglut	1100°	Blendende Weißglut .	1500°
Kirſch- „ . .	850°.				

Das in den gebräuchlichen Ofenkonſtruktionen erreichbare Temperaturmaximum überſteigt 1800° nicht weſentlich. Etwas höhere Hitzegrade liefert das Knallgasgebläſe, indem dadurch Platin mit Leichtigkeit zum Schmelzen gebracht werden kann. Für die Erzielung weſentlich höherer Temperaturen muß man den elektriſchen Flammenbogen zu Hilfe nehmen, in dem ſich ſelbſt die bisher als abſolut unſchmelzbar angeſehenen Materialien: Quarz, Kalk und Tonerde, ſchnell verflüſſigen laſſen; außerdem laſſen ſich auch durch das aluminothermiſche Verfahren Hitzegrade von gegen 3000° erzeugen.

III. Brennmaterialien im beſonderen.

a) Feſte Brennſtoffe.

Holz. Die Holzfaſer entſteht aus dem einen normalen Beſtandteil der Atmoſphäre bildenden Kohlendioxyd und aus Waſſer, indem dieſe Subſtanzen unter dem Einfluß der ſtrahlenden Energie der Sonne zuſammentreten und Sauerſtoff abſcheiden. Dieſer Vorgang kann, wenn man von den Zwiſchenſtadien abſieht, durch die Endgleichung: $6\,CO_2 + 5\,H_2O = C_6H_{10}O_5 + 6\,O_2$ ausgedrückt werden. Bei der Verbrennung der Holzfaſer geht der Prozeß im umgekehrten Sinn vor ſich und werden dabei die urſprünglichen Materialien zurückgebildet: $C_6H_{10}O_5 + 6\,O_2 = 6\,CO_2 + 5\,HO$.

*) Zeitſchrift des Vereins deutſcher Ingenieure 1894, S. 1547.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Das Holz bildet die Stämme, Aeste und Wurzeln der Bäume wie der Sträucher und dient je nach seiner Qualität als Nutzholz oder als Brennholz. An dem gefällten und zerschnittenen Holz unterscheidet man die Hirn-, die Spalt- und die Wölbfläche. — Die Substanz des Holzes besteht im wesentlichen aus der Holzfaser (Cellulose), aus dem ihr nahestehenden Lignin und dem Holzsaft. In dem Maße, in dem die Cellulose während des Wachstums in Holz übergeht, verliert die Faser ihre elastische Beschaffenheit und erhärtet infolge der Zwischenlagerung der inkrustierenden Substanz (sogenanntes Lignin). Der in dem Holz verteilte Saft stellt je nach Jahreszeit, Standort und Art des Baumes eine mehr oder weniger konzentrierte wässerige Lösung von Zucker, Gummi und Salzen dar, die in einzelnen Fällen noch Farbstoffe, ätherische Oele und Harze einschließt. Der Wassergehalt steigt im frischgefällten Holz unter Umständen bis zu 50% des Gewichts an und zeigt auch in einem und demselben Stamm insofern Verschiedenheiten, als die der Rinde benachbarten Teile immer wasserreicher sind als die dem Mark zu gelegenen. Beim Liegen an der Luft trocknet das gefällte Holz langsam und unter starkem Schwinden in der Längs- und Querrichtung aus, bis nach 1—2 Jahren ein Wassergehalt von 15—20% erreicht ist, der nur durch Erhitzen über 100° entfernt werden kann (Darren des Holzes).

Holz von verschiedener Abstammung zeigt im trockenen Zustand annähernd die gleiche prozentische Zusammensetzung: 50% Kohlenstoff, 6% Wasserstoff, 42% Sauerstoff, 1% Stickstoff und 1% Asche. Die Asche enthält Karbonate, Sulfate, Phosphate, Silikate und Chloride des Kaliums, Natriums, Calciums, Magnesiums, Eisens und Mangans, und ist das Mengenverhältnis der einzelnen Bestandteile von der Bodenbeschaffenheit abhängig.

Charakteristisch für die Holzasche ist der bis zu 25% ansteigende Gehalt an Kaliumkarbonat insofern, als die Asche der fossilen Brennstoffe frei von Alkalikarbonaten ist. Der Heizwert des trockenen Holzes beträgt ca. 3500 W.E. und ist für Buchen- und Kiefernholz, das bis zu 2% Harz einschließt, am höchsten, während sich Ahorn-, Ulmen-, Lärchen-, Tannen-, Fichten-, Linden-, Pappel-, Eichen- und Weidenholz in der angegebenen Reihenfolge geringwertiger erweisen. Im allgemeinen kommt dem Holz, wenigstens in den mitteleuropäischen Ländern, nur eine untergeordnete Bedeutung als Brennmaterial zu.*) Wegen seiner leichten Entzündbarkeit wird es dagegen zum Anzünden von Kohlen und zur Herstellung von Streichhölzern benutzt. In Scheiterform verbrennt man Holz am besten auf dem Planrost, während sich für Sägemehl und Späne besonders der Treppenrost eignet; noch zweckmäßiger dürfte Brikettierung sein. Soll Holz zum Generatorbetrieb verwendet werden, so ist das Zerschneiden in Klötze erforderlich.

Holzkohle. Die Zusammensetzung der rohen Brennstoffe läßt sich auf verhältnismäßig einfache Weise innerhalb gewisser Grenzen ändern und dadurch bestimmten Zwecken anpassen. Eine derartige Veränderung erfolgt, wenn die Brennstoffe bei beschränktem Luftzutritt oder bei vollkommenem Luftabschluß einer hohen Temperatur ausgesetzt werden. Im ersteren Fall wird der betreffende Vorgang als Verkohlung, im zweiten Fall als trockene Destillation bezeichnet. Beide Prozesse sind einander ihrem ganzen Wesen nach sehr nahe verwandt resp. sehr ähnlich; äußerlich unterscheiden sie sich hauptsächlich dadurch, daß bei der Verkohlung das Hauptgewicht auf die nichtflüchtigen Produkte gelegt wird, während bei der trockenen Destillation in erster Linie die flüchtigen Produkte ins Auge gefaßt werden.

Erhitzt man Holz unter den angegebenen Bedingungen, so entweicht zunächst Wasser in Dampfform. Mit steigender Temperatur beschränkt sich jedoch die Wirkung der zugeführten Wärme nicht mehr auf eine bloße Wasserabspaltung, sondern es verflüchtigen sich kohlenstoffhaltende Körper, deren Bildung auf eine tiefgreifende Zerstörung der Holzsubstanz zurückzuführen ist. Nach Beendigung der Zersetzung hinterbleibt die durch Hitze nicht mehr veränderliche Holzkohle, während sich die flüchtigen Produkte als ein Gemenge von Gasen und Dämpfen erweisen. Die Gase bestehen im wesentlichen aus Kohlensäure, Kohlenoxyd und Methan; die durch Abkühlung verflüssigten Dämpfe scheiden sich in eine dunkle, spezifisch schwerere und eine damit nicht mischbare hellere Schichte. Die erstere bildet den Teer (Holzteer), der aus phenolartigen Körpern und zahlreichen, nicht näher bekannten hochmolekularen Verbindungen besteht; die letztere stellt im wesentlichen eine wässerige Lösung von niedriger siedenden Körpern, wie insbesondere Methylalkohol und Aceton, dar und verdankt ihren sauren Charakter einem Gehalt an Essigsäure. Insofern man der Entstehung der Essigsäure eine besondere Bedeutung beimißt, kann man die bei der trockenen Destillation des Holzes vor sich gehende Reaktion durch die Gleichung: $C_6H_{10}O_5 = 4C + C_2H_4O_2 + 3H_2O$ ausdrücken.

*) In manchen Gegenden Indiens, Rußlands, Aegyptens u. s. w. dient als Brennstoff getrockneter Kuhdung, der im wesentlichen aus Holzcellulose besteht. — Ausgelaugte Eichenrinde (Gerberlohe), Farbhölzer u. s. w. haben nur eine lokale Bedeutung als Brennmaterial.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Die Gewinnung der Holzkohle erfolgt nach zwei verſchiedenen Verfahren, von denen das eine, der eigentlichen Verkohlung entſprechende als Meilerverkohlung, das andre, mit der trockenen Deſtillation gleichbedeutende als Retortenverkohlung bezeichnet wird. Bei der Meilerverkohlung, die heutzutage nur noch in ſehr waldreichen und von den großen Verkehrsſtraßen abgelegenen Gegenden gebräuchlich iſt, wird das Holz behufs Erſparung der Transportkoſten an Ort und Stelle in Meiler oder Haufen geſchichtet und dann behufs Abhaltung der Luft mit Raſen oder Sand bedeckt. Nach dem Entzünden des Stoßes durch eine in der Mitte freigelaſſene Oeffnung wird der weitere Fortgang der Verbrennung durch vorſichtige Zufuhr von Luft von einzelnen Punkten der Oberfläche aus ſo reguliert, daß die von dem verbrennenden Teil des Holzes gelieferte Wärme zur Zerſetzung des Reſtes gerade ausreicht. Hierbei entweichen die flüchtigen Produkte in die Atmoſphäre, während die Holzkohle in der urſprünglichen Form des Meilers zurückbleibt. — Bei der Retortenverkohlung, die ſich vorwiegend in den induſtriell entwickelten Ländern eingebürgert hat, wird das Holz in verſchließbare eiſerne, in gemauerte Oefen eingeſetzte Retorten oder Zylinder gefüllt. Dieſe Gefäße ſind mit Abzugsröhren, die mit Kühlvorrichtungen in Verbindung ſtehen, verſehen und werden durch von außen zugeführte Wärme erhitzt. Nach Beendigung der Operation finden ſich die flüchtigen Zerſetzungsprodukte, ſoweit ſie nicht in Gasform abziehen, in den Vorlagen und können ſpäter auf Endprodukte verarbeitet werden; die in den Retorten u. ſ. w. hinterbliebene Kohle wird vor dem Einfüllen einer neuen Charge ausgezogen. Sehr vereinzelt iſt noch eine Kombination beider Verfahren, die ſogenannte Ofenverkohlung, im Gebrauch. Bei dieſer Art der Verkohlung befindet ſich das Holz in einer aus Mauerwerk hergeſtellten überwölbten Kammer, an der außer einer Oeffnung zum Füllen und Entleeren Oeffnungen für den Eintritt der Luft und für den Austritt der Zerſetzungsprodukte angebracht ſind. Das Erhitzen erfolgt wie bei der Meilerverkohlung auf Koſten eines Teils des Materials; die Gewinnung der Deſtillationsprodukte wird durch eine mit dem Verkohlungsraum in Verbindung ſtehende Kondenſationsvorrichtung ermöglicht.

Gute Holzkohle bildet ſchwarze, ziemlich feſte Stücke von muſcheligem Bruch, welche die Struktur des urſprünglichen Materials deutlich erkennen laſſen. Sie beſitzt ein ſpez. Gew. von 0,15—0,3, iſt ſehr porös und abſorbiert beim Liegen an der Luft 10—15 % ihres Gewichts an Feuchtigkeit. Im friſchgeglühten Zuſtand erhält ſie ca. 94 % Kohlenſtoff, 1—2 % Waſſerſtoff, 3—4 % Sauerſtoff und 2—3 % Aſche. Der Kohlenſtoff iſt zum größten Teil in elementarer Form vorhanden; der Waſſerſtoff- und Sauerſtoffgehalt läßt ſich jedoch auch durch ſtarkes Glühen nicht vollſtändig entfernen. Die Holzkohle verbrennt leicht mit kurzer, bläulicher und vollkommen rauchloſer Flamme und liefert im gewöhnlichen Zuſtand ca. 7000 W.E. Sie findet überwiegend für metallurgiſche Zwecke, insbeſondere zur Herſtellung des Holzkohlenroheiſens Verwendung und beſitzt, abgeſehen von ihrem hohen pyrometriſchen Effekt, den Vorzug, daß ſie vollkommen frei von Schwefel und andern ſchädlichen Mineralbeſtandteilen iſt.

Außerdem wird ſie wegen ihres großen Abſorptionsvermögens für einzelne flüchtige Körper zum Reinigen von Sprit benutzt und dient auch im feingepulverten Zuſtand (Rebenholz-, Korkkohle) als ſchwarze Pigmentfarbe. Auch als Mittel zum Reinigen von Trinkwaſſer und zum Konſervieren von leicht faulenden Subſtanzen, wie Fleiſch u. ſ. w., iſt die Holzkohle empfohlen worden. Die durch ſchwaches Verkohlen von Faulbaumholz gewonnene Rotkohle bildet einen Beſtandteil des gewöhnlichen Schwarzpulvers.

Foſſile Brennſtoffe. Der Torf, die Braunkohle und die Steinkohle ſind aus vegetabiliſchen Subſtanzen durch einen eigentümlichen, während einer langen Periode verlaufenden Zerſetzungsprozeß, als deſſen feſte Ueberbleibſel ſie anzuſehen ſind, entſtanden. Im großen ganzen iſt die Veränderung, welche die Pflanzenfaſer dabei erlitten hat, auf eine mehr oder weniger weitgehende Abſpaltung und Verflüchtigung von Waſſerſtoff und Sauerſtoff unter gleichzeitiger Erhöhung des Kohlenſtoffgehalts des Rückſtands zurückzuführen. Der Chemismus dieſes Vorgangs, der als kohlige Vermoderung bezeichnet wird, iſt trotz zahlreicher Arbeiten von Forſchern wie Liebig, Richter, Baltzer u. a. nicht genügend aufgeklärt und kann nur mit der trockenen Deſtillation, mit der er eine nicht zu verkennende Aehnlichkeit beſitzt, in Parallele geſtellt werden. An und für ſich liegt in der Annahme einer ähnlichen Entſtehungsgeſchichte für ſcheinbar ſo verſchiedene Produkte wie Torf, Braunkohle und Steinkohle nichts Unwahrſcheinliches, wenn man berückſichtigt, daß das Endergebnis derartiger Zerſetzungen nicht nur von der Natur der urſprünglichen Vegetabilien, ſondern weſentlich auch von den während einer beſtimmten Zeitdauer zur Geltung gekommenen äußeren Einflüſſen abhängig iſt.

Die durch die kohlige Vermoderung hervorgerufene Veränderung der urſprünglichen Pflanzenfaſer ſowie der nahe Zuſammenhang der einzelnen Materialien untereinander tritt am deutlichſten zutage, wenn man an Hand der S. 278 mitgeteilten Tabelle den in den betreffenden Subſtanzen auf je 100 Teile Kohlenſtoff entfallenden Betrag an Waſſerſtoff und Sauerſtoff berechnet:

	enthält auf 100 Teile C.	Waſſerſtoff	Sauerſtoff
Holzfaſer		12	86
Torf		10	55
Braunkohle		7,5	36
Steinkohle		6	15
Anthrazit		2,6	2,6

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Wie aus dieser Zusammenstellung hervorgeht, tritt während der Umwandlungsperiode verhältnismäßig viel mehr Sauerstoff als Wasserstoff aus und geht damit die Zunahme des disponibeln Wasserstoffs Hand in Hand. Bezüglich der Form, in welcher der Austritt der genannten Elemente bei dem allmählichen Uebergang der Holzfaser in den Anthrazit erfolgt, geben die von den einzelnen Kohlungsstufen eingeschlossenen oder exhalierten Gase, die im wesentlichen aus Methan, Kohlenoxyd und Kohlensäure bestehen, genügend Anhaltspunkte. Da die Bildung von flüchtigen Zersetzungsprodukten bei der Steinkohle heute noch beobachtet werden kann, so ist die Ansicht berechtigt, daß der Umwandlungsprozeß erst beim Anthrazit seinen Abschluß erreicht.

Inwieweit bei der Entstehung der fossilen Kohlen die atmosphärische Luft und von außen zugetretenes Wasser mitgewirkt haben, kann ohne genauere Kenntnis des Verlaufs der betreffenden geologischen Periode nicht beurteilt werden. Unzweifelhaft hat jedoch in allen Fällen eine teilweise, wenn nicht vollständige Behinderung des Luftzutritts stattgefunden und ist der nur langsam vor sich gehende Prozeß wesentlich von der Temperatur und wohl auch von den Druckverhältnissen beeinflußt worden. — Was die Perioden anbelangt, in denen die Bildung der einzelnen Fossilen ihren Anfang genommen hat, so treten die älteren Kohlen, Steinkohle und Anthrazit, frühestens in der Karbonformation auf, während die jüngere Braunkohle hauptsächlich im Tertiär vorkommt und der das jüngste Glied der Reihe bildende Torf dem Alluvium und dem Diluvium angehört.

Um die einzelnen Phasen des Uebergangs der Holzfaser in die kohlenstoffreicheren Produkte zu erklären, sind mehrere Hypothesen aufgestellt worden, von denen sich jedoch keine der allgemeinen Anerkennung erfreut. Unbestreitbar ist jedoch, daß in demselben Maß, in dem sich die Zusammensetzung des vermodernden Produktes derjenigen des Anthrazits nähert, die Unempfindlichkeit gegen Agentien, wie Kalilauge oder Salpetersäure, wächst, sowie daß speziell in der Steinkohle ein Gemenge hochmolekularer Substanzen vorliegt, die nach ihrer Zusammensetzung und ihrem allgemeinen chemischen Verhalten der aromatischen Reihe nahestehen und die man sich aus der Cellulose durch weitgehende Kondensation unter teilweiser Erhaltung des Kohlenstoffskeletts bei vorzugsweiser Veränderung der außenständigen Reste entstanden denken muß.

Torf. Der Torf entsteht durch Vermoderung von Moosen, sauren Grasarten oder Sumpfpflanzen und bildet sich überall da, wo sich diese Vegetabilien in größeren Mengen auf einem undurchlässigen Untergrund ansammeln und dauernd dem Einfluß der Feuchtigkeit ausgesetzt bleiben.

Torfmoore, die auf Hochplateaus gelegen sind, bezeichnet man als Gebirgsmoore; die in ebenen Gegenden vorkommenden dagegen als Wiesen- oder Flachmoore. Die letzteren unterscheidet man, je nachdem ihr Untergrund in und über oder aber unter der Höhe des normalen Wasserspiegels der betreffenden Gegend liegt, als Hochmoore oder als Grünlandsmoore. Zur Entstehung der Hochmoore, deren Oberfläche in der Regel eine schwache Wölbung zeigt, geben überwiegend Moose und Heidepflanzen auf tonigem Untergrund Veranlassung; die Grünlandsmoore sind hauptsächlich an das Vorhandensein saurer Grasarten auf lehmigem Sandboden gebunden und liegen immer im Inundationsgebiet von Flüssen oder im Bereich von Landseen. Größere oder kleinere Torfmoore kommen fast in allen Ländern vor. Besonders umfangreiche Moorgebiete befinden sich in Deutschland, und namentlich ist der nordwestliche und südliche sowie der nördliche Teil von bedeutenden Moorflächen durchsetzt. Die in Hannover, Oldenburg und in Südbayern gelegenen Moore sind überwiegend Hochmoore, die im Havel-, Spree- und Odergebiet befindlichen dagegen Grünlandsmoore. Auch in Oesterreich, Rußland, Schweden und Norwegen sind ansehnliche Flächen mit Mooren bedeckt, während in Frankreich, Italien und Spanien die Bedingungen für die Moorbildung seltener vorhanden sind.

Der Torf besitzt je nach dem Grad, bis zu welchem die Veränderung der Pflanzensubstanz vorangeschritten ist, ein sehr verschiedenartiges Aussehen, und man unterscheidet hauptsächlich drei Typen, zwischen denen jedoch zahlreiche Uebergangsformen existieren. Der die Oberfläche der Moore bedeckende Rasen- oder Fasertorf bildet eine hellbraune, verfilzte Masse, in der die ursprünglichen Pflanzenteile noch deutlich zu erkennen sind. Der ältere und den tieferen Schichten entstammende Sumpf- oder Modertorf stellt dagegen ein dunkleres, von Fasern durchsetztes Gebilde dar, das einen nur losen Zusammenhang, dabei aber eine größere Dichte als der Rasentorf zeigt. Der seltener vorkommende und immer von den beiden Arten überschichtete Speck- oder Pechtorf ist von schwarzer Farbe und läßt im allgemeinen keine organische Struktur mehr erkennen.

Der Ausbeutung der Moore, deren Mächtigkeit selten 10 m übersteigt, geht in der Regel eine Entwässerung und Trockenlegung des Terrains voran. Die Gewinnung des Torfs erfolgt sowohl von Hand als auch durch Maschinenbetrieb. Im ersteren Falle werden möglichst gleichförmige Stücke mittels Spaten ausgestochen und in zusammenhängender Form abgehoben; im zweiten Fall wird der Moorboden je nach dem Grad seiner Konsistenz mittels Dampfpflügen oder Baggern abgelöst und durch Mischen und Kneten zu einer plastischen Masse verarbeitet, die durch kontinuierliche Pressen in Ziegelform gebracht wird (Maschinen- oder Preßtorf). [Torfmaschinen bauen als Spezialität: O. Schlickeysen, Berlin, und L. Lucht, Maschinenbauanstalt und Eisengießerei, Koblenz.] Die Herstellung von Torfstücken auf maschinellem Weg bietet der Stichtorfgewinnung gegenüber den Vorzug, daß sie auch das abfallende Torfmull in transportfähiger Form zu gewinnen erlaubt und daß sie ein sehr viel dichteres Produkt liefert, indem sich der gepreßte Torf beim darauffolgenden Trocknen stark zusammenzieht. Das spez. Gew. des Stichtorfs beträgt 0,4—0,6, dasjenige des gepreßten ca. 1—1,1.

Die prozentische Zusammensetzung des Torfs schwankt je nach dem Fundort u. s. w.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

innerhalb weiter Grenzen; gute Qualitäten enthalten im lufttrockenen Zuſtand 50—62 % Kohlenſtoff, 5—6 % Waſſerſtoff, 30—36 % Sauerſtoff, 12—20 % Waſſer und 5—12 % Aſche neben ca. 1 % Stickſtoff. Die Natur der organiſchen Beſtandteile des Torfs iſt bislang nicht erkannt; ein geringer Prozentſatz derſelben iſt in Alkalien mit brauner Farbe löslich und wird mit dem Namen Huminſubſtanzen bezeichnet.

Der Torf verbrennt mit langer, rußender Flamme und entwickelt je nach Qualität 3000 bis 4000 W.E. Die Torfaſche beſteht aus wechſelnden Mengen Sand, Ton, Calciumſulfat und Karbonat und Eiſenoxyd und unterſcheidet ſich wie die Braun- und Steinkohlenaſche von der Holzaſche weſentlich durch das Fehlen von Alkalikarbonaten, Chloriden und Phosphaten. Der Torf dient namentlich zum Hausbrand, ſeltener zur Keſſel- und Flammofenfeuerung. Falls er zur Erzielung hoher Hitzegrade, wie ſie zum Betrieb von Glas- und Puddelöfen erforderlich ſind, verwendet werden ſoll, empfiehlt es ſich, ihn im Generator zu vergaſen, wozu er ſich wegen des geringen Widerſtands, den er dem Durchgang der Luft darbietet, ſowie wegen der lockeren Beſchaffenheit ſeiner Aſche beſonders eignet. Im allgemeinen iſt die Benutzung des Torfs als Brennmaterial an die Produktionsgebiete gebunden, indem der geringe Heizwert eine Konkurrenz mit andern Brennſtoffen auf größere Entfernung hin unmöglich macht. Außer für Heizzwecke wird der Torf auch in loſer Form als Pack- und Iſoliermaterial ſowie als ſtark aufſaugendes Desinfektionsmittel verwertet. Die Verſuche, ihn für die Pappe-, Papier- und Celluloſefabrikation zu benutzen, ſind dagegen bislang von keinem durchſchlagenden Erfolg begleitet geweſen, wenn auch Torffaſer vereinzelt zu dieſen Zwecken Verwendung findet.

Torfkohle. In derſelben Weiſe wie Holz kann auch Torf verkohlt werden, wobei unter Entwicklung von Waſſer-, Ammoniak-, Eſſigſäure- und Teerdämpfen eine ſehr poröſe, leicht entzündliche Kohle zurückbleibt. Der Verwendung dieſes Produktes im Hochofen ſteht ſeine geringe Feſtigkeit ſowie die Eigenſchaft, im Gebläſefeuer zu ſprühen, hindernd entgegen, doch ſoll es neuerdings an einzelnen Orten gelungen ſein, ein auch für metallurgiſche Zwecke brauchbares Fabrikat zu erzielen.

Braunkohle. Die Braunkohle ſteht hinſichtlich des Grades der Vermoderung zwiſchen Torf und Steinkohle. Das Material zu ihrer Bildung haben überwiegend harzreiche Nadelhölzer, daneben auch Palmen und Birken geliefert. Nicht alle Braunkohlenlager ſind jedoch als Erzeugniſſe der an Ort und Stelle gewachſenen Pflanzen anzuſehen, ſondern es ſind wenigſtens in einzelnen Fällen während der Zeit, in der die betreffenden Gebiete vorübergehend der Inundation ausgeſetzt waren, durch das Meerwaſſer ſelbſt anderweitige Vegetationen zugeführt worden. Die Braunkohle iſt über einen großen Teil der Erdoberfläche verbreitet und tritt namentlich in Mitteleuropa in Form mächtiger Ablagerungen auf. In größter Menge kommt ſie in Böhmen vor; weniger maſſenhaft, aber immer noch ſehr reichlich tritt ſie in Deutſchland auf, für deſſen Nordoſten ſie das wichtigſte Brennmaterial bildet. Insbeſondere haben die in den Provinzen Sachſen und Brandenburg reſp. in dem Oberbergamtsbezirk Halle und in Anhalt vorhandenen zahlreichen und ergiebigen Fundſtätten Veranlaſſung zur Entſtehung einer darauf gegründeten, hochentwickelten Induſtrie gegeben, wogegen den Braunkohlenrevieren in der Lauſitz, in der Rheinprovinz,*) im Elſaß und in Südbayern eine geringere Bedeutung zukommt.

Die Gewinnung der Braunkohle aus den meiſt in geringerer Tiefe befindlichen muldenartigen Flözen, deren Mächtigkeit ſelten über 20 m hinausgeht, erfolgt faſt immer durch Tagbau und nur vereinzelt durch Schachtbetrieb. An Varietäten unterſcheidet man hauptſächlich die am häufigſten vorkommende gemeine Braunkohle von dunkelbrauner Farbe und erdigem Bruch und einem im grubenfeuchten Zuſtand bis zu 50 % des Gewichts anſteigenden Waſſergehalt, den einen ausgeſprochenen Holzcharakter zeigenden Lignit (foſſiles Holz) und die der Steinkohle naheſtehende Pechkohle,**) während die leicht zerreibliche erdige Braunkohle von hellbrauner Farbe und hohem Bitumengehalt (Pyropſit) heute nur noch ſehr ſelten vorkommt.

In der Praxis bezeichnet man die geförderte Braunkohle je nach ihrer Verwendungsweiſe als Feuerkohle oder als Schweelkohle. Als Feuerkohle dienen hauptſächlich die bitumenarmen Partien der gemeinen Braunkohle. Dieſelben werden, ſofern ſie zum Verſand beſtimmt ſind, zunächſt von beigemengtem Ton und Schwefelkies geſchieden und in waſſerärmere Produkte von handlicher Form übergeführt.

Hierzu ſind zwei verſchiedene Verfahren im Gebrauch, von denen das eine darin beſteht, daß man die zerkleinerte Kohle unter Zuſatz von Waſſer zu einem dicken Brei verarbeitet, die Maſſe in Ziegelform bringt und dann an der Luft trocknet (Naßpreßſteine), während man bei dem andern den Waſſergehalt der Rohkohle durch Trocknen in Dampfteller-, Dampfplatten- oder

*) Die in der Umgebung von Köln (Kölner Bucht) vorkommenden Braunkohlenablagerungen werden neuerdings intenſiver ausgebeutet und haben zur Entſtehung großer Zentralen Veranlaſſung gegeben, durch die eine größere Anzahl von induſtriellen Etabliſſements mit Licht und Kraft verſorgt wird.

**) Die als Gagatkohle bezeichnete völlig ſtrukturloſe Abart der Pechkohle, die am Fuß der Bayriſchen Alpen bei Miesbach und in Boll vorkommt, wird wegen ihrer gleichförmigen Beſchaffenheit, Zähigkeit und Politurfähigkeit zu Schmuckgegenſtänden (Jet) verarbeitet.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Dampfröhrenöfen*) zunächst auf ca. 18 % reduziert und dann das so vorbereitete Material durch starken Druck zu einer kompakten Masse verdichtet (Darrsteine, Brikett). Infolge der beim Zusammenpressen eintretenden Erwärmung findet eine Erweichung des in der Kohle enthaltenen Bitumens statt, wodurch nach dem Erkalten ein fester Verband der einzelnen Teilchen bewirkt wird, so daß die Briketts der zerkleinernden Wirkung des Transports, Umladens u. s. w. vollkommen widerstehen.**)

Die eine fettige Beschaffenheit zeigenden, an Bitumen reicheren Partien der Rohkohle, die sogenannten Schweelkohlen, werden der trockenen Destillation unterworfen und liefern dabei einen Teer, der weiterhin auf Solar- und Paraffinöl wie auch auf festes Paraffin verarbeitet wird. In gleicher Weise wird auch die der Braunkohle näher als der Steinkohle stehende Bogheadkohle verwertet, die massenhaft in Schottland auftritt und in Anbetracht ihres hohen Aschengehalts auch als bituminöser Schiefer angesprochen wird.

Die Zusammensetzung der gewöhnlichen, im lufttrockenen Zustand ein spez. Gew. von 1,1—1,4 zeigenden Braunkohle schwankt zwischen 50 bis 65 % Kohlenstoff, 3 bis 5 % Wasserstoff, 20 bis 28 % Sauerstoff, 12 bis 25 % Wasser und 8 bis 10 % Asche, wozu noch bis zu 0,5 % Stickstoff kommen. In chemischer Beziehung ist die Substanz der Braunkohle nicht näher erforscht; sie stellt ein Gemenge mehrerer Individuen dar, von denen sich einzelne mit brauner Farbe in heißer Kalilauge lösen. Aus den bitumenreichen Sorten läßt sich durch Extrahieren mit Lösungsmitteln nach dem Verfahren von v. Boyen eine wachsartige Masse, das sogenannte Montanwachs, gewinnen, das aus einem Kohlenwasserstoff und aus einer hochmolekularen Fettmasse besteht und das in der Folge eine größere Wichtigkeit erlangen dürfte.

Die Braunkohle verbrennt mit langer, qualmender Flamme und entwickelt 3500—4500 W.E. Die Asche besteht hauptsächlich aus Sulfaten und Silikaten des Calciums sowie aus Ton und Eisenoxyd. Die Verfeuerung der nicht geformten Rohkohle erfolgt am besten auf dem Treppenrost; in einzelnen Fällen ist die Vergasung im Generator der direkten Verbrennung vorzuziehen. Früher benutzte man Braunkohle auch zur Erhöhung der Gasausbeute und zur Erhöhung der Leuchtkraft bei der Steinkohlengasbereitung, doch ist heute diese Art der Karburierung des Gases durch die Benzolkarburierung ersetzt. Die Naßpreßsteine werden größtenteils in der näheren oder entfernteren Umgebung des Produktionsgebiets für häusliche Feuerungen verwendet. Nur die Briketts, insbesondere die aus der böhmischen Braunkohle hergestellten, lohnen einen Transport auf größere Entfernungen und gelangen, begünstigt durch den billigen Wasserweg, in beträchtlichen Quantitäten über die deutsche Grenze. Die Produktion an Braunkohle betrug im Jahre 1901 im Deutschen Reich 44,48 Millionen Tonnen, in Oesterreich-Ungarn 27,65 Millionen Tonnen; in den übrigen europäischen Ländern erreicht die Produktion zusammen noch nicht 1 Million Tonnen.

Grudekoks. Bei der in der Umgebung von Halle in größtem Maßstab betriebenen Braunkohlenschweelerei, welche zum Zweck der Gewinnung von Solaröl und Paraffin vorgenommen wird (s. Schweelerei), fällt als Destillationsrückstand der sogenannte Grudekoks ab. Dieses an sich geringwertige und für industrielle Feuerungen nicht geeignete Material stellt eine aschenreiche Kohle dar, die ohne besondere Luftzufuhr langsam glimmt und dabei eine zwar schwache, aber anhaltende Wärme entwickelt. Es wird deshalb in einzelnen Gegenden mit Vorteil zum Hausbrand verwendet.

Steinkohle. Die Steinkohle, die mit dem Anthrazit die Reihe der fossilen Umwandlungsprodukte der Pflanzenfaser abschließt, ist der weitaus wichtigste Brennstoff und als solcher einer der bedeutungsvollsten Faktoren für die gesamte Industrie. Die Ansichten über die Natur des Materials, aus dem die Steinkohle entstanden ist, sind zurzeit geteilt. Am meisten Wahrscheinlichkeit hat die Annahme für sich, daß sowohl Land- als auch Seepflanzen an der Bildung der Steinkohle beteiligt sind und daß neben den an Ort und Stelle gewachsenen Sumpfvegetationen durch Flutwellen herbeigeführte Sedimente von Tangen u. s. w. in Frage kommen. In bezug auf den Vermoderungsvorgang ist man darüber einig, daß den die Kohlenflöze überlagernden Schichten ein gewisser Einfluß auf den Entstehungsprozeß zukommt, sowie daß dabei höhere Temperaturen nicht im Spiele gewesen sein können, indem viele Steinkohlenarten in der Hitze schmelzen und sich dabei in chemischer Hinsicht verändern.

Die geologische Formation, der die Steinkohle angehört und in der sie sich beinahe ausschließlich findet, ist die nach diesem Vorkommen benannte Steinkohlen- oder Karbonformation. Dieselbe gliedert sich in zwei Abteilungen: den reinen marinen, zahlreiche Versteinerungen von Schal- und Muscheltieren einschließenden Kohlenkalk und das eigentliche sogenannte produktive Steinkohlengebirge. Nur in dem letzteren ist die Kohle in Form von Flözen zwischen weit überwiegende Massen von Sandsteinen und Schiefertonen, zu denen häufig noch Eisen-, Blei- und Zinkerze treten, eingelagert.

*) Das früher gebräuchliche Trocknen der pulverförmigen Kohle mit Feuergasen hat zu häufigen Staubexplosionen Veranlassung gegeben und ist heute ziemlich allgemein durch das Erhitzen mit Dampf ersetzt worden.

**) Trockenvorrichtungen, Brikettmaschinen u. s. w. bauen die Zeitzer Eisengießerei und Maschinenbauaktiengesellschaft Zeitz, G. F. Giesecke, vorm. Vogel & Co. in Neusellerhausen-Leipzig, F. A. Schulz in Halle a. S., Gebrüder Sachsenberg in Roßlau a. Elbe u. a.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Die Steinkohle iſt, wenn auch höchſt ungleichmäßig, beinahe auf der ganzen Erdoberfläche verbreitet und vermutlich noch an andern als den bis jetzt bekannten Fundorten nachweisbar. Die bedeutendſten, zum Teil noch unvollſtändig erſchloſſenen Kohlenlager beſitzen Nordamerika, China und Auſtralien. In Europa weiſt England den größten Reichtum wie auch die höchſte Produktionsziffer auf; nach England folgt das Deutſche Reich, an das ſich Frankreich, Belgien und Oeſterreich reihen. Verhältnismäßig ſehr arm ſind Italien, Griechenland und Dänemark, während in Rußland bedeutende, teilweiſe noch der Ausbeutung harrende Lager konſtatiert ſind.

Ueber den Zeitpunkt, bis zu dem die Kohlenvorräte der Erde mutmaßlich erſchöpft ſein werden, gehen die Anſichten weit auseinander. Das größte Zutrauen verdienen die Angaben von R. Naſſe, der die Frage in einer ſelbſtändigen Schrift „Die Kohlenvorräte der europäiſchen Staaten und deren Erſchöpfung“ (Berlin 1894) behandelt hat. Nach dieſem Autor würde der Kohlenvorrat Mitteleuropas in 670 Jahren erſchöpft ſein.

Die geſamte Jahresproduktion der Erde wird jetzt auf ca. 700 Millionen Tonnen geſchätzt; diejenige Deutſchlands betrug im Jahre 1902 etwas über 107,4 Millionen Tonnen. Großbritannien produzierte im gleichen Jahre 227 Millionen, Frankreich 29,5 Millionen, Belgien 22,7 Millionen und die Vereinigten Staaten von Nordamerika 268,7 Millionen Tonnen.*)

Abgeſehen von einigen unbedeutenden, nicht weiter in Betracht kommenden Fundſtätten, wie Stockheim in Oberfranken, Wettin bei Merſeburg, Ibbenhaufen im Teutoburger Wald u. a., entſtammt die deutſche Produktion den nachſtehend aufgeführten Revieren:

1. Das niederrheiniſch-weſtfäliſche oder Ruhrbecken von 2800 qkm Ausdehnung mit 65 abbauwürdigen Flözen. Die mäßige Tiefe der Lagerſtätten ermöglicht eine verhältnismäßig leichte Ausbeutung. (Anthrazite bis Gaskohlen.)

2. Das Pfälzer oder Saarbecken von ca. 385 qkm Ausdehnung mit 82 abbauwürdigen Flözen. Infolge zahlreicher Verwerfungen der Schichten und häufiger Gasausbrüche (ſchlagende Wetter) iſt die Ausbeutung dieſes Beckens verhältnismäßig ſchwierig. (Fett-, Flamm- und Magerkohlen.)

3. Das oberſchleſiſche Becken in einer Ausdehnung von ca. 3000 qkm mit 150 Flözen. Das Becken ſetzt ſich jenſeits der öſterreichiſchen (Schleſien, Galizien, Mähren mit ca. 1000 qkm) ſowie der ruſſiſchen Grenze (Polen mit ca. 600 qkm) fort. Der Abbau bietet wenig Schwierigkeit; die Kohlen zeichnen ſich durch Großſtückigkeit und geringen Aſchengehalt aus.

4. Das niederſchleſiſche oder Waldenburger Becken von ca. 200 qkm Ausdehnung mit 16 Flözen.

5. Das ſächſiſche Becken von Zwickau und Lugau von ca. 220 qkm Ausdehnung mit 9 Flözen. An dieſes Becken ſchließt ſich der Plauenſche Grund an.

6. Das Aachener Becken, zu dem die Inder oder Eſchweiler Mulde ſowie das Werm- oder Kohlſcheider Becken gehören,**) mit einer Geſamtausdehnung von 21 qkm mit 28 Flözen.

Der Abbau der Steinkohle erfolgt ausſchließlich auf bergmänniſchem Weg. Einzelne Schächte ſind bis auf eine Tiefe von gegen 1000 m niedergeführt. Mit dem Abbau iſt immer die Aufbereitung zum Zweck der Entfernung des anhängenden Geſteins (Schwefelkies, Schieferton u. ſ. w.) und der Sortierung der Kohlen nach Korngröße (Klaſſierung) verbunden. Eine vorläufige Scheidung von Hand findet gewöhnlich ſchon in der Grube ſtatt, um die Förderkoſten für das wertloſe Material zu ſparen und es ſofort an Ort und Stelle zum Verſetzen der abgebauten Strecken zu benutzen. Eine zweite, ſorgfältigere Aufbereitung des geförderten Materials erfolgt ſodann über Tag, und zwar entweder auf trockenem oder auf naſſem Weg. Bei der trockenen Aufarbeitung erfolgt die Separation im weſentlichen mit Hilfe eines eigenartigen, beweglichen Roſtes (am verbreitetſten iſt der Briarſche Roſt) oder freihängender oszillierender Schüttelſiebe (Rätter), wobei man auf einzelnen Zechen noch einen Luftſtrom zum Ablaſen der Staubkohle zu Hilfe nimmt. Bei der naſſen Aufbereitung (Kohlenwäſche), die eine weitergehende Trennung, namentlich vom Schwefelkies u. ſ. w., erlaubt, bedient man ſich eines Syſtems von Setzmaſchinen, Spitzkaſtengerinnen und Schlammſümpfen, aus welch letzteren die einzelnen Korngrößen entnommen und dann getrocknet werden. Das Weſen der naſſen Aufbereitung beruht darauf, daß die Fallgeſchwindigkeit feſter Körper im Waſſer einerſeits von ihrem ſpezifiſchen Gewicht, anderſeits von ihrer Korngröße abhängt. In den Setzmaſchinen werden die Kohlen auf einem ſchwach geneigten Planſieb ausgebreitet, während von untenher ein Waſſerſtrom durch die Maſchen dieſes Siebes tritt und die gleichartigen Stücke bis zu einer beſtimmten Höhe emporhebt, von der ſie ſeitlich abgenommen werden.***)

Die verſchiedenen Korngrößen unterſcheidet man als Stückkohlen (über 80 mm), als Würfelkohlen (80—40 mm), als Nußkohlen (40—45 mm), als Gruskohlen (15—8 mm) und als Staub- oder Feinkohlen (unter 8 mm).†)

Die Steinkohle bildet matte oder glänzende Stücke, die eine braune bis rein ſchwarze Farbe, ebenſolchen Strich und ein ſpez. Gew. von 1,2—1,4 zeigen. Die beim Zerkleinern entſtehenden Bruchſtücke weiſen meiſt glatte, rechtwinklig aneinander ſtoßende Flächen auf. Organiſierte Struktur iſt an der Steinkohle nicht direkt zu erkennen; häufig erweiſt ſie ſich dagegen von eingeſprengter Gangart durchſetzt. In den meiſten Fällen ſtellen die den Inhalt der einzelnen Flöze bildenden Kohlen — abgeſehen von Einſprengungen — in Hinſicht auf

*) Genauere Angaben über die Ausdehnung der einzelnen Kohlendiſtrikte der Vereinigten Staaten finden ſich Zeitſchr. des Vereins deutſcher Ingenieure 1894, S. 948.

**) Nach dem Ergebnis von neuerdings in Südengland vorgenommenen Bohrungen erſcheint der Zuſammenhang der dortigen Becken mit denjenigen Nordfrankreichs, Belgiens ſowie des Ruhr- und Aachener Reviers zweifellos.

***) Kohlenaufbereitungsanlagen bauen u. a.: Schüchtermann & Krämer, Dortmund, Maſchinenbauanſtalt O. Schüler in Berlin, Maſchinenbauaktiengeſellſchaft Humboldt, Kalk, Wilhelmshütte, Waldenburg i. Schl., Kgl. Hüttenamt Gleiwitz.

†) Einheitliche Klaſſierung iſt weder auf deutſchen noch ausländiſchen Zechen eingeführt.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Textur kein einheitliches Gebilde dar, ſondern erweiſen ſich bei näherer Betrachtung als Gemenge verſchiedener morphologiſcher Elemente, von denen hier nur die als Glanzkohle und als Mattkohle bezeichneten Arten berückſichtigt werden können.*)

Die Glanzkohle beſitzt eine tiefſchwarze Farbe, lebhaften Glasglanz, große Sprödigkeit und vollkommene Spaltbarkeit. Sie iſt die verbreitetere Varietät und bildet als ſolche die Maſſe des Anthrazits. Dieſe Kohlenart, die hauptſächlich in Nordamerika, außerdem in England, Belgien und Frankreich, ſeltener und in weniger reinem Zuſtand dagegen in den deutſchen Revieren auftritt, iſt durch ihre Formbeſtändigkeit in der Hitze und den geringen Gehalt an flüchtigen Beſtandteilen ausgezeichnet. Der Anthrazit iſt ſchwer entzündlich und verbrennt nur bei ſtarkem Zug mit kurzer, rauchloſer Flamme.

Die Mattkohle iſt grauſchwarz bis bräunlichgrau, glanzlos, zeigt ebenen bis flachmuſcheligen Bruch und geringe Sprödigkeit. Sie iſt weniger verbreitet als die Glanzkohle und bildet als ſolche die Maſſe der Cannel- oder echten Gaskohle. Dieſe Kohlenart, die ſich namentlich in Auſtralien und in England, weniger häufig im Saar- und Ruhrgebiet findet, iſt ſehr reich an flüchtigen Beſtandteilen, indem ſie beim Erhitzen bis zu 50 % ihres Gewichts verliert. Sie entzündet ſich leicht und verbrennt mit langer, leuchtender Flamme. Als jüngſte Varietät der Steinkohle ſteht ſie in mancher Hinſicht der Braunkohle nahe, unterſcheidet ſich jedoch von dieſer durch die größere Widerſtandsfähigkeit gegen Salpeterſäure und gegen Kalilauge.

Der Anthrazit einerſeits und die Cannelkohle anderſeits repräſentieren die größten Gegenſätze unter den Steinkohlen; alle übrigen Arten können als Mittel- oder Bindeglieder zwiſchen der älteſten und der jüngſten Varietät aufgefaßt werden.

Die Einteilung der Steinkohlen nach Gattungen iſt auf ihr Verhalten im bedeckten Platintiegel gegründet und ſteht mit ihrer Verwendbarkeit für beſtimmte Zwecke in ſehr nahem Zuſammenhang. Als Klaſſifizierungsprinzip dient die Beſchaffenheit der Verkokungsrückſtände, die bei gleicher Herſtellungsweiſe je nach der Natur der Kohle entweder keine nennenswerte Verſchiedenheit dem urſprünglichen (gepulverten) Material gegenüber zeigen, oder aber eine mehr oder weniger weit fortgeſchrittene Schmelzung erkennen laſſen. Falls die Verflüſſigung nicht weiter geht, als daß die einzelnen Partikelchen erweichen und nach dem Erkalten oberflächlich zuſammengeklebt erſcheinen, bezeichnet man dieſen Grad als Sintern; der Uebergang in den vollkommen teigartigen Zuſtand, der ein Aufblähen der Maſſe durch die entweichenden Gaſe zur Folge hat, entſpricht dagegen dem Schmelzen.

Auf Grund dieſes charakteriſtiſchen Verhaltens unterſcheidet man zunächſt drei Gattungen von Kohlen:

1. Sandkohle. Eine gepulverte Probe derſelben behält nach dem Verkoken ihre Form bei und bleibt rein pulverig.

2. Sinterkohle. Die Koks erſcheinen zu einer zuſammenhängenden, feſten Maſſe zuſammengeſintert.

3. Backkohlen. Die Koks bilden eine geſchmolzene Maſſe von glattem, metallglänzendem Aeußern und von größerem Volumen als vor der Verkokung.

Die zwiſchen 1. und 2., reſp. zwiſchen 2. und 3. exiſtierenden Uebergangsformen bezeichnet man als ſinternde Sandkohle reſp. als backende Sinterkohle. Die Koks der ſinternden Sandkohle ſind nur am Rand feſt geſintert, in der Mitte aber noch locker; diejenigen der backenden Sinterkohle laſſen eine vollſtändige Schmelzung erkennen, ſind aber knoſpenartig aufgebrochen.

Weiterhin teilt man die Kohlen je nach der Größe der Flamme, die ſie beim Verbrennen entwickeln, in kurzflammige und in langflammige. Hierfür iſt die Menge des disponibeln Waſſerſtoffs reſp. der ſich beim Erhitzen abſpaltenden Gaſe und Dämpfe ausſchlaggebend und zeigen aus dieſem Grunde die Anthrazite die kürzeſte, die Cannelkohlen die längſte Flamme. Die übrigen Sand- und Sinter- ſowie die Backkohlen ſind teils kurz-, teils langflammig.

Im Hinblick auf ihr Verhalten in der Hitze bezeichnet man die Backkohlen auch als fette Kohlen und ſtellt ſie den hitzebeſtändigen Sand- und den ſich hierbei nur wenig verändernden Sinterkohlen gegenüber, die von dieſem Geſichtspunkte aus mager oder trocken erſcheinen.

Friſch geförderte Kohlen enthalten manchmal erhebliche Mengen von Methan eingeſchloſſen, das beim Lagern an der Luft verſchwindet. Weiche Sorten abſorbieren dann durch Flächenanziehung Luft reſp. atmoſphäriſchen Sauerſtoff und erleiden eine langſame Oxydation, in deren Folge fette Kohlen in magere übergehen können, womit eine wenn auch geringe Abnahme des Heizwertes Hand in Hand geht. Beim Lagern im Freien verwittern derartige Kohlen und zeigen namentlich bei größerem Schwefelkiesgehalt eine Neigung zum Zerfallen in kleinere Stücke. Dadurch wird der erwähnte Oxydationsprozeß begünſtigt und die mit dieſem verbundene Wärmeentwicklung kann zu einer für die Selbſtentzündung der Kohlen hinreichenden Temperaturſteigerung Veranlaſſung geben.**)

Die prozentiſche Zuſammenſetzung der verſchiedenen Steinkohlen ſchwankt zwiſchen 70 bis 93 % Kohlenſtoff, 4,5 bis 6 % Waſſerſtoff, 4 bis 20 % Sauerſtoff, 0,2 bis 1,5 % Stickſtoff, 3 bis 12 % Mineralſubſtanzen und 2 bis 4 % hygroſkopiſchem Waſſer.

Die Art und Weiſe, in der die konſtituierenden Elemente miteinander verbunden ſind, iſt bislang nicht aufgehellt, und ſteht nur feſt, daß die Kohlen im allgemeinen ein Gemenge

*) Die nur ſelten und immer in dünnen Lagen auftretende Faſerkohle ſowie der Kohlen- oder Brandſchiefer, der einen mit kohliger Subſtanz imprägnierten Tonſchiefer darſtellt, ſind von untergeordnetem Intereſſe.

**) Dieſer Eventualität begegnet man erfahrungsgemäß am beſten dadurch, daß man den Halden nur eine Höhe von ca. 1,5 m gibt. Das Einſetzen von Luftſchächten in die Haufen hat ſich als unzweckmäßig erwieſen; glimmende Haufen ſind mit der Schaufel auseinander zu werfen und an der Luft auszubreiten reſp. mit Waſſer zu löſchen.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

kompliziert zusammengesetzter Substanzen sind. Backende Kohlen geben an einzelne Lösungsmittel, wie Benzol, Chloroform u. s. w., stark fluoreszierende Körper ab, die jedoch noch nicht im reinen Zustand erhalten worden sind. Beim Erhitzen im Rohr zerfallen die wasserstoff- und sauerstoffhaltenden Bestandteile der Kohle und liefern dabei kohlenstoffhaltende Zersetzungsprodukte, die sich im allgemeinen von denjenigen der Braunkohle im wesentlichen durch einen geringeren Sauerstoffgehalt unterscheiden. Bei dieser Gelegenheit verflüchtigt sich auch der Stickstoff in Form von Ammoniak oder von Abkömmlingen dieser Base und steht hiermit die stark alkalische, für die Steinkohle charakteristische Reaktion des wässerigen Destillats im Zusammenhang. Ob neben dem Schwefel, der in Form von Schwefelkies einen konstanten Begleiter (1—2%) der Steinkohle bildet,*) auch Schwefel „in organischer Bindung" vorhanden ist, muß vorläufig dahingestellt bleiben.

Beim Verbrennen entwickelt die Steinkohle 6500—7800 W.E. und hinterläßt dabei eine Asche, die hauptsächlich aus den Sulfaten und Silikaten des Calciums, Magnesiums, Aluminiums und Eisens besteht,**) während Karbonate, Phosphate und Chloride der Alkalimetalle fast gänzlich fehlen. Bei Gegenwart bestimmter Mengen von Eisenoxyd oder von Silikaten nimmt die Asche eine mehr oder weniger zähflüssige Beschaffenheit an und gibt dadurch Veranlassung zur Verstopfung der Rostspalten. Diesem Uebelstand kann manchmal durch eine geeignete Mischung der Kohlen begegnet werden; in andern Fällen setzt man der Kohle etwas Kalk oder Natriumsulfat zu und erzielt dadurch dünnflüssige Schlacken, was bei Generatorfeuerungen von Nutzen sein kann.

In der Regel enthält die Asche (Schlacke) unverbrannte Kohle resp. Koksstückchen mechanisch eingeschlossen, von welchen sie eventuell durch Auslesen befreit wird, um dann als Isolier- oder geringwertiges Schottermaterial bezw. in Verbindung mit Zement als Baustein Verwendung zu finden.

Außer zur direkten Feuerung und zum Generatorbetrieb dienen die Steinkohlen zur Leuchtgasfabrikation und zur Koksbereitung. Für den erstgenannten Zweck können alle Kohlensorten mehr oder weniger vorteilhaft benutzt werden; für den Generatorbetrieb eignen sich in erster Linie langflammige Sand- oder auch nichtbackende Sinterkohlen; für die Leuchtgasfabrikation kommen hauptsächlich langflammige Back- oder Sinterkohlen (Gaskohlen) in Betracht und für die Koksbereitung sind kurzflammige Backkohlen den übrigen Gattungen vorzuziehen.

In bezug auf die Verwendung zur direkten (Rost-)Feuerung ist zu bemerken, daß sich langflammige Back- wie auch Sinterkohlen für den Flammofen- und Dampfkesselbetrieb, kurzflammige Sandkohlen zum Brennen von Kalk oder Ziegeln (im Schacht- resp. Ringofen) am vorteilhaftesten erweisen. Anthrazite finden auf dem Kontinent vorzugsweise zum Heizen von Zimmeröfen und zur Wassergasbereitung, in Amerika außerdem zum Hochofenbetrieb Verwendung. — Häufig erscheint es angezeigt, verschiedenartige Kohlen miteinander zu mischen, um die Brauchbarkeit einer vorhandenen, für einen bestimmten Zweck weniger geeigneten Kohle zu erhöhen. So läßt sich z. B. eine stark backende und deshalb für die Rost- und Generatorfeuerung unvorteilhafte Sorte durch Zumischen von mageren Kohlen (Sandkohle) wesentlich verbessern, wie umgekehrt eine kurzflammige Sandkohle nach Zusatz von fetter Kohle (Backkohle) als Flammofenkohle verwertet werden kann. Im übrigen kann nur auf Grund vergleichender Versuche über den Heizwert und über das allgemeine Verhalten sowie unter Berücksichtigung der Preisverhältnisse entschieden werden, welche Kohle unter den gegebenen Verhältnissen den Vorzug verdient.

Briketts. Die beim Abbau und bei der Aufbereitung massenhaft abfallende Feinkohle eignet sich nicht für den Versand auf größere Entfernungen. Da jedoch nur ein kleiner Teil der Gesamtproduktion in der Umgebung der Zechen verfeuert werden kann, so verwertet man die gasärmeren Fein- oder Staubkohlen vorwiegend in der Weise, daß man die einzelnen Partien auf maschinellem Wege zu kompakten Stücken, Briketts, formt, während die fetten Sorten hauptsächlich in der Kokerei Verwendung finden. Behufs Herstellung von Briketts mischt man das pulverige Material zunächst mit einem leicht erweichenden Bindemittel und bringt dann die in der Wärme plastisch werdende Masse unter sehr starkem Druck in Ziegelform, wodurch ein bei gewöhnlicher Temperatur festes, beim Transport nicht zerfallendes Produkt erhalten wird. Von den vielen zu diesem Zweck vorgeschlagenen Bindemitteln hat sich das bei der Destillation des Steinkohlenteers hinterbleibende Schwarzpech (Hartpech) als das zweckentsprechendste erwiesen, da schon ein geringer Prozentsatz (3—5%) zur Verklebung ausreicht, und da das Pech selbst, ohne Asche zu hinterlassen, unter bedeutender Wärmeentwicklung verbrennt.***) — Näheres s. Brikettieren.

Die Vorzüge, welche die Briketts der ungeformten Kohle gegenüber bieten, liegen insbesondere in ihrer Unveränderlichkeit beim Lagern, in ihrer stets gleichförmigen Beschaffenheit, in ihrer bequemen, eine vollkommene Ausnutzung des Verladeraums gestattenden Form

*) Der Schwefelkies ist auf dem Weg der Infiltration in die Kohle gelangt und meistens in Form dünner Lamellen eingesprengt.

**) Der hier und da zu beobachtende Schwefelcalciumgehalt der Asche erklärt sich durch die reduzierende Wirkung der glühenden Kohle auf das Calciumsulfat.

***) Neuerdings ist auch die Verwendung der bei der Sulfitcellulosefabrikation abfallenden, an organischen Substanzen reichen Lauge zu diesem Zweck vorgeschlagen worden.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

ſowie in ihrer leichten Verbrennlichkeit und der damit zuſammenhängenden geringen Rauchentwicklung. In Hinſicht auf Heizwert erweiſen ſich dagegen die Briketts dem nichtbrikettierten Material kaum überlegen. Zum Zweck der Erzielung vollkommen rauchfrei verbrennender Briketts hat man vorgeſchlagen, der Feinkohle ſauerſtoffabgebende Körper, wie Braunſtein u. ſ. w., beizumengen, wie auch die Beimiſchung geringer Mengen von Kalkſteinpulver behufs Bindung der bei der Verbrennung aus dem Schwefelkies ſich bildenden ſchwefligen Säure empfohlen worden iſt. Die deutſche Produktion von Briketts iſt im Vergleich zu der mehrere Millionen Tonnen jährlich betragenden franzöſiſchen, belgiſchen und engliſchen gering; doch iſt ſie in ſteter Zunahme begriffen.

Koks. Der bei der trockenen Deſtillation der Steinkohlen hinterbleibende Rückſtand, der Koks, bildet beim Kokereibetrieb das Hauptprodukt, während er bei der Leuchtgasfabrikation als Nebenprodukt abfällt. In den Kokereien wird heutzutage beinahe nur noch in der Weiſe gearbeitet, daß die Kohle (hauptſächlich in Form von Feinkohle) in gemauerte, von Heizkanälen durchzogene und verſchließbare Kammern eingefüllt und dann ſo lange erhitzt wird, als noch flüchtige Beſtandteile entweichen, welche in einem mit der Kammer verbundenen Kondenſationsſyſtem abgefangen werden. Nach Beendigung der Operation wird der Ofen entleert und der herausgezogene noch glühende Koks mit Waſſer abgelöſcht. Die Verkokung bezweckt neben der Entfernung der ſich beim Erhitzen zerſetzenden Beſtandteile die Verflüchtigung des die Verwendbarkeit der Rohkohle zur Metallgewinnung beeinträchtigenden Schwefelgehalts, der größtenteils auf beigemengten Schwefelkies zurückzuführen iſt. Die auf dem angegebenen Weg gewonnenen ſogenannten metallurgiſchen Koks bilden harte, metallglänzende Stücke. Sie müſſen einerſeits genügende Feſtigkeit beſitzen, um das im Hochofenſchacht auf ihnen laſtende Gewicht der Poſt ohne Formveränderung zu tragen, und anderſeits porös genug ſein, um eine energiſche Reduktion des Kohlendioxyds zu bewirken. Die metallurgiſchen Koks finden hauptſächlich im Hüttenbetrieb ſowie zum Schmelzen von Metallen Verwendung und vermögen die Holzkohlen in den meiſten Fällen zu erſetzen. Die bei der Leuchtgasfabrikation abfallenden Koks eignen ſich für die genannten Zwecke wegen ihrer geringen Feſtigkeit und großen Poroſität nicht und dienen vorwiegend als Hausbrand.

Die Koks enthalten 90—95 % Kohlenſtoff, 0,2—1,5 % Waſſerſtoff, 1—4 % Sauerſtoff, 0,4—1,5 % Stickſtoff, 1 % Schwefel, 5—8 % Aſche und 2—4 % hygroſkopiſches Waſſer. Der Kohlenſtoff iſt unzweifelhaft zum größten Teil in elementarem Zuſtand vorhanden; bezüglich der Art der Bindung der übrigen Beſtandteile gehen die Anſichten auseinander. Die Koks ſind ſchwer entzündlich und verbrennen mit kurzer blauer Flamme, wobei ſie bis zu 7800 W.E. liefern. Die Brikettierung von Koksklein mit Erzen zum Zweck der Metallerzeugung ſowie der Herſtellung von Koksſteinen zum Ausſetzen von Hochofenſohlen iſt vorläufig nicht über das Stadium der Verſuche hinausgelangt.

b) Flüſſige Brennmaterialien.

Unter den flüſſigen Heizſtoffen beſitzen nur das Petroleum und der Steinkohlenteer einige Bedeutung; andre brennbare Flüſſigkeiten, wie Benzin, Alkohol, Holzgeiſt, Oele u. ſ. w., kommen nur für den direkten Betrieb von Verbrennungsmotoren in Betracht.

Petroleum. Während man früher mit Hoefer auf Grund von Beobachtungen, die Engler bei der Deſtillation des Fiſchtrans unter Druck gemacht hatte, ziemlich allgemein annahm, daß das Petroleum das Produkt der unter beſonderen Verhältniſſen vonſtatten gegangenen Zerſetzung mariner Tiere ſei, haben ſich neuerdings auch andre Anſichten Geltung verſchafft.

Insbeſondere hat die von Berthelot, Mendeljeff und Moiſſau vertretene Auffaſſung, daß das Petroleum aus im Erdinnern vorhandenen Karbiden und Waſſer entſtanden ſei, viele Anhänger gefunden, und auch die von G. Krämer aufgeſtellte Hypotheſe, daß als Material für die Bildung des Petroleums wie auch des Ozokerits Diatomeen in Betracht kommen, wird von mancher Seite geteilt.

Das Vorkommen von Petroleum iſt an vielen Orten und in den verſchiedenſten Formationen nachgewieſen worden. Das maſſenhafte Auftreten dieſes Naturprodukts beſchränkt ſich jedoch auf die nordamerikaniſchen und die kaukaſiſchen Oeldiſtrikte (Pennſylvanien, Ohio, Kanada, bezw. Halbinſel Apſcheron, Baku), deren Produktion 90 % der geſamten beträgt. Im Vergleich hiermit ſind die peruaniſchen, galiziſchen und rumäniſchen Fundſtellen nur von untergeordneter Wichtigkeit. Im Deutſchen Reich hat man außer bei Pechelbronn und bei Peine auch an der Wietze in der Gegend von Celle Petroleum in die Ausbeutung lohnenden Mengen erbohrt, das zwar nur wenig niedrig ſiedende Anteile enthält, dagegen beſonders reich an als Schmieröl verwendbaren Partien iſt.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Das aus Bohrlöchern infolge des auf ihm laſtenden Gasdruckes ſpontan zutage tretende oder mittels Pumpen geförderte Rohöl ſtellt nach Abſcheidung des mitgehobenen Salzwaſſers eine je nach Fundort gelbe bis ſchwarze Flüſſigkeit von eigentümlichem Geruch und einem zwiſchen 0,75 bis 0,98 liegenden ſpez. Gew. dar, die im weſentlichen aus einem komplexen Gemenge von Kohlenwaſſerſtoffen der Paraffinreihe — wie das amerikaniſche — oder aus ſolchen der Naphthenreihe — wie das kaukaſiſche — beſteht. Daneben enthalten die Rohöle noch geringe Mengen andrer Körper, wie Petrolſäuren, Schwefelverbindungen, Pyridin u. ſ. w., die zum größten Teil durch Behandeln mit Natronlauge und konzentrierter Schwefelſäure entfernt werden können.

Das Rohpetroleum wird nur ausnahmsweiſe als ſolches verfeuert; in der Regel wird es zum Zweck der Abſcheidung einzelner Partien von beſtimmten Siedepunktgrenzen der fraktionierten Deſtillation unterworfen. Die bis 180° übergehenden, nur wenige Prozente betragenden Anteile ſtellen die ſogenannte Petrolnaphtha dar, die ihrerſeits bei weiterer Aufarbeitung Petroläther, Gaſolin, Petrolbenzin und Ligroin liefert. Die auf die Naphtha folgende, ca. 40% vom Rohöl betragende Partie iſt das Leuchtpetroleum (Keroſin). Das Abdeſtillieren dieſes Produktes wird ſo lange fortgeſetzt, bis die Temperatur im Keſſel gegen 300° geſtiegen iſt. Nur der oberhalb dieſer Grenze ſiedende Rückſtand, der bis zu 50% vom Rohölgewicht beträgt, kommt, ſoweit er nicht zur Schmierölfabrikation verwendet wird, als Brennſtoff in Betracht. Dieſer Petrolrückſtand (Maſud) bildet eine dicke, zähflüſſige, ſchwarze Flüſſigkeit, deren durchſchnittliche Zuſammenſetzung zu 88% Kohlenſtoff und 12% Waſſerſtoff angenommen werden kann. Er entzündet ſich nur ſchwer und verbrennt unter gewöhnlichen Umſtänden mit ſtark qualmender Flamme. Mit Hilfe von Zerſtäubungsvorrichtungen gelingt es jedoch, die Verbrennung zu einer völlig rauchloſen zu geſtalten, wobei eine 13,5—14fache Verdampfung erzielt wird. Infolge ihres hohen Heizwertes und ihrer relativ geringen Raumbeanſpruchung eignen ſich die Petrolrückſtände für die Lokomotiv- und Schiffskeſſelheizung und iſt die Petrolfeuerung insbeſondere auf den pennſylvaniſchen, kaukaſiſchen und ſüdruſſiſchen Bahnen ſowie auf den das Kaſpiſche und Schwarze Meer, die Wolga und die untere Donau befahrenden Dampfern eingeführt. Auch die ruſſiſche Kriegsmarine bedient ſich in ausgedehnteſtem Maßſtab dieſes Brennſtoffs. Die Verwendungsfähigkeit der Petroldeſtillate zum direkten Motorenbetrieb beruht auf der allen Dämpfen leichtflüſſiger Kohlenwaſſerſtoffe gemeinſamen Eigenſchaft, mit atmoſphäriſcher Luft exploſible Gemenge zu bilden. Bei den niedrig ſiedenden Produkten, wie Gaſolin, erfolgt der Uebergang in Dampfform teilweiſe ſchon bei gewöhnlicher Temperatur. Den höher ſiedenden, wie z. B. dem Leuchtpetroleum, muß Wärme zugeführt werden, um die Dampfſpannung zu erhöhen.

Die deutſche Produktion an Rohöl betrug 1902 ca. 50000 Tonnen im Wert von ca. 3,35 Millionen Mark.

Teer. Der Teer iſt ein Produkt der trockenen Deſtillation der rohen Brennſtoffe und ſtellt eine ſchwarze, dicke Flüſſigkeit von eigentümlichem Geruch und einem 1,0 nur wenig überſteigenden ſpez. Gew. dar. Die Zuſammenſetzung des Teers iſt in erſter Linie von der Natur des Rohſtoffs und außerdem bis zu einem gewiſſen Grad von der Zerſetzungstemperatur abhängig.

Von den verſchiedenen Arten von Teer hat nur der Steinkohlenteer (ſ. Teer) früher in größerem Maßſtab als Brennmaterial in den Gasfabriken Verwendung gefunden. Heutzutage wird der Teer faſt immer behufs Gewinnung ſeiner wertvollen Beſtandteile der Deſtillation unterworfen und iſt nur der hierbei hinterbleibende, ca. 50% vom Teergewicht betragende Rückſtand, das ſogenannte Schwarzpech (Hartpech), inſofern für die Brennſtoffinduſtrie von Bedeutung, als es als Bindemittel bei der Brikettierung des Steinkohlenkleins dient. Das Schwarzpech, das eine feſte, bei niederer Temperatur ſpröde, in der Wärme erweichende Maſſe darſtellt, beſteht im weſentlichen aus nicht näher ſtudierten Kohlenwaſſerſtoffen, aus Kohlenpartikelchen u. ſ. w. und verbrennt im erhitzten Zuſtand mit roter, ſehr ſtark qualmender Flamme. Außer zur Brikettgewinnung wird es zur Herſtellung ordinärer Rußſorten (Pechruß), ſowie gelegentlich zur Erzeugung von vollkommen rauch- und aſchenfreiem Pechkoks benutzt.

c) Heizgaſe.

Die Heizgaſe enthalten als wärmeliefernde Beſtandteile hauptſächlich Waſſerſtoffgas, Kohlenoxyd und Methan. Dagegen iſt das Aethylen, das Acetylen und das Benzol von geringerer Wichtigkeit.

Naturgas. Die an einzelnen Punkten der Erde, ſo insbeſondere in Pennſylvanien, in der Umgebung von Baku, in Perſien und in China, außerdem auch bei Wels in Oberöſterreich vorkommenden, zum Teil ſchon im Altertum bekannten Quellen brennbarer Gaſe ſtehen in der Regel mit unterirdiſchen Erdölablagerungen derart in Verbindung, daß Gas und Oel urſprünglich in einer gemeinſamen Höhlung eingeſchloſſen ſind. Sobald auf irgend eine Weiſe eine Kommunikation mit der freien Atmoſphäre hergeſtellt wird, entweicht das Gas mit mehr oder weniger großer Vehemenz, wobei ſeine Temperatur infolge der äußeren Arbeitsleiſtung ſinkt. Gewöhnlich verſiegt der Gasſtrom nach kurzer Zeit und an ſeiner Stelle erſcheint eine Erdölquelle. In einzelnen Fällen bleibt jedoch die Menge des in der Zeiteinheit ausſtrömenden Gaſes ziemlich konſtant, ſo daß man beſondere Einrichtungen zum Auffangen und Fortleiten des Gaſes getroffen hat, um es als Brennmaterial verwerten zu können. Von beſonderer Wichtigkeit iſt das Vorkommen des Naturgaſes für Pittsburg geworden, das einen anſehnlichen Teil ſeines Wärmebedarfs für häusliche und gewerbliche Zwecke auf dieſe Weiſe deckt. — Die Zuſammenſetzung des Naturgaſes, die ſelbſt bei einer und derſelben Quelle innerhalb ziemlich weiter Grenzen ſchwankt,

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

kann zu 70 Volumprozent Methan, 20 Volumprozent Wasserstoff neben 10 Volumprozent indifferenter Gase (Kohlensäure und Methan) angenommen werden. Außer für Heizzwecke wird das Gas auch in großem Maßstab zur Herstellung von Rußschwarz verwendet.

Künstliche Brenngase. Die künstlichen Brenngase werden aus festen Brennstoffen erzeugt. Flüssige Stoffe, wie Teeröle, Petrolrückstände u. s. w., kommen beinahe nur für die Gewinnung von Gasen zu Beleuchtungszwecken in Betracht. Die Ueberführung der festen Brennstoffe in Gasform kann nach zwei prinzipiell verschiedenen Methoden erfolgen. Die eine derselben, die mit Ausnahme von Holzkohle, Koks und Anthrazit auf alle festen wie auch auf die flüssigen Materialien angewendet werden kann, steht im engsten Zusammenhang mit dem Wasserstoffgehalt dieser Materialien und beruht auf der Wirkung der Wärme auf viele kompliziert zusammengesetzte organische Verbindungen, die dadurch in einfacher zusammengesetzte zerfallen. Zur Ausführung der Methode für feste Brennstoffe bedient man sich der trockenen Destillation, für flüssige der Ueberhitzung ihrer Dämpfe. Bei den Steinkohlen u. s. w. wird der durch die trockene Destillation bewirkte Vorgang als Entgasung bezeichnet. Die andre Methode, die sich auf alle festen, aber nicht in gleicher Weise auf die flüssigen Brennstoffe anwenden läßt, nimmt im wesentlichen nur auf den Kohlenstoffgehalt Rücksicht und ist auf die Ueberführbarkeit dieses Elements in Kohlenoxyd gegründet. Der hierzu benutzte Weg ist die unvollkommene Verbrennung, und diese kann sowohl mit Hilfe von freiem als auch von gebundenem Sauerstoff vorgenommen werden. Der Vorgang selbst wird als Vergasung bezeichnet; Vergasung und Entgasung finden nebeneinander statt, wenn rohe Brennstoffe (Anthrazit ausgenommen) unvollkommen verbrannt werden.

Destillationsgase. Für die Qualität und Quantität der bei der trockenen Destillation von Brennstoffen entstehenden flüchtigen Produkte ist in erster Linie die Natur des Rohmaterials bestimmend; außerdem ist die Temperatur, bei welcher der Prozeß vor sich geht, von Einfluß. Die flüchtigen Produkte stellen zunächst ein Gemisch von Gasen und Dämpfen dar. Beim Abkühlen auf gewöhnliche Temperatur verflüssigen sich die Dämpfe und scheiden sich in Form von Teer und Wasser ab, welch letzteres einen Teil der darin leicht löslichen Gase zurückhält. Die gasförmig bleibenden Produkte bestehen aus Kohlendioxyd, Kohlenoxyd, Wasserstoff, Methan und ungesättigten Kohlenwasserstoffen und enthalten eventuell geringe Mengen von Ammoniak, Schwefelammonium u. s. w. Die bei der Destillation des Holzes, des Torfs und der Braunkohle auftretenden Gase sind mehr oder weniger reich an Kohlendioxyd und stellen demgemäß nur ein geringwertiges Heizgas dar; das aus Steinkohlen erzeugte Leuchtgas enthält nach der behufs Entfernung des Ammoniaks und der Schwefelverbindungen vorgenommenen Reinigung neben ca. 5 Volumprozent indifferenter Gase (Kohlendioxyd und Stickstoff) durchschnittlich 10 Volumprozent Kohlenoxyd, 45 Volumprozent Wasserstoff, 35 Volumprozent Methan und 5 Volumprozent ungesättigte Kohlenwasserstoffe.

Die Verbrennungswärme von 1 cbm Steinkohlengas (im Gewicht von 0,56 kg) beträgt 5200—5500 W.E. Da zur Erzeugung von 1 cbm Gas ein Aufwand von 3—3,5 kg Steinkohlen erforderlich ist und somit nur ein Viertel des in den Steinkohlen aufgespeicherten Wärmevorrats in das Leuchtgas übergeht, während der Rest in dem Koks zurückbleibt, so kann das Steinkohlengas nur unter bestimmten Voraussetzungen als Heizmaterial in Betracht kommen. Im allgemeinen wird das Leuchtgas nur in der Haushaltung, im Laboratorium und beim Auerschen Glühlicht als jederzeit zur Verfügung stehende und leicht regulierbare Wärmequelle benutzt. Der schon früher gemachte Vorschlag, das in den letzten Stadien der Destillation der Steinkohle übergehende wasserstoffreichere und lichtschwächere Gas getrennt aufzufangen und in besonderen Rohrleitungen den Feuerstellen zuzuführen, ist bislang nirgends zur Ausführung gelangt.

Durch unvollkommene Verbrennung erzeugte Gase. Luft- oder Generatorgas. Zum Zweck der Erzeugung von Luftgas läßt man durch glühende, in einem stehenden Zylinder (Generator) eingeschlossene Kohlen von untenher einen Luftstrom (Primärluft) treten und reguliert dessen Geschwindigkeit in der Art, daß das oben abziehende Gasgemisch möglichst frei von Kohlendioxyd und von Sauerstoff ist. Die Zusammensetzung des aus reiner Holzkohle und trockener Luft entstehenden Gases berechnet sich wie folgt: 1 kg Kohlenstoff liefert $28 : 12 = 2{,}33$ kg Kohlenoxyd. Da die Luft auf 23 Gew. O % Sauerstoff 77 Gew. O % N enthält, so führen die zur Bildung von 2,33 kg Kohlenoxyd erforderlichen 1,33 kg Sauerstoff $1{,}33 \cdot 77 : 23 = 4{,}45$ kg Stickstoff mit sich und es resultieren insgesamt 6,78 kg Gas, die aus 34,3 Gew. O % Kohlenoxyd und 65,7 Gew. O % Stickstoff bestehen. Beide Gasarten besitzen dasselbe spezifische Gewicht (1,25); demgemäß wird auch die volumprozentische Zusammensetzung des Luftgases durch die angegebenen Zahlen ausgedrückt.

Wird das Luftgas ohne vorhergehende Abkühlung durch nachträglich zugeführte Luft (Sekundärluft) von 0° verbrannt, so werden dadurch $2{,}33 \cdot 2428 = 5658$ (genauer 5665) W.E. frei, zu welchen noch die von dem Luftgas mitgeführten 2417 W.E. treten. Die Verbrennung in zwei Phasen liefert somit dasselbe Resultat wie die direkte Verbrennung, vorausgesetzt, daß keine Wärmeverluste stattfinden Wenn jedoch das Luftgas vor der Verbrennung mit Sekundärluft auf 0° abgekühlt wird, so werden nur 5658 W.E. erhalten, was einem Minderbetrag von 30,4 % gleichkommt. Hieraus ergibt sich ohne weiteres, daß das Luftgas unmittelbar nach seiner Erzeugung verbrannt werden muß, wenn ein Verlust von nutzbarer Wärme vermieden werden soll.

Bei der Luftgasbereitung aus rohen Brennstoffen gestalten sich die Vorgänge weniger einfach, als eingangs beschrieben. Zunächst ist das in den Generator eingeführte hygroskopische Wasser nicht ohne Einfluß auf die Temperatur des Gases, indem es namentlich beim Uebergang in den dampfförmigen Zustand Wärme aufnimmt und dadurch abkühlend wirkt. Weiterhin erfolgt die Reduktion von etwa an der Eintrittsstelle der Primärluft entstandenem Kohlendioxyd nicht momentan, sondern nur in dem Maß, als der aufsteigende Gasstrom mit der Oberfläche der höher gelegenen Brennstoffpartikel in Berührung kommt.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Um mit Sicherheit eine ausreichende Oberflächenwirkung zu erzielen, schichtet man den Brennstoff in Form kleiner Stücke im Gaserzeuger so hoch auf, daß der Widerstand, den die Füllung dem freien Durchgang des Gasstroms entgegensetzt, die von den jeweiligen Zug- oder Druckverhältnissen abhängige Grenze nicht überschreitet. Infolge der Abnahme der Temperatur nach oben hin und der Zunahme des Verdünnungsgrades des Kohlendioxyds geht die Reduktion des letzteren in der Regel nicht vollständig vor sich, so daß schon aus diesem Grunde die Zusammensetzung des technischen Generatorgases nicht genau der Theorie entspricht. Dazu kommt, daß infolge der im Innern des Gaserzeugers herrschenden hohen Temperatur die frisch eingefüllten Materialien zunächst eine Zersetzung erleiden, die sowohl nach ihren Endprodukten als auch nach den äußeren Bedingungen vollkommen der trockenen Destillation entspricht. Die gas- und dampfförmig entweichenden Partien mischen sich dem von unten aufsteigenden Gasstrom bei; der entgaste Rückstand sinkt in dem Maße, als die Verbrennung voranschreitet, nach in die tieferen Regionen und wird schließlich vergast. Zur Entgasung selbst ist ein bestimmter, nicht direkt berechenbarer Wärmeaufwand erforderlich, der auf Kosten eines Teils der Bildungswärme des Luftgases gedeckt wird, und ist die dadurch bedingte Temperaturherabsetzung namentlich bei Verwendung von Holz, Torf und Braunkohle nicht unerheblich. Was die Steinkohlen betrifft, so liefern diese je nach der Qualität, der Menge der innerhalb einer gegebenen Zeit durchgesetzten Kohle und der Art der Bedienung des Generators Gase von wechselnder Zusammensetzung; im Durchschnitt kann dieselbe zu 25 Volumprozent Kohlenoxyd, 6 Volumprozent Wasserstoff, 3 Volumprozent Methan, 1 Volumprozent ungesättigter Kohlenwasserstoffe, 62 Volumprozent Stickstoff und 3 Volumprozent Kohlendioxyd angenommen werden.*) 1 cbm = 1,1 kg des Gases (von 0°) liefert bei der Verbrennung mit Sekundärluft ca. 1200 W.E.

Durch Verkohlen von bituminöser Kleinkohle bei niedriger Temperatur unter Zuhilfenahme von Wasserdampf in eigens konstruierten, die gleichzeitige Gewinnung von Ammoniak ermöglichenden Apparaten hat L. Mond ein an Wasserstoff und Methan reiches Generatorgas hergestellt, das sich jedoch nur unter besonders günstigen örtlichen Verhältnissen vorteilhaft verwerten läßt. (Mondsches Gas.)

Die aus 1 kg der einzelnen Brennstoffe erhältlichen Luftgasmengen betragen:

Koks und Holzkohle	ca. 6,5 cbm
Steinkohle	„ 5,4 „
Braunkohle . . .	„ 3,5 „
Torf	„ 2,5 „
Holz	„ 2,0 „

Hochofengichtgas. Nach Bildungsweise und Zusammensetzung steht das Hochofengichtgas dem Luftgas nahe. Das erstere unterscheidet sich von dem letzteren hauptsächlich durch seinen höheren Gehalt an Kohlendioxyd, der auf zwei verschiedene Ursachen zurückzuführen ist. Die eine derselben ist die im Hochofen vor sich gehende Reduktion der oxydischen Erze, die eine teilweise Umwandlung des im Schacht aufsteigenden Kohlenoxyds in Kohlendioxyd zur Folge hat; die andre ist in der Zersetzung des als Zuschlag verwendeten Kalksteins zu suchen.

Das Hochofengichtgas enthält durchschnittlich 20 Vol. O % Kohlenoxyd, 18 Vol. O % Kohlendioxyd, 62 Vol. O % Stickstoff und liefert pro Kubikmeter = 1,3 kg ca. 800 W.E. Die mit dem Betrieb eines einzelnen Hochofens verbundene Gasproduktion beträgt bis zu 500000 cbm innerhalb 24 Stunden. Das Gas wird auf den Hüttenwerken selbst zum Vorwärmen des Gebläsewindes und neuerdings in ausgedehntem Maßstab zum Motorenbetrieb benutzt, in welchem Fall es zuvor vollkommen von mitgeführtem Flugstaub befreit sein muß. S. Verbrennungsmotoren.

Regenerierung des Kohlenoxyds. Anstatt die gesamte bei der Vergasung des Kohlenstoffs frei werdende Wärmemenge zur Temperaturerhöhung des entstehenden Luftgases zu verwenden, kann ein Teil derselben auch in dem Sinn verwendet werden, daß man mit ihrer Hilfe — unter gleichzeitiger Inanspruchnahme des im Generator stets vorhandenen Kohlenüberschusses — solche Reaktionen zur Durchführung bringt, die ihrerseits Kohlenoxyd liefern. Als nächstliegendes Mittel hierfür bietet sich a priori die Einführung von Kohlensäure neben der Primärluft in den Generator dar. Da im Innern desselben alle Bedingungen für die Reduktion dieses Gases vorhanden sind, so wird sich durch diesen Kunstgriff eine Anreicherung von Kohlenoxyd in den oben abziehenden Gasen erzielen lassen. Die Menge von Kohlenoxyd, die im Maximum in einem auf diese Weise erhaltenen Gasgemisch vorhanden sein kann, ist theoretisch durch das Verhältnis der bei der Luftgasbildung frei werdenden Wärmemenge (2417 W.E. pro 1 kg Kohlenstoff) zu dem für die Reduktion der Kohlensäure erforderlichen Wärmebedarf (890 W.E. pro 1 kg Kohlensäure) begrenzt. Unter der Voraussetzung, daß die gesamte Wärmeproduktion zu dem genannten Zweck disponibel sein würde, berechnet sich die Zusammensetzung des Gasgemisches zu 57 Volumprozent Kohlenoxyd und 43 Volumprozent Stickstoff. Vor einiger Zeit sind Versuche angestellt worden, das in den Abgasen der Feuerungen enthaltene Kohlendioxyd in dem angedeuteten Sinne zu verwerten, und hat insbesondere Siemens einen Generatorofen konstruiert, bei welchem ein Teil der Abgase wieder unter den Rost zurückgeführt wird, während gleichzeitig eine bestimmte Quantität Primärluft zutritt. Die der praktischen Durchführung des Projektes sich entgegenstellenden Schwierigkeiten sind jedoch, wie es scheint, noch nicht behoben.

Wassergas. Die Bildung des Wassergases beruht auf der Wechselwirkung zwischen hocherhitzter Kohle und Wasserdampf, die bei Temperaturen über 1200° im Sinne der Gleichung: $C + H_2O = CO = H_2$ vor sich geht. Dieser Prozeß entspricht dem Verhalten des Kohlenstoffs gegen viele andre anorganische Oxyde in der Hitze und ist durch die Abscheidung des elektronegativen Bestandteils der Sauerstoffverbindung in elementarer Form einerseits und die Entstehung

*) Das aus Holz, Torf u. s. w. erzeugte Gas enthält neben größeren Mengen von Kohlendioxyd beträchtliche Quantitäten von Wasserdampf, welch letzterer durch Abkühlen des Gases größtenteils entfernt werden kann.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

von Kohlenoxyd anderſeits charakteriſiert. Der obigen Gleichung gemäß bilden ſich hierbei gleiche Volumina oder $28 \cdot 100 : 30 = 93{,}3$ Gew. O % Kohlenoxyd und 6,7 Gew. O % Waſſerſtoff. Dieſe Zahlen geben jedoch die Zuſammenſetzung des Waſſergaſes nur dann wieder, wenn es unter der angegebenen Bedingung erzeugt wird; mit ſinkender Temperatur tritt an die Stelle des Kohlenoxyds allmählich Kohlendioxyd, und kann die Umſetzung bei ca. 500° als ausſchließlich nach der Gleichung $C + 2H_2O = CO_2 + 2H_2$ verlaufend angeſehen werden.

Die Verbrennung des Kohlenſtoffs zu Kohlenoxyd mittels Waſſerdampfs erfolgt im Gegenſatz zu derjenigen mittels atmoſphäriſchen Sauerſtoffs unter Wärmebindung: die Reaktion iſt endothermiſch und nicht exothermiſch. Wie bei der Vereinigung von 1 kg Waſſerſtoff mit 8 kg Sauerſtoff 29360 W.E. frei werden, ſo iſt auch umgekehrt zur Spaltung des Waſſers in ſeine Elemente der gleiche Wärmeaufwand erforderlich. 1 kg Waſſerdampf von 100° bedarf dementſprechend zur Zerlegung $29360 : 9 = 3260$ W.E. Hierbei entſtehen 0,89 kg Sauerſtoff und 0,11 kg Waſſerſtoff. Bei Gegenwart von Kohlenſtoff vereinigen ſich die frei werdenden 0,89 kg Sauerſtoff mit 0,66 kg des erſtgenannten Elementes zu 1,55 kg Kohlenoxyd, während der Waſſerſtoff intakt bleibt. Der Uebergang von Kohlenſtoff in Kohlenoxyd iſt auch bei Anwendung von gebundenem Sauerſtoff mit derjenigen Wärmeproduktion verbunden, die dieſem Vorgang eigentümlich iſt. Demgemäß werden durch den Prozeß ſelbſt $0{,}66 \cdot 2417 = 1595$ W.E. gewonnen. Dieſe 1595 W.E. ſind von den für die Zerlegungsarbeit von 1 kg Waſſerdampf aufzuwendenden 3260 W.E. in Abzug zu bringen; der Reſt 3260—1595 = 1665 W.E. iſt dagegen anderweitig zu decken, wenn einem Sinken der Temperatur vorgebeugt werden ſoll. Die Ausgleichung dieſes Defizits kann durch von außen zugeführte Wärme erfolgen, indem man das Gefäß, in welchem die Einwirkung des Waſſerdampfes auf die Kohlen ſtattfindet, erhitzt; in der Technik wird jedoch derſelbe Zweck in der Weiſe erreicht, daß Waſſerdampf und atmoſphäriſche Luft alternierend auf die Kohlenſchicht geblaſen und die jeweils entſtehenden Gaſe getrennt aufgefangen werden. Die abkühlende Wirkung, die der Waſſerdampf auf die heißen Kohlen ausübt, läßt ſich dadurch ausgleichen, daß man die Zuſtrömung für kurze Zeit unterbricht und dann — nach dem Umſchalten der Gasausſtrömungsventile — durch Einblaſen von Luft die Kohlen zu lebhafter Glut anfacht, wodurch ſie zu neuer Zerſetzungsarbeit befähigt werden. Durch abwechſelndes Einführen von Dampf und Luft in den Gaserzeuger wird ein je einige Minuten andauernder Strom von Waſſergas reſp. von Luftgas erzeugt und ſpielen ſich die beiden verſchiedenen Vorgänge in beliebig raſcher Folge hintereinander ab. — Als Material für die Herſtellung von Waſſergas dient vorzugsweiſe Anthrazit; die gebräuchliche Apparatur iſt unter Waſſergas beſchrieben.

Das techniſche Waſſergas beſteht durchſchnittlich aus 48 Vol. O % Waſſerſtoff, 43 Vol. O % Kohlenoxyd, 4 Vol. O % Kohlendioxyd und 5 Vol. O % Stickſtoff. Der Gehalt an Stickſtoff iſt auf eine der Natur des Betriebs nach unvermeidliche Beimengung von Luftgas zurückzuführen; das Kohlendioxyd rührt von der zwiſchen Kohlenſtoff und Waſſerdampf bei ſinkender Temperatur vor ſich gehenden Reaktion her. Infolge des Gehaltes der Anthrazitaſche an Schwefel- und Siliciumverbindungen ſind dem rohen Waſſergas geringe Mengen von Schwefel- und Siliciumwaſſerſtoff beigemengt, die durch Behandeln mit Waſſer und Kalk entfernt werden, ehe das Gas zur Verwendung gelangt. — 1 cbm = 0,71 kg Waſſergas liefert ca. 2600 W.E.

Unterſuchung der Brenngaſe. Behufs Feſtſtellung der Mengenverhältniſſe der Beſtandteile einer Gasprobe bedient man ſich einfacher Abſorptions-, Verbrennungs- und Verpuffungsmethoden. Die Abſorptionsmethoden beruhen darauf, daß die einzelnen Gasarten durch Löſungsmittel, welche auf die übrigen keine Wirkung ausüben, der Reihe nach entfernt werden, wobei ſich das Volumen des abſorbierten Beſtandteils aus der Differenz der Volumina vor und nach der Behandlung mit dem Abſorptionsmittel ergibt. Als Abſorptionsmittel kommen für ungeſättigte Kohlenwaſſerſtoffe rauchende Schwefelſäure, für Kohlenoxyd ſalzſaure oder ammoniakaliſche Kupferchlorürlöſung, für Kohlendioxyd Natronlauge und für Sauerſtoff alkaliſche Pyrogallollöſung oder Phosphor in Stangenform zur Verwendung.

Für Waſſerſtoff, Methan und Stickſtoff exiſtieren keine Löſungsmittel. Man bedient ſich zur Beſtimmung des Waſſerſtoffgaſes neben Methan des verſchiedenartigen Verhaltens des ſchwach erhitzten Palladiumaſbeſts zu den genannten Körpern bei Gegenwart von Sauerſtoff reſp. atmoſphäriſcher Luft und verfährt in der Art, daß man das mit einem abgemeſſenen Luftvolumen gemengte Gas mit der genannten Kontaktſubſtanz in Berührung bringt. Aus der eingetretenen Volumenminderung kann dann auf den Waſſerſtoffgehalt geſchloſſen werden. Das unter den angegebenen Verhältniſſen intakt bleibende Methan wird weiterhin in der Weiſe beſtimmt, daß man nach abermaliger Zugabe von Sauerſtoff eine Exploſion des Gasgemenges durch den elektriſchen Funken einleitet und aus der entſtandenen, durch Abſorption zu ermittelnden Kohlendioxydmenge das Volumen der urſprünglichen Subſtanz berechnet. Ein etwaiger Reſt iſt als Stickſtoff anzuſehen. Für die Beſtimmung kleiner Mengen von Methan in Grubenwettern (ſ. Wetter) verfährt man zweckmäßig in der Art, daß man ein großes, abzumeſſendes Volumen des zu unterſuchenden Gaſes über glühendes, in einer Glasröhre befindliches Kupferoxyd leitet und die entſtandene Kohlenſäure in Natronlauge auffängt.

Literatur: Fiſcher, Ferd., Chem. Technologie der Brennſtoffe, Braunſchweig 1901; Derſ., Feuerungsanlagen für häusliche und gewerbliche Zwecke, Karlsruhe 1887; Derſ., Taſchenbuch für Feuerungstechniker, 4. Aufl.; Derſ., Die Produktion von Brennſtoffen, Braunſchweig 1901; Fritzſche, P., Die Unterſuchung und Bewertung der Brennſtoffe, Leipzig 1897; v. Juptner, Die Beſtimmung des Heizwerts von Brennmaterialien, Stuttgart 1897; Schwackhöfer, Franz, Technologie der Wärme und des Waſſers, Wien 1883; Naumann, M., Techniſch-thermochemiſche Berechnungen zur Heizung, insbeſondere mit gasförmigen Brennſtoffen, Braunſchweig 1893; Mallard und Lechatellier, Recherches expérim. et théor. sur la combustion des mélanges gazeux explosifs, Paris 1883; Mahler, P., Contribution à l'Etude des combustibles, Détermination de leur puissance caloriferique, Paris 1893; Bunte, Bericht der Heizverſuchsſtation München, Bayer.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Induſtrie- und Gewerbeblatt 1879—83; Bunte, Zur Beurteilung der Brennſtoffe, München 1900; Stohmann und Kerl, Encyklopädiſches Handbuch der techniſchen Chemie, 4. Aufl., 4. Bd., Artikel „Heizſtoffe"; Zeitſchr. für das Berg-, Hütten- und Salinenweſen im preußiſchen Staat, „Stahl und Eiſen"; Journal für Gasbeleuchtung und Waſſerverſorgung; Zeitſchrift für angewandte Chemie; Oeſterr. Zeitſchrift für Berg- und Hüttenweſen.

Holz. Stern, Die mechaniſche Holzverkleinerung für Heizzwecke, Wien 1878; Hubharth, Die Verwertung der Holzabfälle, Wien, Peſt, Leipzig 1887; Vincent, C., La carbonisation des bois en vases closes, Paris 1873; Klar, M., Technologie der Holzverkohlung, Berlin 1903.

Torf. Seydel, Der Torf und ſeine rationelle Verwertung, Berlin 1873; Hausding, A., Handbuch der Torfgewinnung und Verwertung, 2. Aufl., Berlin 1904; Derſ., Die Torfwirtſchaft Süddeutſchlands und Oeſterreichs, Berlin 1878; Birnbaum, E. u. K., Die Torfinduſtrie und die Moorkultur, Braunſchweig 1880; Stiemer, Der Torf und deſſen Maſſenproduktion; Wolff, L. C., Verſuche über die Verwertung des Torfs, Zeitſchrift des Vereins deutſcher Ingenieure 1904, S. 887; v. Gieſe, Gewinnung und Verarbeitung von Torf in der Eifel, Aachen 1892; Torf als Streumaterial, Bayer. Induſtrie- und Gewerbeblatt 1889, 10; Heine, H., Techniſche Verwertung des Torfs, Chem. Zeiſchrift, 2, S. 522; Entwäſſern von Torf auf elektriſchem Wege, Zeitſchrift für angewandte Chemie 1903, S. 739.

Braunkohlen. Hotop u. Wieſenthal, Deutſchlands Braunkohle, ihre Gewinnung, Verwertung und wirtſchaftliche Bedeutung, Berlin 1903; Pollak, Die böhmiſche Braunkohle in den letzten 25 Jahren, Dresden 1877; Felix, Beiträge zur Kenntnis der foſſilen Hölzer Ungarns, Budapeſt 1887; Frieſe, Bilder von den Lagerſtätten des Silber- und Bleibergbaus zu Pribram und des Braunkohlenbergbaus zu Brünn, Wien 1887; Preißig, Die Preßkohleninduſtrie, Freiberg i. S. 1887; Vollert, Der Braunkohlenbergbau im Oberbergamtsbezirk Halle, Halle 1889; Scheithauer, Das Bitumen der Braunkohle, Zeitſchrift für angewandte Chemie 1904, S. 1112.

Steinkohlen. Toula, F., Die Steinkohlen, ihre Eigenſchaften und Vorkommen, Leipzig 1891; Mietſch, Geologie der Steinkohlenlager; Petzhold, Beiträge zur Kenntnis der Steinkohlenbildung, Leipzig 1882; Frech, Ueber Ergiebigkeit und vorausſichtliche Erſchöpfung der Steinkohlenlager, Stuttgart 1901; Muck, Die Chemie der Steinkohle, Leipzig 1891; Haton de la Goupillière, Grundriß der Aufbereitungskunde, überſetzt von Rauſcher, Leipzig 1886; Lamprecht, R., Die Kohlenaufbereitung, Leipzig 1888; Die Entwicklung des niederrheiniſch-weſtfäliſchen Steinkohlenbergbaus in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts, 11 Bände mit zahlreichen Textfiguren und lithographiſchen Tafeln, Berlin 1902; Fleiſchauer, G., Erläuterndes Verzeichnis der Steinkohlenzechen, Kokereien und Brikettfabriken des Ruhr- und weſtfäliſchen Gebiets, der Steinkohlengruben des Wurmreviers und der rheiniſchen Braunkohlengruben, Oberhauſen 1894; Wagner, Beſchreibung des Bergreviers Aachen, Bonn 1881; Kosmann, Oberſchleſien, ſein Land und ſeine Induſtrie, Gleiwitz 1888; v. Feſtenberg-Packiſch, Der Steinkohlenbergbau Niederſchleſiens, Breslau 1886; Beck, R., Die Flötzlagerung des Plauenſchen Grundes, Zeitſchrift der deutſchen Geolog. Geſellſchaft 1891, S. 767; Schwackhöfer, Die Kohlen Oeſterreich-Ungarns und Preußiſch-Schleſiens, Wien 1901; Hantken, Die Steinkohlenflöze in den Ländern der ungar. Krone, Budapeſt 1878; Katzer, Geologie von Böhmen, Prag 1892; Monographie des Oſtrau-Karwiner Steinkohlenreviers, Wien und Teſchen 1885.

Briketts. Gurlt, Die Bereitung der Steinkohlenbriketts, Braunſchweig 1880; Lunge, Die Induſtrie der Steinkohlenteerdeſtillation, 3. Aufl., Braunſchweig 1888; vgl. ferner die Literatur zum Art. Brikettieren.

Koks. Dürre, Die neuen Koksöfen, Leipzig 1892; Simmersbach, Grundzüge der Kokschemie, Berlin 1895; Derſ., Die Koksfeuerung als Löſung der Rauchfrage, Gelſenkirchen 1897.

C. Häußermann.

Brennſtrahl nennt man die Verbindungslinie eines Brennpunktes einer ebenen Kurve mit irgend einem Punkt derſelben.

Brennweite, ſ. Linſe und Spiegel.

Brenzeſſiggeiſt, ſ. v. w. Aceton (ſ. d.).

Brenzgallusſäure, ſ. v. w. Pyrogallusſäure (ſ. d.).

Breslauerbraun, ſ. Hatchetts Braun.

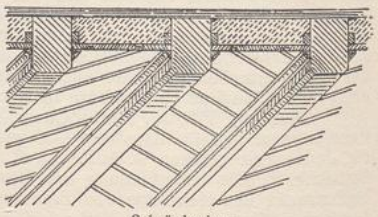
Breſſeſche Kreiſe, ſ. Beſchleunigungszentrum, Bd. 1, S. 720.

Bretagneprozeß der Bleigewinnung, ſ. Blei, S. 62.

Brettbaum, ſ. v. w. Sägeblock, Sägeklotz; ſ. Bretter.

Brettchenweberei, eine Webtechnik der Naturvölker.

Die Fachbildung kommt bei derſelben dadurch zuſtande, daß die Kettenfaden durch meiſt im Quadrat ſtehende Löcher von Brettchen geführt ſind, die behufs Fachbildung gedreht werden. Vgl. Leipz. Monatsſchrift f. Textilinduſtrie 1900, S. 13; Schinnerer, Antike Handarbeiten, Wien; Lehmann-Pilhés, Ueber Brettchenweberei, Berlin, Reimer 1901. *Ernſt Müller.*



Schrägboden.

Brettdecke (Bretterdecke). 1. Eine Decke, deren Unterſicht mit Brettern ſichtbar verſchalt iſt. Die Bretter können hierbei a) mit offenen, b) mit durch Fugenlatten verdeckten Fugen ungehobelt verbleiben oder aber in glatten Flächen

gehobelt, c) mit gefalzten Fugen eine einfache, oder d) mit profilierten Fugenleiſten eine reiche Ausbildung und Muſterung erfahren (ſ. a. Stülpen). 2. Balkendecke, deren Zwiſchenfüllung in ſichtbaren Brettern beſteht (Schrägboden; ſ. die Figur S. 296). Auch dieſe Art kann in ungehobeltem Holzwerk oder in einfacher oder reicherer Durchbildung der Flächen ausgeführt werden. *Weinbrenner.*

Bretter, die langen, verhältnismäßig dünnen, aus Baumſtämmen mit Sägemaſchinen geſchnittenen Platten.

Ihre Länge beträgt 3—7,5 m, ihre Dicke 6—45 mm. Stärkere Bretter, bis 100 mm Dicke, führen den Namen Bohlen, dünne werden zu Laubſägearbeiten verwendet oder dienen unter dem Namen Furniere (ſ. d.) bei einer Stärke von 0,5—2 mm zum Bekleiden und Einlegen von Tiſchlerarbeiten. — Die Bretter, auch Dielen genannt, führen verſchiedene Namen: Ganze Spundbretter ſind 42 mm ſtark, halbe Spundbretter 35 mm, Tiſchlerbretter 30 mm, Schalbretter 25 mm und Kiſtenbretter 5—20 mm ſtark. Das Abſchneiden der unregelmäßigen, mit Baumrinde verſehenen Seitenkanten heißt Beſäumen. Schneidet man Bretter in ſchmale Streifen, ſo nennt man dieſe Latten. Die dünnen Bretter für Zigarrenkiſten werden nicht durch Sägen hergeſtellt, ſondern ebenſo wie Furniere mit Meſſern ſpiralförmig von Holzblöcken abgeſchält (ſ. Holzbearbeitung). *Dalchow.*

Bretterſchalung, Bekleidung der Flächen an Decken und Wänden mit Schalbrettern zum Schutze gegen Wetterſchlag, Kälte u. ſ. w.

Bei glatter Schalung mit gefügten Brettern würden die Stoßfugen durch das Schwinden des Holzes ſich öffnen und unſchöne Spalten bilden; ſie werden deshalb 1. gefälzt und formal hervorgeſchoben, 2. durch Fugenleiſten überdeckt (ſ. Fig. 1—5). Zu weiterem Schutze der Schalung an den Außenſeiten der Gebäude iſt es erforderlich, den raſcheſten Abfluß des Waſſers herbeizuführen. Man erreicht dies durch a) ſenkrechte Richtung der Schalbretter bezw. Längsfugen, b) Vermeiden rauher Oberflächen ſowie c) von vorſtehenden Teilen. Demgemäß ſind die Schalbretter zu hobeln und an ihrer unteren Endigung nicht auf vortretende Leiſten aufzuſetzen, ſondern durch eine frei herabhängende Endigung (ſ. Fig. 6 und 7) abzuſchließen. Außerdem iſt ein gut deckender Oelfarbenanſtrich u. dergl. zur Erhaltung beſonders dienlich. *Weinbrenner.*

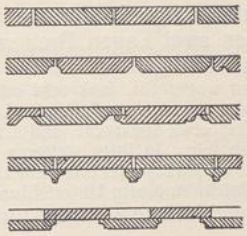


Fig. 1—5.

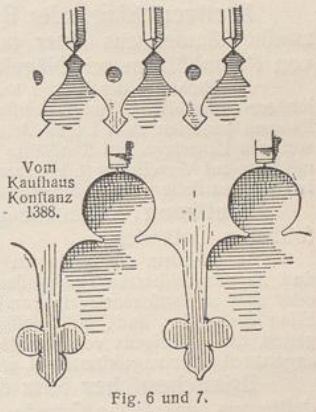


Fig. 6 und 7.

Bretterſchneidmaſchine, ſ. Holzbearbeitung.

Brettnagel (Dielennagel), eiſerner Nagel zur Befeſtigung der Bretter; man unterſcheidet halbe und ganze Brettnägel; erſtere ſind 6 cm, letztere 8 cm lang; ſ. Bodennagel. *Weinbrenner.*

Brettüre, einfachſte und älteſte Geſtaltung eines Türflügels, gebildet aus mehreren nebeneinander ſtehenden Brettern, rauh oder gehobelt, die durch Querleiſten zuſammengehalten und gegen Werfen geſchützt werden. Die Befeſtigung auf den Querleiſten kann a) durch Nagelung oder b) durch Einſchieben auf den Grat (Fig. 1) geſchehen. Im erſteren Falle iſt zum Schutze gegen Einſchlagen oder Senken der Türe eine Strebe oder ein Bug nötig (Fig. 2); vgl. Türe. *Weinbrenner.*

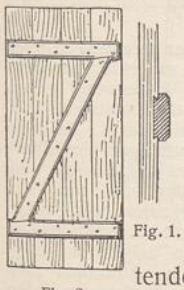


Fig. 1.

Fig. 2.

Brettung, eine aus Brettern geſchnittene Lehre für einen zu bearbeitenden Stein, für Holz oder Metall, zum Abbretten; ſ. Abbrettung.

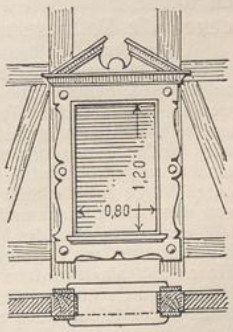


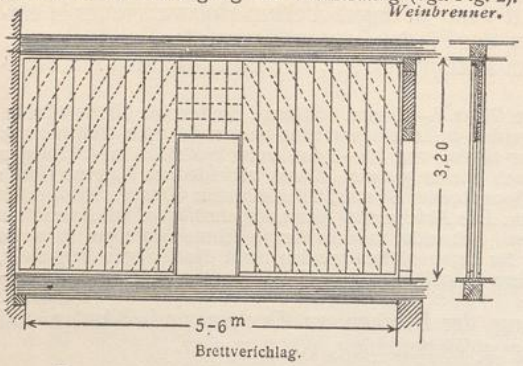
Fig. 1 (Brettverkleidung).

Brettverkleidung, Belag von Wänden (ſ. Fig. 1), Pfoſten, Ecken u. ſ. w. mit glatten, auch profilierten Brettern, im Gegenſatze zu geſtemmter Holzverkleidung (Täfelung).

Nachſtehende Wandverkleidung aus dem alten Zunfthaus zum Rosgarten (1454), dem heutigen Städtiſchen Muſeum in Konſtanz, beſteht außer den ſenkrecht ſtehenden Wandbrettern mit Fugenleiſten aus ringsumlaufenden Ortfrieſen, von denen der unter der gewölbten Balken-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

decke hinziehende mit ausgeſtochenem Spitzbogenſims verſehen iſt, der die Fugenleiſten aufnimmt. Der zwiſchen Mauer und Verkleidung befindliche Hohlraum enthält Querlatten zur Befeſtigung der Verkleidung (vgl. Fig. 2). *Weinbrenner.*



Brettverſchlag.

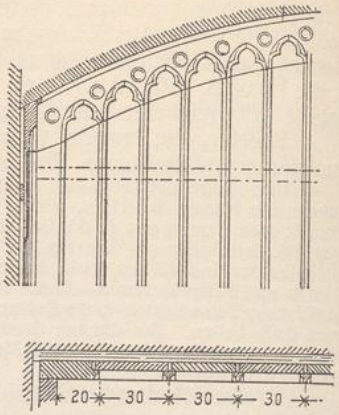


Fig. 2 (Brettverkleidung).

Brettverſchlag oder Bretterwand, dünnſte und leichteſte Abſonderung zweier Räume, aus einer oder zwei Lagen Brettern, meiſt auf einem Gerippe von Rahmhölzern mit Nägeln befeſtigt.

Die Richtung der Bretter kann wagerecht, ſenkrecht oder ſchräge ſein (ſ. die Figur). Die letztere Wandbildung wirkt verſtrebend oder verſteifend (ſ. Sprengwand). Bei niederen Räumen bedürfen zwei Lagen Bretter, etwa ſenkrecht und ſchräg aufeinander befeſtigt, keiner weiteren Unterlage, um ſtandfähig zu ſein. In ihrer weiteren Ausbildung werden dieſe Wände mit Putz auf Verrohrung (ſ. Holzwandputz) oder auch mit Leinwand überſpannt und tapeziert. In letzterem Falle werden ſie jedoch leicht zu einem Unterſchlupf für Ungeziefer. *Weinbrenner.*

Brettzaun, einfachſte geſchloſſene Umgrenzung von Höfen, Gärten und ſonſtigen Geländen.

Je nachdem die Bretter in wagerechter oder ſenkrechter Richtung angebracht werden, ſind ſie unmittelbar an Holzpfoſten, die in Entfernungen von 2—2,5 m in die Erde eingeſetzt oder aber an Zwiſchenriegeln von Holz oder Eiſenſchienen, die in Pfoſten von Stein, Holz oder Eiſen eingelaſſen ſind, zu befeſtigen. Die Entfernung der letzteren iſt der vorbeſprochenen gleich, hängt übrigens von der Stärke der Riegel und der Dicke der Bretter ab. Letztere werden angenagelt oder angeſchraubt (ſ. a. Bretterſchalung). *Weinbrenner.*

Brianchonſcher Satz drückt die notwendige und hinreichende Bedingung dafür aus, daß ſechs Gerade einer Ebene Tangenten eines und desſelben Kegelſchnittes ſind. Er lautet: Bei jedem einfachen Sechsſeit, das einem Kegelſchnitt umſchrieben iſt, ſchneiden ſich die drei Verbindungslinien von je zwei gegenüberliegenden Ecken in einem Punkt (dem zugehörigen Brianchonſchen Punkt). *Mehmke.*

Briarts Pendelrätter, Briarts Stangenroſt, ſ. Siebvorrichtungen.

Briefbeutelabgabe- und Fangvorrichtungen dienen dazu, Poſtſendungen an ſolche Stationen zu befördern oder von ſolchen Stationen aufzunehmen, an denen die Poſtzüge nicht halten.

Um einen Briefbeutel durch den Poſtwagen auffangen zu können, wird er an einem Ständer in der Nähe der Station aufgehängt und durch ein zur Seite des Wagens ausgeſtrecktes Netz aufgefangen, deſſen Arme nach der Entnahme des Briefbeutels flach an die Wagenwand gelegt werden. In ähnlicher Weiſe erfolgt auch die Abgabe der Briefbeutel an die Stationen. Ein andres Verfahren zum Auffangen der Briefbeutel durch die Poſtwagen beſteht darin, daß ein nach beiden Seiten hin mit Pfeil und Widerhaken verſehener Arm zum Auffangen des Briefbeutels ausgeſtreckt wird. Dabei iſt der an einem Maſte zwiſchen zwei Armen aufgehängte und durch Ringe feſtgehaltene und geſpannte Briefbeutel mit einem eiſernen Bügel verſehen, der von dem Arme erfaßt und von dem Widerhaken feſtgehalten wird. Nach Wegnahme des Sackes fällt der untere Arm des Maſtes herab, der obere wird durch ein Gegengewicht hochgeklappt. — Einrichtungen zur Briefabgabe kommen an engliſchen, zur Briefannahme an belgiſchen, engliſchen und amerikaniſchen Poſtwagen vor; auch in den engliſchen Kolonien, Auſtralien und Indien ſind ſie üblich; ſie ſollen aber nicht zuverläſſig funktionieren und zu Verletzungen der Bedienſteten leicht Anlaß geben. — Man hat auch wohl die Briefbeutel in einem Kanale zwiſchen den Gleiſen aufgeſtellt, aus dem ſie vom Wagen aufgenommen werden, und die Abgabe der Briefbeutel an einen ebenſolchen Kanal bewirkt. *Birk.*

Briefdeckenlack, Auflöſung von Sandarak in Spiritus, wird über die Klebſtellen des Briefumſchlags geſtrichen, um unbefugtes Löſen des Verſchluſſes durch Waſſer unmöglich zu machen.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Briefpapier, s. Papiersorten.

Briefumschläge (Kuverts), aus den verschiedensten Papiersorten, oft mit Verzierungen, Vignetten u. s. w. hergestellte Hüllen.

Je nach Zweck und Inhalt oder auch Distanz der Versendung müssen diese Hüllen aus mehr oder weniger festem, mehr oder weniger durchsichtigem, aus sehr wetterbeständigem oder endlich aus Sicherheitspapier irgendwelcher Gattung hergestellt werden. Die Herstellung dieser Hüllen wird heute für die Normalformate als Massenfabrikation mit Maschinen betrieben. Das Ausstanzen der das bestimmte Format ergebenden Papierblätter aus einer größeren Anzahl übereinander gelegter Papierbogen erfolgt durch Druck mit einem entsprechend geformten, scharf geschliffenen, gehärteten Stahlmesser, das einen dem Umfange des auseinander gefalteten Briefumschlags entsprechenden Rahmen bildet. Die zur Herstellung verwendeten Papierbogen werden auf einer Ausstanzpappe aufgeschichtet, gepreßt und durchschnitten. Die so erzeugten Blätter, die in den meisten Fällen aus dem rechteckigen Zentralschild, aus drei Verklebelappen und aus einem Verschlußlappen (Klappe) bestehen, kommen nun in die Gummier- und Faltmaschine, in welcher zwei der Verklebelappen an den entsprechenden Randstellen mit Gummi bedruckt, dann maschinell zusammengefaltet und durch einen Druck zusammengeklebt werden. Das Gummieren der Klappe und Trocknen der Gummischicht kann in derselben oder in einer andern Maschine zur Ausführung kommen. Das Trocknen wird gewöhnlich in der Art ausgeführt, daß die aufrechtstehend aus der Maschine austretenden Umschläge durch eine Transportvorrichtung ohne Ende auf einer Bahn langsam weiterbewegt werden, während durch darüber angeordnete, schnell rotierende Flügelräder ein Luftstrom erzeugt wird, der das Trocknen beschleunigt, so daß die Umschläge fertig abgelegt und nur noch verschiedenen Verschönerungsarbeiten unterzogen werden, die jedoch sehr häufig noch vor dem Stanzen oder unmittelbar nach demselben durchgeführt werden müssen. Die neuesten diesbezüglichen Erfindungen betreffen hauptsächlich Einrichtungen zum leichten Oeffnen der Umschläge und Sicherheitsvorrichtungen gegen unbefugtes und nicht feststellbares Oeffnen. *M. Kraft.*

Brigantine (Schonerbrigg), ein zweimastiges Segelschiff, das den Uebergang bildet von der Brigg (Schiff mit zwei vollgetakelten, mit Raasegeln versehenen Masten) zum Schonerschiff mit zwei Masten, die nur Gaffel- und Stagsegel führen. Der Fockmast ist voll getakelt, der Großmast führt über dem Gaffelsegel ein Raasegel. *T. Schwarz.*

Brigg, s. Brigantine.

Brikett, s. Brennstoffe, S. 290, und Brikettieren.

Brikettieren, das Pressen kurzfaserigen, erdigen oder feinkörnigen Materials zu regelmäßig geformten festen Stücken. Von den Eigenschaften des Rohmaterials hängt es ab, ob hierbei die Verwendung eines Bindemittels nötig ist oder nicht.

Am häufigsten wird das Brikettieren in der Kohleninduſtrie angewendet. Das bei der Gewinnung der Braun- und Steinkohle fallende Kohlenklein sowie die erdige, immer stark wasserhaltige Braunkohle haben in diesem Zustande wenig Wert, da die Verbrennung nur auf besonderen Rosten erfolgen kann. Während für backendes Steinkohlenklein die Verkokung ein sehr geeignetes Mittel bietet, um einen höheren Wert zu erzielen, hat für das Braunkohlenklein und für mageres, nicht backendes Steinkohlenklein erst das Brikettieren eine zweckmäßige Verwendung ermöglicht.

Zuweilen wird das Brikettieren auf Erze, Steinsalz, Torf und Sägespäne angewendet, auch ist es vorgeschlagen worden für mancherlei Abfälle, wie Weintreſter, Rübenschnitzel, Kaffee- und Reishülsen, Sonnenblumenkernschalen, von Farbholz, Chinarinde und Gerberlohe nach dem Auslaugen, für Rückstände von Baumwolle, von Kunstwolle und von Oliven. Es dienen hierzu entweder Ziegelpressen oder die weiter unten beschriebenen Brikettpressen. — Das Brikettieren pulverförmiger Erze oder des Flugstaubes der Metallhütten ersetzt zum Teil das früher übliche Einbinden, d. h. das Anmengen mit Ton und das Formen zu Kugeln mit der Hand. So werden zu Pitkäranta in Finnland Eisenerzschlieche ohne Bindemittel brikettiert und dann in einem Brennofen gebrannt, wodurch sie genügende Festigkeit erhielten (vgl. Essener Glückauf 1901, S. 565). Sonst wird Kalk als Bindemittel angewendet. — Ueber die zur Herstellung von Salzbriketts benutzten Pressen vgl. [1]. — Bei der Brikettierung von Torf (s. Torfgewinnung und vgl. [2]) erfordert die sehr verschiedene Beschaffenheit des Rohmaterials besondere Berücksichtigung. — Sägespäne werden vor dem Brikettieren erwärmt, das erweichte Harz dient als Bindemittel.

Das Brikettieren der Braunkohle [3], [4]. Die älteste Art und Weise der Ueberführung des Braunkohlenkleins in Stückform ist die Herstellung von Handstreichsteinen. Die erdige Kohle wird mit Wasser angemengt, kräftig durchgearbeitet und wie bei der Handziegelei in Formen geschlagen und an der Luft getrocknet. Ein Arbeiter liefert in 10 Stunden etwa 1200 Steine, einschließlich Anrühren der Masse und Befördern auf den Trockenplatz; hierbei werden Formen zu je fünf Steinen benutzt. Letztere haben 21 · 10,5 · 6 cm Größe, werden jedoch beim Trocknen rissig und sind daher wenig fest und transportfähig. Die Bemühungen, festere Steine zu erzeugen, führten seit den dreißiger Jahren des vorigen Jahrhunderts zu vielfachen Versuchen, Naßpreßsteine durch Maschinen herzustellen; doch erst vom Jahre 1863 ab wurden mittels der von Schmelzer verbesserten Hertelschen Presse (Heizung des Mundstücks und Abänderung des Schneideapparates) billige und gute Produkte erzielt. In der Hertel-Schmelzerschen Kohlenpresse gelangt die Kohle zunächst in ein Knetwerk, dann in einen Preßzylinder und tritt durch die offene Form als Kohlenstrang von rechteckigem Querschnitt mit abgerundeten Ecken aus; durch

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

das Schneidewerk werden die Steine abgeschnitten. Die ganze Anordnung entspricht derjenigen der neueren Ziegelpressen; die Vorzerkleinerung findet durch Walzen statt (s. Zerkleinerungsmaschinen). Die Steine werden in Schuppen an der Luft getrocknet, was je nach der Witterung wenige Tage bis drei Wochen erfordert; da der Frost die nassen Steine zertreibt, findet die Herstellung nur im Sommer statt. Künstliche Trocknung wurde versucht, ist aber zu teuer. Die Naßpreßsteine schwinden erheblich beim Trocknen, werden aber weniger rissig als die Handstreichsteine und halten deshalb besser den Transport aus. Im lufttrockenen Zustande enthalten sie noch bis zu 30% Wasser. — Durch das Brikettieren erhält man ein noch festeres und transportfähigeres Produkt mit wesentlich geringerem Wassergehalt und höherem Heizwerte. In Deutschland hat das Brikettieren der Braunkohlen in größerem Maßstab um 1855 begonnen; zurzeit haben der Oberbergamtsbezirk Halle und das Revier Brühl-Unkel bei Köln die größte Bedeutung. Im ersteren Reviere lieferten im Jahre 1902 465 Pressen 4983722 t Briketts. Zur Herstellung von 1 t Briketts waren 2,22 t Förderkohle und 0,87 t Feuerkohle erforderlich. Im Revier Brühl-Unkel waren in demselben Jahre 181 Pressen betriebsfähig, die Erzeugung betrug 1271696 t Briketts. Die Herstellung der Braunkohlenbriketts (auch Darrpreßkohlen, Preßbraunkohlen oder kurz Preßkohlen) erfolgt auf folgende Weise: Die grubenfeuchte Kohle, die bis zu 50% Feuchtigkeit enthält, wird bis auf etwa 3 mm Korngröße zerkleinert und dann in Oefen oder Darren so weit getrocknet, daß je nach der besonderen Natur der Kohle noch etwa 5—15% Feuchtigkeit verbleiben. Zu stark getrocknete Kohle verliert ihre Plastizität. Dann wird die getrocknete Kohle in Stempelpressen mit offener Form unter einem Druck von mehr als 1000 Atmosphären zu Briketts gepreßt; das unter diesem hohen Drucke sich verflüssigende Bitumen bindet die einzelnen Kohlenteilchen zu festen und wetterbeständigen Briketts. — Der Naßdienst, d. h. das Sieben und Zerkleinern der grubenfeuchten Kohle, geschieht in einfachster Weise durch Siebtrommeln und Walzwerke oder Schleudermühlen (s. Zerkleinerungsmaschinen). Mittels Becherwerks wird die so vorbereitete Kohle dem Trockendienste, und zwar zunächst den über den Trockenöfen gelegenen Vorratsräumen zugehoben. Von diesen sinkt das Korn durch Abfallöffnungen (vgl. Fig. 1, oben) nach und nach selbsttätig auf die Oefen herunter oder es sind deren Rührwerke mit besonderen Abstreichern versehen, welche die Zuführung regeln. Da Versetzungen trotzdem eintreten können, ist stete Beaufsichtigung nötig. Die Trockenöfen sind nach der Art der Wärmeübertragung einzuteilen in Feueröfen, wohl auch Salamanderöfen genannt (die Heizung findet durch die Verbrennungsgase einer Feuerung statt, sie werden nur noch selten benutzt), Dampföfen (der Abdampf der Betriebsmaschinen oder auch frischer Kesseldampf gibt seine Wärme an die Kohle ab), Windöfen, früher Schirokkoöfen genannt (Luft, die mittels Ventilators durch ein mit Dampf geheiztes Rohrsystem gesaugt wird, bewirkt die Trocknung). Der Dampf wirkt immer indirekt mittels geheizter Flächen. Heiße Luft wird meistens in unmittelbare Berührung mit der Kohle gebracht; zuweilen finden auch Kombinationen statt.

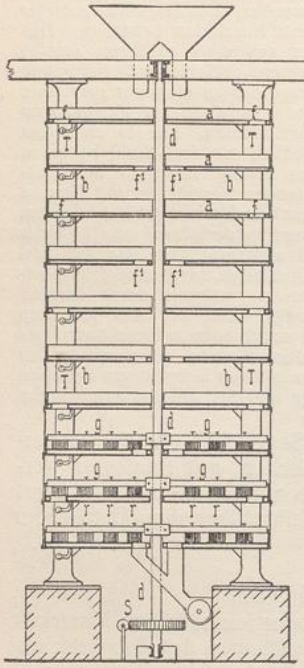


Fig. 1. Dampftellerofen (senkrechter Schnitt).

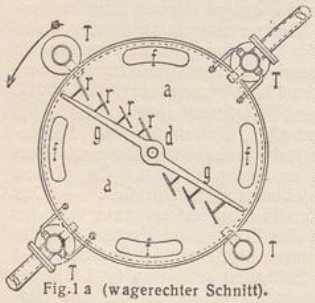


Fig. 1 a (wagerechter Schnitt).

Von den Trockenöfen dürften sich zurzeit die Dampftelleröfen und die Schulzschen Röhrenapparate der ausgedehntesten Anwendung erfreuen. Erstere (s. Fig. 1 und 1 a) bestehen aus 10—20 kreisförmigen hohlen Scheiben aus Schmiedeeisen *a*, die an vier Tragsäulen *T* mittels der Stützen *b* befestigt sind. Die Säulen sind zu gleicher Zeit mit den nötigen Einrichtungen versehen, um den Dampf durch die Scheiben strömen zu lassen und das Kondensationswasser abzuleiten. Die Scheiben haben abwechselnd am inneren und äußeren Rande Abfallöffnungen *f* und f_1, durch die das Kohlenklein nach und nach auf die nächste Scheibe gelangt. An der stehenden, durch Schnecke und Schneckenrad *S* angetriebenen Welle *d* ist eine der Zahl der Scheiben entsprechende Anzahl von Armpaaren *g* (in der Figur sind nur die drei untersten Armpaare gezeichnet) mit Rührschaufeln *r* befestigt, die bei ihrer Drehung die Kohle auflockern und gleichzeitig auf den ungeraden Dampfscheiben (von obenher gerechnet) von innen nach außen hin, auf den geraden Dampfscheiben von außen nach innen zu den entsprechenden Abfallöffnungen fortbewegen. Nachdem die Kohle so die sämtlichen Dampfteller passiert hat, fällt sie von dem untersten in eine Transportschnecke, um zu den Pressen befördert zu werden. Bei den neueren Dampftelleröfen ist zum Teil ein Siebteller eingebaut, der den Zweck hat, Stückchen von Holzkohle, Schwefelkieskörner und größere Braunkohlenkörner aus dem Preßgute zu entfernen. Die untersten Teller werden gewöhnlich nicht geheizt, sie dienen zur Abkühlung der Kohle. Um das Entweichen der Feuchtigkeit aus der erwärmten Kohle zu erleichtern, werden die Dampftelleröfen an eine Esse (in den Fig. 1 und 1 a fortgelassen)

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

angebaut, die nach dem Ofen zu offen ist und beständig einen Luftstrom über die Kohle führt. Im übrigen sind die Telleröfen mit einem Mantel aus Eisenblech umgeben, in dem allseitig über sämtlichen Tellern Türen angebracht sind; sie gestatten die Beobachtung der Vorgänge im Ofen und bleiben zum Teil zur Luftzuführung geöffnet. — Diese Oefen wurden früher wegen ihrer bedeutenden Höhe in einem besonderen Gebäude neben den Pressen aufgestellt, und die getrocknete warme Kohle wurde durch Becherwerke in den über den Pressen gelegenen Vorratsraum gehoben. Der hierbei entstehende Staub war wegen seiner explosibeln Eigenschaften besonders gefährlich. In neuerer Zeit stellt man daher die Telleröfen nach dem Vorschlag von Haeuser über den Pressen auf und läßt die getrocknete Kohle unmittelbar abwärts von den Oefen zu den Pressen gelangen. — Durch seine Bauart, die wenig Höhe erfordert, erleichtert der Schulzsche Röhrenofen (s. Fig. 2, 2a und 2b, D.R.P. Nr. 32220 der Maschinenfabrik Buckau A.-G. zu Magdeburg) diese Anordnung über den Pressen. Um eine unter etwa 2° geneigt liegende Achse ZZ^1 dreht sich der Eisenblechzylinder C, angetrieben durch die Schnecke S und den Zahnkranz K. In den Zylinder ist eine große Anzahl von Röhren b eingebaut, ähnlich wie die Feuerröhren in einen Dampfkessel. Das Kohlenklein wird aus dem Eintrag E durch die Speisewalze W den Röhren b am rechten Ende zugeführt, bewegt sich während der Umdrehungen des Zylinders allmählich bis zur linken Zylinderseite und fällt hier in die Transportschnecke T. Besondere Einsätze x an den Rohrenden (Fig. 2b) erleichtern das Zusammenhalten des Kohlenkleins bei der Füllung und gestatten das Ausschütten nur an der unteren Zylinderhälfte, um die Staubbildung herabzumindern. Etwa bei der Füllung nebenbei fallende Kohle wird durch das Heberad H (s. Fig. 2a, rechts) in den Füllrumpf zurückgehoben. Die in neuerer Zeit in die Rohre der ganzen Länge nach radial eingebauten Wende- oder Wurfleisten erhöhen die Leistung der Oefen, da sie die Zuführung von etwas mehr Kohle in die Rohre gestatten und auch die Bewegung der Kohle vermehren. Die Rohre b werden durch Dampf äußerlich geheizt, der durch den oberen Zapfen Z in den Zylinder eintritt und nebst dem Kondensationswasser durch das gekrümmte Rohr r und den unteren Zapfen Z^1 wieder austritt. Außerdem wird von einem Ventilator heiße Luft durch den Kanal q in den Ofenraum geblasen, umspült äußerlich den Zylinder C und muß dann durch die mit Kohle zum Teil gefüllten Rohre b in den Schlot s gehen, da die gemauerte Wand p den Ofenraum vom Schlote trennt.

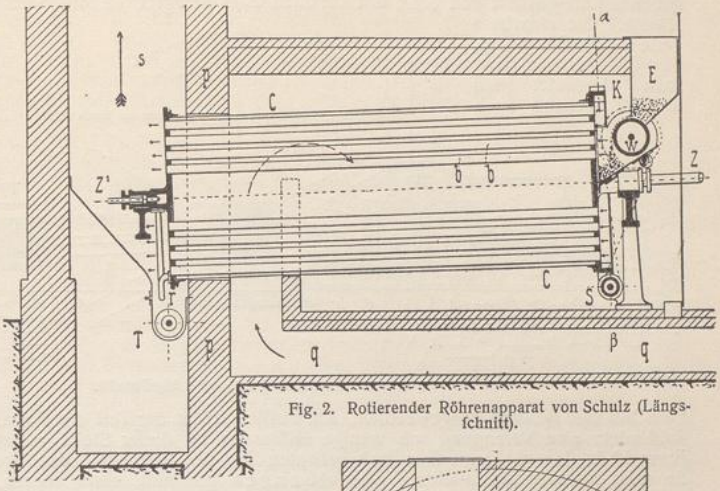


Fig. 2. Rotierender Röhrenapparat von Schulz (Längsschnitt).

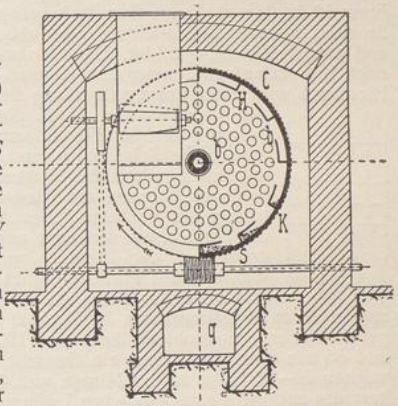


Fig. 2a (links Ansicht, rechts Schnitt nach $\alpha\,\beta$).

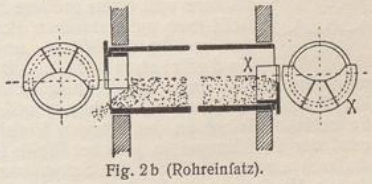


Fig. 2b (Rohreinsatz).

Die Presse. Für die Brikettierung der Braunkohle hat sich die Exterssche Presse (Fig. 3 und 3a, nach Zeichnung der Zeitzer Maschinenfabrik) überall eingebürgert; nur sind die Abmessungen der einzelnen Teile entsprechend der Anwendung immer größeren Druckes nach und nach stärker geworden. Auf einem Grundrahmen G ist der liegende Dampfzylinder C nebst den andern Teilen verlagert; die Kolbenstange bewegt in Führungen ein Querstück Q, von dessen Enden die Schubstangen S zu den Kurbelwarzen der beiden schweren Schwungräder *Schw* abgehen. Die Schwungradwelle treibt die Steuerung *st* des Dampfzylinders mittels Exzenters (in der Figur fortgelassen), ist außerdem zwischen den Schwungrädern gekröpft und bewegt von hier aus die Schubstange D des Preßstempels p. Der Schlitten F besorgt die Geradführung des Verbindungsbolzens. Bei jedem Hube des Preßstempels fällt eine abgemessene Menge Kohlenklein in die Form E, deren vordere Oeffnung durch einen Strang bereits gepreßter Briketts

ausgefüllt ist. Gegen das zuletzt gepreßte Brikett drückt der Preßstempel bei der Vorwärtsbewegung das Kohlenklein zu einem neuen Brikett zusammen, während die Reibung der in der Form befindlichen Briketts den Gegendruck gibt. Dieser wird zuletzt überwunden und der Brikettstrang um eine Brikettdicke durch die Form in ein anschließendes Gerinne vorgedrückt. Bei dieser Bewegung trennen sich die einzelnen Briketts voneinander, werden durch die umgebende Luft gekühlt und dann erst verladen oder gelagert, da sonst Selbstentzündung eintreten könnte. Die einzelnen Teile der Preßform (vgl. Fig. 3a) werden sehr stark abgenutzt und dementsprechend nach

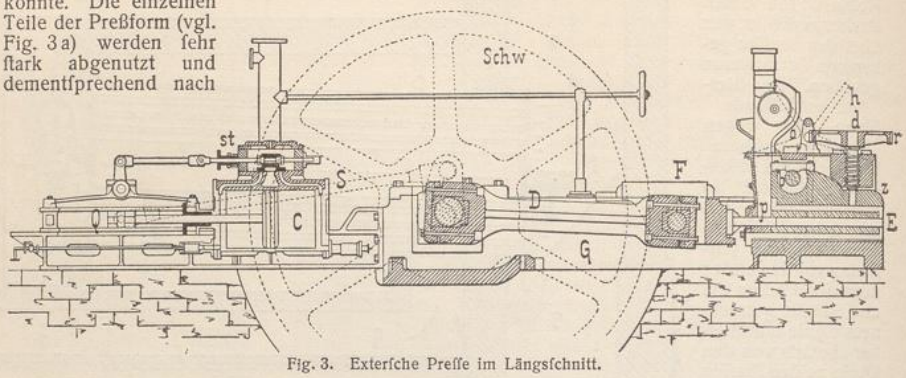


Fig. 3. Exterssche Presse im Längsschnitt.

zwei bis vier Wochen ausgewechselt. Am meisten leidet der Teil der Form, in dem die Pressung stattfindet; eine Verengung um wenige Millimeter an dieser Stelle nennt man Buckel. Die Form ist in den vorderen, sehr stark gebauten Teil des Rahmens, den Preßkopf *P*, eingebaut; sie wird aus vier Stahlplatten (Schwalbungen genannt), einer oberen, einer unteren und zwei seitlichen, gebildet. Darunter und dahinter befinden sich Platten aus Schmiedeeisen (Formhaken), unter dem unteren Formhaken außerdem eine Platte aus Bronze. Hierdurch wird einer Formveränderung des Preßkopfes vorgebeugt. Die einzelnen Teile der Form werden durch die Zunge *z*, die um den Bolzen *b* drehbar ist, zusammengehalten. Das Handrad *h*, die Schnecke *o* und das Schneckenrad *r* ermöglichen mittels des senkrechten Schraubenbolzens *d* in engen Grenzen ein Niederdrücken oder eine Entlastung des vorderen Teiles der Zunge. Dadurch wird die Form etwas niedriger oder höher und der Gegendruck bei der Pressung verstärkt oder vermindert. Während des Pressens erhitzt sich die Form sehr stark, es wird daher durch die an den Seiten des Preßkopfes angebrachten Wasserkammern *H* (Fig. 3a) Kühlwasser geleitet. Die gewöhnlichen Braunkohlenbriketts sind 180 mm lang, 60 mm hoch und 35 mm dick; sie haben ein Gewicht von $^1/_3$ kg. Die Pressen machen 60—80 Hübe in der Minute und stellen ebensoviel Briketts her; das entspricht einer jährlichen Leistung von etwa 9000 t. Neuerdings werden, z. B. für Lokomotivfeuerung, auch stärkere und etwas größere Briketts gepreßt. Außerdem stellt man auf denselben Pressen auch kleinere Briketts her, welche die Würfel- und Nußkohle ersetzen sollen (Industriebriketts). — Bei dem üblichsten Verfahren wird (Fig. 4 gibt einen wagerechten Schnitt durch Form und Preßstempel) die Vorderfläche des Preßstempels nicht eben, sondern abgesetzt hergestellt; dadurch werden die Briketts dreiteilig, sie zerfallen leicht an den dünnen Verbindungsstellen. Um noch kleinere Briketts zu erhalten, wird der Preßstempel in gleicher Weise fünfteilig hergestellt. — Seltener werden Industriebriketts dadurch erzeugt, daß man den Schwalbungen und dem Stempel den Querschnitt der Fig. 5 gibt, da die Herstellung dieser Teile erheblich teurer wird.

Fig. 4.

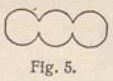


Fig. 5.

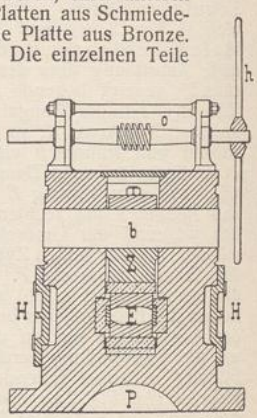


Fig. 3a. Preßkopf der Exterschen Presse im Querschnitt.

Die Steinkohlenbrikettierung [4], [7], [8], [9]. Wenn man von der Herstellung von Klüten (Anmengen des Kohlenkleins mit 10—15 % Lehm oder 8 % plastischem Ton und Formen mit der Hand zu rundlichen Stücken) absieht, die bereits gegen Ende des 18. Jahrhunderts in der Rheingegend üblich war, beginnt eine nennenswerte Produktion an Steinkohlenbriketts zunächst in Frankreich, Belgien und England erst um 1860, während sich in Deutschland, abgesehen von wenigen vereinzelten Anlagen, das Brikettieren der Steinkohle erst um 1880 einbürgert. Im Jahre 1902 wurden allein im niederrheinisch-westfälischen Industriebezirk 1610000 t Steinkohlenbriketts hergestellt. — Das Steinkohlenklein gelangt seltener direkt aus der Grube, häufiger nach Durchlaufen der Aufbereitung, zur Brikettierung; falls eine Vorzerkleinerung nötig ist, geschieht diese meistens in einem Carrschen Desintegrator (s. Zerkleinerungsmaschinen). Die Feuchtigkeit des Kohlenkleins ist nur dann erheblich, wenn es aus der Wäsche zum Brikettieren gelangt; die Trocknung findet in diesem Falle meistens auf Dampftelleröfen (s. weiter oben) statt. Abweichend von der Braunkohlenbrikettierung läßt sich Steinkohlenklein in vorteilhafter Weise nur unter Zuhilfenahme von Bindemitteln zu Briketts

verarbeiten. Dem Preſſen geht eine innige Mengung von Kohle und Bindemittel und meiſtens die Anwärmung der Maſſe voraus. Steinkohlenbriketts werden hauptſächlich in parallelepipediſcher und in Eiform dargeſtellt. Das Gewicht der einzelnen Stücke ſchwankt zwiſchen 5 kg und 50 g; die parallelepipediſchen Briketts werden gewöhnlich größer, die Eierbriketts kleiner hergeſtellt. Der Heizwert kommt demjenigen der Steinkohle ſehr nahe, ebenſo der Preis der Briketts. Ein beſonderer Vorteil liegt bei parallelepipediſchen Briketts in der guten Raumausnutzung. Durchlochte Briketts, die infolge Vergrößerung der Oberfläche ſchneller verbrennen, werden nicht mehr gefertigt. — Die Eigenſchaften der Briketts hängen außer von der Beſchaffenheit der Steinkohle von der Art und Menge des verwendeten Bindemittels und dem beim Preſſen angewendeten Druck ab. Gute Briketts ſollen bei niedrigem Aſchengehalt eine hohe Heizkraft entwickeln, ſich leicht entzünden, im Feuer nicht zerfallen und wenig Rauch und Ruß bilden. Sie müſſen genügende Feſtigkeit beſitzen, um bei der Verladung und Beförderung nicht zu leiden; das Bindemittel darf nicht hygroſkopiſch ſein, damit die Briketts ihre Eigenſchaften auch bei längerer Lagerung behalten.

Die Bindemittel [6] werden eingeteilt in organiſche und anorganiſche; die erſteren verbrennen mit der Kohle, während die letzteren den Aſchengehalt vermehren. Das wichtigſte und in Deutſchland faſt ausſchließlich angewendete organiſche Bindemittel (vgl. S. 290 und 292) iſt das aus Steinkohlenteer dargeſtellte Hartpech (Schmelzpunkt 150—200° C.); zum Teil wird es erſetzt durch Baumharz, das noch beſſere Bindekraft hat. Ein geringer Zuſatz von Naphtharückſtänden erhöht die Entzündlichkeit. Außerdem ſind noch Steinkohlenteer und Weichpech empfohlen worden; die damit hergeſtellten Briketts haben jedoch nicht die nötige Härte. Ferner ſind Verſuche gemacht worden mit Stärkekleiſter und Dextrin (Stärkegummi), mit Carragheenmoos (Alge, die in den iriſchen Gewäſſern vorkommt und mit heißem Waſſer eine gallertartige Maſſe bildet), mit Zuckermelaſſe u. ſ. w., ohne daß eine ſtändige Verwendung dieſer Stoffe erfolgt wäre. Mitſcherlich ſchlägt neuerdings vor [6, S. 315], die Sulfitcellulofelauge durch Behandlung mit Kalk in ein dem Gummi arabicum an Klebkraft gleichkommendes Bindemittel für das Brikettieren umzuarbeiten. Von anorganiſchen Bindemitteln iſt außer Ton von Gurlt [8] noch Magneſiazement (mit 25 % Magneſia, 25 % Chlormagneſium und 50 % Hydratwaſſer), auch Sorelzement genannt, empfohlen worden, der ſich aus den Abfällen der Kaliſalzinduſtrie leicht in größeren Mengen gewinnen läßt. 5 % Magneſiazement geben bei 150—250 Atmoſphären Druck harte Briketts; die Mengung mit dem Kohlenklein erfolgt kalt, doch bedürfen die fertigen Briketts noch der Lufttrocknung. Diejenigen anorganiſchen Stoffe, die den Briketts neben Hartpech als Sauerſtoffträger (Salpeter, chlorſaures Kali, Braunſtein) beigemengt werden, befördern eine rauchfreie Verbrennung; es wird hierauf namentlich ſeitens der Kriegsmarine Wert gelegt. Bemerkenswert iſt noch, daß Utſch in Köln vorſchlug, Steinkohlen- und Braunkohlenklein in ſolchem Verhältnis gemiſcht zu brikettieren, daß das in der Braunkohle enthaltene Bitumen die Bindung bewirkt und ein Bindemittel entbehrt werden kann (Eſſener Glückauf 1894, S. 1801). — Die Mengung des gemahlenen Hartpechs (4—10 %) mit dem Steinkohlenklein beginnt im Miſchzylinder (Mélangeur), einem liegenden Zylinder, in dem ſich eine Schraube ohne Ende bewegt; häufig gelangt die Maſſe dann in einen Carrſchen Desintegrator (ſ. Schleudermühlen), der die weitere Zerkleinerung und Miſchung beſorgt; letztere wird bei der Anwärmung der Maſſe fortgeſetzt. Sie wird in Weichöfen oder in ſtehenden Zylindern mit Rührwerk (Malaxeur), die unmittelbar über den Preſſen angeordnet ſind, vorgenommen. Der Weichofen iſt ein kreisrunder Flammofen, in dem ſich ein wagerechter Teller an ſenkrechter Welle unter einem feſtſtehenden Rührwerke dreht. Das auf den mittleren Teil des Tellers aufgegebene Material wird vom Rührwerke durchgearbeitet und nach dem Rande zum Austrage geſchoben, über dem Teller ziehen die Feuergaſe hin. Die Erwärmung im Malaxeur findet durch überhitzten Waſſerdampf ſtatt, der am unteren Zylinderende in die Maſſe geleitet wird und auch mittels Dampfhemds den Zylinder äußerlich heizt. Das Ueberhitzen des Keſſeldampfes geſchieht innerhalb beſonderer Schachtöfen in ſchlangenförmigen Eiſenrohren durch Feuerungen bis auf 200, ja bis 350° C. Die ſo angewärmte plaſtiſche Maſſe tritt in die Formen der Preſſen vermittels beſonderen Verteilers mit etwa 100° C. ein.

Die Bauart der Preſſen iſt ſehr mannigfach, doch hat nur ein Teil ausgedehntere Anwendung gefunden, und auch von dieſen kommen nicht alle für deutſche Verhältniſſe in Betracht. Preiſſig [4] teilt die Preſſen ein in Tangentialpreſſen, Preſſen mit offenen Formen und ſolche mit geſchloſſenen Formen (Stempelpreſſen im engeren Sinne). Zu den Tangentialpreſſen gehören die modernen Eierbrikettpreſſen (u. a. die Syſteme Loiſeau und Zimmermann). Bei der jetzt üblichſten Ausführung drehen ſich zwei Walzen gegeneinander, die am Umfange halbeiförmige Vertiefungen tragen; die Maſſe gelangt in entſprechend ſtarkem Strange zwiſchen die Walzen, die mit etwa 50 kg Druck auf 1 qcm die Eierbriketts preſſen. Auf der unteren Seite der Walzen fallen die Briketts aus den Vertiefungen auf ein Transportband, werden auf dieſem durch Ueberriefeln mit Waſſer gekühlt und dann direkt verladen. Von den Preſſen mit offener Form iſt diejenige von Bouriez zu nennen; ſie arbeitet wie die bei der Braunkohlenbrikettierung eingehend beſchriebene Exterſche Preſſe. In Weſtfalen ſtehen noch einige Bouriez-Preſſen in Verwendung. — Bei den Stempelpreſſen wird die in die Formen gefüllte Maſſe von einem Preßſtempel oder zwiſchen zweien zum Brikett gepreßt; ein beſonderer Ausſtoßſtempel drückt das Brikett ſpäter aus der Form auf ein Transportband. Die Bewegung des Preßſtempels erfolgt entweder durch Hebelübertragung oder durch hydrauliſchen Druck. Die Preſſung mit einem Stempel hat den Nachteil, daß wegen der ſehr ſtarken Reibung der Maſſe in der Form die Feſtigkeit des Briketts von der Seite des Stempeldruckes nach der andern Seite hin allmählich abnimmt. Die neueren Preſſen arbeiten daher ſämtlich mit zwei Preßſtempeln; von dieſen iſt für Deutſchland die wichtigſte die Preſſe von Couffinhal (ſ. Fig. 6, 6a und 6b, nach Zeichnungen der Firma Schüchtermann & Kremer

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

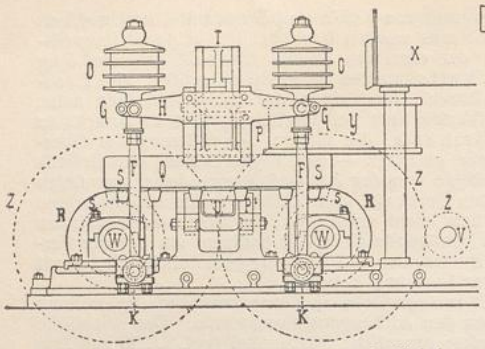


Fig. 6. Preſſe für Steinkohlenbriketts von Couffinhal (Vorderanſicht).

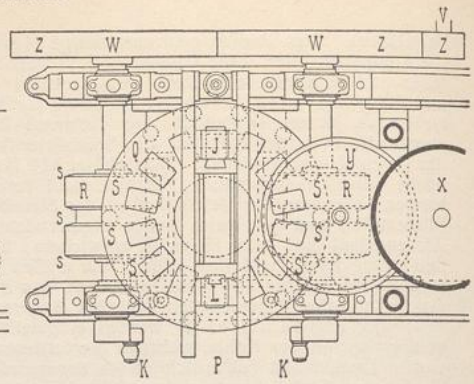


Fig. 6b (Grundriß).

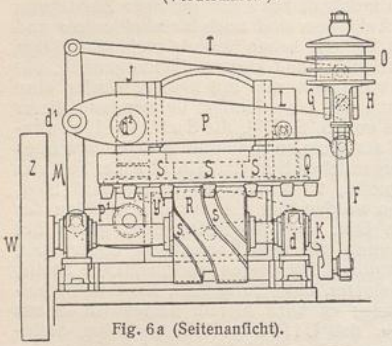


Fig. 6a (Seitenanſicht).

in Dortmund). Die Preſſe beſteht aus dem wagerechten Formtiſch Q mit 14 Formen, der um eine ſenkrechte Welle drehbar iſt. Die Maſſe gelangt aus dem Miſchzylinder X durch den Verteiler Y in die Formen. Von einer vorgelegten Welle V aus werden mittels Zahnrädern Z die beiden Hauptwellen W angetrieben und bewegen mittels Kurbeln K, Zugſtangen F und Querſtück H den oberen Preßhebel P auf und nieder; an dieſem ſind der obere Preßſtempel J und der Ausſtoßſtempel L befeſtigt. Mit dem hinteren Ende des Preßhebels P iſt durch die Zugſtange M der untere Preßhebel P^1 verbunden, der bei d ſeine feſte Drehachſe hat und den unteren Preßſtempel Y^1 trägt. Die Kugellager am Querſtück bei G und die Stange T dienen zur Geradführung der Preßhebel, die Gummipuffer O gleichen etwaige Stöße und zu ſtarke Beanſpruchung aus. Die Preſſung jedes Briketts findet in der Weiſe ſtatt, daß zunächſt der obere Preßhebel mit dem Preßkolben J um den Drehpunkt d^1 auf die Maſſe niedergedrückt wird, während der untere Preßkolben nur den Gegendruck ausübt, aber in Ruhe verbleibt; wird die Reibung der Maſſe in der Form ſehr groß, ſo bleibt der Preßkolben J in Ruhe, und das Hebelſyſtem dreht ſich nun um d^2; infolgedeſſen wird am Bolzen d^1 und an der Stange M der untere Preßhebel angehoben, und der Preßkolben Y^1 vollendet von der Unterſeite die Preſſung. Zu gleicher Zeit hat der Ausſtoßkolben L aus der diametral gegenüberliegenden Form das fertige Brikett auf das Band ohne Ende U herausgeſtoßen (Fig. 6). Der Formtiſch muß während der Preßperiode ſtill ſtehen, dann aber gedreht werden, um eine andre Form zwiſchen die Stempel zu bringen. Dies wird durch folgende Einrichtung erreicht: auf den Wellen W ſitzen Führungszylinder R mit eigenartigen Führungskurven s; in dieſe letzteren greifen beiderſeits je drei der unten am Formtiſche angebrachten Leitrollen S ein. Die Berührungskurven verlaufen auf dem Teile des Führungszylinders, welcher der Ruhepauſe des Formtiſches entſpricht, in einer zur Achſe des Zylinders ſenkrechten Ebene (Fig. 6b), daran ſchließen zwei Kurvenſtücke an (vgl. Fig. 6a), welche die jedesmalige Drehung des Formtiſches um einen Sektor bewirken. In der Minute erfolgen etwa 35 Preſſungen.

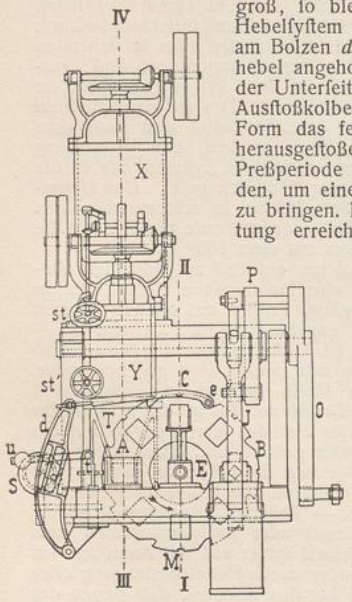


Fig. 7. Yeadon-Preſſe (Anſicht von vorn).

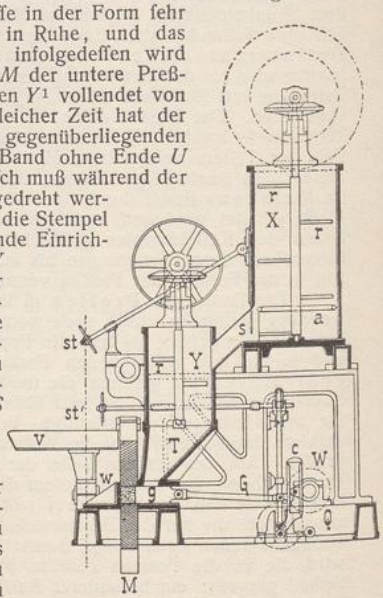


Fig. 7a (Schnitt nach III—IV durch den Stopfkolben, von links geſehen).

In neuerer Zeit iſt auch die engliſche Yeadon-Preſſe (Fig. 7—7d, nach Zeichnungen der Königin Marien-Hütte in Cainsdorf) in Deutſchland eingeführt worden. Sie hat einen um

die wagerechte Welle *E* drehbaren Formtiſch *M* (Fig. 7) mit acht Formen; gleichzeitig findet bei *A* das Füllen der Formen und das Vorpreſſen, bei *B* das eigentliche Preſſen und bei *C* das Ausſtoßen des fertigen Briketts ſtatt. Die ſtehenden Wellen der Rührgefäße *X* und *Y* (Fig. 7 a) ſind mit beſonderem Antrieb verſehen; ſie tragen Rührer *r*. Im Miſchgefäß *X*, dem durch ein

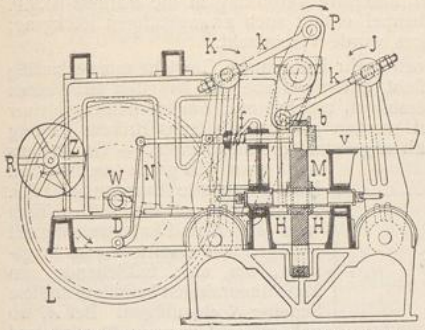


Fig. 7 b (Schnitt nach I—II, von links geſehen; Zeitpunkt der ſtärkſten Preſſung).

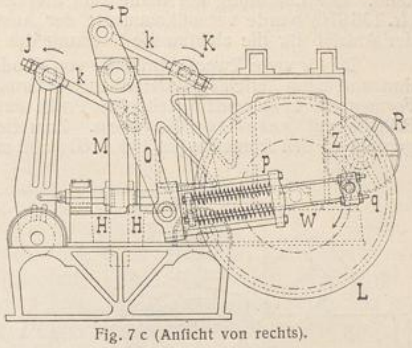


Fig. 7 c (Anſicht von rechts).

Becherwerk die zerkleinerte und mit dem Bindemittel gut gemengte Kohle zugehoben wird, liegt außerdem ein Dampfrohr *a*, durch deſſen Lochungen der Maſſe überhitzter Dampf zugeführt wird. Der Uebertritt des Gutes aus dem erſten Rührgefäß *X* in das zweite *Y* wird durch den Schieber *s* geregelt, der durch die Stellvorrichtung *st* mit Hand gehoben und geſenkt werden kann. Aus dem Rührwerk *Y* rutſcht die Maſſe durch den unten anſchließenden Trichter *T* der Stopf- und Vorpreßeinrichtung *A* zu. Der Antrieb der Preſſe ſelbſt erfolgt durch die Riemenſcheibe *R* auf eine vorgelegte Welle. Dieſe trägt das Zahnrad *Z*, das in den inneren Zahnkranz der auf der Hauptwelle *W* ſitzenden Kurbelſcheibe *L* eingreift (Fig. 7 c). Der Stopfſtempel (Fig. 7 a und 7 d) wird von der Hauptwelle aus durch die Kröpfung *F*, die Kuliſſe *c* und die Schubſtange *G* unter dem Trichter *T* hin und her bewegt, wodurch die Maſſe in die Form geſchoben und gegen das Widerlager *w* vorgepreßt wird. Durch die Stelleinrichtung *st'* kann die Kuliſſe *c* gehoben und geſenkt werden. Steht nach erfolgtem Anheben der Kuliſſe die Schubſtange *G* wagerecht, ſo macht der Stopfſtempel den größtmöglichen Weg, die Form wird mit viel Maſſe gefüllt und dieſe ſtark zuſammengepreßt; ſenkt man die Kuliſſe, ſo daß die Schubſtange *G* eine abwärts geneigte Lage wie in der Fig. 7 a erhält, ſo wird der Weg des Stopfkolbens kleiner, es wird etwas weniger Maſſe in die Form geführt und ſchwächer vorgepreßt. Zum Preſſen werden von der Scheibe *L* aus mittels der Kurbel *q* (Fig. 7, 7 b, 7 c) und der federnden Pleuelſtange *p* der zweiarmige Schwinghebel *O*, der auf derſelben Welle ſitzende gleicharmige Schwinghebel *P* und durch die Zugſtangen *k* die Hebel *J* und *K* angetrieben, welche die beiden wagerecht geführten Preßkolben *H* betätigen. Dieſe werden durch beſtändiges Abſpritzen mit Waſſer rein gehalten und gekühlt. Die Federn der Pleuelſtange *p* ſind ſo bemeſſen, daß die zuläſſige Beanſpruchung des Hebelſyſtems nicht überſchritten werden kann. Ferner wird von der Hauptwelle *W* mittels des Daumens *D* (Fig. 7 b und 7 d) die Ausſtoßvorrichtung angetrieben. Der Hebel *N* iſt unter der Hauptwelle drehbar verlagert und bewegt gegen den Druck der Feder *f* den Ausſtoßkolben ſo weit vor, daß das Brikett *b* in die Rinne *v* gelangt. Sobald der Daumen *D* den Hebel *N* wieder freigibt, drückt die Feder den Ausſtoßkolben zurück. Zur intermittierenden Drehung des Tiſches (Fig. 7 und 7 d) wird von der Hauptwelle *W* durch die Zahnräder *Q* und die beiden Schraubenräder R^1 die ſeitlich verlagerte Welle *S* angetrieben. Von dieſer aus wird mittels Gleitſtückes die Kuliſſe *d* in Schwingungen verſetzt. In der Fig. 7 ſteht die Kuliſſe in der äußerſten Stellung rechts, der aus zwei Stangen und der Walze *e* beſtehende Ueberwurf iſt über den Tiſchrand hinweggeglitten, die Walze hat ſich in eine der am Rande des Tiſches angebrachten Auskehlungen eingelegt, und bei der Bewegung der Kuliſſe nach links dreht der Ueberwurf den Tiſch um einen Sektor, ſo daß andre Formen vor die Stempel kommen. Feſtgeſtellt wird der Formtiſch während der Preſſung dadurch, daß der wagerecht ſpielende Riegel *t* durch den belaſteten Hebel *u* in eine der rechteckigen Ausſparungen des Tiſchrandes hineingedrückt wird. Während der Drehung des Tiſches wird der Hebel *u* durch einen Exzenter auf der Welle *S* ausgehoben und der Riegel *t* in die in Fig. 7 gezeichnete Stellung zurückgezogen. Die Yeadon-Preſſe macht etwa 14 Preſſungen in der Minute. — Oberingenieur Buſſe der Zeitzer Eiſengießerei und Maſchinenbau-Akt.-Geſ. hat die Yeadon-Preſſe verbeſſert. In den letzten Jahren wurde eine größere Anzahl Brikettpreſſen,

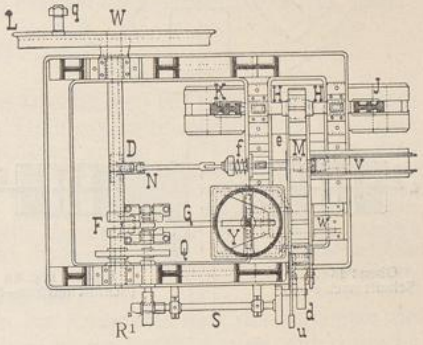
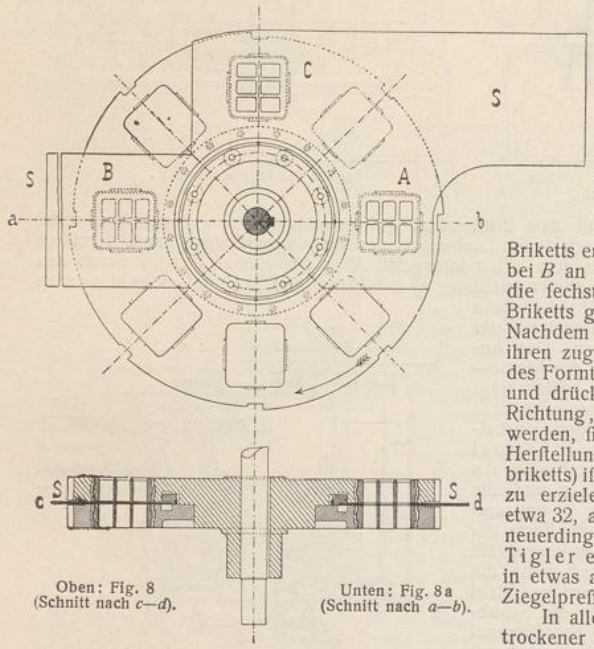


Fig. 7 d (Grundriß).

Syſtem Buſſe, in Betrieb genommen. Der Bau der Preſſe wurde erheblich verſtärkt und die Zahl der Preſſungen in der Minute auf 22 erhöht. Der Zahnkranz am Haupttriebrad wurde mit Winkelzähnen verſehen und, da beim Preſſen immer nur dieſelben Zähne ſtark beanſprucht werden, verſtellbar gemacht, ſo daß nach Abnutzung einer Zahngruppe ein Verrücken ſtattfinden kann. Die Zuführung der Maſſe zum Stopfſtempel und ihre Verteilung in die Formen (D.R.P. Nr. 138976) wurde vervollkommnet; der Ausſtoßſtempel erhielt auch zwangläufigen Rückgang; der Antrieb für die abſatzweiſe Drehung des Tiſches wurde vereinfacht.

Da für viele Zwecke Briketts von 5 oder noch mehr Kilogramm Gewicht unzweckmäßig ſind und beim Zerſchlagen derſelben viel Grus entſteht, anderſeits aber das Arbeiten mit kleinen Formen die Leiſtungsfähigkeit einer Preſſe ſtark herabſetzt, arbeitet man bei Herſtellung kleiner Briketts mit geteilten Formen. Zum Beiſpiel werden gleichzeitig ſechs Briketts zu 1 kg gepreßt in den Abmeſſungen 140 × 80 × 80 mm mit abgerundeten Längskanten. — Um Briketts von etwa 500 g zu preſſen, hat Buffe folgende Anordnung (D.R.P. Nr. 150581) getroffen: Der Tiſch wird (Fig. 8 und 8a) zweiteilig mit genügendem Zwiſchenraum hergeſtellt, um eine feſtſtehende, am Maſchinenrahmen befeſtigte mittlere Scheibe *S* einzufügen. Bei *A*, wo geſtopft und vorgepreßt wird, und auch bei *C*, wo ausgeſtoßen wird, iſt die Scheibe *S* mit Durchbrechungen verſehen, die dem Querſchnitt der Briketts entſprechen; dagegen iſt die Scheibe bei *B* an der Stelle der Preſſung voll, ſo daß die ſechsteiligen Stempel je ſechs kleinere Briketts gegen die mittlere Scheibe preſſen. Nachdem geſtopft iſt, teilt die Scheibe mit ihren zugeſchärften Rändern bei der Drehung des Formtiſches die Brikettmaſſe in der Mitte und drückt ſie etwas nach außen. Nach der Richtung, in der die Briketts ausgeſtoßen werden, ſind die Formen etwas weiter. Zur Herſtellung noch kleinerer Briketts (Würfelbriketts) iſt es, um eine entſprechende Leiſtung zu erzielen, nötig, eine größere Anzahl, etwa 32, auf einmal zu preſſen. Hierzu wird neuerdings die Doppelkniehebelpreſſe von Tigler empfohlen (D.R.P. Nr. 148107), die in etwas andrer Ausführung ſchon früher als Ziegelpreſſe (D.R.P. Nr. 101300) benutzt wurde.



Oben: Fig. 8 (Schnitt nach *c—d*). Unten: Fig. 8a (Schnitt nach *a—b*).

In allen Kohlenbrikettfabriken bildet ſich trockener entzündlicher Kohlenſtaub. Wegen der dadurch veranlaßten Exploſionsgefahr und auch um Beläſtigungen der Umgebung zu vermeiden, wird dem Auffangen und der Verwertung desſelben beſondere Aufmerkſamkeit geſchenkt. Vgl. hierüber in den letzten Bänden der Zeitſchrift für das Berg-, Hütten- und Salinenweſen im preußiſchen Staate die Aufſätze: Verſuche und Verbeſſerungen beim Bergwerksbetriebe, Abſchn. XIII: Brikettieren. — Auch können bei etwa eintretender Ueberhitzung der Kohle in den Trockenöfen exploſible Kohlenwaſſerſtoffe entſtehen. Es iſt daher gute Ventilation der Räume vorgeſchrieben und der Gebrauch von Sicherheitslampen (ſ. Geleucht) oder von elektriſchem Glühlicht, deſſen Birnen durch ſtarke Glasglocken und Drähte geſchützt ſind.

Literatur: [1] Baltz, Carl, Edler von Balzberg, Die Siedeſalzerzeugung von ihren Anfängen bis auf ihren gegenwärtigen Stand, nebſt einem Anhange über Seeſalinen; Zeitſchrift für das Berg-, Hütten- und Salinenweſen im preußiſchen Staate, 1896, S. 345; Gollner, Heinrich, Ueber die F. J. Müllerſche Salzbrikettpreſſe in Ebenſee, Oeſterreichiſche Zeitſchrift für Berg- und Hüttenweſen 1897, S. 139. — [2] Hausding, A., Handbuch der Torfgewinnung und Torfverwertung, mit beſonderer Berückſichtigung der erforderlichen Maſchinen und Geräte nebſt deren Anlage- und Betriebskoſten, 2. Aufl., 1904. — [3] Franke, G., Der gegenwärtige Stand der Braunkohlenbrikettfabrikation, Zeitſchrift für das Berg-, Hütten- und Salinenweſen im preuß. Staate 1885, S. 131; Vollert, Max, Der Braunkohlenbergbau im Oberbergamtsbezirk Halle und in den angrenzenden Staaten, Halle a. S. 1889. — [4] Preiſſig, Eduard, Die Preßkohleninduſtrie, Freiberg i. S. 1887. — [5] Zeitſchrift für das Berg-, Hütten- und Salinenweſen im preußiſchen Staate 1884, S. 313. — [6] Steger, Bindemittel für Brennſtoffbriketts, Zeitſchrift für das Berg-, Hütten- und Salinenweſen im preußiſchen Staate 1902, S. 311. — [7] Berg, Ferdinand, Brikettierung der weſtfäliſchen Feinkohle, Zeitſchrift für das Berg-, Hütten- und Salinenweſen im preußiſchen Staate 1880, S. 148. — [8] Gurlt, Adolf, Die Bereitung der Steinkohlenbriketts, mit Rückſicht auf die Verhältniſſe in Rheinland und Weſtfalen, Braunſchweig 1880. — [9] Colquhoun, William, Ueber (Steinkohlen-)Brikettfabrikation, nach der engliſchen Arbeit in Institution of Civil Engineers, London, deutſch im Eſſener Glückauf 1895, S. 1794.

Treptow.

Brikettpreſſen, ſ. Brikettieren.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Brillantfeuer, Feuerwerksmiſchung aus 4 Teilen Mehlpulver und 1 Teil Eiſenfeilſpänen, gewöhnlich feſt in Pappröhren eingeſchlagen; brennt mit hellweißglänzenden Funken ab und dient zu Kaskaden, Glorien u. ſ. w. S. a. Feuerwerkerei.

Brillantgelb (Kadmiumgelb), ſ. Kadmiumſulfid.

Brillantgeranin, -grün, -kongo, ſ. Farbſtoffe, künſtliche organiſche.

Brillantieren von Tombak, Meſſing und Kupfer. Verfahren von Kaſelowsky in Stuttgart, um Metallwaren (namentlich gepreßten Meſſinggegenſtänden für Lampen u. dergl.) ein goldähnliches Ausſehen zu verleihen.

Die Gegenſtände werden in Salpeterſäure von 36° eingetaucht, ſorgfältig gewaſchen und dann 1 oder 2 Sekunden lang in ein am Abend vorher bereitetes Gemiſch von 2000 g Scheidewaſſer, 1500 g Schwefelſäure (66°), 80 g Salzſäure, 150 g Alaun, 90 g Salmiak und 100 g Kienruß getaucht und wieder mit Waſſer gewaſchen. Bei Ausführung des Verfahrens findet bedeutende Wärmeentwicklung ſtatt und es entweichen reichlich Dämpfe. Das Brillantierſäuregemiſch hat den Vorzug, längere Zeit gebraucht werden zu können; zeitweiſe wird behufs Verſtärkung etwas Schwefelſäure, ſpäter Salzſäure und Salmiak hinzugeſetzt. *Andés.*

Brillantine, 1. Poliermittel für Metall und Glas, beſteht aus 100 Teilen Guanoabkochung, die mit 25 Teilen calciniertem Tripel, 12 Teilen Weizenmehl und 107 Teilen Kochſalz vermiſcht, dann erhitzt und nach dem Erkalten gepulvert wird. Beim Gebrauch wird das Pulver mit Alkohol angefeuchtet. — 2. Lederbeſchwerungsmittel aus Glukoſe und aufgeſchloſſener Stärke. *Andés.*

Brillantine, Mittel zum Glänzendmachen von Kopf- und Barthaar. Das beſte Präparat beſteht aus einer Miſchung von Glyzerin, weingeiſtigem Auszug aus franzöſiſcher Blumenpomade und franzöſiſchem Blumenöl, geringere aus Rizinusöl und parfümiertem Sprit.

Literatur: Deite, Handb. der Parfümerie- und Toilettefeifenfabrikation, Berlin 1891. *Deite.*

Brillantlack, ſ. Spirituslacke.

Brillantſchliff, ſ. Edelſteinſchleiferei.

Brillantſtoff, ſ. Weberei.

Brille, Lünette oder Setzſtock, bei Drehbänken ein gewöhnlich mit Holzbacken oder Rollen verſehenes, auf dem Drehbankbette aufgeſtelltes Hilfslager.

Es dient zum Stützen langer, dünner Werkſtücke, um ein Durchbiegen derſelben durch den Druck des Drehſtahles zu verhüten. Brillen werden ferner angewendet zur Bearbeitung der Stirnflächen langer Werkſtücke. Letztere werden dann entweder mit dem einen Ende in einem Futter feſt eingeſpannt und an dem zu bearbeitenden Ende durch die Brille geſtützt, oder, z. B. beim Ausbohren, am Arbeitsende kegelig abgedreht und in eine ebenfalls kegelige, ringförmige Brille gelagert, während das andre Ende ſich gegen die Spindelſpitze ſtützt (ſ. Drehbank). *Dalchow.*

Brille (Bugſprietbrille), ſ. Bemaſtung.

Brille, Vorrichtung aus zwei Gläſern zur Kompenſierung der Sehfehler des Auges (ſ. Auge) oder zum Schutz der Augen gegen Beſchädigung durch mechaniſche Einflüſſe bezw. zu ſtarke Lichtreize (Schutzbrillen, Schneebrillen).

Die Brillengläſer für kurzſichtige Augen (Sehweite unter 25 cm) ſind Konkavlinſen, für weitſichtige, hypermetropiſche und presbyopiſche Augen Konvexgläſer. Die Brillennummer bezeichnet deren Brennweite oder Zerſtreuungsweite, früher in Zoll, jetzt in Zentimeter (1 Zoll gleich 2,5 cm). Iſt ω die Sehweite eines Auges, ω_0 die normale Sehweite, f die Brillennummer, die dieſem Auge entſpricht, ſo iſt $f = \pm \omega\,\omega_0 : (\omega - \omega_0)$. Der reziproke Wert der in Meter gemeſſenen Brennweite (Zerſtreuungsweite) eines Brillenglaſes wird als Dioptrie D bezeichnet. Iſt alſo f in Zentimeter gemeſſen, ſo iſt $D = 100 : f$; iſt f in Pariſer Zoll gemeſſen, ſo iſt $D = 40 : f$. Die Augenärzte bedienen ſich dieſer Größe als Brillennummer. Für aſtigmatiſche Augen verfertigt man zylindriſch geſchliffene Linſengläſer, die konkav oder konvex und auf der einen Seite ſphäriſch ſein können. Die Brillen für Kurzſichtige geben beim ſchiefen Durchſehen eine ſtärkere Wirkung als bei gerader Durchſicht, falls die Gläſer bikonkav oder plankonkav ſind. Dieſen Fehler vermeiden die perifkopiſchen Gläſer, die konvex-konkaven Schliff haben.

Literatur: [1] Szili, Die Brille, Berlin 1882. — [2] Florſchütz, Auge und Brille, Koburg 1884, 4. Aufl. — [3] Neumann, Die Brillen (für praktiſche Optiker), Wien 1887. — [4] Netoliczka, Auge und Brille, Wien 1888. — [5] Die dioptriſchen Fehler des Auges, in Czapski, Theorie der optiſchen Inſtrumente, Breslau 1893, S. 193 ff. *Aug. Schmidt.*

Brillen für Stopfbüchſen, ſ. Stopfbuchſe.

Brillenofen, Spurofen mit zwei offenen Augen zum Schmelzen von Kupfererzen; vgl. Oefen, metallurgiſche.

Brillenſtein, ſ. Konkretion.

Briolettes, ſ. Edelſteinſchleiferei.

Briſe, ein gleichmäßiger Wind.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Briftolkarton, -papier, f. Pappeforten und Papierforten.

Brifurenfchneidmafchine, Mafchine zum Schneiden und Bohren der Brifuren, das ift kleiner Scharniere oder Gelenke für Schmuckfachen, wie Ohrringe u. a. *Dalchow.*

Britanniametall, f. Antimonlegierungen.

Brittelketten, die um Winden am vorderen und hinteren Ende einer fliegenden Fähre gefchlungenen Ketten, die, von der Hauptkette ausgehend, durch Aufwinden oder Nachlaffen Längenänderungen gegen die letztere und damit die richtige Stellung der Fähre gegen den Antrieb des Stromes geftatten, d. h. das Gieren der Fähre ermöglichen. S. a. Fähren.

Brixnergrün, f. Schweinfurtergrün.

Brixfche Formel, f. Pfähle.

Brixfche Oelwage, f. Oelmeffer.

Brocatello, f. v. w. Trümmermarmor, f. Kalkftein.

Brockengefpenft, f. Schatten.

Brocotfche Tafeln für Radzähnezahlen. Ift das Ueberfetzungsverhältnis bei einem Räderwerk oder Vorgelege durch einen großzahligen oder primzahligen Bruch gegeben, fo daß es ohne Anwendung von Umlaufgetrieben nicht möglich ift, durch Zähnezahlen der Räder diefes Ueberfetzungsverhältnis genau zu bewirken, dann kann man diefe Ueberfetzung möglichft angenähert vermittelft der Brocotfchen Tafeln [1] erlangen.

Wenn der Zähler a und der Nenner b des reduzierten Bruches $\frac{a}{b}$ eines Ueberfetzungsverhältniffes fo groß find, daß diefe als Zähnezahlen bei zwei Zahnrädern, die das Ueberfetzungsverhältnis $a:b$ bewirken follen, nicht verwendbar werden, wenn es alfo nicht zuläffig ift, diefe Räder mit fo großen Anzahlen von Zähnen zu verfehen, weil die Zähne zu fchwach werden, fo ift der Bruch $\frac{a}{b}$ durch einen möglichft angenähert gleichen reduzierten Bruch zu erfetzen, deffen Zähler und Nenner kleinere Zahlen find und als Zähnezahlen verwendet werden können. — Soll das Ueberfetzungsverhältnis $a:b$ durch mehrere Zahnräder bewirkt werden und ift die eine oder jede der Zahlen a, b eine Primzahl oder find diefe Zahlen nicht in folche Faktoren zerlegbar, die fich zu Beftimmung der Zähnezahlen diefer Räder eignen, dann muß ein angenähert gleicher Bruch ermittelt werden, deffen Zähler und Nenner eine zweckmäßige Zerlegung in Faktoren ermöglichen. Um zu erkennen, in welche Faktoren eine Zahl zerlegbar oder ob diefe eine Primzahl ift, dient die Faktorentafel und Primzahlentafel [2]. In den Brocotfchen Tafeln find die Werte der echten Brüche, deren Nenner kleiner als 100 ift, bis auf zehn Dezimalftellen berechnet. Es ift die Differenz je zweier aufeinander folgenden Brüche gleich eins, dividiert durch das Produkt der beiden Nenner, und ferner ift jeder Bruch gleich dem Quotienten aus der Summe der Zähler des vorhergehenden und des nachfolgenden Bruches, dividiert durch die Summen beider Nenner [3]. — Ift z. B. das großzahlige Ueberfetzungsverhältnis $877:1121 = 0{,}782337$, fo findet man in der Brocotfchen Tafel den nächftkleineren Bruch $61:78 = 0{,}782051$ und der Fehler beträgt $-0{,}000286$. Hiernach kann jenes großzahlige Ueberfetzungsverhältnis, angenähert durch zwei Räder mit den Zähnezahlen 61 und 78 bewirkt werden. Soll jenes großzahlige Ueberfetzungsverhältnis, in dem der Zähler eine Primzahl ift, durch zwei einfache Räder und ein Doppelrad vermittelt werden, dann kann man dem obigen angenäherten Bruch die folgende Form geben: $\frac{1 \cdot 61}{2 \cdot 39} = \frac{10 \cdot 61}{20 \cdot 39}$. Die Vergrößerung der Faktoren 1, 2 durch Multiplikation mit der Zahl 10, die beifpielsweife gewählt wurde, kann auch durch Multiplikation mit einer andern paffenden Zahl gefchehen. Für die beiden Zähnezahlen des Doppelrades kann man refp. einen Zählerfaktor und einen Nennerfaktor nehmen, und die beiden andern Faktoren geben dann die Zähnezahlen der beiden einfachen Räder. Andre Beifpiele befinden fich in dem zitierten Brocotfchen Büchlein und in der deutfchen Ausgabe desfelben. Es können auch durch eine einfache Rechnung mehrere Brüche ermittelt werden, die einem gegebenen Bruche angenähert gleich find und zwifchen zwei gegebenen Brüchen liegen. — Zuerft wurden von Huygens [4] vermittelft Kettenbrüchen die Zähnezahlen für großzahlige Ueberfetzungsverhältniffe angenähert berechnet und ferner auch von Allexandre [5]. Daß es möglich ift, jedes großzahlige und primzahlige Ueberfetzungsverhältnis durch Räderwerke abfolut genau zu erhalten, hat Fr. David in S. Cajetano [6] durch Anwendung von Umlaufgetrieben (f. d.) in geiftreicher Weife zuerft gezeigt; aber diefe theoretifch fehr intereffanten Räderwerke beftehen aus vielen Rädern und find praktifch fchwer ausführbar. Vermittelft der Brocotfchen Tafeln kann man, wenn auch nicht abfolut genau, doch durch viel einfachere Räderkombinationen hinreichend genaue Ueberfetzungen erlangen.

Literatur: [1] Brocot, Calcul des rouages par approximation 1862; deutfche Ausgabe: Berechnungen der Räderüberfetzungen, von dem Verein „Hütte", 1870, 2. Aufl. — [2] Hülße, Sammlung mathematifcher Tafeln, 1862, Taf. V. — [3] Vgl. Burmefter, Lehrbuch der Kinematik, Leipzig 1888, 1. Bd., S. 485 und [2]. — [4] Huygens, Opuscula posthuma. Descriptio automati planetarii, 1728, Taf. II, S. 151. — [5] Allexandre, Traité général des horloges, 1734, 5. Kap. —

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

[6] David, Fr., à S. Cajetano, „Neues Rädergebäude", 1791; Dasſelbe mit Verbeſſerungen, 1793; ferner deſſen Praktiſche Anleitung für Künſtler, alle aſtronomiſchen Perioden durch brauchbare, bisher noch nie geſehene ganz neue Räderwerke mit Leichtigkeit vom Himmel unabweichlich genau auszuführen" u. ſ. w., 1793. *Burmeſter.*

Brodieren, das Beſticken der Wirkwaren mit Plattſtichen.

Brokat, dickes, ſchweres, ſeidenes Zeug mit eingewirkten goldenen und ſilbernen Figuren, neuerdings Bezeichnung für alle ſeidenen, mit Blumen und Figuren reich durchwirkten Zeuge; vgl. a. Bronzefarben.

Brokatpapier, ſ. Buntpapierſorten.

Brokh (Brook), ein kurzes Stück Tau, entweder rund oder flach gewebt, zum Zurren (Feſtmachen) von Gegenſtänden.

Brom *Br*, Atomgew. 79,96, abgerundet 80, wurde 1826 von Balard in den Mutterlaugen von der Seeſalzdarſtellung entdeckt und nach ſeinem Geruch (βρῶμος = Geſtank) benannt.

Das Hauptmaterial für die Gewinnung des Broms bildet die Mutterlauge der Salzwerke. Große Mengen liefert das Staßfurter Steinſalzlager. Das Brom wird aus den Alkali- oder Erdalkalibromiden durch Chlor oder Sauerſtoff in statu nascendi abgeſchieden, z. B.

1. $MgBr_2 + Cl_2 = MgCl_2 + Br_2$, oder

2. $2\,NaBr + MnO_2 + 3\,H_2SO_4 = 2\,NaHSO_4 + MnSO_4 + 2\,H_2O + Br_2$.

Dieſe Methoden werden in Staßfurt angewandt. Geeignete Apparate ſind in [1] und [2] beſchrieben. Brom iſt eine dunkelrote Flüſſigkeit vom ſpez. Gew. 3,187 bei 0°. An der Luft ſtößt es rotbraune Dämpfe aus vom ſpez. Gew. 5,53. Es ſiedet bei 63° C. und erſtarrt bei —7,3°. Auf organiſche Subſtanzen wirkt es heftig ein, greift die Haut und die Schleimhäute an. Es iſt etwas löslich in Waſſer. Die wäſſerige Löſung nennt man Bromwaſſer, ſie iſt von rotgelber Farbe und beſitzt den Geruch des Bromdampfes. Bei niedriger Temperatur bildet das Brom Bromhydrat $Br_2 \cdot 10\,H_2O$. Das Brom iſt ein kräftiges chemiſches Agens. Es wirkt in drei Arten: 1. durch direkte Addition, 2. durch Subſtitution und 3. indirekt oxydierend.

So vereinigt es ſich direkt mit baſenbildenden Elementen oder Metallen, auch mit ſäurebildenden wie Schwefel, Phosphor u. ſ. w. Mit Verbindungen, die Waſſerſtoff enthalten, bildet es Bromſubſtitutionsprodukte, z. B. bildet es mit Benzol = C_6H_6 Produkte wie C_6H_5Br, $C_6H_4Br_2$, $C_6H_3Br_3$ u. ſ. w.; der hierbei austretende Waſſerſtoff entweicht in Verbindung mit Brom als Bromwaſſerſtoff.

Das Brom iſt, wie das Chlor, ein Bleichmittel. Brom und die Bromverbindungen finden in der Photographie, in der Medizin und in der Teerfarbeninduſtrie ausgedehnte Anwendung.

Literatur: [1] Stohmann und Kerl, Encyklopäd. Handbuch der techniſchen Chemie, 4. Aufl. (Mufpratt), 1889, Braunſchweig. — [2] Wagner-Fiſchers Handbuch der chemiſchen Technologie, 15. Aufl., Leipzig 1900. — [3] Schmidt, Lehrb. der pharmaz. Chemie, Braunſchweig 1898. *Bujard.*

Bromäthyl, ſ. Aethylbromid.

Bromammonium, ſ. v. w. Ammoniumbromid (ſ. d.).

Bromaryt, ein von der Neuen Photographiſchen Geſellſchaft in Berlin-Steglitz durch Ueberziehen eines Barytpapieres mit einer Bromſilbergelatineſchicht erzeugtes photographiſches Papier.

Bromate, Salze der Bromſäure, beſitzen als ſolche untergeordnete Bedeutung für die Technik, da die gleich wirkenden Chlorate weſentlich billiger zu haben ſind. Sie bilden ſich bei der Einwirkung von Brom auf in Waſſer gelöſte oder in Waſſer verteilte Metalloxydhydrate (ſ. Kaliumbromid, Darſtellung) bei höherer Temperatur. *Bujard.*

Bromide, Verbindungen des Broms mit andern Grundſtoffen oder (meiſt organiſchen) Radikalen.

Von denſelben ſind beſonders die Metallbromide, Salze der Bromwaſſerſtoffſäure und einige organiſche Bromide bemerkenswert (ſ. Brom). Viele derſelben ſind in Waſſer leicht löslich; ſchwer oder gar nicht löslich ſind die Bromide des Bleies, des Silbers und die Bromüre (Oxydulſalze) des Kupfers und Queckſilbers. Die unlöslichen Bromide, beſonders Silberbromid (ſ. d.), ſind ſehr lichtempfindlich, daher wichtig für die Photographie. Weiteres findet ſich unter den Stichworten der einzelnen Metallbromide. *Bujard.*

Bromieren, ſ. Photographie.

Bromkadmium, ſ. v. w. Kadmiumbromid (ſ. d.).

Bromkalium, ſ. v. w. Kaliumbromid (ſ. d.)

Brommetalle, ſ. Bromide.

Bromoform, ſ. Chloroform.

Bromſäure, eine der Chlorſäure entſprechende, in reinem Zuſtande nicht bekannte Säure der Formel $HBrO_3$ von untergeordneter techniſcher Bedeutung.

Bromſilber, Bromargyrit, Mineral *AgBr* (42,5 Brom, 57,5 Silber), verunreinigt durch Bleikarbonat, Eiſenoxyd, Ton u. ſ. w., kriſtalliſiert regulär; geſchmeidig. Härte 1—2, ſpez. Gew. 5,8—6. Olivengrün und gelb, grau

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

angelaufen, Strich grün. Schmilzt vor dem Lötrohr leicht, von Säuren wenig angegriffen, von konzentriertem Ammoniak aber gelöſt; ſelten. Häufiger iſt beſonders in Südamerika (Chile) und Mexiko das Chlorbromſilber, Embolit *AgClBr*, allerdings in verſchiedenen Miſchungen von Chlor- und Bromſilber. Kriſtalliſiert regulär (Würfel, Oktaeder), ſonſt wie Bromſilber, in Farbe und Glanz dem Bernſtein ähnlich. Wird zur Silbergewinnung benutzt. *Leppla.*

Bromſilbergelatine. Beim Vermiſchen von wäſſerigen Löſungen von Bromkalium und Gelatine mit Silbernitrat entſteht ein ſehr feinverteilter Niederſchlag von Bromſilber, der in Form einer Emulſion in der Gelatinelöſung ſuspendiert bleibt. Anfangs mißt das Korn des Bromſilbers ca. 0,0003 mm und zeigt geringe Lichtempfindlichkeit; durch halbſtündiges Kochen in neutraler oder ſaurer Löſung kann die Lichtempfindlichkeit ſehr geſteigert werden, ebenſo durch Zuſatz von Ammoniak ſchon bei 30—40°. Bei dieſem Prozeß, dem ſogenannten „Reifen“, vergrößert ſich das Bromſilberkorn merklich (ca. 0,003 mm bei unregelmäßiger, meiſt länglicher, mitunter kriſtalliniſcher Form), bleibt aber immer noch fein genug, um tadelloſe photographiſche Negative damit erzeugen zu können.

Die Gelatinemulſion wird in Gallertform durch Waſchen mit Waſſer von löslichen beigemengten Salzen befreit, geſchmolzen, filtriert, mittels Gießmaſchinen auf Glasplatten aufgetragen und getrocknet. Die Zuſammenſetzung der Emulſion beim Reifen, die Qualität der Gelatine, die Temperatur beim Reifen ſind von entſcheidendem Einfluſſe auf die Qualität, beſonders auf die Lichtempfindlichkeit der Emulſionsplatten. Bromſilbergelatine iſt das lichtempfindlichſte Präparat, das man kennt. Extrarapidplatten des Handels geben ſchon bei einer Belichtung von 0,02 Kerzenmeterſekunden einen durch den photographiſchen Entwickler nachweisbaren Lichteindruck. Man verwendet die Bromſilbergelatine zu Porträt-, Moment-, Landſchaftsaufnahmen und andern verſchiedenartigen Zwecken der Photographie.

Literatur: Eder, Ausführl. Handbuch der Photographie, 5. Aufl., Bd. 3, Halle a. S. 1903; Miethe, Lehrbuch der prakt. Photographie, 2. Aufl., Halle a. S. 1902; Vogel, Handbuch der Photographie, 4. Aufl., Bd. 3, Berlin 1894; Abney, Treatise on Photography, 10. Aufl., London 1901; Schaum, Struktur der Negative, Marburg a. L. 1900. *J. M. Eder.*

Bromſilberkollodium. Bromzink, Bromammonium oder andre in Alkoholäther lösliche Bromide werden in Kollodium aufgelöſt und dann mit alkoholiſcher Silbernitratlöſung vermiſcht.

Es bildet ſich eine Emulſion von äußerſt fein zerteiltem Bromſilber im Kollodium. Durch Fällen mit Waſſer ſcheidet ſich das Bromſilberkollodium flockig aus, während die nebenbei vorhandenen löslichen Salze ſich auflöſen. Dieſe gewaſchene Bromſilberkollodiumemulſion wird in Aetheralkohol wieder gelöſt. Durch Zuſatz von Farbſtoffen (z. B. Eoſin, Aethylviolett u. ſ. w.) wird ſie farbenempfindlich gemacht. Bromſilberkollodium iſt Handelsartikel und wird in photographiſchen Reproduktionsanſtalten viel verwendet. Das Entwickeln des Bildes auf Bromſilberkollodiumplatten erfolgt in ähnlicher Weiſe wie bei Bromſilbergelatinetrockenplatten z. B. mit alkaliſcher Hydrochinonlöſung (ſ. Photographie).

Literatur: Hübl, Die Kollodiumemulſion, Halle a. S. 1894; Eder, Ausführl. Handbuch der Photographie, 2. Aufl., Bd. 2, Halle a. S. 1886. *J. M. Eder.*

Bromſilberpapier, ſ. Photographie.

Bromwaſſerſtoff oder Bromwaſſerſtoffſäure *HBr*, in Eigenſchaften und Zuſammenſetzung dem Chlorwaſſerſtoffe (Salzſäure, ſ. d.) entſprechend. Die Säure iſt ihres hohen Preiſes wegen für techniſche Zwecke ohne Bedeutung. Käufliche Bromwaſſerſtoffſäure enthält gegen 50% Bromwaſſerſtoff. *Bujard.*

Bronze, Kupfer-Zinn-Legierung mit überwiegendem Kupfergehalt. Für beſondere Zwecke, wie die untenſtehenden Beiſpiele zeigen, erhalten die Bronzen mehr oder weniger große Zuſätze von Zink, ſo daß man es in einigen Fällen tatſächlich mit Legierungen von Bronze und Meſſing zu tun hat. Andre Metalle und Metalloide, wie Blei, Mangan, Nickel, Eiſen, Antimon, Arſen, Phosphor, werden bei der Bronzeherſtellung oder beim Bronzeguß nur in geringeren Mengen zugeſchlagen. Einzelne derſelben (Mangan, Phosphor) haben nicht einmal die Aufgabe, Beſtandteile des fertigen Bronzeſtückes zu bilden, ſondern ſollen etwa vorhandene Sauerſtoffverbindungen (Cu_2O) reduzieren bezw. deren Bildung beim Schmelzen und Umgießen verhüten.

Die eigentlichen Bronzen bilden gold- bis rotgelbe Metalle, auf glatten, polierten Flächen ſtark glänzend, auf Bruchflächen körnig. Dem Kupfer gegenüber beſitzen ſie die Vorzüge leichterer Schmelzbarkeit, größerer Härte und Elaſtizität, vorzüglicher Politurfähigkeit und eines oft hervorragenden Klangreichtums. Dieſe Vorzüge werden allerdings durch die Nachteile geringerer Dehnbarkeit und Feſtigkeit aufgewogen. Für die mechaniſche Bearbeitung im feſten Zuſtande eignen ſich dieſe Legierungen daher zum Teil weniger als für die Metallgießerei, bei

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

der ihre Leichtſchmelzbarkeit (780—900°) und ihre Fähigkeit, die Formen gut auszufüllen (ſ. Gießerei), von großem Werte ſind. Im Gegenſatz zu Stahl wird Bronze durch Erwärmen und ſchnelles Abkühlen (Anlaſſen) weicher als bei langſamer Abkühlung. Im letzteren Falle, beſonders wenn die Bronze geſchmolzen war, kann ſogar ein teilweiſes Ausſaigern von Zinn oder zinnreichen Legierungen aus leichter erſtarrenden kupferreicheren Legierungen innerhalb des Gußſtückes ſtattfinden; es zeigen ſich dunkle Metallabſcheidungen, die in helleren (Zinnflecken) eingebettet erſcheinen. Das zum Gießen eingeſchmolzene Metall darf daher nicht weit über ſeinen Schmelzpunkt erhitzt werden. Die Herſtellung der Bronzen geſchieht durch getrenntes Einſchmelzen von Kupfer (in Flamm- oder Tiegelöfen) und Zinn und Vereinigung beider Metalle. An Stelle von Zinn benutzt man auch wohl zinnreiche Kupferlegierungen. Beim Einſchmelzen der Metalle iſt zu beachten, daß bei Luftzutritt ein Teil des Zinnes zu Zinnoxyd verbrennt, das dann aus dem Metallbade austritt, während das ſich ebenfalls bildende Kupferoxydul in faſt allen Verhältniſſen in Bronze löslich iſt, das entſtehende Metall aber ſehr ſpröde und brüchig macht. Man verhütet dieſe Uebelſtände, indem man die Luft durch auf das Metallbad geſtreutes Holzkohlenklein und aufgelegte gröbere Holzkohle abhält oder indem man durch Zuſchlag von Phosphor als ſolchem (ſehr verluſtreiche und nicht ungefährliche Arbeit), beſſer als Phosphorkupfer, auch von Mangan als Mangankupferlegierung, in neueſter Zeit am einfachſten durch Zuſchmelzen von Aluminium, etwa gebildete Metalloxyde reduziert. Phosphor, Mangan und Aluminium gehen als Oxyde in die Schlacken. Sehr große Mengen von Kupferoxydul werden beim Eintauchen von grünen Holzſtämmen in das geſchmolzene Metall durch die Deſtillationsprodukte des Holzes reduziert (vgl. Polen unter Kupfer). Zu den eigentlichen Bronzen gehören:

1. **Geſchützbronze.** Die beſte Zuſammenſetzung derſelben iſt 90—91 % Kupfer neben 10—9 % Zinn. Mit Rückſicht auf ihre Verwendung zu Geſchützrohren werden an die Feſtigkeit dieſer Bronze bei einer gewiſſen Elaſtizität und Härte ſehr hohe Anſprüche geſtellt, ſo daß beim Einſchmelzen derſelben eine Oxydbildung ganz beſonders vermieden werden muß. Von großer Bedeutung für Geſchützbronzen war die Entdeckung, daß ſolche Legierungen durch Strecken über die Elaſtizitätsgrenze in ihren obengenannten Eigenſchaften ganz weſentlich verbeſſert werden. So gelang es v. Uchatius, guten Geſchützbronzen durch Kaltſtrecken bis auf etwa 20 % über die Elaſtizitätsgrenze die wertvollen Eigenſchaften des Stahles zu erteilen. So veränderte Bronze iſt unter dem Namen Stahl- oder Uchatiusbronze bekannt.

2. **Glockenbronze.** Die beſten Sorten der ſogenannten Glockenſpeiſe enthalten annähernd 80 % Kupfer und 20 % Zinn. Man ändert das Verhältnis zwiſchen Kupfer und Zinn aber auch bis auf 60 : 40 ab. Ein teilweiſer Erſatz des Zinnes durch Blei (bis 4 %) und Zink (bis 6 %) findet ſeltener ſtatt. Auch die für Tam-Tams, Gongs und ähnliche mehr auf lautes Getöſe als reinen Klang berechneten, flach ſchalenförmigen Inſtrumente benutzten Legierungen gleichen in ihrer Zuſammenſetzung den beſſeren Glockenbronzen.

3. **Maſchinenbronzen.** Da Legierungen, die für Maſchinenteile Verwendung finden ſollen, außer den obengenannten Anſprüchen noch der Bedingung genügen müſſen, ſich in feſtem Zuſtande auf mechaniſchem Wege verarbeiten zu laſſen, ſo iſt begreiflicherweiſe der Kupfergehalt ein um ſo höherer, je höher dieſe letzteren Anforderungen geſtellt werden. Er iſt ſelten niedriger als 84 %, ſteigt aber ſogar bis zu 98 %, neben 16—2 % Zinn.

4. **Münzen- und Medaillenbronze.** Aus den obenerwähnten Gründen wird auch für Münzen- und Medaillenbronze der Kupfergehalt ziemlich hoch gewählt. So enthalten z. B. die deutſchen Kupfermünzen 96 % Kupfer, 3 % Zinn und 1 % Zink.

5. **Phosphorbronze,** meiſt ſehr kupferreiche Legierungen (90—95 % Kupfer), haben ihren Namen von einem Phosphorzuſatze, den man nach dem Zuſammenſchmelzen der Beſtandteile in Form von Phosphor, Phosphorkupfer, Phosphorzinn zur Reduktion etwa vorhandenen Kupferoxyduls zu geben pflegt. Die Phosphorbronze des Handels, die erſt zur Herſtellung von Gußſtücken dienen ſoll, ſollte noch geringe Mengen Phosphor (bis zu 0,75 %) enthalten, um beim Schmelzen und Gießen die Bildung von Kupferoxydul zu verhüten. Die fertigen Gußſtücke ſind aber oft vollſtändig frei von Phosphor, da derſelbe bei der Reduktion von Kupferoxydul als P_2O_5 in die Schlacke geht.

6. Bei der Kunſt- oder **Statuenbronze** ſchwankt der Kupfergehalt zwiſchen 73 und 90 % bei nur 8—3 % Zinn, aber mit größeren Zuſätzen andrer Metalle, wie Zink (17—3 %) und Blei (bis 3 %). In dieſem Falle treten die Bedingungen der guten Ausfüllung der Form und der Widerſtandsfähigkeit gegen atmoſphäriſche Einflüſſe mehr in den Vordergrund als die übrigen Eigenſchaften der Bronzen.

7. Von einer guten **Spiegelbronze** zur Herſtellung von Metallſpiegeln verlangt man möglichſt vollkommene Polierfähigkeit, die wieder einen beſtimmten Härtegrad und große Dichtigkeit vorausſetzt. Möglichſte Unempfindlichkeit gegen atmoſphäriſche Einflüſſe iſt natürlich auch erwünſcht. Der Kupfergehalt tritt daher in dieſen Legierungen auf 68—64 % zurück, während der Zinngehalt auf 30—32 % ſteigt. Außerdem ſollen ſich Zuſätze von Nickel, Arſen und auch Platin bewährt haben.

Bronze war augenſcheinlich ſchon früher bekannt, als die älteſten ſchriftlichen Ueberlieferungen angeben. Als älteſtes Metall läßt es ſich zwar nach neueren Unterſuchungen nicht mehr betrachten [8], da auch eiſerne Geräte neben Bronzegegenſtänden an Fundorten entdeckt ſind, die ſpäteres Hinzukommen der erſteren ausſchließen. Den alten Aegyptern und aſiatiſchen Völkern, beſonders den Chineſen, iſt die Bronze ſeit Urzeiten bekannt geweſen. Der Statuenguß entwickelte ſich zur Blütezeit altgriechiſcher und altrömiſcher Kunſt zu hoher Vollkommenheit. Im Mittelalter verpflanzte ſich die Kunſt des Bronzegueſſes von Italien auch nach Süddeutſchland (Nürnberg, Augsburg, München). In neueſter Zeit wetteifern Japan, Frankreich und Deutſchland ſowohl in der Herſtellung von Bronzen für techniſche und künſtleriſche Zwecke als auch

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

in der Färbung und sonstigen Verzierung bronzener Kunstgegenstände. Bezüglich der Bezugsquellen für Bronze und Bronzewaren in Deutschland muß auf [10] verwiesen werden.

Literatur: [1] Bischoff, Kupfer und seine Legierungen, Berlin 1865. — [2] Bibra, Bronze und andre Kupferlegierungen der ältesten Völker, Erlangen 1869. — [3] Uchatius, Stahlbronze, Wien 1873. — [4] Künzel, Bronzelegierungen und ihre Verwendung für Geschützrohre und sonstige technische Zwecke, Dresden 1875. — [5] Ledebur, Verarbeitung der Metalle auf mechanischem Wege, Braunschweig 1877. — [6] Müller, Bronzefabrikation, Wien 1877. — [7] Ledebur, Metallverarbeitung, Braunschweig 1882. — [8] Beck, Geschichte des Eisens, Braunschweig 1884. — [9] Ledebur, Legierungen, Berlin 1890. — [10] Rentzsch, Reichsadreßbuch I, Montan-, Metall- und Maschinenindustrie, Leipzig und Berlin.

Bujard.

Bronzeblau, -braun, s. Blauholzlacke.

Bronzedruck. „Gold"- und „Silber"farben, d. h. trockene oder auch in Firnis angeriebene gepulverte Metalle oder Metallegierungen, werden entweder direkt oder zur Erzielung größerer Brillanz indirekt (durch Aufstauben des auch angefärbt erhältlichen Metallpulvers auf einen in entsprechender Nuance gemachten Farbevordruck) auf das Papier gebracht. Die Bronziermaschinen, die sowohl das Aufstauben als auch das Entfernen des überschüssigen Pulvers in einem geschlossenen Kasten besorgen, ermöglichen eine rasche, sparsame und hygienisch günstige Arbeit.

A. W. Unger.

Bronzefarben, Staub-, Metallbronzen, feingemahlene Metalle und Metallegierungen in den verschiedensten Färbungen, Feinheiten und Preisen.

Früher stellte man Bronzefarben nur aus der Schabine her, indem man solche auf Maschinen fein verrieb, schüttelte, siebte, trocknete und dann zur Erhöhung des Glanzes mit Fett behandelte. Jetzt werden Bronzefarben direkt aus den Metallen und Metallegierungen (dem Zainmetall) gewonnen, indem solche in einer eisernen Stampfe zu kleinen Abschnitten zerrissen oder geschnitten, diese in hermetisch schließende Kästen gebracht und in letzteren durch Niederfallen vertikaler Stampfen zerschlagen und zu Metallkörnern zermalmt werden. Die grobgemahlenen Metallkörner werden sodann in drei weitere, verschiedenartig, stets verfeinernd arbeitende Stampfen gebracht, in denen sie allmählich in feinen Metallstaub verwandelt werden, den man in Steigmühlen (rasch rotierende Blechzylinder) bringt, in denen durch eine eigenartige Bewegung ein Aufwirbeln der Bronze bewirkt wird. Innerhalb des bewegten Zylinders befinden sich in verschiedenen Höhelagen kleine Behälter, in die sich der Bronzestaub je nach seiner Schwere, also seiner Feinheit, niedersenkt. Die weniger feinen Bronzefarben gelangen von den Steigmühlen direkt in Poliermühlen, in denen rotierende Bürsten das zerstäubende Pulver an gerippte Blechwandungen quetschen und es polieren. Eine weitere Verfeinerung des Pulvers besteht darin, daß man es, nachdem es die Steigmühlen verlassen hat, mit Gummi arabikum-Lösung vermengt und in Reibmaschinen bringt, wo schwere Granitwalzen über die teigige Masse weggleiten; nach vielstündiger Verreibung bringt man die mit schmutzigem Gummi vermengte Bronze aus der Maschine in große Blechschüsseln, wäscht sie sorgfältig mit Wasser und trocknet sie in geheizten Kupferkisten. — Die sogenannte natürliche Färbung erfolgt durch die Erzeugung der Anlauffarben, indem man das Pulver in offenen kupfernen Kesseln unter Zugabe von etwas Oel und Essig erhitzt. Die Verschiedenheit der Färbungen wird durch die Höhe der Temperatur bedingt. Ohne Wärme, nur durch die verschiedenen Legierungen werden hergestellt: Rotgold, Bleichgelb, Reichbleichgelb, Reichgold, Reichgrüngold, Grüngold (Goldbronzen) und Naturkupfer (Kupferbronze); Produkte des Färbungsprozesses sind: Zitron, Hochgelb, Orange, Braun, Feuerfarbe, Karmin, Carmoisin, Violett, Lila, Rosa, Grün, Blaugrün, Blau. Eine Färbung des Pulvers auf künstlichem Wege geschieht mit Teerfarbstoffen, und werden diese Sorten, die in allen lebhaften Farben geliefert werden, Patentbronzen genannt. Für die Silberbronzen (Silberkomposition) wird zuerst Blattmetall aus Zinn oder einer Legierung hergestellt, die Schabine (Schawine, Schabig) gemahlen und dann, wie oben angegeben, weiter verfahren. Aluminiumbronze ist wegen ihres schönen Farbentones und der Beständigkeit sehr geschätzt; Brokat ist eine ziemlich grobe Bronzegattung für Tapeten- und Buntpapierfabrikation, Galanteriewaren und zu Siegellacken, die sich auch polieren läßt und den Effekt einer Blattvergoldung macht. Hochglanzbronzen, Blendbronzen sind durch hohen Glanz ausgezeichnet; fettfreie Bronze ist eine nicht mit Fett polierte Bronze und dient hauptsächlich in der Lithographie. Eisenschwarz ist durch Fällen einer Antimonsalzlösung mit Zink erhaltenes, feinverteiltes Antimon, hauptsächlich für Gipsfiguren benutzt. Safranbronze ist goldgelbes wolframsaures Wolframoxydnatron, Magnetbronze violettes wolframsaures Wolframoxydkali.

Andés.

Das Verfahren zur Herstellung von Bronzepulver hat viele Verbesserungen erfahren.

In der Patentschrift D.R.P. Nr. 127 881 [1] ist eine Vorrichtung beschrieben, bei der das fertige Material während des Stampfvorganges selbsttätig durch Auslaßöffnungen nach auswärts tritt, um ein Anhäufen von Material unter dem Mörser zu verhüten. — Eine Maschine zur Herstellung von Bronzepulver ist von M. J. Fuchs, Connecticut (Vereinigte Staaten von Amerika) angegeben, bei der durch mehrere Transportschnecken das Material selbsttätig nacheinander den Stampfkammern und den Siebtrommeln, dann das fertige Pulver Sammelkästen, und die groben Teile wieder den Stampfkammern zugeführt werden [2]. Zur Herstellung plättchenförmigen Bronzepulvers verwandelt die Elektrizitätsgesellschaft Gelnhausen (D.R.P. Nr. 94 542) das Metall zunächst in feines Pulver und läßt dann die kleinen Staubteilchen durch hochpolierte Walzen-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

paare gehen, wodurch sie plattgedrückt werden und schönen Glanz erhalten [3]. — Nach einem Verfahren von Schlink, Nürnberg, wird das Metall zur Erzielung eines leichter zu bearbeitenden Vorproduktes in einen sich drehenden Hohlzylinder strahlenförmig ausgegossen. Das Metall wird eine Strecke mitgenommen und blättert, wenn es erkaltet ist, in dünnen Streifen ab [4]. — Nach anderm Verfahren wird auf eine sich schnell drehende Scheibe flüssiges Metall gegossen, das in kleinen Körnern abgeschleudert wird. — Nach D.R.P. Nr. 151 969 taucht eine sich schnell drehende Scheibe mit einer kegeligen Spitze in flüssiges Metall. Dieses steigt infolge der Adhäsionskraft an der Spitze empor, wandert an den Rand der Scheibe und wird endlich in feinen Metallstäubchen abgeschleudert [5]. — Da sich beim Stampfen das Pulver leicht erwärmt, so daß es seinen Glanz verliert, so ist es erforderlich, für Lüftung und Kühlung zu sorgen. Eine Lüftungseinrichtung für Bronzestampfwerke ist in der Patentschrift Nr. 128 748 beschrieben [6].

Literatur: [1] Zeitschrift für Werkzeugmaschinen und Werkzeuge 1901/02, S. 225. — [2] Ebend. 1900/01, S. 377. — [3] Ebend. 1897/98, S. 60. — [4] Ebend. 1902/03, S. 368. — [5] Ebend. 1903/04, S. 405. — [6] Ebend. 1901/02, S. 350; Georg Buchner, Die Metallfärbung, Berlin 1901.

Dalchow.

Bronzegießerei, s. Gießerei.

Bronzegrün, dunkle, mehr ins Braune gehende grüne Farbe, ist entweder aus Chromgelb und Pariserblau oder aus einem beliebigen Schwarz mit gelben, gelbbraunen oder gelbroten Farben (meistens Erdfarben) gemischt; letztere Mischungen erhalten oft auch einen Zusatz von reinem Blau. Zu den feinen Sorten verwendet man Holzkohlenschwarz, Blau, helle und dunkle Chromgelbsorten von Zitron- bis Orangegelb, mit Schwerspat versetzt; zu ordinären Sorten gelben Ocker, Rehbraun sowie Umbra. Man gibt ihnen durch Blau einen grünlichen Stich, der durch Schwarz dunkler und schmutziger, durch Schwerspat aber etwas gehoben wird. *Andés.*

Bronzelacke, einheitlicher Name für verschiedene Produkte der Lack- und Farbenfabrikation; 1. aus Farbhölzern bereitete, in der Buntpapierfabrikation zur Herstellung sogenannter Schillerpapiere dienende teigförmige Farbe; 2. mit Bronzefarben gemischte fette Lacke, zum Bronzieren dienend; 3. konzentrierte oder wenigstens sehr starke Lösungen von Teerfarbstoffen in spirituösen Lacken, um Schuhen, Knöpfen, Leder u. dergl. metallisch glänzende Ueberzüge zu geben. *Andés.*

Bronzen, damaszierte, Gegenstände aus Bronze, mit tief gravierten Verzierungen mit Gold- oder Silberdraht ausgelegt. Die Drähte werden durch vorsichtiges Bearbeiten mittels kleiner Hämmer mit flacher Bahn fest in die Gravierungen eingeschlagen und schließlich die Gegenstände poliert, wodurch auf dem Metallgrunde Zeichnungen in Gold- oder Silberlinien erscheinen. *Andés.*

Bronzepulver, -stampfwerk, s. Bronzefarben.

Bronzetinktur, Bronze in Suspension haltende Flüssigkeit, auch unter dem Namen „flüssiges Gold" zum Bronzieren von Gegenständen jedweder Art aus beliebigem Material bekannt.

Gute Bronzetinkturen dürfen auch bei langer Aufbewahrung sich nicht grün färben (infolge Oxydation der aus Kupferlegierungen bestehenden Bronzen) und auch die Bronze nicht klumpig oder hart und zähe werden lassen. Gewöhnliche Harzlösungen lassen sich als Bronzetinkturen nicht verwenden, weil die Harze als saure Körper die Bronze in kürzester Zeit oxydieren und die Lösung sich grün färbt. Um säurefreie, nicht oxydierende Bronzetinkturen herzustellen, schmilzt man die Harze (Dammar, Elemi, Kopal u. s. w.) mit einem Alkali zusammen und löst die Schmelze nach dem Erkalten und Pulverisieren in Benzin. Die Lösung wird dann filtriert und im Verhältnis von 2 Gewichtsteilen mit 1 Gewichtsteil des Verdünnungsmittels gemischt. Auch Pyroxylinlösungen, ferner helle Sikkative, Mischungen von hellem Kopallack mit Terpentinöl dienen demselben Zweck. *Andés.*

Bronzewaren, ursprünglich die in Bronzegießereien durch Guß hergestellten Waren. Heute bezeichnet man mit diesem Namen vielfach auch die aus Messing oder sogar Zink hergestellten bronzierten Gebrauchs- und minderwertigen Schmuckgegenstände, wie Leuchter, Lampen, Türklinken, Möbelverzierungen, Armbänder, Figuren u. s. w. (unechte Bronzewaren).

Echte Bronzewaren werden durch Guß oder aus Blech oder auf galvanischem Wege hergestellt. Die Bronzegußwaren werden in Sandformen nach Messingmodellen gegossen. Eine gute Legierung ist nach d'Arcet 164 Teile Kupfer, 36 Teile Zink, 6 Teile Zinn und 3 Teile Blei. Das Material muß scharfe Güsse liefern, die Form gut füllen und darf zur weiteren Bearbeitung nicht zu spröde sein. Die Gußwaren werden mit Meißel und Feile von den Gußnähten und durch Beizen von der Oxydschicht befreit. Mit Polierstählen werden die Waren dann blank poliert oder in verschiedenen Säurebädern matt gebeizt. Blanke Waren werden häufig vergoldet, versilbert und vernickelt und darauf ganz oder teilweise poliert. Größere Gegenstände werden meistens aus einzelnen Teilen zusammengenietet oder gelötet.

Bronzewaren aus Blech werden durch Drücken, Treiben und Stanzen hergestellt und mit Punzen verziert oder auch durch Laubsägen mit Ausschnitten versehen. Die Stanzen

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

beſtehen aus einer fein ziſelierten Matrize aus Meſſing oder Eiſen, und der Patrize, die dadurch hergeſtellt iſt, daß man Hartblei in die Matrize gießt. Zum Stanzen werden Fallwerke verwendet. Man läßt den Fallbären zunächſt auf eine größere Anzahl von Blechen, 20—25, fallen, ſo daß die Bleche die Form in grobem Umriſſe erhalten, und legt dann immer weniger Bleche aufeinander. Schließlich erhält jedes einzelne Blech einen Schlag, ſo daß es die Zeichnungen der Matrize ſcharf aufnimmt.

Auf galvaniſchem Wege werden Bronzewaren (Galvanobronzen) entweder mit Kern (Kerngalvanos) oder hohl (Hohlgalvanos) hergeſtellt; ſ. Galvanoplaſtik.

Literatur: Müller, Ludwig, Die Bronzewarenfabrikation, Wien, Peſt, Leipzig 1902; Buchner, Georg, Die Metallfärbung, Berlin 1901. *Dalchow.*

Bronze, weiße, ſ. Zinnlegierungen.

Bronzieren nennt man das Verfahren, Objekten aus beliebigem Material das Ausſehen von Metall zu geben.

Man ſtreut entweder auf mit Oelfarbe, Lack oder beliebigem Bindemittel (Gummi, Leim, Waſſerglas) beſtrichene Gegenſtände vor dem völligen Trockenwerden Metallpulver (Bronze) mittels Wattebauſch, Pinſel oder Sieb auf, ſo daß das Metallpulver an den geſtrichenen Stellen haftet oder man miſcht die Bronze mit dem Bindemittel (Lack, Gummi, nicht aber Oelfarbe) und trägt ſie mittels Pinſel auf den Gegenſtand auf. Bei letzterem Verfahren leidet aber einerſeits der Metallglanz der Bronze, anderſeits haben die bronzierten Gegenſtände nicht die nötige Haltbarkeit. Die Bronzen aus unedeln Metallen werden in der Luft durch Oxydation ſehr bald unanſehnlich braun oder ſchwarz. Dieſem Uebelſtande ſuchte man durch Ueberziehen der Bronzierung mit farbloſem Lack zu begegnen, der aber den Nachteil hat, den metalliſchen Glanz zu vermindern; nur Celluloidlacke können als den Charakter des Metalles nicht verändernder und den Einflüſſen der Luft widerſtehender Ueberzug empfohlen werden. Bronzierungen mit Aluminium halten ſich auch ohne Lacküberzug jahrelang unverändert. Gegenſtände aus Holz (überhaupt jedes auffaugende Material) müſſen zuerſt mit Leimlöſungen oder Oelfarben überzogen werden; Metalle, die man bronzieren will, erhalten einen ſehr dünnen Oelfarbenanſtrich, eventuell nur einen Lacküberzug. Der letzte Anſtrich dient immer in noch nicht völlig trockenem Zuſtande als Bindemittel für die Bronze, und man ſtäubt dieſelbe am beſten mittels eines Haarpinſels auf und legt reine Bogen glatten Papiers unter, damit die verſtäubende Bronze nicht verloren geht. Iſt der bronzierte Gegenſtand trocken, ſo ſtäubt man die loſe ſitzende, nicht haftende Bronze mit einem weichen Pinſel ab. Sehr hübſche Bronzierungen erhält man durch Anſtreichen der Gegenſtände mit der gewünſchten Farbe (grau, eiſenartig, grün, braun, ſchwarz) und Auftragen von nur wenig Bronzepulver mit einem weichen Pinſel an den hervorragenden Stellen. Eiſenimitation wird erzielt, wenn der Gegenſtand mit einer Farbe aus Graphit und Firnis geſtrichen und der letzte Anſtrich, ehe er völlig trocken geworden, mit Aluminiumbronze überſtäubt wird. Eiſenartige Bronzierung auf Gipserzeugniſſe durch Einreiben von feingepulvertem und geſchlämmtem Graphit; noch täuſchender läßt ſich Eiſen auf Gips nachahmen, indem man die Gipsgegenſtände mit ſchwarzer Farbe anſtreicht und dann eine ganz dünne Miſchung von Graphit mit Waſſer aufträgt, dieſelbe aber nicht trocknen läßt, ſondern den Gegenſtand noch vor dem völligen Trocknen mit Kupferbronzepulver an den hervorragenden Stellen anreibt. Mit Waſſerglas wird der Gegenſtand ganz dünn angeſtrichen und unmittelbar darauf das Bronzepulver aufgeſtäubt; den Ueberſchuß an Pulver entfernt man durch ſchwaches Klopfen. Das Bronzieren kann auch in der Weiſe geübt werden, daß man das Bronzepulver mit Terpentinöl oder Spiritus vermengt und mit einem Pinſel wie einen Anſtrich auf den mit Lack oder Oelfarbe vorbehandelten Gegenſtand aufträgt; doch darf man nie mehr Bronze anmiſchen, als man in kurzer Zeit zu gebrauchen gedenkt, weil dieſe in Verbindung mit dem Terpentinöl oder Spiritus oxydiert. Ein Gleiches tritt ein, wenn man die Bronze mit dem Lack oder einer Tinktur miſcht. Bei der ſogenannten elektromagnetiſchen Bronzierung von Oudry wird der Gegenſtand mit elektromagnetiſchem Oel (Auflöſung von Dammar in Benzin) überſtrichen und auf die getrocknete Schicht die Préparation au noir liquide pour le bronze florentin (ammoniakaliſche Löſung eines Kupferoxydſalzes mit Ruß, Beinſchwarz und Graphit) oder die Préparation au vert pour le bronze florentin antique (Löſung von eſſigſaurem Kupfer in Holzgeiſt) geſtrichen. *Andés.*

Bronziermaſchinen, Vorrichtungen, meiſt geſchloſſene Käſten zum Aufſtäuben der Bronzen bei Papierfabrikation, Buchbinderei, Buchdruck und Lithographie und gleichzeitiger Wiederentfernung der nicht haftenden Bronzeteile, erſparen viel Material und beſeitigen die läſtige und geſundheitsſchädliche Einwirkung der Bronzen auf die Atmungsorgane der Arbeiter. Bezugsquelle: H. Koch, Leipzig-Connewitz. S. a. Bronzedruck, Bronzefarben. *Andés.*

Bronzit, ſ. Augit.

Brook, ſ. Brokh.

Brookwell-Lafette, ſ. Schiffsgeſchütze.

Broſchieren, in der Buchdruckerei und Buchbinderei die Herſtellung eines Buches (Broſchüre) durch einfaches Zuſammenheften der Lagen, Leimen des Rückens und Einhängen in einen Papierumſchlag. Vgl. Buchbinderei.

Broſchieren, in der Lederfabrikation. Die glacégaren Felle können im weiß zugerichteten Zuſtande nicht direkt gefärbt, ſondern müſſen zuvor etwa

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

eine halbe Stunde mit lauwarmem Waſſer von etwa 35° C. geknetet werden, damit der Alaun oberflächlich ausgewaſchen wird und die Leder beim Ausfärben ſich gleichmäßig färben. Dieſes Auswaſchen wird als Broſchieren oder Pürgen bezeichnet. Der Prozeß wird entweder mit den Füßen in Fäſſern oder in drehbaren Broſchierfäſſern, die den Walkfäſſern gleichen, aber kleiner als dieſe ſind, oder in Broſchierwürfeln ausgeführt, die durch Maſchinenkraft bewegt werden; vgl. a. Buchbinderei und Weberei. *Päßler.*

Brotfabrikation (Bäckerei), die Herſtellung von Brot aus Mehl unter Zuſatz von Waſſer und Hefe oder Sauerteig und Backpulver und Backen des durch die Miſchung entſtandenen Teiges im Backofen.

Der Gehalt des Mehles an Eiweiß, Stärkemehl und Fett iſt je nach den Getreidearten verſchieden. Das Getreidekorn birgt in ſeiner Hülle nicht eine qualitätgleiche Menge Mehl, ſondern dicht unter der Hülle befindet ſich der nahrhafte, ſtickſtoffreiche Kleber, der mit dem Stärkemehl als Bindemittel des Brotteiges erſcheint. Es eignen ſich nicht alle Fruchtſorten gleich gut zur Brotbereitung; ſo beſitzen z. B. Reis, Gerſte, Hafer und Welſchkorn zwar ſehr viel Stärkemehl, aber wenig Kleber. Vorzugsweiſe geeignet zur Brotfabrikation ſind Weizen und Roggen. Bei der Herſtellung des Brotteiges erleidet hauptſächlich das Stärkemehl eine chemiſche Umgeſtaltung, und es tritt eine Verminderung der Eiweißſtoffe ein dadurch, daß in dem feuchten Brotteige ein Gärungsprozeß des Zuckers ſtattfindet, wodurch eine größere Menge Kohlenſäure ſich gasförmig entwickelt. Iſt das zum Teig verwendete Mehl kleberreich, ſo wird derſelbe zäh, ein Entweichen der Gasblaſen iſt unmöglich, der Teig wird locker und aufgetrieben. Das gewöhnliche Hausbrot wird hauptſächlich aus Roggen-, auch mit Zuſatz von Weizenmehl zubereitet und als Ferment Sauerteig dazu verwendet, den man durch Liegenlaſſen gewöhnlichen Teiges bis zur Säureentwicklung herſtellt. Durch Gärung entſtehen Milchſäure und Eſſigſäure. Je länger der Sauerteig liegt, deſto ſtärker wirkt die Säurebildung, und es muß deshalb mit deſſen Herſtellung ſowie mit dem Zuſatze zum Brotteige ſehr vorſichtig verfahren werden, da der Geſchmack des Brotes dadurch verbeſſert oder verſchlechtert werden kann. In der neueren Zeit verwendet man ſtatt des Sauerteiges verſchiedene Arten von Hefe. Die Anwendung von kohlenſaurem Ammoniak, doppeltkohlenſaurem Natron und verſchiedenen andern Miſchungen ſtatt Hefe wurde von Juſtus v. Liebig, Horsfor u. a. ſehr empfohlen; jedoch gelang es nicht, dieſe Fermente allgemein einzuführen. Auch die Lockerung des Brotteiges durch Kohlenſäure in wäſſeriger Form nach dem Syſtem Douglaſh vermochte ſich nicht allgemein einzuführen, trotzdem mittels dieſes Verfahrens ein geſundes, ſäurefreies Brot hergeſtellt wird. In England und Amerika findet man dieſes Brot unter dem Namen „Luftbrot“ (Aërated Bread), während in Deutſchland ſehr wenige Bäckereien dieſes Verfahren benutzen, da der ſüße, fade Geſchmack des Brotes hier nicht beliebt iſt. Bei allen dieſen Verfahren (vgl. a. [1]—[7]) bewirkt die Kohlenſäure das Aufgehen des Teiges.

Wenders Sauerſtoffgärung [8] ſcheint eine Umgeſtaltung der Brotbereitung herbeizuführen. Dieſes patentierte Verfahren gründet ſich darauf, daß ſowohl im Getreide als auch in den aus dieſem erzeugten Mahlprodukten Enzyme (Fermentſtoffe) vorhanden ſind, welche die Fähigkeit beſitzen, Waſſerſtoffſuperoxyd zu katalyſieren. Miſcht man z. B. Mehl mit der entſprechenden Menge reinen Waſſerſtoffſuperoxyds (deſſen Unſchädlichkeit vollſtändig bewieſen iſt), ſo wird dieſes Gärmittel ſchon in der Kälte durch die Enzyme des Mehles andauernd katalyſiert, d. h. in Waſſer und Sauerſtoff geſpalten, der langſam gasförmig entweicht und hierbei eine Auflockerung des Teiges bewirkt. Das Gärmittel ſelbſt verſchwindet während des Gär- und Backprozeſſes vollſtändig aus dem Teige. Wie bekannt, gelangen ſowohl mit der Hefe als auch mit dem Sauerteig zahlloſe fremde Mikroorganismen, insbeſondere ſäurebildende Bakterien in den Teig, die ſich in demſelben bald maſſenhaft vermehren und den Geſchmack ſowie die Haltbarkeit des Brotes ungünſtig beeinfluſſen. Die durch die Hefe erzeugte alkoholiſche Gärung ſowohl als auch die Ernährung von Millionen von Bakterien geht auf Koſten der wertvollſten Beſtandteile des Mehles vor ſich, und Liebig hat bewieſen, daß nahezu 2 % des trockenen Teiges bei dieſer Brotbearbeitungsart verloren gehen. Wenders Verfahren ſchließt nun die Bildung von Säurebakterien vollſtändig aus, und die wertvollen leichtverdaulichen Zuckerarten des Mehles werden nicht, wie bei der Hefe- oder Sauerteiggärung, zerſtört. Dabei iſt das mit Sauerſtoffgärung erzeugte Gebäck bedeutend weißer als jedes andre. Der Grund hierfür iſt wohl einerſeits auf die bleichende Wirkung des Sauerſtoffs zurückzuführen und anderſeits darauf, daß die die dunkle Farbe des Brotes bedingenden Enzyme (Oxydaſen) durch Waſſerſtoffſuperoxyd unwirkſam gemacht werden. Ueberdies iſt das Gärmittel in jeder Temperatur unbegrenzt haltbar und infolgedeſſen z. B. in den Tropen unentbehrlich.

Durch Zuſatz von Malzmehl oder Malzextrakt zum Brotteig wird die Hefenwirkung und damit der Gärungsprozeß des Teiges gefördert. Das weiße Gebäck färbt ſich raſcher und ſchöner, wird ſichtiger und erhält ſich im friſchen Zuſtand länger. Sauer in Wandsbeck hat ein Patentverfahren, wonach die Herſtellung eines wohlſchmeckenden, an Maltoſe, kräftiger Diaſtaſe und Kohlenſäure reichen, in flüſſiger Form haltbaren Malzextraktes erzielt wird. Mit dieſem Fabrikat erreicht man eine gute Ausbeute kleberreicher Mehle, erſpart Milch und Zucker und macht kleberarme und ſchlecht backende Mehle verwendbar.

Vorbereiten und Miſchen des Mehles. Bevor das Mehl zu einem feſten Teig verarbeitet wird, iſt es von allen Fremdkörpern (Steinchen, Klumpen, Fäden u. ſ. w.) zu befreien und, da oft verſchiedene Sorten Mehl zu einem Teig verwendet werden, gut zu miſchen. Zu dieſem Zweck bedient man ſich im Großbetrieb einer Mehlſieb- und Miſchmaſchine. Die empfehlens-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

werte Maſchine von Werner & Pfleiderer in Cannſtatt iſt aus Eiſen und wird gewöhnlich über der Knetmaſchine an der Decke befeſtigt, über welcher ſich der Mehlboden befindet. Das zu verarbeitende und nachher mittels Leinwandſchlauchs in die Knetmaſchine oder in Säcke geleitete Mehl wird in einen Einfalltrichter gegeben, von wo es auf ein Schüttelſieb gelangt und hier gereinigt wird. Das durchgeſiebte Mehl gelangt ſodann in einen Miſchtrog, in dem es durch ſpiral- oder ſchneckenförmige Flügel zu einem kontinuierlichen Kreislauf gezwungen und auf dieſe Weiſe innig vermiſcht wird. Durch die unterhalb des Miſchtroges angebrachten Auslaufvorrichtungen kann man entleeren. Der Betrieb der Maſchine erfolgt durch Riemenſcheiben; die Miſchflügel werden durch Stirnräder, das Schüttelſieb mittels Gallſcher Gelenkkette von der Antriebwelle aus in Bewegung geſetzt. Um ein Verſtauben des Mehles zu verhüten, iſt der Miſchtrog mit einem Holzdeckel verſehen. Die Maſchine iſt imſtande, 20 Zentner Mehl in 15 Minuten gründlich zu reinigen und zu miſchen. Durch den Sieb- und Miſchungsprozeß wird das oft im Sacke feſt zuſammengeſetzte Mehl aufgelockert und dadurch nicht nur ein reinlicher, ſondern auch feinerer Teig erzielt.

Zum **Miſchen und Kneten des Teiges** werden in größeren Betrieben ausſchließlich Knetmaſchinen verwendet. Die einſchauflige Patentknetmaſchine von Werner & Pfleiderer in Cannſtatt ſtellt einen mechaniſchen Backtrog dar, und ein Mann iſt imſtande, in ca. 12 Minuten 150 kg Teig fertigzuſtellen. Bei dieſer Handknetmaſchine ſind die Lager des Knetarmes, analog den großen Knetmaſchinen, ſo konſtruiert, daß ein Eindringen von Fett in den Knettrog und

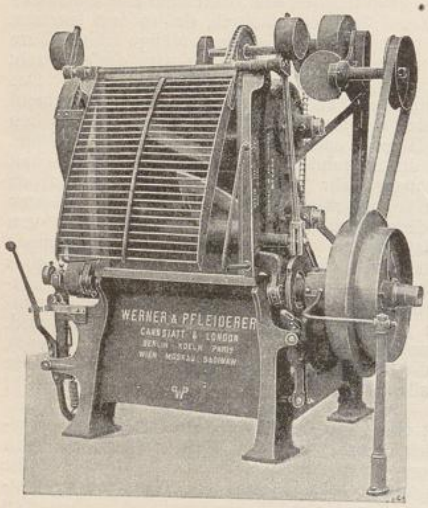


Fig. 1.

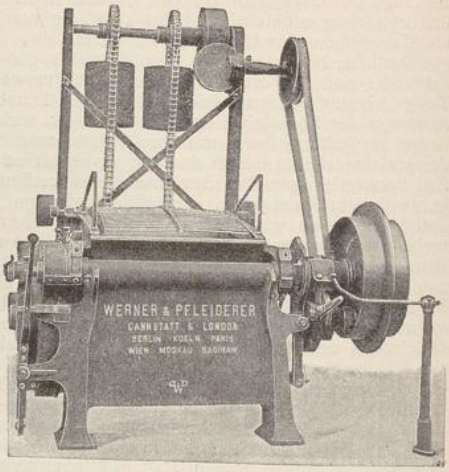


Fig. 2.

umgekehrt von Mehl oder Teig in die Lager ausgeſchloſſen erſcheint. Das Umkippen des Teigtroges erfolgt durch eine rückwärts gelagerte Kurbel in Verbindung mit einer Kettenradüberſetzung und Gegengewicht. Die dem Großbetrieb dienliche Univerſalknet- und Miſchmaſchine hat mindeſtens zwei Knetarme (Fig. 1 und 2), die an den Knetzylinder anſchließen und von denen ſich der eine mit größerer Geſchwindigkeit als der andre dreht, den Teig teilt und wieder vereinigt. Auf dieſe Weiſe wird der Teig zwiſchen die Knetarme und Zylinder gepreßt und gründlich durchgearbeitet. Der Knettrog iſt aus Stahlblech und Gußeiſen hergeſtellt und leicht zerlegbar, auch ſo nieder geſtellt, daß man alle Materialien bequem einfüllen und ebenſo durch eine Hand- oder automatiſche Kippvorrichtung ſelbſttätig entleeren kann. Am Knettroge ſelbſt befindet ſich der Zahnräderantrieb für die Achſen der Knetarme, der es ermöglicht, die Knetarme mit verſchiedenen Geſchwindigkeiten zu drehen. Entſprechend den berufsgenoſſenſchaftlichen Beſtimmungen für das Deutſche Reich iſt an dieſer Knetmaſchine (Fig. 1 und 2) ein mit Sperrvorrichtung verſehener Schutzdeckel montiert, der nur bei ſtillſtehender Maſchine geöffnet werden kann. Wie aus Fig. 1 und 2 erſichtlich, iſt links vorn am Geſtell der Maſchine ein Hebelwerk angebracht, das einerſeits mit dem Friktionsantrieb der Maſchine, anderſeits mit dem Deckel derſelben in Eingriff ſteht. Durch einen leichten Druck auf den Hebelgriff wird letzterer in ſeine linke oder rechte Seitenſtellung oder in die ſenkrechte Mittelſtellung gebracht und damit ein ſofortiger Vor- oder Rückwärtsgang bezw. Stillſtand der Knetſchaufeln und gleichzeitig die Sperrung oder Freigabe des Schutzdeckels bewirkt, welch letzterer in ſtarken Scharnieren am Knettrog befeſtigt und durch Gegengewichte ausbalanciert iſt. Hinſichtlich der Reverſiervorrichtung zum Regulieren der Maſchine, der Umkippvorrichtungen u. ſ. w. verweiſen wir auf die Beſchreibungen der Firma Werner & Pfleiderer in Cannſtatt. — Knetmaſchinen gleichen Syſtems konſtruiert dieſelbe Firma in unmittelbarer Verbindung mit einer Dampfmaſchine. Solche Maſchinen ſind hauptſächlich in Schiffsbäckereien, z. B. bei der deutſchen Marine, in Verwendung. Ihr Zweck iſt, unabhängig von einer Transmiſſion (die z. B. auf Schiffen untunlich iſt) auf beſchränktem Raum eine möglichſt große Leiſtung zu erzielen. Auch die Kombinierung mit einem Elektromotor iſt leicht zu bewerkſtelligen. Für Feldbäckereien werden die Knetmaſchinen auf fahrbaren Wagen

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

montiert. — Ferner baut diese Firma als praktische Neuheit eine Knetmaschine mit ausfahrbarer Teigschale; bei der Arbeit dreht sich die letztere, während gleichzeitig ein in Kurvenform bewegter, armförmiger Kneter in dieselbe eingreift. Der Teig wird hierbei hoch aufgezogen und sehr luftig gearbeitet, eine Eigenschaft, welche die Maschine besonders für Weißbrotteige sehr geeignet erscheinen läßt. Fig. 3 zeigt eine solche, direkt mit einem Elektromotor gekuppelte Maschine mit ausgefahrener Teigschale. — Die Ingenieure T. Vicars in Liverpool bauen nach eignen Patenten Knetmaschinen; wir verweisen auf deren Kataloge.

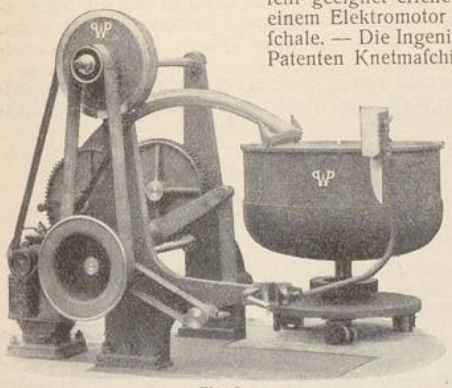


Fig. 3.

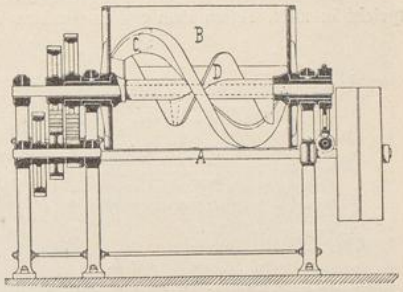


Fig. 4.

Fig. 4 zeigt den Längsschnitt einer einfachen aber sehr praktischen Knetmaschine, System der Bäckereimaschinenfabrik Bergeborbeck in Westfalen. In dem Knettrog *A* umgibt der äußere Knetarm *C* eine innere Schnecke *D*. Der Knetarm *C* reicht mit seiner äußeren Kante bis an die innere Seite des Knettrogmantels *B*. Die Windungen des inneren Schraubenganges laufen entgegengesetzt denjenigen des Knetarmes *C* und kreuzen die letzteren tangential. Die Umdrehungsgeschwindigkeit der Schraube *D* ist größer als die des Knetarmes *C*. Werden *C* und *D* in Bewegung gesetzt, so wird die im Bereich von *D* befindliche Teigmasse nach außen gedrängt. Da nun die Windungen der Schrauben in entgegengesetzter Richtung stehen und deshalb die Richtungen der beiden Schrauben bei der Drehung sich niemals decken, ist ein Entweichen der Teigmasse unmöglich. Der Knetarm *C* faßt den von der Scheibe *D* nach außen gepreßten Teig, führt denselben an den Knettrogmantel *B* und an demselben entlang wieder in die Gänge der Schnecke *D*. Durch diesen Arbeitsprozeß werden die Teigmassen nicht nur fortwährend verschoben und verteilt, sondern auch stetig gegeneinander gepreßt und durcheinander gedrückt. Die Maschine knetet 150 kg Teig innerhalb 12—15 Minuten, ist infolge ihrer einfachen und praktischen Konstruktion nicht hoch im Preise und kann für die kleinsten bis größten Betriebe gebaut werden.

Backen. Nachdem der Teig durch Knetmaschinen fertiggestellt, gewogen, in kleinere Teile geteilt und entsprechend mit den Händen oder durch eigne Brotformen fassoniert ist, beginnt der Backprozeß. Zum Transport des fertiggekneteten Teiges bedient man sich mit Vorteil einer fahrbaren Backmulde (Backtrog). Dieselbe, aus Schmiedeeisen und innen verzinnt, verhindert übeln Geruch und Säurebildung. Mit Deckel versehen, dienen die Backmulden auch als Arbeitstische, so z. B. bei Feldbäckereien. Die Backöfen (s. Backofen, ländlicher) in ihrer uralten Form findet man noch teilweise in kleinen Betrieben; sie bestehen aus einem einfachen, niedrigen Backsteingewölbe mit flacher, nach hinten etwas ansteigender Sohle und werden dadurch geheizt, daß man im Backraum entsprechende Quantitäten Holz verbrennt und nach erfolgter Ueberhitzung des Gewölbes mittels nassen Kehrbesens die Feuerrückstände entfernt. Die Hitze wird von dem Mauerwerk des Gewölbes, insbesondere von der Sohle, aufgenommen und während des Backprozesses vom Gewölbe aus durch Ausstrahlung und von der Sohle aus durch direkte Leitung teilweise an das Backwerk abgegeben. Die Backware muß auf Schiebern ein- und ausgeschossen werden. Dieses alte Backofensystem erzielt keine gleichmäßige Backhitze, und ein ununterbrochener Betrieb ist ausgeschlossen, da nach Verbrauch der im Ofen aufgespeicherten Hitze wieder aufs neue angefeuert werden muß. Dazu kommt noch, daß bei Backöfen mit Innenfeuerung nur das meist teure Holz verwendet werden kann, da alle sonstigen Feuerungsmaterialien, als Kohlen, Torf u. s. w., schlechten Geruch verursachen und damit das Brot verderben würden. Auch die Reinlichkeit der Backware leidet, da Kohlenrückstände trotz sorgfältigster Reinigung oft im Ofen zurückbleiben und in der Rinde des Brotes teilweise wieder erscheinen.

Alle diese Uebelstände mußten darauf hinführen, bei Backöfen den Feuerraum von dem Backraum zu trennen. Der englische Ingenieur Perkins legte durch die von ihm erfundenen, an beiden Enden zugeschweißten und mit Wasser im Verhältnis 1 : 3 gefüllten, ca. 35 mm starken Wasserheizungsrohre den Grund zu den heute in verschiedenen Systemen verwendeten Wasserheizungs- oder Dampfbacköfen. Diese Rohre sind aus Stahl oder Schmiedeeisen gefertigt und erzielen durch Ueberhitzung einen überraschenden Erfolg. Mit diesen Rohren konnte es Wieghorst in Hamburg unternehmen, einen Wasserheizungsbackofen mit Außenfeuerung zu konstruieren. Beim Perkins-Wieghorst-Ofen befindet sich die Heizung, getrennt vom Feuerraum, am rückwärtigen Teil des Ofens. Die Perkins-Dampf- oder Wasserheizungsrohre sind in zwei Reihen oben und unten parallel längs des Backherdes im Backraum verteilt und ragen ca. 16 cm in den durch eine Mauer vom Backraum getrennten Heizraum hinein. Hier

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

werden die Rohre durch Kohlenfeuer erhitzt und übertragen bei überraſchend ſchneller Hitzaufnahme dieſelbe auf die ganze Länge des Backraumes. Der eiſerne Backherd des Ofens iſt durch Rollen beweglich, läuft inner- und außerhalb des Backraumes auf einem Schienengleiſe, ſo daß man den Backherd aus dem Ofen herausziehen, mit Backware beſetzen und dann ebenſo wieder in den Backraum hineinrollen kann. Dieſe Oefen ſind hauptſächlich für die Schwarz- oder Roggenbrotfabrikation praktiſch und in ſämtlichen Brotfabriken, Militärbäckereien u. ſ. w. in Verwendung. Die im Laufe der Zeit entſtandenen verſchiedenen Syſteme haben das Grundprinzip des Waſſerheizungsbackofens nicht geändert.

Der Breslauer Waſſerheizungsbackofen, gebaut von H. Doberſchinsky in Breslau, entſpricht in allen Teilen dem Syſtem Perkins-Wieghorſt. Fig. 5 zeigt den vertikalen Längendurch-

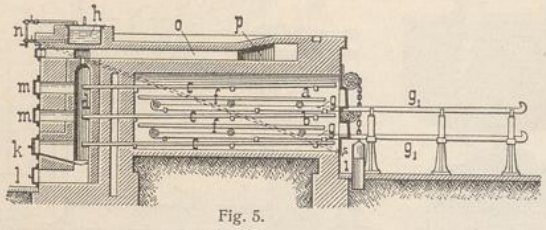


Fig. 5.

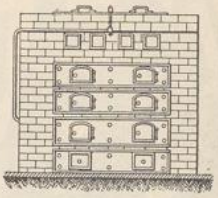


Fig. 5a.

ſchnitt eines Breslauer Waſſerheizungsetagenbackofens. Dieſe Oefen haben zwei übereinander gelagerte Backherde und deshalb doppelte Leiſtungsfähigkeit. Der Mehrverbrauch an Feuerungsmaterial beträgt kaum den dritten Teil des Brennmaterialverbrauchs eines Waſſerheizungsbackofens mit einem Backherd. Die auf dem Roſte ſich entwickelnden Heizgaſe werden bei dem Doppelofen beſſer ausgenutzt; *a* iſt der obere, *b* der untere Backraum, und oberhalb und unterhalb

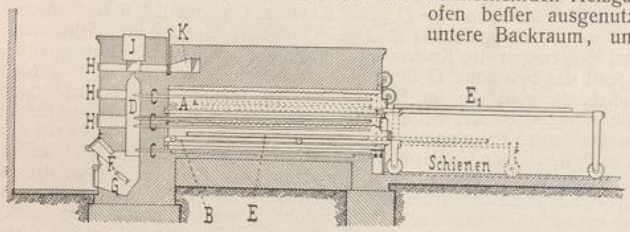


Fig. 6.

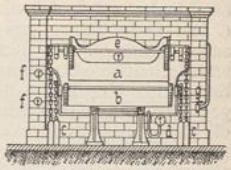


Fig. 5b.

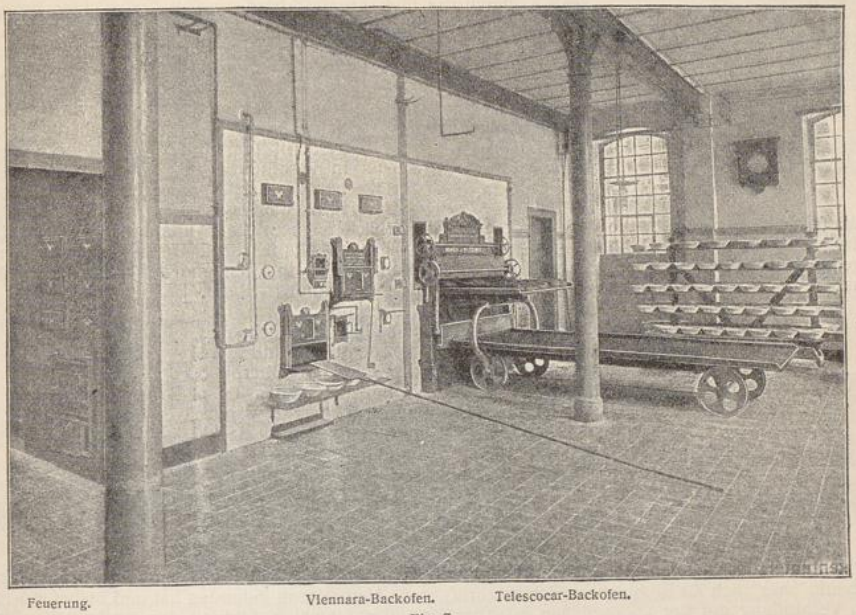
der Backräume befinden ſich die Perkins-Waſſerheizungsrohre *c*, die behufs Ueberhitzung in den Heizraum *d* hineinragen; *f f* ſind die mit Rollen verſehenen und auf Schienengleiſen *g g*¹ inner- wie außerhalb des Backraumes ſich bewegenden eiſernen Backherde. Schiene *g*¹ ruht auf ausbalancierten Schaukelblöcken und kann durch einfachen Handgriff nieder- und aufgeſchlagen werden, je nachdem der obere oder untere Backherd herausgezogen wird; *h* iſt das Warmwaſſerreſervoir, das in Verbindung mit dem Hahn am vorderen Teil des Backofens iſt; *k* iſt der Feuerraum mit Schrägroſt, *l* der Aſchenraum, *m m* ſind die Putztüren, *n* der Waſſerſtandszeiger des Reſervoirs, *o* der Kanal für die Heizgaſe und *p* der Rauchkanal. Fig. 5a zeigt den rückwärtigen Teil des Ofens mit Putz- und Heiztüren und Fig. 5b den vorderen Teil des Backofens; *a* iſt die obere, *b* die untere eiſerne Mundtüre, die durch Gegengewichte *c* die beiden Backräume hermetiſch verſchließen; *d* iſt der mit einem Waſſerheizungsrohr verſchraubte Manometer, der die Dampfſpannung in den Röhren angibt, *e* der Pyrometer, *f f* die Zeitmerker, welche ein Zifferblatt mit Zeiger haben und die Zeit angeben, wann die Backherde mit Brot eingeſchoben wurden, und *g* iſt der Warmwaſſerhahn. Der Backofen ſelbſt wird von dem Backſaal und Heizräumen durch eine einfache Mauer getrennt, ſo daß Heizgaſe, Ruß u. ſ. w. abſolut nicht in den Backſaal gelangen können.

Bei Waſſerheizungsetagenbacköfen ſind Schienengleiſe vor dem Ofen angebracht, die beim Herausziehen des oberen Backherdes aufgeklappt werden. Nachdem dieſe Auf- und Niederklappvorrichtung an dem unteren Schienengleiſe montiert iſt, iſt es unmöglich, beide Herdplatten gleichzeitig aus dem Ofen zu rollen, was unter Umſtänden großen Schaden bringen kann, da während des Entleerens vom oberen Backherd das auf dem unteren noch im Ofen befindliche Brot verbacken kann. Dies iſt bei dem von Werner & Pfleiderer in Cannſtatt gebauten, geſetzlich geſchützten Telescocarbackofen ausgeſchloſſen. Fig. 6 zeigt den Längendurchſchnitt dieſes Ofens, der in ſeinem Aufbau dem Syſtem eines Waſſerheizungsetagenbackofens vollkommen entſpricht, ohne raumwegnehmender Schienengleiſe vor dem Ofen zu bedürfen. Dieſer Backofen iſt in den größten Konſum- und Militärbetrieben in Verwendung. *A* und *B* zeigt den oberen und unteren Backraum, *C C* die in den Heizraum *D* hineinragenden ſtählernen Waſſerheizungsröhren, und in jedem Backraum befinden ſich oben und unten je 30 ſtählerne Röhren im Durchmeſſer von 35 mm, welche die Länge des Backraumes einnehmen und ſtufenweiſe von 50 bis 200 mm in den Heizraum hineinragen. Zwiſchen den beiden Rohrlagen eines jeden Backraumes befinden ſich die ausziehbaren, auf Rollen ſich bewegenden Backherde, und *E*¹ zeigt den Backherd außerhalb und *E* denſelben innerhalb des Backraumes. *F* iſt die Feuerung mit Schrägroſt, *G* bildet den Aſchenraum, *H* die Putztüren, *J* den Warmwaſſerkeſſel

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

und *K* den Rauchfchieber. — Die Backherde find 1625 mm breit und 3250 mm lang; ein Herd faßt bei norddeutfchem Roggenbrot 110 Laibe à 3 kg, welche bei 250° C. in zwei Stunden gebacken find, fo daß im Telescocarbackofen 660 kg Brot in zwei Stunden gebacken werden.

Einen weiteren Backofen baut die Firma Werner & Pfleiderer in Cannftatt unter dem Namen „Viennara" mit einem oder zwei übereinander liegenden, getrennten Backräumen. Diefer Ofen eignet fich hauptfächlich für alle Sorten Weißbrot und Konditoreiwaren, und die



Feuerung. Viennara-Backofen. Telescocar-Backofen.

Fig. 7.

Feuerung beruht auf denfelben Prinzipien wie bei dem bereits erwähnten Dampfbackofen. Auch hier wird die in der Feuerung erzeugte Wärme durch eigens geformte, an den Enden zugefchweißte Waffer heizröhren dem Backraum zugeführt. Da die Feuerung von dem Backraum durch eine Mauer getrennt ift, fo bleibt derfelbe frei von Brennmaterial, Rauch und Verbrennungsgafen. Sehr praktifch erfcheint, daß die Feuerungsanlage je nach den Lokalverhältniffen feitlich, vor- oder rückwärts eingerichtet werden kann. Fig. 7 zeigt im Gefamtbild eine fehr praktifche Ofenanlage für eine größere Bäckerei. Während der „Viennara"-Ofen für feinere Brote, Weißgebäck, Konditoreiwaren fich eignet, liefert der „Telescocar"-Ofen hauptfächlich Schwarzbrot bei kontinuierlichem Betriebe. Die Feuerung ift feitlich, und die Einfchießtüren (Schieberfchruften) find feitlich gegeneinander vorgefetzt, fo daß die beiden Backherde gleichzeitig von zwei Perfonen bedient werden können. Der „Viennara"-Backofen ift ein Einfchießofen und der aus befonderem Steinmaterial hergeftellte Backherd nicht herausziehbar. Derfelbe liegt feft im Backraum, fo daß die Ware nach und nach, und zwar von rückwärts angefangen, eingefchoffen werden muß. Da nun die hinten liegende Backware zuerft in den Ofen gelangt und zuletzt herausgenommen wird, fo ift die Anordnung der Hitzeverteilung durch die Röhren fo getroffen, daß der Ofen vorne etwas fchärfer bäckt wie rückwärts. Der Ofen ift mit einer zuverläffigen Schwaden (Wrafen-, Schwül-) vorrichtung verfehen, und jeder Backraum befitzt eine Schwadenzuführung. Fig. 8 zeigt den Schnitt des Ofens bei zwei übereinander liegenden Backräumen *a* und im Mauerwerk eingefetzter Waffer referve *b* zur Schwül (Schwaden-) vorrichtung.

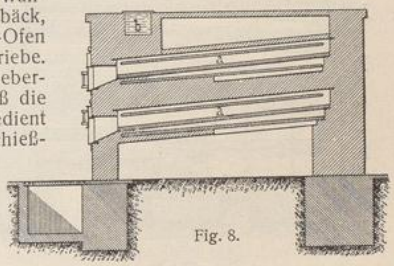


Fig. 8.

Die Mafchinenfabrik Bergeborbeck in Weftfalen baut nach dem Syftem der Waffer heizungsbacköfen einen dreifachen Etagenbackofen, wobei zwei Backherde ausziehbar find, dagegen der dritte Backraum von der Seite des Backofens einzeln mit Brot befchickt werden muß. Die Leiftungsfähigkeit eines Backofens foll durch diefe Konftruktion die höchfte Stufe erreichen, wobei allerdings große Raumverhältniffe in Anfpruch genommen werden, um fo mehr, als die feitliche Befchickung des dritten Backraumes fehr viel Raum beanfprucht.

Fig. 9 zeigt den Längenfchnitt, Fig. 9a die Vorderanficht und Fig. 9b die Hinteranficht des dreifachen Etagenofens. Bei Fig. 9 und 9a bedeuten *A* und *B* die beiden vorderen Mundlochtüren für die ausziehbaren Backherde, dagegen ift *C* die feitliche Mundtüre zur Befchickung

des oberen, dritten Backraumes. In Fig. 9 (Längenfchnitt) find *A* und *B* die Backräume mit eifernem ausziehbaren Backherde, *C* der Backraum, in dem feitlich das Brot einzeln eingefchoffen und der hauptfächlich für feineres Gebäck verwendet wird; *D* ift der Heizraum, in dem die längs der Backräume ober- und unterhalb befindlichen Waffer-heizungsröhren überhitzt werden. Backraum *C* erhält indirekte Unterhitze von den zwei unterhalb befindlichen Backräumen fowie durch den Feuerkanal *E*, der durch die über das Backherdgewölbe ftreichenden Feuergafe entfprechende Oberhitze abgibt. Fig. 9b zeigt die Feuerungsanlage des Backofens, wobei auf die Befchreibung des Waffer-heizungsbackofenfyftems im allgemeinen hingewiefen wird. Die Schwülvorrichtung für den oberen Backherd ift feitlich angebracht und kann in Verbindung mit den unteren Backherden gefetzt werden. Die gleiche Firma baut auch zerlegbare transportable Waffer-heizungsbacköfen, die insbefondere für Militärbäckereien an Etappenftationen zweckmäßig find oder für fonftige variable Maffenverpflegung in den Vordergrund treten. Etagenwaffer-heizungsbacköfen werden auch von vorerwähnter Fabrik ganz in Eifen und zerlegbar hergeftellt und mit 0,8—1,80 m Breite und 1,70—3,50 m Länge des Herdes gebaut.

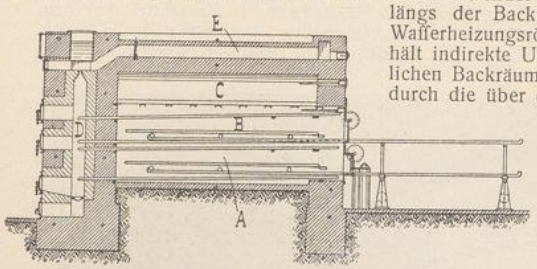


Fig. 9.

Zur Fabrikation des kleineren weißen Gebäckes, z. B. der Kaiferfemmeln, find Backöfen notwendig, die gleichmäßige, anhaltende und nicht zu fcharfe Grundhitze fowie flüchtige Oberhitze erzeugen. Dazu ift weiter eine gute Wrafen- oder Schwülvorrichtung (Waffer-dampferzeugung) notwendig. Ohne genügenden Waffer-dampf im Backraum ift das Backen fchöner, glanzvoller und röfcher Kaiferfemmeln u. f. w. ein Ding der Unmöglichkeit. Die Befchreibung der fo wichtigen Wrafen- oder Schwülvorrichtung werden wir beim Befchreiben der Unterzugsbacköfen folgen laffen. H. Doberfchinsky in Breslau baut einen Patentunterzugsbackofen, der für Herftellung von Kaiferfemmeln und fonftigem feineren Gebäck, ebenfo aber auch für Roggenbrot (Schwarzbrot) große Verbreitung gefunden hat und insbefondere in Verbindung mit der vorzüglichen Patentwrafen- oder -fchwülvorrichtung den weiteftgehenden Anforderungen entfpricht. Fig. 10 zeigt den Längenfchnitt eines Unterzugsbackofens, Patent Doberfchinsky, mit einem Backraum, wobei die Feuerung an der Vorderfeite des Backofens angelegt ift. Für kleinere Betriebe ift die Feuerungsanlage an der Vorderfeite, dagegen bei Etagenbacköfen für den Großbetrieb nur die Feuerungsanlage am rückwärtigen Teil des Backofens zu empfehlen. *A* zeigt die ifolierte Vortüre zum Abfchluß der Feuerungsanlage, *B* den Feuer- und *C* den Afchenraum, *D* die Feuerzunge, *E* den Backherd, *F* die Mundtüre oder den Backherdverfchluß, *G* den Heizgaskanal über dem Backherd behufs Erzeugung der Oberhitze, *H* den Rauchkanal und *J* den Rauchkanalfchieber. — Bei dem Breslauer Unterzugsbackofen ziehen die auf einem im Flächenmaß genau der Heizfläche entfprechenden Planroft entwickelten Feuergafe zunächft unter der in einer Sandfchicht gelagerten und mit Schamottemauerwerk unterwölbten Herdplatte des Backraumes hinweg, ftei-gen dann in zwei vertikalen Zügen nach oben und entweichen bei ein finnreich konftruiertes Syftem von Heizkanälen unmittelbar über dem Backherdgewölbe paffiert haben, in den Kamin. Durch diefe Konftruktion wird eine äußerft intenfive, gleichmäßige und anhaltende Grund- und Oberhitze, Haupteigenfchaften eines guten Backofens, erzielt. Bei dem zu größerem Betrieb fich eignenden Unterzugsbackofen mit zwei übereinander liegenden Backräumen nehmen die Heizgafe denfelben Lauf; jedoch beheizt hier die durch das Kanalfyftem ftreichende Hitze gleichzeitig den oberen Teil des unteren Backherdgewölbes und die Herdfohle des oberen Backraumes, da die Heizkanäle dazwifchen angebracht find. Die Heizgafe fteigen hierauf wie bei dem einfachen Ofen, nachdem fie die Heizkanäle über dem zweiten Backraum paffiert haben, in den Kamin. Da die Führung der Heizgafe ober- und unterhalb der Backherde erfolgt, kommen in die Backräume keine Feuergafe, Kohlenteile oder Afche, und der Backofen wird nur einmal innerhalb 18—20 Stunden angefeuert. Nachdem das Brennmaterial (das aus Holz, Kohlen, Torf u. f. w. beftehen kann) abgebrannt ift, werden die drei Rauchkanalabfperrfchieber gänzlich gefchloffen.

Fig. 9a.

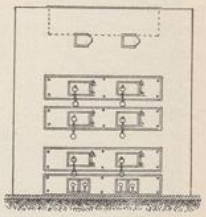


Fig. 9b.

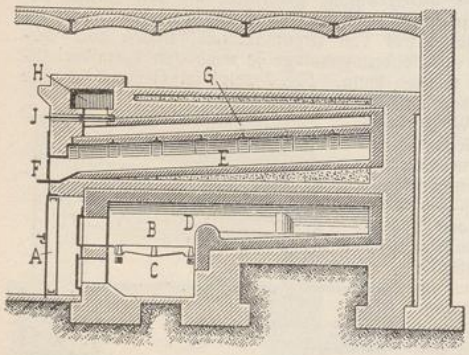


Fig. 10.

Die nun auf dem Planroſt lagernde Glut und das ein Wärmereſervoir bildende erhitzte Schamottemauerwerk der ſehr großen Heizkammer geben dann eine nachhaltige intenſive Ausſtrahlung in die Backräume ab. — Das Backen kann auch während des Heizens des Ofens ununterbrochen erfolgen, und iſt die Anfeuerung des Ofens bereits am Abend geſchehen, ſo kann des Nachts ſowohl als den darauffolgenden Tag über ohne Unterbrechung gebacken werden. Die zu jeder Backart erforderliche Temperatur kann nicht nur nach Bedürfnis erzeugt und gehalten, ſondern auch leicht geſteigert und gemindert werden. Für größere ununterbrochene Betriebe hat der Erfinder noch zwei kleinere Oberfeuerungen konſtruiert, um bei kontinuierlichem Backen die für den Backprozeß äußerſt wichtige Oberhitze neu zu beleben und zu ergänzen. Durch Heizung der kleinen Hilfsfeuerungen ziehen die ſich entwickelnden Heizgaſe nicht unter der Sohle des unteren Backraumes hinweg, ſondern ſteigen in den rechts und links ſeitlich vom Mundloch des Backofens befindlichen direkten Zügen ſofort in die Heizkanäle über dem Backraum, wodurch letzterer eine intenſive Oberhitze erhält, zugleich aber auch die einer größeren Abkühlung preisgegebenen vorderen Ofenpartien in vorteilhafter Weiſe mit erhitzt werden. Um die Schwüle oder den Waſſerdampf in den Backräumen feſtzuhalten, iſt ein dichtes, undurchläſſiges Backraumgewölbe unbedingt notwendig.

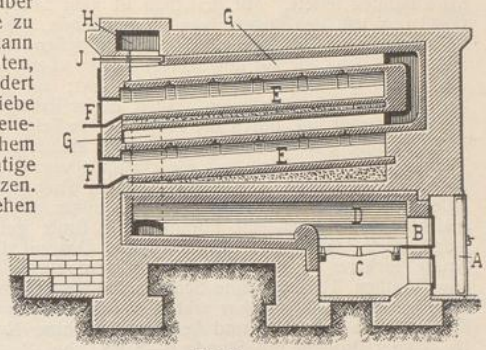


Fig. 11.

Die Einwölbung der Breslauer Unterzugsbacköfen erfolgt dadurch, daß zwiſchen ſtarke gußeiſerne Backofenbogen von T-förmigem Querſchnitt hochfeuerfeſte Schamottedeckfalzformplatten eingeklemmt und dicht vermauert werden. Dieſe Schamottedeckfalzplatten ſind auf allen vier Seiten mit Doppelfalz, Nut und Feder verſehen und greifen in der Querrichtung vollſtändig ineinander. Fig. 11 zeigt den Längenſchnitt eines Unterzugsbackofens mit zwei übereinander liegenden Backräumen. *A* zeigt die Vortüre, *B* die Heiztüre, *C* den Aſchenraum, *D* den Heizraum, *E* die Backräume, *F* die Mundtüren, *G* die Heizkanäle, *H* den Rauchkanal und *J* den Rauchkanalſchieber. Durch Anbringen zweier Schieber an den oberen Heizkanälen iſt es ermöglicht, die Beheizung des oberen Backherdes in und außer Tätigkeit zu ſetzen.

Wie bereits erwähnt, iſt die Wraſen- oder Schwülvorrichtung ein wichtiger Beſtandteil eines guten Backofens; insbeſondere aber muß bei Unterzugsbacköfen auf Erzeugung künſtlichen Wraſens in ausreichender Menge und in der richtigen Spannung Bedacht genommen werden. Bisher erfolgte die Erzeugung des für den Backprozeß ſo wichtigen Waſſerdampfes durch kleine Dampfkeſſel oder durch Einlaſſen von Waſſer auf im Ofen an beſonders der Hitze exponierten Stellen vermauerte Eiſenplatten u. ſ. w. Alle dieſe teils unzuverläſſigen, teils umſtändlichen Wraſenerzeuger ſind durch die Patentſchwülvorrichtung von H. Doberſchinsky (D.R.P. Nr. 64520) weit überholt, worauf wir verweiſen. — Der Bäcker iſt durch dieſelbe imſtande, Wraſen gleichzeitig oder einzeln für diejenige Herdſtelle in Tätigkeit zu ſetzen, für die er es nötig hält, und wird namentlich durch die gleichmäßige Wraſenverteilung über den ganzen Backraum ein Effekt erzielt, der die Hauptbedingung für den guten Verlauf des Backprozeſſes bildet. — Verfagt beim Backen von Weißbrot die Wraſen- oder Schwülvorrichtung, ſo wird das Brot kein ſchön gefärbtes, glanzvolles Ausſehen erhalten — unanſehnlich werden — und iſt dieſer Umſtand bei dem Schwülapparat Doberſchinskys ausgeſchloſſen.

Ein ſehr wichtiger Faktor für die Armeebrotverpflegung iſt der Feldbackofen. Geneſte, Herſcher & Cie. in Paris haben ihren zerlegbaren Feldbackofen auch im Deutſchen Reiche patentieren laſſen (D.R.P. Nr. 18783), und dieſe Feldbacköfen ſind teilweiſe bei der franzöſiſchen Armee in Verwendung. — Der Feldbackofen in Verbindung des ebenfalls patentierten Transport- und Arbeitswagens (D.R.P. Nr. 25392) iſt eine ambulante Feldbäckerei, die großen Vorzug vor allen ähnlichen Syſtemen verdient. Man iſt mit dieſem Transportwagen, deſſen Decke die Gewölbeſtücke des Ofens bilden, imſtande, die Arbeiten der Teigbereitung auf dem Marſche zu erledigen, ſo daß es auf dem Lagerplatz nur der ſchnellen Zuſammenſetzung des Ofens bedarf, um mit dem Backen ſofort beginnen zu können. Der Ofen ſelbſt beſteht aus einzelnen Gewölbſtücken oder Jochen, die man aneinander ſetzt und durch Ketten zuſammenhält. Die Details mögen aus den Patentbeſchreibungen entnommen werden. — Das Beſtreben, einen möglichſt praktiſchen fahrbaren Feldbackofen zu konſtruieren, zeigt ſich in den vielen Patentanmeldungen, und ſind die derzeitigen Feldbacköfen der deutſchen Armee aus einzelnen Teilen zuſammengeſetzt, die teilweiſe proviſoriſch eingemauert werden. Zu erwähnen ſind noch die in der Weißbrotfabrikation unentbehrlichen Teigteilmaſchinen. Sie haben den Zweck, das kleinere Weizengebäck, als Kaiſerſemmeln u. ſ. w., Stück für Stück ſo ſchwer abzuteilen, wie es die jeweiligen Mehlpreiſe erfordern. Mit einem einzigen Drucke iſt man imſtande, je nach Größe der Maſchine 20, 30 oder 50 gleichmäßige Teigſtücke zu teilen, je nachdem man ein entſprechendes Stück Teig vom Gewicht der 20-, 30- oder 50maligen Schwere eines einzelnen Brötchens auf die Maſchine legt. Die Teilung erfolgt ſo genau, daß die geübteſte Hand es nicht ſo fertig bringt, und es geht nicht ein Gramm Teig verloren, was bei Handarbeit unvermeidlich iſt (wobei auf etwa 30 Brötchen 40—50 g Teig verloren gehen). — Die Teigteilmaſchinen der Firmen Herbſt & Co. (D.R.P. Nr. 15145) und Herm. Bertram in Halle a. S. haben die größte Verbreitung. Vgl. die zitierte Patentſchrift und die Proſpekte letzterer Firma.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Zum Schluſſe gedenken wir der **Fabrikation von Kraftbrot,** d. h. Roggenbrot, gebacken aus Vollmehl ohne Abſonderung der Kleie; des hohen Nährwertes dieſes Brotes wegen nimmt deſſen Verwendung immer größere Ausdehnung an. J. Gelinck in Riga ließ ſich im Deutſchen Reich eine Teigmühle patentieren (D.R.P. Nr. 74423), welche die Fabrikation dieſes Brotes auf neue Bahnen leitete. Mit derſelben iſt man imſtande, direkt aus Getreide Brot zu bereiten. Gelinck läßt den Roggen von Unkrautſamen, Sand, Steinen durch trockene Reinigung befreien. Sodann wird er ſo lange mit zu- und abfließendem Waſſer gewaſchen, bis er das Waſſer nicht mehr trübt, und hierauf mit heißem Waſſer überbrüht. Dann ſteht der Roggen ſo lange, bis das reine, geſunde Korn zu Boden ſinkt; auf der Oberfläche des Waſſers zeigen ſich die abgeſonderten Unreinigkeiten. Nach dieſer Reinigung wird das Getreide mit 40° R. heißem Waſſer bebrüht und durch die Teigmühle in Teig verwandelt, ohne daß es mit Menſchenhänden in Berührung gekommen iſt. Mit weißen Holzſchaufeln wird das Getreide auf einen verzinnten Tiſch geſchafft, von dem aus die ebenfalls verzinnte Maſchine geſpeiſt wird. Nach erfolgtem Arbeitsprozeß verläßt der Teig in dünnen Strängen die Maſchine, um in eine Backmulde zu fallen, in welcher der nötige Sauerteigzuſatz erfolgt. Hierauf kommt der Teig in die Knetmaſchine, wird durch eine Formpreſſe in Brote geformt und, nachdem der Teig in Brotform aufgegangen, das Backen vorgenommen. Das auf dieſe Weiſe bereitete Brot hat ſchöne, braune Kruſte, lockeres Gefüge und iſt leicht verdaulich. Verſuche haben ergeben, daß dieſes Brot, angeſchnitten, 11 Tage ohne Schimmelbildung bleibt, und es kann noch nach 14 Tagen, wenn auch trocken, als genießbar erklärt werden. — Der Erfinder hat in Riga die Teigmühle in ſeiner Brotfabrik im Betriebe, und benötigt Maſchine Nr. 1 bei einer Leiſtungsfähigkeit von 13 bis 16 Zentner Brotteig pro Stunde 6—8 PS., bei 2—3½ Zentner pro Stunde 2 PS. Wegen der Details verweiſen wir auf die Patentſchrift. — Die Analyſe des Gelinckſchen Kraftbrotes gegenüber dem preußiſchen Kommißbrot lautet:

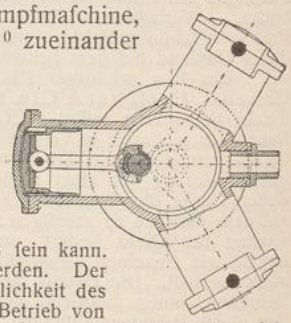
	Waſſer	Stickſtoff-ſubſtanz	Fett	Stickſtofffreie Extraktivſtoffe	Holzfaſer	Aſche
Preußiſches Kommißbrot	36,71	7,47	0,45	49,41	1,51	1,46 %
Gelinckſches Kraftbrot	51,50	12,03	0,47	34,18	0,32	0,95 „

Das Kraftbrot von Gelinck iſt unter allen möglichen Namen nachgeahmt worden; insbeſondere die Einführung des Dauer- oder Friſchbrotverfahrens in Deutſchland wurde mit großer Reklame betrieben. Dieſe patentierte Brotbereitung beſteht darin, bis zu 10 Teilen des zu verwendenden Mehlgewichtes grobgeſchroteten Reis dem Teige beizumiſchen. Die von den Erfindern aufgeſtellte Behauptung, dieſes Brot erhalte ſich 4—6 Wochen in feuchtem Zuſtande und ſchimmle nicht, hat ſich ſelbſtverſtändlich nicht erfüllt. Auf Sumatra, überhaupt in vielen tropiſchen Ländern, iſt der Zuſatz von Reis zum Roggenbrotteig ſchon ſeit vielen Jahren üblich, um das Brot länger friſch oder feucht zu erhalten. Grobgeſchroteter Roggen mit grobgeſchrotetem Reis vermiſcht und mit Sauerteig ausgebacken gibt ein Brot, das für ſchwache Verdauungsorgane ſehr ſchädlich wirken kann. Die deutſche Armeeverwaltung hat den Reiszuſatz abgelehnt, und in Frankreich, das bekanntlich das beſte Brot für die Armeeverpflegung erzeugt, hat man die Verſuche mit Reiszuſatz ſchon vor Jahren eingeſtellt.

Literatur: [1] Cnyrim, A., Das Bäckergewerbe der Neuzeit, Weimar 1904. — [2] Oertel, Fr., Die Teigwarenfabrikation, Leipzig 1904. — [3] Derſ., Pfarrer Seb. Kneipps Kraftnährmittel, 2. Aufl., Kempten 1891. — [4] Birnbaum, Das Brotbacken, Leipzig 1882. — [5] Uhland, Die Brotbäckerei, Jena 1885. — [6] Berſch, Die Brotbereitung, Leipzig 1895. — [7] Allgem. Bäcker- und Konditorzeitung, Stuttgart. — [8] Ueber Sauerſtoffgärung, Vortrag von Prof. Wender-Czernowitz auf dem Kongreß der Spiritusgroßinduſtrie in Oeſterreich, Wien 1904.

Fr. Oertel.

Brotherhoodmaſchine, eine einfach wirkende Dampfmaſchine, beſtehend aus drei Zylindern, deren Achſen um 120° zueinander geneigt ſind.



Die drei Pleuelſtangen greifen an einer gemeinſamen Kurbel an und ſind ohne Einſchaltung von Kolbenſtangen direkt mit dem Trunkkolben verbunden. Die Kurbelwelle iſt nach der einen Seite verlängert, während auf der andern Seite der den Dampf verteilende Kreisſchieber angeordnet iſt. Der Dampf drückt von außen auf die Kolben und entweicht durch den gemeinſamen Kurbelraum. Infolge der Anordnung der drei Zylinder hat die Maſchine keine Totlage und arbeitet daher ſehr gleichmäßig, ſo daß die Kolbengeſchwindigkeit ſehr groß ſein kann. Die Umdrehungszahl kann bis 2000 pro Minute geſteigert werden. Der Nachteil liegt in dem hohen Dampfverbrauch und der Unzugänglichkeit des Kurbellagers. Die Brotherhoodmaſchine (ſ. die Figur) wird zum Betrieb von Hilfsmaſchinen, als Zentrifugalpumpen und Ventilatoren, ſowie von Dynamomaſchinen verwendet.

Literatur: Busley, Die Schiffsmaſchine, Kiel 1886.

T. Schwarz.

Brotſchneidemaſchine, Vorrichtung zum Schneiden von Brotſcheiben.

Die einfachſte und älteſte Brotſchneidemaſchine gleicht einem Hobel, gegen deſſen feſtſtehendes Meſſer das Brot auf einer Unterlage geſchoben wird, durch deren Einſtellung die Stärke der Scheiben geändert werden kann. Gewöhnlich wird jedoch das Meſſer gegen das Brot bewegt. Bei einer häufig angewendeten Maſchine liegt das Brot wagerecht in einem Geſtell. Am Ende desſelben iſt ein Meſſer mit einer nach unten gerichteten Schneide in ſenkrechter Ebene drehbar befeſtigt. Das Brot wird nach jedem Schnitt um ein Stück, das durch einen feſten Anſchlag beſtimmt werden kann, vorgeſchoben. — Um eine beſſere Schneidwirkung zu erzielen, hat man dem Meſſer außer der Drehbewegung auch eine Bewegung in der Längen-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

richtung ſeiner Schneide gegeben, ſo daß ein gezogener Schnitt ſtattfindet. Bei andern Brotſchneidemaſchinen werden gekrümmte Meſſer durch eine Kurbel bewegt oder es dreht ſich eine mit ſchraubenförmig herumgehenden Meſſern verſehene Walze, wobei das Brot gegen die Walze geſchoben wird. Die Stärke der Scheiben hängt vom Druck ab.

Der Vorſchub des Brotes erfolgt gewöhnlich von Hand, doch bezwecken eine Reihe von Konſtruktionen einen ſelbſttätigen Vorſchub des Brotes, der entweder von dem Meſſer oder der Meſſerwelle aus mittels Schraubenſpindel oder Zahnſtange [1] oder dadurch, daß das Brot durch ſeine Schwere auf einer ſchrägen Unterlage vorgleitet [2], bewirkt wird. Auch wird die das Brot tragende ſchiefe Ebene bei der Bewegung des Meſſers durch einen Bügel angehoben [3]. Ferner ſind Maſchinen gebaut worden, bei denen das Brot durch ein Transportband, einen Transportſchlitten oder Auflagetiſch gegen die Schneidſcheiben geführt wird [4]. Bei vielen Brotſchneidemaſchinen erfolgt auch die Einſtellung der Scheibendicke ſelbſttätig [5]; ebenſo ſind ſolche konſtruiert worden, bei denen ſelbſttätig ein Beſtreichen und Belegen der Scheiben ſtattfindet [6]. Bei andern iſt Wert auf einen guten Verſchluß gelegt und auf eine Entnahme der abgeſchnittenen Scheiben ohne Berührung des Brotes [7]. — Eine einfache, bequem zuſammenlegbare Maſchine iſt in der Patentſchrift Nr. 132 367 beſchrieben.

Literatur (Deutſche Reichspatente): [1] Nr. 130 077, 121 875, 124 878, 101 581, 90 054, 81 932. — [2] Nr. 125 500. — [3] Nr. 144 211. — [4] Nr. 73 231, 104 001, 94 877, 128 695, 129 332. — [5] Nr. 118 419, 94 196. — [6] Nr. 118 055, 60 526, 65 021. — [7] Nr. 134 383, 86 125, 86 725. *Dalchow.*

Brotſchriften, in der Buchdruckerei die in großen Mengen zu glattem Werk- und Zeitungsſatz verwendeten Schriften, im Gegenſatz zu Akzidenz-, Auszeichnungsſchriften u. ſ. w.

Brouillon, eine franzöſiſche, aber auch zuweilen eine in der deutſchen Sprache gebrauchte Bezeichnung für den flüchtigen Entwurf einer Zeichnung.

Bruch. Sind a und b zwei beliebige Größen, ſo heißt die Größe

$$\frac{a}{b} = a : b = a|b,$$

die mit b multipliziert die Größe a ergibt, der Bruch mit dem Zähler a und dem Nenner b.

Bezeichnen a und b reelle ganze Zahlen, ſo bedeutet der Bruch $\frac{a}{b}$, daß man die Einheit in b gleiche Teile zu teilen und a ſolcher Teile zu nehmen hat. Der Bruch heißt dann ein echter oder unechter, je nachdem ſein Zähler kleiner oder größer als ſein Nenner iſt. Der Wert eines Bruchs wird nicht geändert, wenn man Zähler und Nenner mit derſelben beliebigen Zahl multipliziert, was den Bruch „erweitern“ genannt wird. Einen Bruch „verkürzen“ bedeutet, Zähler und Nenner, wenn ſie einen gemeinſamen Faktor haben, durch dieſen dividieren. Nötigenfalls durch Verkürzung läßt ſich jeder Bruch auf kleinſte Benennung, d. h. ſolche Form bringen, daß Zähler und Nenner teilerfremd ſind. Brüche mit demſelben Nenner werden addiert oder ſubtrahiert, indem man ihre Zähler addiert bezw. ſubtrahiert; Brüchen mit verſchiedenen Nennern gibt man zuvor durch entſprechende Erweiterung einen gemeinſchaftlichen Nenner gleich dem kleinſten gemeinſamen Vielfachen ihrer urſprünglichen Nenner. Ein Bruch wird mit einer Zahl multipliziert oder dividiert, indem man ſeinen Zähler mit jener Zahl multipliziert bezw. dividiert, oder auch, indem man ſeinen Nenner mit dieſer dividiert bezw. multipliziert. Zwei Brüche werden multipliziert, indem man Zähler mit Zähler, Nenner mit Nenner multipliziert. Man dividiert mit einem Bruch, indem man mit dem umgekehrten (reziproken) Bruch multipliziert.

Brüche, deren Nenner Potenzen von 10 ſind, heißen Dezimalbrüche, alle andern gemeine Brüche. Dezimalbrüche werden ohne Nenner geſchrieben, indem man die Zehntel und Einer durch ein Komma trennt. Wird ein auf kleinſte Benennung gebrachter gemeiner Bruch $a|b$ durch wirkliche Diviſion mit b in a in einen Dezimalbruch verwandelt, ſo entſteht ein periodiſcher unendlicher Dezimalbruch, wenn der Nenner durch eine von 2 und 5 verſchiedene Primzahl teilbar iſt, andernfalls ein endlicher Dezimalbruch. Um einen periodiſchen unendlichen Dezimalbruch in einen gemeinen Bruch umzuwandeln, benutzt man den Umſtand, daß

$$0{,}1111\ldots = \frac{1}{9},\quad 0{,}010101\ldots = \frac{1}{99},\quad 0{,}001001001\ldots = \frac{1}{999}\ \text{u. ſ. w. iſt.}$$

So findet man z. B.

$$0{,}5314314314\ldots = \frac{5{,}314314314\ldots}{10} = \frac{5 + \frac{314}{999}}{10} = \frac{5309}{9990}.$$ *Mehmke.*

Bruch heißt die Trennung der Teile feſter Körper durch Kräfte, die nicht wie beim Schneiden, Sägen u. ſ. w. in den Trennungsflächen ſelbſt angebracht ſind. Die Trennungsflächen nennt man Bruchflächen, die größten Kräfte, die auf den Bruch hingewirkt haben, Bruchkräfte (Bruchlaſt, Bruchbelaſtung). Bei Feſtigkeitsverſuchen pflegt der Bruch herbeigeführt zu werden durch Zug (Zerreißen), Druck (Zerdrücken, Zerknicken), Schub (Abſcheren), Biegung (Zerbrechen im engeren Sinne), Torſion (Zerdrehen). Je nach der Art dieſer Einwirkungen, beſonderen Verhältniſſen derſelben (Geſchwindigkeit des Anwachſens, Dauer, Wiederholungen, Temperatur u. ſ. w.) und der Form der Probeſtücke können die Bruchflächen ſelbſt bei gleichem Material verſchiedenes Ausſehen

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

gewinnen [9], [10]. Im allgemeinen ist letzteres abhängig von der Zusammensetzung, Herstellungsart, Bearbeitung, sonstigen vorausgegangenen Einwirkungen, überhaupt von den Eigenschaften des Materials. Bei genügender Erfahrung und entsprechender Vorsicht lassen sich also umgekehrt aus den Bruchflächen Schlüsse auf die Beanspruchungsart und einzelne jener Eigenschaften ziehen. Für Eisen und Stahl hat man in neuerer Zeit der Aufklärung dieses Zusammenhangs unter Zuhilfenahme des Mikroskops bei der Beobachtung von Bruchflächen und Schliffflächen (bei den ungeschliffenen Bruchflächen kommt auch der Einfluß der Schwächung des Materials durch die übermäßige Beanspruchung zum Ausdruck) besondere Aufmerksamkeit zugewendet [1]—[8]. Weiter hat man sich nicht damit begnügt, einzelne Stäbe und gewalzte Träger bis zum Bruche zu belasten, sondern ist zu Bruchproben mit ganzen Konstruktionen übergegangen (Blechträger, Fachwerke, Gewölbe u. s. w.), um die tatsächlichen Verhältnisse beim Zusammenwirken aller Einflüsse kennen zu lernen und daraus Schlüsse auf zweckmäßige Anordnung, zulässige Belastung und dauernde Sicherung solcher Konstruktionen zu ziehen. Vgl. Blechträger, Fachwerke, Biegeprobe, Biegungsfestigkeit u. s. w.

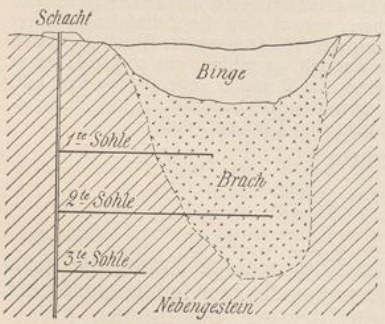
Literatur: [1] Martens, Die mikroskopische Untersuchung des Eisens, Zeitschr. des Ver. deutscher Ing. 1878, S. 11, 205, 481; 1880, S. 397. — [2] Wedding, Die Eigenschaften des schmiedbaren Eisens, abgeleitet aus der mikroskopischen Untersuchung des Gefüges, Zeitschr. des Ver. deutscher Ing. 1885, S. 572. (Vgl. auch Sorby und Daelen, S. 630; Braune, S. 96.) — [3] Osmond et Werth, Théorie cellulaires des propriétés de l'acier, Annales des mines 1885, VIII, p. 5. — [4] Schild, Die mikroskopische Untersuchung des Eisens, Zeitschr. des Ver. deutscher Ing. 1887, S. 109. — [5] Martens, Ueber das Kleingefüge des schmiedbaren Eisens, Stahl und Eisen 1887, S. 235; s. a. S. 393. — [6] Martens, Ueber einige mikroskopische Eisenuntersuchungen, Mitteilungen der K. techn. Versuchsanstalten zu Berlin 1892, X, S. 57; s. a. 1893, XI, S. 273. — [7] Behrens, Das mikroskopische Gefüge der Metalle und Legierungen, Hamburg 1894. — [8] Osmond, Contribution à l'étude de la structure des aciers, Comptes rendus etc., 1894, CXIX, p. 329; s. a. CXVIII, p. 807. — [9] Martens, Handbuch der Materialienkunde für den Maschinenbau, I, Berlin 1898, S. 75, 229 u. s. w. — [10] Thallner, Konstruktionsstahl, Freiberg 1904, S. 22, 107 u. s. w.

Weyrauch.

Bruchausbau, s. Tunnelbau.

Bruchbau, selten angewendete bergmännische Abbaumethode (s. Abbau) im zusammenhanglosen Gebirge (rolliges Gebirge, Bruch).

Bruch entsteht beim Bergbaubetriebe zuweilen durch das Zusammenbrechen nicht genügend unterstützter bergmännischer Baue; auch alte Bergeversätze (s. Abbau) früheren Abbaubetriebes sind hierher zu rechnen. Beim Bruchbau (s. die Figur) ist im festen Nebengestein ein Schacht geteuft; von diesem aus werden in verschiedenen Richtungen und Sohlen Strecken nach den Bruchmassen hin getrieben und in diesen letzteren unter Anwendung von Getriebearbeit fortgesetzt (Bruchort), bis gewinnungswürdige Massen angefahren werden. Diese füllt man vor dem betreffenden Orte weg (s. Wegfüllarbeit), und es rollen beständig neue Massen nach, so daß vor demselben Orte oft jahrelang Bruchmassen fortgefüllt werden können. Hört das Hereinrollen gewinnungswürdiger Massen auf, indem an ihrer Stelle erzleere Massen angetroffen werden, so treibt man das Ort im Bruche weiter vor, bis an einer andern Stelle wieder in gleicher Weise abgebaut werden kann. Zuweilen kommt der Bruch zum Stehen, d. h. es verspreizen sich größere Stücke gewölbeartig. Man versucht dann durch Sprengarbeit an den Blöcken oder durch Beseitigung eines Teiles des Streckenausbaues, den Bruch wieder ins Rollen zu bringen. Die in verschiedenen Tiefen untereinander stattfindenden Betriebe müssen genügenden horizontalen Abstand voneinander behalten, da sonst die oberen Oerter durch die darunter befindlichen zu Bruche gebaut werden. Ein bekanntes Beispiel für den Bruchbau ist der Zinnerzbergbau zu Altenberg im sächsischen Erzgebirge; dort wurde bis zum 17. Jahrhundert Weitungsbau (s. d.) betrieben. Die so hergestellten Räume brachen wegen mangelnder Unterstützung nach und nach zusammen, und während an der Oberfläche eine trichterförmige Vertiefung von 60 m Tiefe und mehreren hundert Metern oberem Durchmesser (die Binge) entstand, bildeten die Reste der Zinnerzlagerstätte ein chaotisches Durcheinander von großen und kleinen Bruchstücken, untermischt mit mächtigen Blöcken, den Bruch. *Treptow.*

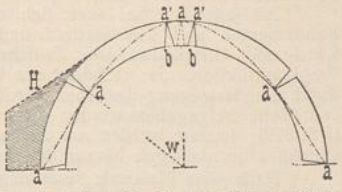


Bruchdehnung, s. Dehnung, Zerreißversuch und Lieferungsbedingungen.

Bruchfugen (Brechungsfugen), diejenigen Lagerfugen eines Mauerbogens oder Gewölbes, die sich bei seiner Ueberlastung auf der Rückenfläche

des Gewölbes öffnen, während gleichzeitig am Kämpfer und im Scheitel die dort befindlichen Fugen nach innen klaffen (f. die Figur).

Dieſes einſeitige Oeffnen der betreffenden Fugen erfolgt, wenn die Stützlinie die in der Figur angedeutete Lage annimmt, bei der an den Stellen *a* durch Ueberbeanſpruchung ein Zermalmen des Materials eintreten kann und infolgedeſſen ein Kippen der zwiſchenliegenden Gewölbeteile um die Punkte *a* erfolgt, was dem Einſturz des Gewölbes unmittelbar vorausgeht. Iſt im Scheitel, wie dies in der Regel der Fall iſt, keine Fuge vorhanden, ſo öffnen ſich die zunächſt liegenden Fugen des Schlußſteins bei *b*. Durch eine Hintermauerung *H* (ſ. die Figur) wird das Kippen der Gewölbeſchenkel verhindert und daher die Widerſtandsfähigkeit des Gewölbes vergrößert. Bei halbkreisförmiger Wölblinie liegt die Bruchfuge unter einem Winkel $w = 55—60^0$. Für ein beliebiges Gewölbe findet man die Lage der Bruchfuge, indem man die Stützlinie ſo einzeichnet, daß ſie (wie in der Figur) den Scheitel der Rückenlinie berührt. Der dieſer ſo eingezeichneten Stützlinie nächſte Punkt der Wölblinie bezeichnet die Lage der Bruchfuge.



L. v. Willmann.

Bruchgrenze, ſ. Zerreißverſuch.

Bruchort, ſ. Bruchbau.

Bruchſchwinge, ſ. Kraftübertragung im Bergbau.

Bruchſicherheit (Bruchſicherheitskoeffizient), ſ. Sicherheit.

Bruchſteinmauerwerk, aus Bruchſteinen ſowohl als auch aus Feldſteinen (Leſeſteine, Findlinge) im Mörtelverband hergeſtelltes und je nach der mehr oder weniger regelmäßigen Form dieſer Steine „gewöhnliches Bruchſteinmauerwerk“, „Mauerwerk aus lagerhaften Steinen“ und „Mauerwerk aus Schichtſteinen“ genannt.

Das gewöhnliche Bruchſteinmauerwerk beſteht aus ganz unregelmäßigen Bruchſtücken oder aus Feldſteinen, die in tüchtigem Verbande ſatt in Mörtel geſetzt werden, wobei man darauf achtet, die Stoßfugen zu verſetzen und nicht bloß im Mauerhaupt, ſondern auch im Innern möglichſt große Steine zu verwenden. Zum Ausfüllen (Auszwicken, ſ. d.) der Zwiſchenräume werden die kleineren Steine benutzt. Dieſes Mauerwerk wird gewöhnlich ſchichtenweiſe aufgeführt, d. h. in beſtimmten Höhen wagerecht abgeglichen. Wählt man die unregelmäßigen Steinſtücke ſehr groß, ſo entſteht das Zyklopenmauerwerk, und werden die Fugenflächen ſo bearbeitet, daß die Steine genau aneinander paſſen, ſo erhält man den Polygonverband, der Moſaikverband genannt wird, wenn ein beſtimmtes Muſter durch die Zuſammenſetzung der Steinſtücke entſteht. Beſonders zu beachten iſt beim Bruchſteinmauerwerk, daß keine hohlen Räume und Stellen vorkommen, die bloß mit Mörtel und Steinabfällen ausgefüllt ſind. Beim Mauerwerk aus lagerhaften Bruchſteinen mit abgeſetzten Schichten werden die zugerichteten oder natürlichen Steine je nach ihrer Dicke ſo zuſammengeſetzt, daß zwei oder drei Schichten in eine übergehen, jedenfalls aber öfters eine wagerechte Abgleichung ſtattfindet, während das Mauerwerk aus Schichtſteinen durch die ganze Mauer reichende, gleich oder ungleich hohe Schichten beſitzt und die am Mauerhaupt anzubringenden, regelmäßig bearbeiteten Steine (Moellons) ſich von den Werkſteinen nur durch ihre geringere Größe unterſcheiden.

Literatur: Handbuch der Architektur, Darmſtadt 1891, 3. Teil, Bd. 1, S. 63, und 3. Teil, Bd. 2, Heft 1, S. 72; Schwatlo, C., Der Steinbau, Leipzig 1879, S. 184; Breymann, Konſtruktionen in Stein, 6. Aufl. neu bearbeitet von O. Warth, Leipzig 1896, S. 27. *L. v. Willmann.*

Bruchſtoß, beim Oberharzer Bergbau ein Firſtenſtoß (ſ. Firſtenbau), der gegen das Hereinbrechen zerklüfteten Geſteins durch Zimmerung unterſtützt werden muß.

Treptow.

Brüche, ſ. Tunnelbau.

Brücke, Bauwerk, dazu beſtimmt, einen Verkehrsweg über ein Hindernis ſo zu führen, daß unterhalb der geſchaffenen Bahn ein freier Raum verbleibt.

Je nach der Art des über die Brücke geführten Verkehrsweges unterſcheidet man als erſte Hauptgruppe Straßenbrücken für Fußgänger und Fuhrwerksverkehr, hierzu als Unterabteilung Fußſtege bloß für Fußgängerverkehr. Die zweite Hauptgruppe bilden die Eiſenbahnbrücken, die für den Eiſenbahnverkehr beſtimmt ſind. Dieſe beiden Arten von Brücken unterſcheiden ſich weſentlich durch die Ausbildung der Fahrbahn. Eine dritte Gruppe bilden die Kanalbrücken für Ueberführung eines Schiffahrtskanals und Aquäduktbrücken für Ueberführung einer Waſſerleitung.

Auf den durch die Brücke geſchaffenen freien Raum unter derſelben oder auf das überbrückte Hindernis bezieht ſich die Einteilung in: Durchläſſe, das ſind Bauwerke von kleiner Oeffnungsweite, etwa bis 5 m, zur Durchführung eines kleineren Waſſerlaufes oder eines Weges (in letzterem Falle heißen ſie auch Durchfahrten) unter einem angeſchütteten Damme beſtimmt. Die Durchläſſe ſind in der Regel unter künſtlichen Aufſchüttungen hergeſtellt; bei Lichtweiten kleiner als 1 m nennt man ſie Dohlen; Ueberfahrten oder Wegebrücken haben eine Straße über einen Eiſenbahn-, Straßen- oder Kanaleinſchnitt zu führen; Strombrücken, die das Hauptwaſſer überſpannen, nebſt Flut- und Inundationsbrücken, welche letztere für die Hochwaſſer eines Fluſſes beſtimmt ſind; Talbrücken oder Viadukte, die zur Ueberſetzung

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

eines Tales oder einer tiefen Terrainfurche an Stelle einer Dammſchüttung erbaut werden. Es geſchieht dies meiſt aus wirtſchaftlichen und auch aus Sicherheitsrückſichten, da hohe Dämme (über 16—20 m) nicht nur infolge des großen Materialaufwandes ſehr teuer kommen, ſondern auch bezüglich der Entwäſſerung und Rutſchungsgefahr keine genügende Sicherheit bieten; endlich Gerüſtbrücken oder Treſtleworks, die meiſt vorübergehend die Stelle eines Dammes zu vertreten haben; ſie werden je nach der beabſichtigten Zeitdauer aus Holz oder Eiſen konſtruiert.

An jeder Brücke laſſen ſich zwei Hauptteile unterſcheiden: 1. der Unterbau, aus den Fundamenten und den Pfeilern beſtehend, welch letztere entweder Endpfeiler (Widerlager, Land- oder Uferpfeiler) oder Zwiſchenpfeiler ſind, und 2. der Ueberbau oder die eigentliche Tragkonſtruktion. Je nachdem der Ueberbau feſt und unbeweglich oder ſo gelagert iſt, daß durch eine Bewegung desſelben der Raum zwiſchen den Pfeilern auch der Höhe nach ganz oder zum Teile freigegeben werden kann, unterſcheidet man feſte und bewegliche Brücken (ſ. S. 329); letztere werden nur ausnahmsweiſe notwendig, hauptſächlich dann, wenn ſchiffbare Gewäſſer im niedrigen Niveau überſetzt werden müſſen.

Nach dem Materiale, aus dem der Ueberbau oder das Tragwerk der Hauptſache nach hergeſtellt iſt, kann man die Einteilung in hölzerne, ſteinerne und eiſerne Brücken treffen.

Endlich kann man nach der in Ausſicht genommenen Dauer der Brücke definitive Brücken, die für möglichſt lange Dauer berechnet ſind, und proviſoriſche oder interimiſtiſche Brücken unterſcheiden, zu denen die Not-, Kriegs- und Arbeitsbrücken gehören.

Die von der Tragkonſtruktion in einer Oeffnung überſpannte Weite nennt man die Spannweite, auch lichte Spannweite oder Lichtweite, wenn ſie das Maß zwiſchen den Pfeilerflächen bezeichnet. Die Stützweite gibt die Entfernung der Auflagermitten der Tragkonſtruktion; ſie iſt gleich der lichten Spannweite mehr der beiderſeitigen Auflagerlänge. Für die Wahl der Spannweite maßgebend ſind Rückſichten auf die Zweckmäßigkeit des Verkehrs, auf die Standſicherheit, bei Ueberſetzung von Flüſſen auf die Waſſerbewegung und freien Durchflußprofile, und ſchließlich auf die Bauökonomie. Die Spannweite (Lichtweite) iſt in vielen Fällen ſchon durch die Breite des zu überſetzenden Objektes gegeben, oder es verlangt der Verkehr unter der Brücke gewiſſe minimale Lichtweiten. Bei Eiſenbahnüberbrückungen iſt das Lichtraumprofil maßgebend; dasſelbe bedingt bei eingleiſiger normalſpuriger Bahn eine Lichtweite von 4,3 m, bei zweigleiſiger Bahn 7,5 m. Bei Straßenüberbrückungen iſt die Lichtweite durch die Straßenbreite beſtimmt, kann jedoch bei Landſtraßen um etwa 1 m verringert werden. Eventuell können Straßengräben durch die Widerlager geführt werden. Es kann auch vorkommen, daß ein Weg und ein kleiner Waſſerlauf an ein und derſelben Stelle zu überſetzen ſind. In dieſem Falle können entweder zwei getrennte Objekte angeordnet oder aber Bach und Weg in einem Objekt neben- oder übereinander geführt werden.

Bei Ueberbrückung regelmäßiger Gerinne, z. B. Mühlgräben, iſt die Lichtweite derſelben leicht beſtimmt. Durch Aufführung gemauerter Einfaſſungen kann die Weite der Oeffnung vermindert werden. — Bei der Ueberbrückung von Waſſerläufen ohne Schiffsverkehr und Floßverkehr kann die Durchflußweite nach in der Nähe befindlichen, denſelben Waſſerlauf überſpannenden Brücken bemeſſen werden, wenn ſich dieſelben als richtig dimenſioniert erwieſen haben. Andernfalls iſt es notwendig, die Durchflußweite aus der abzuführenden größten Hochwaſſermenge (ſ. Hochwaſſer) zu berechnen. — Bezeichnet v die mittlere Geſchwindigkeit des Hochwaſſers im Brückenquerſchnitt, f die Fläche des naſſen Durchflußquerſchnittes und μ den Ausflußkoeffizient (für Durchläſſe in der Ebene $\mu = 0{,}8$, im Gebirge $\mu = 0{,}5$), ſo beſtimmt ſich aus $f = \frac{M}{\mu \cdot v}$ das Durchflußprofil (ſ. d.) und daraus $l = \frac{f}{t}$ (hier bedeutet t die mittlere Tiefe des Gerinnes) die lichte Weite. Sind mehrere größere Oeffnungen vorhanden, ſo iſt auf den durch den Einbau der Zwiſchenpfeiler bedingten Aufſtau entſprechend Rückſicht zu nehmen. Dieſer Aufſtau kann entweder bis zu einer gewiſſen Höhe (Stauhöhe h) zuläſſig ſein, woraus dann die lichte Durchflußweite b gerechnet werden kann, oder es wird auch anderſeits wieder nach einem angenommenen b die Stauhöhe h berechnet. Das zuläſſige Maß der letzteren richtet ſich nach der Inundierung und den Grundwaſſerſtänden der angrenzenden Gelände und ferner nach der mit Rückſicht auf die Flußbettbeſchaffenheit zuläſſigen Erhöhung der Waſſergeſchwindigkeit im Brückenquerſchnitt. Näheres hierüber in [2]. Iſt ſo die totale Durchflußweite einer Brücke beſtimmt, ſo handelt es ſich darum, zu entſcheiden, ob mehrere kleine oder wenige große Oeffnungen angewendet werden ſollen. Rückſichten auf den Waſſerverkehr verlangen bei großen Strombrücken in der Regel gewiſſe minimale Lichtmaße für die Einzelöffnungen. So iſt beiſpielsweiſe für die Rheinbrücken abwärts von Mainz wegen der Floßfahrt eine Lichtweite von 90—100 m verlangt; für die neue Düſſeldorfer Rheinbrücke wurden zwei Oeffnungen von je 180 m aus ähnlichen Rückſichten vorgeſchrieben. Von dieſer Rückſicht auf die Schiffahrt abgeſehen, iſt für die Wahl der Spannweiten nur der Koſtenpunkt entſcheidend. Die Geſamtkoſten ſollen nämlich für die gewählte Anordnung am kleinſten werden [3]—[6]. Hiernach läßt ſich die günſtigſte Anordnung nur durch vergleichende Projektsſtudien finden. Einen ungefähren Anhalt gibt die Formel für die zweckmäßigſte Spannweite $l = \sqrt{\frac{P}{b}}$, worin P die Koſten eines Zwiſchenpfeilers und b den von der Spannweite abhängigen Teil der Koſten des Ueberbaues der Brücke pro 1 m Länge bezeichnet ($k = a + bl$). Für eiſerne Eiſenbahnbrücken iſt für ein Gleis $b = 12$ bis 15 ℳ. Die Spannweiten werden daher um ſo größer zu nehmen ſein, je teurer die Pfeilerbauten werden, alſo bei ſchwierigen Fundierungen, bei großen Höhen der Pfeiler. Bei Ueberbrückung von Flüſſen, die ein eingedeichtes Hochwaſſerbett haben, ergibt ſich hiernach von ſelbſt eine zweckmäßige Trennung in eine Strombrücke mit weiten und in eine Inundations- oder Flutbrücke mit kleineren

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Oeffnungen, entſprechend dem Umſtande, daß die Pfeilerkoſten der Inundationsbrücke der geringeren Höhe und leichteren Fundierung wegen bedeutend geringer ſind. Die Haupt- oder Stromöffnungen werden gewöhnlich in ungerader Anzahl angeordnet; jedoch findet man Ausnahmen dort, wo der Stromſtrich nicht in der Mitte des Fluſſes verläuft. Bei Talbrücken (Viadukten) beſtimmt ſich die Geſamtlänge danach, daß etwa bei 15—20 m Höhe die Längeneinheit einer Dammſchüttung ebenſoviel koſtet als die Längeneinheit eines Viadukts. Es iſt aber zu berückſichtigen, daß bei unzuverläſſigem Anſchüttungsmateriale die Koſten einer Dammſchüttung durch Rutſchungen beträchtlich geſteigert werden können. Die Oeffnungsweiten der Viadukte ſind wieder auf Grund der geringſten Baukoſten zu ermitteln. — Für die Wahl der Brückenbreite iſt der über dieſelbe gehende Verkehr maßgebend. Bei Eiſenbahnbrücken iſt das Normalprofil des lichten Raumes einzuhalten. Bei Straßenbrücken iſt zu berückſichtigen, daß zwei einander ausweichende Wagen eine Breite von 5,2—5,8 m beanſpruchen und daß die Breite geſonderter Fußwege mit mindeſtens 1,0—1,5 m anzunehmen iſt. Städtiſche Straßenbrücken erhalten 8—10 m Fahrbahnbreite und 2—3 m breite Fußwege.

Bei der Wahl des Materials, ob Holz-, Stein- oder Eiſenbrücke, iſt Rückſicht zu nehmen auf die Dauerhaftigkeit, auf die Raſchheit der Herſtellung, auf die Größe der Spannweite, auf das Ausſehen des Bauwerkes und ſchließlich auf die örtlichen Verhältniſſe überhaupt (leichte Beſchaffung der Bauſtoffe u. ſ. w.). Die geringſten Herſtellungskoſten ergeben ſich im allgemeinen bei den hölzernen, die größten bei ſteinernen Brücken. Es kommt aber auch vor, daß ſteinerne Brücken nicht teurer kommen als eiſerne; insbeſondere ſtellen ſich die modernen armierten Betonkonſtruktionen bis zu gewiſſen Spannweiten und unter ſonſt günſtigen Bedingungen nicht höher, oft ſogar niedriger im Preis als eiſerne Brückenüberbauten. Dagegen ſind Erhaltungs- und Erneuerungskoſten bei den hölzernen Brücken am größten, bei den eiſernen und ſteinernen bedeutend geringer. Im großen Durchſchnitt betragen die jährlichen Erhaltungskoſten für hölzerne Brücken 2,5 % des Baukapitals, die Erneuerungskoſten unter Annahme einer 25jährigen Dauer jährlich etwa 4 %, während die Erhaltungskoſten der Eiſenbrücken kaum mehr als 0,2—0,3 % betragen; insbeſondere ſind für ſteinerne Brücken die Erneuerungs- und Erhaltungskoſten nahezu Null. Die Dauer einer Brücke iſt abhängig von der Konſtruktionsart, dem Material und den lokalen Verhältniſſen ſowie von der Sorgfalt der Ueberwachung. Hölzerne Brücken, insbeſondere hölzerne Eiſenbahnbrücken, die den Einflüſſen der Witterung ausgeſetzt ſind, zeigen nur beſchränkte Haltbarkeit. Dort, wo keine ſorgfältige Ueberwachung ſtattfindet, gehen ſie auch oft durch Feuer zugrunde, wogegen die Dauer der ſeit den letzten 30—40 Jahren erbauten, rationell konſtruierten eiſernen Blech- und Fachwerksbrücken vorläufig noch nicht abzuſchätzen iſt. Um die Dauer der Brücken zu erhöhen, wurde in jüngſter Zeit ein Vorſchlag gemacht, die Brücken zu überdachen. Hinſichtlich der Raſchheit der Herſtellung ſtehen die Steinbrücken den hölzernen und eiſernen Brücken im allgemeinen bedeutend nach; nur die Beton- und Betoneiſenbrücken laſſen ſich verhältnismäßig raſch herſtellen. In der Größe der erreichbaren Spannweite wird das Eiſen von keinem andern Materiale übertroffen. Es beſitzen von den eiſernen Brücken die größte Spannweite die Firth of Forth-Brücke mit 521 m (es beſtehen jedoch ernſte Projekte für größere Spannweiten, ſo das Lindentalſche für eine Hudſon-Hängebrücke mit 930 m Spannweite), von den hölzernen Brücken die Kaskadebrücke der Eriebahn mit 84 m. Die größten ſteinernen Brücken ſind: die über das Syratal zu Plauen in Sachſen mit 90 m Spannweite, ferner die noch im Bau befindliche Eiſenbahnbrücke über den Iſonzo bei Salcano (Görz) mit 85 m Spannweite. (Fig. 7, S. 350).

Heute wird Holz als Material für den Ueberbau wohl nur angewendet: bei kleineren oder billig zu bauenden Straßenbrücken; bei Proviſorien, die nur kurze Zeit zu beſtehen haben, beiſpielsweiſe bei ſchneller Fahrbarmachung einer zerſtörten Bahnlinie oder dort, wo die definitive Regulierungslinie eines zu überſetzenden Fluſſes noch nicht feſtgeſtellt iſt; endlich in Nebenbahnen, wo durch vorläufige billige Herſtellung der Brücken in Holz die Rentabilität einer Bahnanlage ermöglicht wird. — Die Wahl zwiſchen Eiſen und Stein wird insbeſondere noch durch die folgenden Umſtände beeinflußt: Geringe verfügbare Konſtruktionshöhe (ſ. d.) verweiſt oft naturgemäß auf die Wahl einer eiſernen Brücke. Konſtruktionshöhe heißt der Höhenunterſchied der Brückenfahrbahn und der Unterkante der Brückenkonſtruktion. Dieſe iſt bei Eiſenbahnüberbrückungen etwa 0,1 m über das Normalprofil des lichten Raumes (ſ. Lichtweite) zu legen. Ueberbrückungen von Straßen erfordern eine lichte Höhe von 4—5 m [1]; bei Brücken über Bäche und Flüſſe, auf denen kein Waſſerverkehr ſtattfindet, iſt die Unterkante der Konſtruktion nicht tiefer als 0,3 m über Hochwaſſerhöhe zu legen, wenn Eisgang ſtattfindet nicht unter 0,7—1 m über Hochwaſſer. Bei gewölbten Brücken braucht dieſer Abſtand nur im Scheitel vorhanden zu ſein und können die Kämpfer der Segmentbogen in Hochwaſſerhöhe, jene der Korbbogen ſogar noch tiefer gelegt werden, namentlich in Rückſichtnahme auf den Umſtand, daß bei Hochwaſſer dann ein vermehrter Stau eintritt. Findet auf dem überbrückten Waſſerlaufe Floß- oder Schiffsverkehr ſtatt, ſo muß außerdem darauf geſehen werden, daß über dem höchſten flöß- oder ſchiffbaren Waſſerſtande genügend Raum, und zwar für Flöße etwa 2,5 m, für Schiffe 4,5—5 m vorhanden ſein muß. Im Unterlauf der Flüſſe, wo auch Segelſchiffsverkehr ſtattfindet, ſind bedeutend größere lichte Höhen erforderlich (30—40 m Cernavodabrücke über die Donau, Forthbrücke u. ſ. w.). Hier ſind bewegliche Brücken von Vorteil (ſ. Brücken, bewegliche, S. 329).

Die eiſernen Brücken geſtatten größere Oeffnungsweiten, verlangen alſo weniger Pfeiler als die ſteinernen. Dies iſt namentlich bei Flüſſen mit Schiffsverkehr von Bedeutung. Grundſätzlich wird man trachten, eine normale Ueberbrückung zu erzielen, d. h. die Brückenachſe ſenkrecht auf die Achſe des zu überbrückenden Verkehrsweges (Bach, Straße) zu ſtellen; auch wird man es vermeiden, die Brücken in einen Bogen zu legen, da infolgedeſſen das Bauwerk verteuert und die Entgleiſungsgefahr erhöht wird. Schiefe oder im Bogen geführte Brücken

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

ſind mit eiſernem Ueberbau leichter auszuführen als in Stein. Schiefe ſteinerne Brücken erfordern ſchiefe Gewölbe, die durch den komplizierten Steinſchnitt ſehr teuer werden. Dagegen ſprechen für die ſteinernen gewölbten Brücken bei Eiſenbahnen: die leichte Ueberwachung; die auf die Dauer im allgemeinen größere Sicherheit auch dann, wenn die Fahrbetriebsmittel verſtärkt werden, da hier wegen des großen eignen Gewichts die Verkehrslaſt nur wenig Einfluß nimmt; die gleichartige Fahrbahnkonſtruktion mit der offenen Strecke, größere Sicherheit gegen Entgleiſung und monumentale Wirkung.

In Hinſicht auf die ſtatiſche Wirkungsweiſe des Ueberbaues unterſcheidet man drei Hauptkonſtruktionsſyſteme der Brücken: 1. Balkenbrücken, die ihre Stützen (Widerlager, Pfeiler) nur lotrecht oder in einer von der lotrechten nur wenig abweichenden Richtung belaſten; 2. Stützbrücken, die den Unterbau in ſchräger Richtung nach außen ſchiebend beanſpruchen, bei denen ſonach das Tragwerk zwiſchen feſte Widerlager eingeſpannt iſt. Hierher gehören die Sprengwerks- und Bogenbrücken, ferner die gewölbten Brücken; 3. Hängebrücken, die auf ihre Stützpunkte ſchiefe, nach innen ziehende Kräfte äußern, bei denen ſonach das Tragwerk zwiſchen feſten Widerlagern (Pfeilern) aufgehängt iſt. Das Tragwerk der Balkenbrücken wird auf Biegung, jenes der Stützbrücken vornehmlich auf Druck, das der Hängebrücken vornehmlich auf Zug beanſprucht. Bei wechſelnder Verteilung der Belaſtung entſtehen aber im allgemeinen auch in den Stütz- und Hängeträgern Biegungsſpannungen, und um dieſe ohne bedeutende Formänderungen aufnehmen zu können, müſſen auch dieſe Syſteme ſteif, das iſt biegungsfeſt konſtruiert ſein (ſ. Bogenbrücken, Brücken, hölzerne, Hängebrücken). Bei den Holzbrücken ſpielen bloß die Balkenträger und die Stützträger (Sprengwerke) eine Rolle; bei den Steinbrücken vornehmlich nur die Stützträger oder Bogen in Form der Gewölbe, untergeordnet bei ganz kleinen Weiten die Balken in Form von Platten; Betoneiſenbalken werden in neuerer Zeit auch für Stützweiten bis zu 16 m ziemlich häufig verwendet; bei den eiſernen Brücken ſind ſämtliche drei Hauptkonſtruktionsſyſteme in Anwendung.

Die Kämpfer eiſerner Bogenbrücken ſind hochwaſſerfrei anzulegen. — Brückenbeſtandteile, beſonders Brückenträger, ſowie allgemeine zum Brückenbau erforderliche theoretiſche und konſtruktive Geſichtspunkte findet man im Lexikon behandelt in den Artikeln: Ankermauerwerk, Aquäduktbrücken, Auflager der eiſernen Brücken, Augenſtäbe, Auslegerbrücken, Ausſchalen, Balken, Balken, durchlaufende, einfache, Balkenfachwerke, Balkenträgerbrücken, Ballaſtgewichte, Belaſtung der Träger, Belaſtungsgrenze, Belaſtungsprobe, Betonbrücken, Betoneiſenbrücken, Betoneiſenkonſtruktionen, Blechträger, Blechträgerbrücken, Bogen, Bogenbrücken, Bogen, durchlaufende, einfache, Bogenfachwerke, Bogen mit Zugſtange, Bogenträger, Bolzenverbindungen, Brücken, hölzerne, eiſerne, ſteinerne, bewegliche, Brückenachſe, -auswechſlung, -bahn, -belag, -belaſtung, -portale, -reviſion, -türme, -verordnungen, -verſtärkungen, -zulage, Brückſtreu, Cremonaſcher Kräfteplan, Culmanns Verfahren, Diagonalen, Dimenſionenbegründung, -berechnung, Dreieckträger, Dreigelenkbogen, Drucklinie, Druckſtäbe, Eigengewicht der eiſernen Brücken, Einfache Träger, Einflußlinien, Einſenkung, Elaſtiſche Linie, Fach, Fachwerk, Fachwerke mehrfachen Syſtems, Fachwerke, ſtatiſch beſtimmte, ſtatiſch unbeſtimmte, Fachwerksträger, Fahrbahn, Fahrbahndecke, -tafel, -träger, Fiſchbauchträger, Flutbrücken, Gegendiagonalen, Geländer, Gelenke, Gelenkträger, Gelenkverbindungen, Genietete Träger, Gerüſtbrücken, Gitterbrücken, Gitterträger, Grenzwerte, Gurtungen, Gurtungsquerſchnitte, Hängebleche, Hängebrücken, Hängewerke, Hängewerksbrücken, Halbparabelträger, Hauptſyſtem, Herzogs Verfahren, Horizontalverband, Kanalbrücken, Kettenbrückenlinien, Klötzelholzbrücken, Knickfeſtigkeit, Knotenpunkte, Knotenweite, Kombinierte Träger, Konſtruktionshöhe, Konſtruktionskoeffizient, Konſtruktionsmaterial, Kriegsbrücken, Kuhhörner, Laſtäquivalente, Laveſſche Träger, Lehrgerüſte, Lichtweite, Linſenträger, Lohſeſche Träger, Materialverteilung, Maximalmoment, Mittelpunkt von Zug und Druck, Mittengelenkbalken, Mohniétträger, Montierung, Montierungsgerüſt, Montierungsſpannungen, Navierſche Kettenbrückenlinie, Nebenſpannungen, Nevilleſche Träger, Nietverbindungen, Normalbedingungen für die Lieferung von Eiſenkonſtruktionen, Normalprofile für Walzeiſen, Nutzquerſchnitt, Ochſenaugen, Oeffnungen bei Brücken, Parabelträger, Parallelträger, Pauliſche Träger, Pfeiler, Querverbände, Querverſtrebungen, Röhrenbrücken, Schiffbrücken, Schiffkornbrücken, Schnittkräfte, Schwedlerträger, Sicherheit, Spannungskoeffizient, Spannungstrajektorien, Spannweite, Sprengwerke, Ständer, Steifrahmen, Streben, Streckbäume, Temperaturſpannungen, Träger, Trapezträger, Ueberhöhung von Trägern, Verankerung, Verkehrslaſt, Verſteifungsbalken, Viadukte, Warrenträger, Widerlager, Winddruck, Windverband, X-Gurtung, Zug, exzentriſcher, Zuläſſige Beanſpruchung, Zuſatzſpannungen, Zweigelenkbogen, Zwiſchengelenke, Zwiſchenſtützen, Zwiſchenträger.

Literatur: [1] Handbuch der Ingenieurwiſſenſch., Bd. 1, S. 100—222, 3. Aufl., Leipzig 1900. — [2] Ebend., Bd. 3, S. 543 ff. (Waſſerbau), 3. Aufl., Leipzig 1900. — [3] Meyer, Deutſche Bauztg., Berlin 1874, S. 374. — [4] Hoffmann, L., Zeitſchr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1887, S. 559. — [5] Weiß, Zeitſchr. des Verb. deutſcher Ingenieure, Berlin 1880, Heft 4—7. — [6] Handbuch der Ingenieurwiſſenſch., Bd. 2: Brückenbau, Abt. 1—5, 3. Aufl., Leipzig 1899. — [7] Kaven, Dispoſition von Brücken in praktiſchen Details, Aachen 1874. — [8] Häfeler, Brückenbau,

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Braunschweig 1897. — [9] Winkler, E., Vorträge über Brückenbau, 2. Teil, — [10] Strukel, M., Brückenbau, Leipzig 1900. (Weitere Literaturangaben enthalten auch [1], [2] und [6].) *Melan.*

Brücken, beim Bergbau am Oberharz s. v. w. Herstellen einfacher Holzgerüste (Gebrücke), um von diesen aus ein Bohrloch herzustellen.

Brücken, bewegliche, bieten im Gegensatze zu den festen Brücken die Möglichkeit, den Raum unter der Brücke zur Hindurchlassung von Schiffen, Eisenbahnzügen u. dergl. entweder ganz freizugeben oder zu vergrößern, oder werden aus militärischen Gründen derart angelegt, daß der Verkehr über die Brücke zeitweilig unmöglich gemacht werden kann. Die beweglichen Brücken werden nur ausnahmsweise, hauptsächlich durch Anforderungen der Schiffahrt, notwendig, und zwar dort, wo schiffbare Flüsse im niedrigen Niveau übersetzt werden müssen (meist nur im Unterlaufe der Flüsse im Tieflande).

Es lassen sich folgende Arten beweglicher Brücken unterscheiden:

Drehbrücken (Fig. 1 und 2), bei denen das Oeffnen durch Drehen der Brückenkonstruktion um eine lotrechte Achse erfolgt, die entweder mit der Brückenmitte zusammenfällt (gleicharmige Drehbrücke) oder seitlich davon angebracht ist (ungleicharmige Drehbrücke). Bei den ersteren (Fig. 1) lagert der Drehzapfen auf einem Mittelpfeiler, und es werden beim Oeffnen der Brücke zwei Durchlässe freigegeben; bei den letzteren (Fig. 2) befindet sich der Drehzapfen gewöhnlich auf einem Widerlager, die Brücke hat dann nur eine freie Oeffnung, und der kurze Arm dient bloß als Gegengewicht, zu welchem Zwecke er auch künstlich belastet ist. Im allgemeinen sind gleicharmige Drehbrücken leichter als ungleicharmige, da bei den ersteren das Eigengewicht sich ausbalanciert, während bei den letzteren besondere Gegengewichte notwendig sind, die oft an ziemlich kurzen Hebelarmen wirken; die Southbrücke zu Hull hat zwei Arme zu 37 und 14 m mit einem Gesamtgewicht von 300 t, während das Gegenwicht allein 500 t wiegt. Soll eine große Oeffnung freigegeben werden, so kann man die letztere Anordnung verdoppeln und erhält eine sich in der Mitte öffnende zweiteilige Drehbrücke. Dieselbe hat jedoch den wesentlichen Nachteil, daß es schwer ist, eine gehörig feste Unterstützung an der Zusammenstoßstelle der Flügel zu schaffen, da Riegel u. dergl. nur ungenügend die Kontinuität der Träger ersetzen.

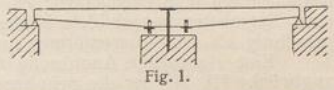


Fig. 1.

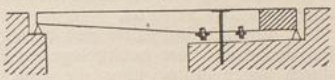


Fig. 2.

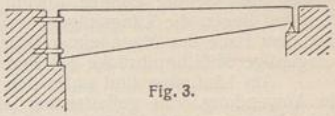


Fig. 3.

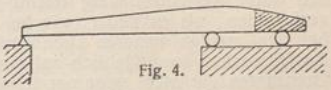


Fig. 4.

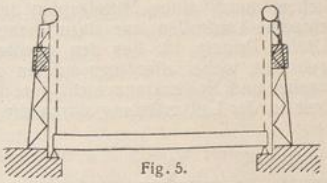


Fig. 5.

Kranbrücken (Fig. 3) sind einarmige Drehbrücken ohne Hinterarm, bei denen sich die beiden Hauptträger um ihre nach Art der Wendesäulen gelagerten Endständer drehen, wobei sich die drehbar befestigten Verbindungsstangen der Träger parallelogrammartig verschieben. Das Kranbrückenprinzip ist zwar schon vor mehr als 50 Jahren bei einzelnen hölzernen Brücken in Amerika verwendet worden, doch haben besonders niederländische Ingenieure diese für Ueberbrückung von Schiffahrtsöffnungen bei mangelnder Konstruktionshöhe wegen ihrer Billigkeit sich empfehlende Konstruktion ausgebildet.

Roll- oder **Schiebebrücken** (Fig. 4) werden in wagerechter Richtung in der Verlängerung der Brückenachse zurückgezogen, wodurch sie die Oeffnung freigeben. Das Tragwerk dieser Brücken erhält eine größere Länge als die zu überspannende Oeffnungsweite, und es wird der auf dem Lande verbleibende Teil so schwer gemacht, daß bei vorgeschobener Brücke der Schwerpunkt noch über den Landpfeiler fällt. Die Bewegung der Brückenbahn erfolgt in wagerechter Lage, und zwar meist in der Richtung der Brückenachse; es gibt jedoch auch Konstruktionen, bei denen wegen besseren Anschlusses an die feste Bahn die Bewegung in schräger Richtung erfolgt.

Die **Hubbrücken** (Fig. 5) ermöglichen durch lotrechte Hebung eine Vergrößerung der lichten Durchfahrtshöhe. Hierbei wird entweder der ganze Ueberbau gehoben (bei kleineren Hubbrücken) oder es liegen die Hauptträger in der erforderlichen Höhe fest und es beschränkt sich die Hebung nur auf die Fahrbahn. Die erste Anordnung ist die ältere, ein Beispiel dafür aus neuerer Zeit ist die Eisenbahnbrücke über den Rhein-Marne-Kanal bei den Salinen de Rosières [1] (Blechträger, 12 m Lichtweite mit seitlichen Konsolen). Zum Heben derselben dient ein 30 m langer, 3,5 m breiter, auf schmiedeeisernen Stützen ruhender Steg; die Ketten gehen über Rollen und tragen an ihren Enden Gegengewichte. Die zweite Anordnung (mit festliegenden Hauptträgern) bietet der ersten gegenüber den Vorteil, daß die dem Wind ausgesetzte Fläche der beweglichen Teile kleiner ist. Als Beispiel für diese zweite Anordnung sei die von Whipple projektierte Hubbrücke über den Eriekanal bei Utica (New York) erwähnt. Die Hauptträger, die festliegen, sind Fachwerksträger (18 m Spannweite), durch deren hohle Endpfosten Drahtseile führen, an denen die Fahrbahn hängt.

Die **Zugbrücken** (Fig. 6) bestehen aus einer um eine wagerechte Achse drehbaren Klappe, die mittels Seilen oder Ketten aufgezogen oder niedergelassen werden kann. Die verschiedenen

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Zugbrückenſyſteme teilen ſich in einfache und doppelte Zugbrücken; einfache werden bis Spannweiten von 6 m, darüber hinaus werden doppelte (zweiflüglige) ausgeführt; die erſte Anordnung iſt wegen des ſicheren Auflagers des niedergelaſſenen Teiles entſchieden vorzuziehen, da bei zweiflügligen Zugbrücken beide Teile ſich gegeneinander ſtemmen und ein ſehr flaches, ſtark ſchiebendes Sprengwerk bilden. Ein Beiſpiel für dieſe Anordnung iſt die hölzerne Zugbrücke über den Nyhavnskanal, Kopenhagen [1]. Je nach der Art, in der die Ausbalancierung des Eigengewichtes der Brücke geſchieht, unterſcheidet man: Zugbrücken mit Ziehbaum; Zugbrücken mit Gegengewichten (Sinusoïdenbrücken von Bélidor, mit Cardividenpendel, mit Kreispendel von Nöggerath, mit elliptiſcher Seilkurve von Ardagh); Zugbrücken mit Spiralrädern von Derché, mit veränderlichem Gegengewicht von Bergère, Poncelet und Lacoſte [1].

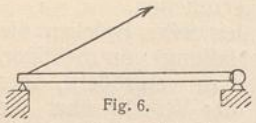


Fig. 6.

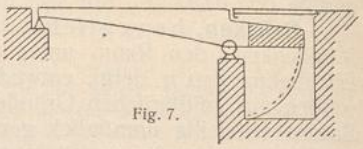


Fig. 7.

Desgleichen drehen ſich die **Klappbrücken** (Fig. 7) um eine horizontale Achſe, die aber nicht wie bei den Zugbrücken an den Enden der Träger, ſondern in der Nähe des Schwerpunktes des beweglichen Brückenteiles liegt. Auch wird das Oeffnen der Klappbrücken nicht durch Aufziehen mittels Seilen oder Ketten, ſondern durch Herunterziehen der Hinterklappen bewirkt, wozu meiſt Zahnradgetriebe in Anwendung kommen. Meiſt haben die ausgeführten Klappbrücken feſte Drehachſen; es kommen aber auch Konſtruktionen vor, wo die in Form eines Segmentes ausgebildete Hinterklappe auf einer Bahn abrollt. Dieſe Bahn kann ſowohl geradlinig als auch kurvenförmig ausgebildet ſein.

Eine eigenartige Anordnung zeigt ferner eine in Chicago ausgeführte ſogenannte **Faltenzugbrücke** [1], bei der die gehobene Klappe ſich um eine in ihrer Mitte gelegene Achſe nach abwärts zuſammenfaltet.

Endlich ſind unter den beweglichen Brücken noch zu nennen: die **Ueberfuhrbrücken,** bei denen an einer hochgelegenen Brückenkonſtruktion eine kurze Plattform angehängt iſt, die durch einen Motor über die Brückenöffnung hin und her bewegt wird [3], ſchließlich die **ſchwimmenden Brücken,** Schiffbrücken oder Pontonbrücken. Die zu dieſem Zwecke angewendeten Schiffe können ſowohl aus Holz als auch aus Eiſen konſtruiert ſein; auf den Schiffen liegen die Längsträger, welche die Fahrbahn tragen. Ausführungen davon: in Eiſen: bei dem Baue der Mannheimer Brücke; ferner die Hooglybrücke in Kalkutta [1]; in Holz: die eingleiſige Miſſiſſippibrücke bei Prairie du Chien [1].

Am häufigſten ſind unter den verſchiedenen Arten beweglicher Brücken die Drehbrücken in Anwendung. Sie geſtatten am leichteſten die Ueberbrückung größerer Weiten und zeichnen ſich durch verhältnismäßig leichte Beweglichkeit aus. Die Anordnung derſelben iſt inſofern verſchieden, als entweder (wie bei den älteren gußeiſernen engliſchen Drehbrücken und auch bei den meiſten neueren Drehbrücken Englands und Frankreichs) die Laſt der Brücke beim Ausſchwenken hauptſächlich auf einem auf dem Drehpfeiler liegenden Rollkranz lagert und der Drehzapfen gar nicht oder nur teilweiſe belaſtet iſt, oder die ausgeſchwenkte Brücke im weſentlichen durch einen Mittelzapfen geſtützt wird, während der hier vorhandene Rollkranz oder einzelne Laufrollen nur dazu dienen, um ein ſeitliches Kippen der Brücken zu verhindern. Dieſes Prinzip iſt bei den meiſten neueren amerikaniſchen Drehbrücken zur Anwendung gebracht, wobei allerdings auf ein ganz beſtimmtes Verhältnis der Verteilung der Laſt auf Drehzapfen und Rollenkranz nicht gerechnet werden kann. Am vollkommenſten wird die Beſtimmtheit in der Laſtverteilung durch die von Schwedler angegebene Konſtruktion erzielt. Bei dieſer

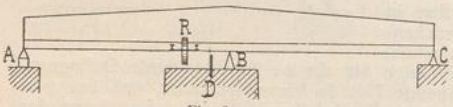


Fig. 8.

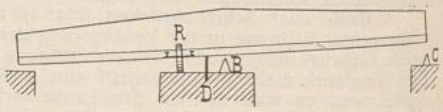


Fig. 9.

(Fig. 8 und 9) lagern die Hauptträger der Brücke in geſchloſſenem Zuſtande auf den beiden Endauflagern *A* und *C* und auf einem Mittellager *B*, das etwas ſeitlich von der Mittelachſe des Drehpfeilers angebracht iſt, ſo daß die Spannweite *A B* größer iſt als *B C*; von dieſen drei Auflagern ſind *B* und *C* feſte Unterlagsplatten, *A* dagegen ein bewegliches Auflager, das geſenkt und gehoben werden kann. Beim Ausſchwenken wird das eine Endlager *A* ſo weit geſenkt, daß ſich die Brücke zunächſt auf den Drehzapfen *D*, dann auf ein hinter demſelben in der Brückenlängsachſe angebrachtes Stützrad *R* auflegt, wobei ſich gleichzeitig die Hauptträger von dem andern Endlager *C* ſowie von dem Mittellager *B* abheben. Es iſt dazu natürlich notwendig, daß der Schwerpunkt des ganzen Brückenüberbaues zwiſchen Drehzapfen und Stützrad, und zwar in der Nähe des erſteren, gelegen iſt, was durch ein Gegengewicht bewirkt werden kann. Gegen ſeitliches Schwanken ſind unter den Hauptträgern Laufräder angebracht, deren normal zur Brückenlängsachſe gerichtete Achſen in der Ebene des Drehzapfens liegen und die bei geſchloſſener Brücke ohne Belaſtung ſind, was dadurch erreicht wird, daß ſie entweder mit Spielraum montiert oder mittels Federn gegen die Hauptträger abgeſtützt ſind; bei den neueren Anordnungen iſt meiſt die Montierung mit Spielraum über dem Schienenlaufkranz ausgeführt. Die nach Schwedler ausgeführten Drehbrücken bei Königsberg, Stettin, Hämerten, Spandau, Harburg, Düſſeldorf, Tilſit u. ſ. w. haben je zwei Lichtweiten von 12—14 m; die Drehpfeiler

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

sind zylindrisch von 7,5—8 m Durchmesser. Der Abstand des Lagers *B* vom Zapfen *D* beträgt 0,9—1,0 m, der des Stützrades *R* von *D* 3,5 m; das Gegengewicht ist derart bemessen, daß der Druck auf das sich drehende Stützrad *R* ungefähr 5 t beträgt. — Zur Freimachung einer Drehbrücke vor dem Aufdrehen ist es notwendig, daß entweder beide Endlager oder, wie bei der Schwedlerschen Anordnung, ein Endlager entsprechend gesenkt werden, und zwar muß diese Senkung mindestens der Durchbiegung der freien Trägerenden durch die Eigengewichtslast gleichkommen. Stattdessen hat man auch den Drehzapfen zum Heben eingerichtet und hierzu zumeist hydraulischen Druck in Anwendung gebracht. Die in diesem Falle erforderliche mechanische Arbeit ist bedeutend größer als die zur Senkung eines Endlagers nötige Arbeit; ein Beispiel dafür ist die Canal grande-Brücke in Triest. Nach dem Einschwenken der Brücke sollen wieder die drei Stützen (End- und Mittelauflager) der Brückenträger auf die gleiche Höhe gebracht werden, wozu entweder ein Anheben der Enden oder ein Senken des Mittelzapfens erforderlich ist. Zum Heben und Senken der Endauflager dienen Keile, Exzenter, Schraubenwinden, Kniehebel und hydraulische Pressen. Häufig begnügt man sich, der Zeit- und Arbeitsersparnis wegen, mit einem etwas geringeren Anheben, als der elastischen Durchbiegung entspricht, so daß die Endstützen nicht vollen Druck erhalten; es geschieht dies aus dem Grunde, um sicher zu sein, daß bei keiner ungünstigen Verkehrsbelastung negative Stützdrücke auftreten. Bei der Berechnung der Träger der Drehbrücken muß hierauf Rücksicht genommen werden; die American-Bridge-Company z. B. zieht nur ungefähr zwei Drittel der durch Eigengewicht erzeugten Durchbiegung in Betracht; es ist bei Drehbrücken ferner sehr von Wichtigkeit, auf die durch ungleichmäßige Erwärmung der Gurte entstehende Längenänderung (Krümmung) Rücksicht zu nehmen, da Fälle bekannt sind, bei denen infolge dieser Erscheinung die Drehbrücken nicht auf- bezw. zugedreht werden konnten. Man hat auch verschiedene Vorrichtungen ausgedacht, um die beim Senken der Brückenstützpunkte geleistete Arbeit wieder beim Anheben derselben auszunutzen (Gewichte, die beim Senken der Brücke gehoben werden; hydraulische Pressen mit oberer ringförmiger Druckfläche, die beim Senken das Wasser in den Akkumulator zurückpressen). — Herschel in Boston hat den Vorschlag gemacht, die Trägerauflager derart einzurichten, daß man bestimmte, beliebig gewählte Stützendruckgrößen mit Sicherheit erzeugen kann. (Eine derartige Einrichtung besitzt die Mississippibrücke zu Keokuk.) — Die Bewegung der Drehbrücken geschieht meistens mittels Zahnradvorgelege durch 1—2 Mann. Die einfachste Vorrichtung dieser Art besteht aus einem am Drehpfeiler liegenden Drehkranz, in den das mit der Brücke durch eine senkrechte Welle verbundene Triebrad eingreift. Die Welle wird durch ein Rädervorgelege bewegt. Bei Drehbrücken, die vor dem Aufdrehen eine kippende Bewegung machen müssen (z. B. System Schwedler), muß die Welle entsprechend montiert sein. Zeitdauer einer Schwenkung bei schweren Brücken bis zu 240 t Gewicht 45 Sekunden (Chicago) bis 3 Minuten. Kleine Drehbrücken können auch unmittelbar mittels Zuhilfenahme von Hebestangen gedreht werden. Größere Drehbrücken, besonders in Amerika, werden häufig durch Dampfkraft gedreht. Die Maschine ist dabei entweder unter oder über den Hauptträgern angebracht. (Hudsonbrücke, Albany, 84 m lang, 350 t schwer, wird durch eine Maschine von 10 PS. in 2 Minuten 15 Sekunden geöffnet, geschlossen und festgestellt.) Noch häufiger findet man Wasserdruck als bewegende Kraft benutzt. Das Druckwasser wird dabei entweder besonderen Akkumulatoren (Marseille) oder einer Wasserleitung entnommen, wie seinerzeit bei der Third Avenue Harlem-Brücke in New York, oder durch auf der Brücke aufgestellte Dampfmaschinen geliefert. Es sind gewöhnlich zwei hydraulische Zylinder angeordnet, welche eine Kette hin und her ziehen, die um ein mit der Brücke verbundenes horizontales Kettenrad geschlungen ist. In neuester Zeit hat man auch Drehbrücken mit elektrischer Betriebsvorrichtung ausgeführt [4]. Ueber die Größe des Reibungswiderstandes liegen Versuche von Shaler Smith an amerikanischen Drehbrücken vor [4], wonach der Gesamtdrehwiderstand bezogen auf die Mittellinie des Rollkranzes im Mittel mit etwa 7 ‰ des auf diesem ruhenden Gewichtes angenommen werden kann; jedoch kann derselbe unter ungünstigen Umständen, namentlich bei heftigem Winde oder infolge Pfeilerfetzung, bis zum fünffachen Betrage steigen. Es ist hierbei zu bemerken, daß nach Smith der Rollendurchmesser keinen wesentlichen Einfluß auf den Widerstand hat, wenn er mit der Größe der Belastung wächst. Bei Brücken, deren Gewicht hauptsächlich auf den Drehzapfen lagert, ist ein ähnlicher Wert des Reibungswiderstandes beobachtet worden, doch ist natürlich hier der Arbeitsaufwand zum Drehen infolge des kleineren Reibungsmomentes ein geringerer. Bei einigen kleineren Drehbrücken (Triest, Pola) hat man statt der Laufräder Weikumsche Kugelkränze angewendet und hierdurch eine leichtere Beweglichkeit erzielt. Um die Lage der geschlossenen Brücke gegen seitliche Verschiebung zu sichern, sind Feststellvorrichtungen vorgesehen, und zwar in Form von Klinken und Riegeln, die vom Lande aus in die beweglichen Teile der Brücke eingeschoben werden. — Die Träger der Drehbrücken sind im geöffneten Zustande überhängende Balken, deren Spannungen statisch bestimmt sind. Im geschlossenen Zustande wirken sie als kontinuierliche Träger auf drei, bezw. bei Auflagerung auf dem Rollenkranz auf vier Stützen. Um die vielfachen aus der statischen Unbestimmtheit resultierenden Uebelstände der kontinuierlichen Träger (Einfluß der Höhenlage der Stützpunkte und ungleiche Erwärmung der Gurte auf die Spannungen) zu vermeiden, hat man in neuerer Zeit auch die beiden Arme der Drehbrücke als Einzelträger ausgeführt, deren obere Gurtungen durch ein Gelenk verbunden werden, während ihre Untergurte getrennt sind und sich erst beim Ausschwenken der Brücke nach erfolgter Hebung des Mittelzapfens gegeneinander stemmen. Weiter ist ein Vorschlag von Proell und Scharowsky zu erwähnen, wonach die den kontinuierlichen Trägern anhaftende Unbestimmtheit dadurch umgangen wird, daß der auf den Rollkranz entfallende Druck durch Gewichtsbelastung in seiner Größe bestimmt und unveränderlich gemacht ist [6]. Unter den in jüngster Zeit ausgeführten Drehbrücken sind folgende zu erwähnen: Die im Jahre 1903 zur Ueberbrückung des Eriekanals hergestellte Drehbrücke (Fig. 10) kreuzt den Kanal unter

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

einem Winkel von 30°; die Brücke besteht aus zwei miteinander versteiften, 2 m entfernten Kastenträgern von 19,5 m Spannweite und 1,2 m Höhe. Auf der einen Seite ruhen sie auf einem Drehzapfen *A*, auf der andern Seite auf einem unten mit Rädern versehenen Gerüst *B* aus Winkeleisen. Die Räder laufen auf einer im Kanalbett gelagerten gebogenen Schiene *S*, neben der sich eine Zahnstange befindet, in die ein elektrisch getriebenes Zahnrad eingreift. In der geschlossenen Stellung wird die Brücke durch einen in die Kanalmauer eingreifenden Stift festgehalten, der mittels Elektromagneten bewegt wird. Sämtliche Feststellungs- und Bewegungsvorrichtungen werden vom Ufer aus gehandhabt, und zwar so, daß der Lokomotivführer nicht abzusteigen braucht [9]. — Die derzeit größte Drehbrücke in Europa ist die im Bau begriffene Brücke über den Amsterdamkanal auf der Strecke Haarlem—Vilgeest (Niederlande). Dieselbe besitzt zwei gleiche Arme von 130 m Gesamtlänge und ist als Fachwerksträger (System Pratt) ausgebildet; die Brücke ist zweigleisig und besitzt drei Hauptträger mit einer Höhe von 16 m über dem Mittelpfeiler, der ein kreisrundes Rollenlager von 11 m Durchmesser trägt; daselbst befinden sich 48 Rollen von 0,8 m Durchmesser. Darüber befindet sich eine eiserne Platte, auf welcher der Hauptträger ruht. Ein weiteres bedeutenderes Werk ist die neue Fore River-Brücke zu Weymouth (Massachusetts, Nordamerika, 1903). Diese Drehbrücke besitzt 80,5 m Länge und wurde von der River-Ship- and Engine-Company aus deutschem Material erbaut, weil damals in Amerika die Eisenpreise sehr gestiegen waren; die Hauptträger sind Strebenfachwerke, die durch Hilfsvertikale unterteilt sind [11]. — Die Klappbrücken sind entweder ein- oder zweiflügelig [7] angeordnet. In beiden Fällen dienen die Drehachsen nur selten zur Stützung der niedergelassenen Träger, sondern es sind für diese meist eigne Lager angebracht. Es kommen entweder Balkenträger oder bei zweiflügeligen Brücken auch Sprengwerks- oder Bogenträger mit Scheitelgelenk zur Anwendung. Neuere Ausführungen von Klappbrücken sind: Die neue Hansabrücke in Stettin (1903), die eine Breite von 16 m und eine Lichtweite zwischen Land- und Strompfeilern von je 38 m besitzt; sie ist so eingerichtet, daß die Drehung der Klappen nicht um eine feste Achse, sondern auf Horizontalbahnen erfolgt, die auf den Strompfeilern ruhen. Infolgedessen werden die Reibungswiderstände sehr herabgemindert. Um die ungleiche Beeinflussung, welcher die Klappen durch den Wind ausgesetzt sind, auszugleichen und damit den größten Widerstand bei Bewegung der Klappen einzuschränken, sind die Klappen auch mit hydraulischen Kolben gekuppelt und diese untereinander mit einem Gestänge verbunden. Diese Einrichtung bietet den Vorzug, daß sie durch Drosselung des Wasserumlaufes auch zum Bremsen verwendet werden kann. Der Antrieb der Klappen erfolgt mittels Schnecken und Rädergetriebe durch vier Dynamomaschinen [12]. — Erwähnenswert ist schließlich noch die Klappbrücke über den Chicagofluß (Fig. 11); dieselbe besitzt eine Hauptöffnung von 42,57 m und zwei Seitenöffnungen von je 14,63 m Breite. Jeder Klapparm wird durch einen unterhalb der Fahrbahn der betreffenden Seitenöffnung angeordneten, mit Gleichstrom von 500 Volt betriebenen Elektromotor (38 PS.) geöffnet, der mittels Kegelradübersetzung eine mit doppeltem Flachgewinde versehene Spindel antreibt; auf dieser bewegt sich eine Mutter, die durch eine Zugstange mit dem Klapparm verbunden ist. Das Gegengewicht ist hier nicht an dem Klapparm selbst, sondern an der Ueberbrückung der Seitenöffnung angebracht und aus Beton zwischen den Füllungen der Träger angeordnet; die Verschlüsse, Feststell- und Signalvorrichtungen werden mit Druckluft betrieben. Die für das Oeffnen und Schließen nötige Zeit beträgt 42 Sekunden; die Anlage besteht seit 1902 [13]. — Bei sehr regem Schiffsverkehr, insbesondere auf Kanälen oder kanalisierten Flüssen werden Klapp- oder Hubbrücken [8] den Drehbrücken vorgezogen.

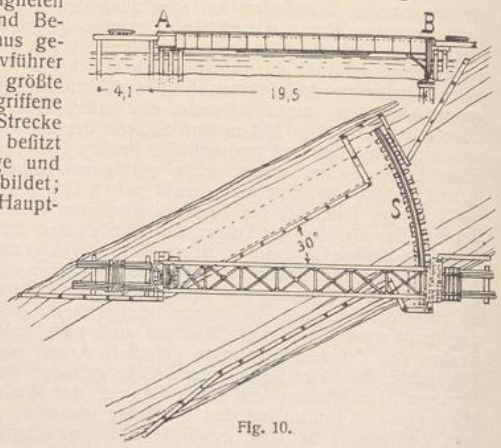


Fig. 10.

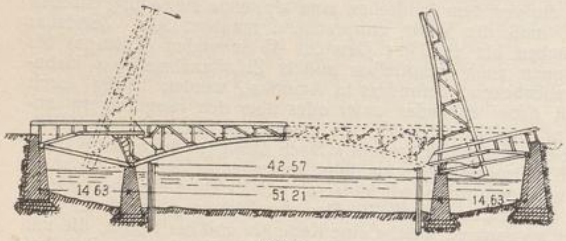


Fig. 11.

Literatur: [1] Näheres über bewegliche Brücken, deren Detailkonstruktion und Berechnung s. Fränkel im Handbuch der Ing.-Wissensch., Bd. 2, 3. Abt., Leipzig 1888; ferner Heinzerling, Die beweglichen Brücken, Leipzig 1883; Rziha, Eisenbahn-Ober- und Unterbau, Wien 1876; dann [2] Schweiz. Bauzeitung 1893, Nr. 12. — [3] Zeitschr. d. österr. Ing.-Vereins 1894, Nr. 31: Ueberfahrbrücke bei Portugalete. — [4] Brücke in Bridgeport, Co., Annales industriels 1890. — [5] Herschel, Transactions of the Amer. Soc. of Civ. Eng., 1875, S. 395. — [6] D.R.P. Nr. 10308, Klasse 19, 1880. — [7] Neue Themsebrücke (Towerbrücke) in London, doppelte Klappbrücke mit 68 m Oeffnungsweite, Engineer 1893, II, S. 543—574; Zentralbl. d. Bauverw. 1894, S. 56. — [8] Neuere Hubbrücken in Chicago, Railroad-Gazette 1893, Zeitschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Vereins

1893, S. 627. — [9] Neue Drehbrücke über den Eriekanal, Engineering News 1903. — [10] Neue Drehbrücke über den Amſterdamkanal, Engineer 1903. — [11] Engineering News 1903. — [12] Neue Hanfabrücke in Stettin, Schweiz. Bauzeitung 1903. — [13] Neue Klappbrücke in Chicago, Zeitſchr. d. Vereins deutſch. Ing. 1903. *(Melan) E. Horowitz.*

Brücken, bewegliche (bei Sielen). Nicht ſelten dienen die Sieltiefe zugleich der Schiffahrt, ſo daß das Siel zum Durchgang von Schiffen eingerichtet werden muß. Es wird dann in der Regel eine oben offene Deichſchleuſe ohne Kammer eingelegt, und dieſe bedingt eine Vorkehrung für die Aufrechterhaltung des Verkehrs zwiſchen den beiden Seiten der Schleuſe. Mäßigem Fußgängerverkehr genügt ein an den hochgeführten Schleuſentoren befeſtigter Steg, an deſſen Stelle bei längerer Oeffnungszeit der Schleuſe ein von dem Wärter bedienter Nachen an der Binnenſeite tritt. Für Vieh- und Wagenverkehr pflegt dagegen eine bewegliche Brücke angebracht zu werden, die meiſtens als Klappbrücke, häufig auch als Dreh-, Kran- oder Rollbrücke, ſeltener als Hubbrücke zur Ausführung gelangt. *Frühling.*

Brücken, eiſerne. Darunter verſteht man alle jene Brückenbauwerke, deren Ueberbau aus Eiſen hergeſtellt iſt. Sie bilden vermöge der Häufigkeit ihrer Anwendung, der damit erzielbaren Leiſtungen, dann vermöge der Ausbildung ihrer Theorie und Konſtruktion die wichtigſte und bedeutendſte Gruppe unter den Brücken.

Hauptbauſtoff der eiſernen Brücken iſt das Schmiedeeiſen in den verſchiedenen Formen des gewalzten Eiſens (Bleche und Formeiſen), während das vor mehreren Dezennien noch häufiger angewendete Gußeiſen jetzt von der Anwendung zu tragenden Teilen ganz ausgeſchloſſen wird und nur zu untergeordneten Nebenteilen von Brückenträgern, hauptſächlich zu den Auflagerkonſtruktionen ſowie auch zu Portalen, Geländern und druckvermittelnden Zwiſchengliedern noch Anwendung findet und auch hier vom Stahlguß faſt verdrängt iſt. Von den beiden Sorten des Schmiedeeiſens: Schweißeiſen und Flußeiſen wurde bis vor wenig Jahren faſt ausſchließlich nur das Schweißeiſen zu Brückenkonſtruktionen verwendet; gegenwärtig werden aber bereits weit mehr Brücken aus Flußeiſen als aus Schweißeiſen gebaut und erſcheinen die anfänglichen Bedenken gegen dieſes Material durch Beſchränkung auf entſprechend weiche und zähe Flußeiſenſorten ſowie durch gewiſſe Vorſichten bei der Anarbeitung der Konſtruktion behoben. Gegenwärtig wird nicht bloß das baſiſche Martin-Flußeiſen verwendet, ſondern es iſt in den letzten Jahren (Deutſchland 1891, Oeſterreich 1904) auch das Thomas-Flußeiſen als für Brückenbauten zuläſſig erklärt worden. (S. Konſtruktionsmaterial der eiſernen Brücken.) Härteres, als eigentlicher Stahl zu bezeichnendes Flußmetall iſt nur vereinzelt angewendet worden, und dasſelbe eignet ſich auch nur für ſehr weitgeſpannte Brücken, wo die Stoßwirkungen der Verkehrslaſten weniger ſchädlich auftreten. Für Kabelhängebrücken (ſ. Kabel) kommt Stahldraht zur Anwendung. Die ſonſt in der amerikaniſchen und engliſchen Literatur als Stahlbrücken bezeichneten Bauwerke ſind faſt ausnahmslos aus einem Materiale (Soft Steel), das unſerm Konſtruktionsflußeiſen entſpricht. (S. a. Zuläſſige Beanſpruchung der eiſernen Brücken.)

Der Ueberbau einer eiſernen Brücke beſteht aus den Hauptträgern, die parallel zur Längsachſe der Brücke die Oeffnungsweite überſpannen und auf die Pfeiler gelagert ſind; ferner aus den Quer- und Zwiſchenkonſtruktionen, die teils zur unmittelbaren Unterſtützung der Fahrbahn, teils zur ſeitlichen Abſteifung der Hauptträger dienen. — Die Hauptträger beſtimmen das Konſtruktionsſyſtem der Brücke. Als hauptſächlichſtes Unterſcheidungsmerkmal gilt ihr ſtatiſches Verhalten zu den Pfeilern bezw. Widerlagern. Man teilt hiernach die Brücken ein in Balkenträgerbrücken, Bogenbrücken und Hängebrücken. Für die Wahl eines dieſer Syſteme iſt in der Regel die vorhandene Konſtruktionshöhe maßgebend. Danach erhält man Balkenbrücken mit Fahrbahn oben, Fahrbahn in der Mitte und Fahrbahn unten. Bei Hängebrücken iſt die Konſtruktionshöhe nicht größer als die Fahrbahndicke (inkl. Querträgerhöhe). Bogenbrücken erfordern zwar an den Auflagern große Konſtruktionshöhen, wenn die Tragkonſtruktion ganz unter die Fahrbahn gelegt werden ſoll, doch ſind namentlich in Deutſchland in den letzten Jahren vielfach Ausführungen mit über der Fahrbahn gelegenen Bogenträgern gemacht worden. (Näheres ſ. Bogenbrücken, Hängebrücken.) Hat die Brücke mehrere Oeffnungen, ſo kann der Ueberbau der einzelnen Oeffnungen entweder ganz unabhängig ſein oder es findet zwiſchen den angrenzenden Oeffnungen eine durch die Kontinuität des Ueberbaues bedingte Wechſelwirkung ſtatt. In letzterem Falle bezeichnet man die Träger als kontinuierlich oder durchgehend. Von praktiſcher Wichtigkeit iſt beſonders der kontinuierliche Balkenträger, d. i. der auf mehreren Stützen horizontal aufgelagerte Balken. Die Kontinuität des Balkens hat eine Verringerung der Biegungsmomente, daher im allgemeinen gegenüber dem Einzelbalken eine Materialerſparnis zur Folge; auch ſind mit dieſem Trägerſyſtem bei eiſernen Brücken gewiſſe Vorteile für die Aufſtellung (Möglichkeit des Einſchiebens ohne Gerüſt) verbunden. Dieſen Vorteilen des kontinuierlichen Trägers ſtehen als Nachteile gegenüber: die ſtatiſche Unbeſtimmtheit und die daraus folgende Unſicherheit der Berechnung, namentlich wegen des Einfluſſes einer ungenauen Höhenlage der Stützen, wodurch bei kleinen und mittleren Spannweiten die Spannungen im Träger ſehr beträchtlich geändert werden können; der ungünſtige Einfluß einer ungleichen Erwärmung der beiden Trägergurte, die bei direkter Sonnenbeſtrahlung leicht eintreten und eine Erhöhung der Gurtſpannungen um 20—30 % hervorrufen kann; die Möglichkeit des Auftretens bedeutender Nebenſpannungen, namentlich über den Mittelſtützen, endlich der Wechſel von Zug und Druck in gewiſſen Teilen der Gurtungen. Brücken mit kontinuierlichen Balkenträgern wurden früher ſehr zahlreich für kleine und große Spannweiten ausgeführt; jetzt iſt man aber davon, wenigſtens dort, wo der moderne Standpunkt der Brückenbauwiſſenſchaft Geltung hat, faſt gänzlich abgekommen und beſchränkt ihre

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Anwendung auf wenige Fälle und etwa auf Drehbrücken. Dafür wurde in den kontinuierlichen Gelenkträger- (s. d.) oder Kragträgerbrücken ein System ausgebildet, das infolge seiner statischen Bestimmtheit die Nachteile des gewöhnlichen kontinuierlichen Trägers vermeidet. Es hat sich in neuerer Zeit überhaupt das Bestreben nach Anwendung der einfachen, äußerlich und innerlich statisch bestimmten Trägerformen und nach Konstruktionen mit möglichst klarer Kräftewirkung geltend gemacht, und wir sehen dasselbe namentlich in den Leistungen des amerikanischen und deutschen Brückenbaues zum Ausdrucke gebracht. Es wäre aber verfehlt, alle statisch unbestimmten Anordnungen überhaupt und von vornherein ausschließen zu wollen.

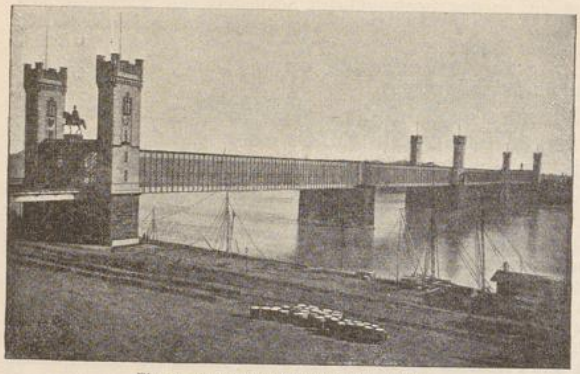


Fig. 1. Feste Brücke in Köln a. Rhein.

Die ersten eisernen Brücken wurden zu Ende des 18. Jahrhunderts in England und Amerika gebaut, und zwar waren es gußeiserne Bogenbrücken (1799 die vom Coalbrookdale-Eisenwerke erbaute Brücke über den Severn) und unversteifte Hängebrücken (1796 die von Finlay erbaute Brücke über den Jakobs-Creek in Amerika), welche die Vorläufer bildeten. Das Auftreten der eisernen Balkenträger fällt mit dem Entstehen der Eisenbahnen zusammen; bei den ersten englischen Bahnen kamen bereits gußeiserne Balken in Längen bis zu 14 m zur Ueberbrückung der Durchfahrten in Anwendung. Längere Träger wurden aus mehreren Stücken zusammengesetzt und an der unteren Seite mit schmiedeeisernen Bändern armiert. Die Erfindung des Walzprozesses (1820) ließ aber bald das Schmiedeeisen an Stelle des Gußeisens treten. Die gegossenen Barrenträger verschwanden und machten zunächst gewalzten I-Trägern und für Bewältigung größerer Spannweiten bald auch den aus Winkeleisen und Blechen zusammengesetzten Vollwandträgern (s. Blechträgerbrücken) Platz. Um diese Zeit (1846—49) entstand die erste weitgespannte Balkenbrücke der Welt, nämlich die Britanniabrücke über die Menaistraße in der Eisenbahnlinie Chester—Holyhead; dieselbe besitzt fünf Oeffnungen von 100—140 m Weite; ihre Träger erhielten einen Kastenquerschnitt von so großen Abmessungen, um einen ganzen Eisenbahnzug hindurchzulassen.

Die gegliederten Träger haben sich aus den hölzernen Fachwerken entwickelt; und zwar bildete die Grundlage dazu das einfache Dreiecksdach, das später durch Hängesäulen und Streben vervollkommnet wurde. Die ersten eisernen Gitterbrücken wurden gegen die Mitte des vorigen Jahrhunderts erbaut, und zwar als Paralleträger mit engmaschigem Flacheisengitterwerk, welche ihr Vorbild an den von Town eingeführten amerikanischen hölzernen Lattenbrücken hatten. (1845 Royal-Kanal-Brücke der Dublin-Drogheda-Eisenbahn, 42,7 m Spannweite.) Mit diesem System wurden in den Brücken über die Weichsel zu Dirschau (121 m), über die Nogat zu Marienburg (97,6 m) und über den Rhein zu Köln (98,2 m, Fig. 1) bereits sehr ansehnliche Spannweiten bewältigt, allerdings mit bedeutendem Materialaufwand, denn das Flacheisengitterwerk, das zur Aufnahme von Druckkräften ungeeignet ist, macht die Anbringung besonderer Vertikalsteifen notwendig, um die Trägerwand gegen Ausknicken zu sichern. Schon anläßlich dieser Brückenbauten haben Schwedler und Culman sich gegen die Verwendung der engmaschigen Systeme ausgesprochen; sie empfahlen vielmehr die klarer gegliederten weitmaschigen Systeme, wie sie auch später und heute durchgeführt worden sind. In dem Maße, als die Ausbildung der Theorie zu größerer Klarheit über die Beanspruchungsweise eines solchen Gitterträgers verhalf, wurde man allmählich auch auf zweckmäßigere Konstruktionen geführt. Man erkannte, daß im Gitterwerk zwei verschiedene Stabrichtungen zu unterscheiden sind, wovon der einen eine Beanspruchung vorzugsweise auf Zug, der andern eine solche auf Druck zukommt (s. Gitterträger), und daß es notwendig ist, den auf Druck beanspruchten Stäben gegen Knickung widerstandsfähigere Querschnitte zu geben. Man gelangte so zu den engmaschigen Gitterträgern (Netzwerken), bei denen die Gitterstäbe aus Formeisen (⊥-, ⊔-, Ω- Eisen) gebildet

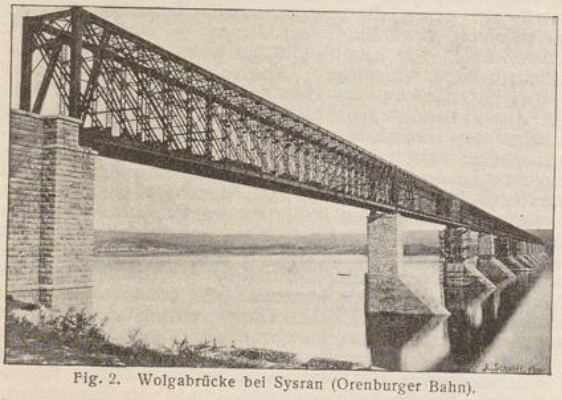


Fig. 2. Wolgabrücke bei Sysran (Orenburger Bahn).

wurden. Die erſten Beiſpiele waren der Saane-Viadukt zu Freiburg, die Gran- und Eipelbrücke der öſterreichiſch-ungariſchen Staatsbahn u. a. Indem man hierbei auch die Anzahl der Gitterſtäbe verringerte, alſo die Maſchenweite vergrößerte, entfernte man ſich immer mehr von der älteren Auffaſſung, welche die Verbindung zwiſchen den beiden Gurten als durchbrochene, entſprechend verſteifte Wand anſah, und kam ſo, indem man jedem Stabe eine beſtimmte Funktion zuwies, zur Bildung des Fachwerks. Ausführlicheres über die geſchichtliche Entwicklung des Baues der eiſernen Brücken in [1] und [5].

An den heute üblichen Konſtruktionen der eiſernen Balkenfachwerksbrücken ſind folgende Beſtrebungen zu erkennen: 1. Hinſichtlich der Trägerform zeigt ſich eine gewiſſe Freiheit in der Beherrſchung und Anwendung der verſchiedenartigſten Formen. Man kann im allgemeinen Paralleliträger (ſ. d.) und Träger mit polygonalen (gekrümmten) Gurtungen unterſcheiden. Mit letzteren iſt in der Regel, wenigſtens theoretiſch, eine gewiſſe Materialerſparnis erreichbar; jedoch iſt nicht ausſchließlich dieſer Grund für ihre Anwendung beſtimmend, ſondern häufig auch das Beſtreben, für das Auge eine befriedigendere Trägerform, als es der Paralleliträger, namentlich bei untenliegender Fahrbahn, iſt, zu finden. Bemerkenswerte Ausführungen von Paralleliträgern in Deutſchland und Oeſterreich in den letzten Jahrzehnten ſind: die Kochertalbrücke der württembergiſchen Staatseiſenbahn (60 m Spannweite, erbaut 1876); die Neckarbrücke der badiſchen Staatseiſenbahn (76 m Spannweite, erbaut 1878); die Savebrücke bei Brod (zwei Oeffnungen zu 80,9 m, drei zu 81,3 m, erbaut 1878/79); die Rheinbrücke bei Arnheim (zwei Oeffnungen zu 90 m, fünf zu 53,5 m, erbaut 1875/78); die Eiderbrücke bei Friedrichſtadt, Holſtein (zwei Oeffnungen mit je 90,3 m, zwei Oeffnungen mit 41,7 m, erbaut 1885); die

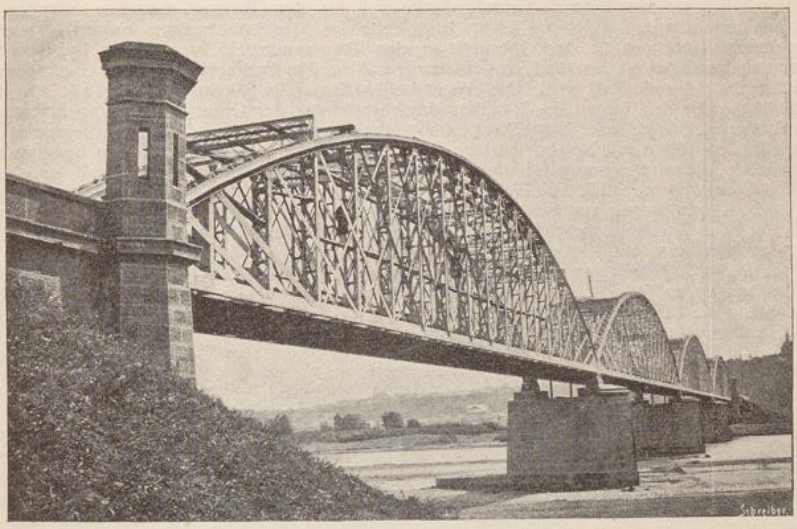


Fig. 3. Brücke über den Pruth bei Czernowitz.

König Wilhelm-Brücke über das Neckartal bei Cannſtatt (eine Oeffnung zu 67 m, zehn Oeffnungen mit 59,1 m, erbaut 1896); die neue Eiſenbahnbrücke über die Donau bei Tulln (drei Oeffnungen zu 85,9 m, zwei zu 81,6 m, erbaut 1904) und ſchließlich die Rheinſtraßenbrücke zwiſchen Straßburg und Kehl (zwei Oeffnungen zu je 88,2 m und eine Oeffnung zu 57,5 m, erbaut 1898). Von den einfachen, d. i. bloß eine Oeffnung überſpannenden Balkenfachwerksträgern mit polygonalen Gurten ſind insbeſondere folgende Trägerformen hervorzuheben: der Parabelträger (ſ. d.), der entweder beide Gurte (Linſenträger) oder bloß einen Gurt (Bogenſehnenträger, Fig. 3, und Fiſchbaucht träger) nach einer Parabel gekrümmt hat. Entſpricht die Trägerhöhe der Parabelgleichung, ſo verlaufen bei gleichmäßiger Vollbelaſtung des Trägers die ſämtlichen Spannkräfte allein durch Gurte und Ständer, ſo daß alle Schrägſtäbe ſpannungslos ſind. Der gerade Gurt erfährt hier durchaus gleiche Maximalſpannung und kann daher mit konſtantem Querſchnitte ausgeführt werden; der gekrümmte Gurt iſt gegen die Trägerenden hin etwas zu verſtärken. Das Gitterwerk wird verhältnismäßig ſchwach beanſprucht; bei einfachem Ausfachungsſyſtem (ſ. Fachwerksträger) werden aber ſämtliche Stäbe der Ausfachung auf Zug und Druck beanſprucht, müſſen alſo ſteif konſtruiert werden. Stattdeſſen hat man früher zumeiſt ſogenanntes Doppelfachwerk angeordnet mit ſteifen Vertikalpfoſten und gekreuzten Flacheiſenſchrägſtäben.

Bogenſehnenträger, engl. Bowſtring, Parabelträger, nennt man ſolche eiſerne Balkenfachwerksträger, die geraden Untergurt und nach einer Parabel oder nach einem Kreisbogen geformten Obergurt haben. Ueber den Auflagern ſind die beiden Gurtungen direkt zuſammengeführt. Die erſte Anwendung dieſer Trägerform ſoll von Hoffmann und Moderſpach 1833—37 bei einigen in Ungarn erbauten eiſernen Brücken gemacht worden ſein [1]; zu den erſten Anwendungen in Deutſchland zählt die 1861 von Schwedler erbaute Brahe-Brücke bei Czersk. Die mit Parabelträgern gegenüber Paralleliträgern zu erreichende Gewichtserſparnis

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

kann 15—20 % betragen; doch wird diese Ersparnis durch die teurere Herstellung in den Kosten zumeist wieder ziemlich ausgeglichen. Bei den Bogensehnenträgern mit untenliegender Fahrbahn ist der Uebelstand hervorzuheben, daß man die zur seitlichen Abstei fung bei größeren Trägerhöhen nötigen oberen Querverbindungen nur im mittleren Teile des Trägers anbringen kann. Man findet daher diese Trägerform zumeist auf kleinere Spannweiten und sogenannte offene Brücken beschränkt.

Infolge des Fortschrittes der Brückentheorie ergaben sich eine Anzahl von Formen, von denen die folgenden praktische Bedeutung erlangten: Der nach seinem Erfinder benannte Paulische Träger (s. d.). Die linsenförmige Umrißgestalt desselben entsteht aus der Forderung gleichgroßer Grenzwerte für die Spannkräfte sämtlicher Gurtstäbe. Aus gleichen Gründen wie beim Parabelträger sind, wenn Spannungswechsel in den Streben vermieden werden soll, auch hier Gegenstreben anzuordnen. Die Gurtform ist vom parabolisch gekrümmten Linsenträger wenig verschieden. Diese Paulischen Träger sind mehrfach in Deutschland, namentlich in Bayern, zur Anwendung gekommen, und zwar in den älteren Ausführungen (seit 1857) mit besonderen konstruktiven Einzelheiten (Bandgurte mit Schraubenbolzenverbindung, s. Gurtungen), die aber jetzt als veraltet anzusehen sind. Das bedeutendste Beispiel einer Paulischen Brücke ist die Eisenbahnbrücke über den Rhein bei Mainz mit 105,2 m Stützweite. Andre größere Ausführungen desselben Systems sind: Donaubrücke bei Kehlheim, fünf Oeffnungen zu je 38 m (1863); Isarbrücke bei Großhesselohe, eine Oeffnung zu 55,5 m (1857); Wertachbrücke zu Kaufbeuren, 49 m Spannweite (1870). Der Schwedler-Träger (s. d.), 1863 von Geh. Oberbaurat Schwedler bei der Weserbrücke zu Corvey zum erstenmal und später in genauerer Form bei der Elbebrücke zu Hämerten angewendet, hält in seiner Form gewissermaßen die Mitte zwischen dem Parallel- und dem Parabelträger. Der leitende Grundgedanke war der, den Obergurt derart zu krümmen, daß selbst bei ungünstigster Laststellung keine Hauptstrebe des Ständerfachwerkes einen Druck erhält. Bei geradem Untergurt ist der Obergurt an den Trägerenden in angenähert hyperbolischer Krümmung herabgeführt, wodurch erreicht wird, daß in den Endfachen die eine Grenzspannung der Schrägstäbe gerade Null wird. Der Träger besteht sonach in seinem mittleren Teile aus einem Parallelträger, für den wegen des Wechsels des Vorzeichens der Gitterstabspannungen durchweg steife Ausfachungsstäbe oder Doppelfachwerk notwendig werden, und aus den beiderseits sich anschließenden Teilen mit herabgeführtem Obergurt und mit einfachem, auf Zug beanspruchten Schrägstäben, deren Spannung für die verschiedenen Belastungsfälle zwischen Null und einem gewissen Grenzwert wechselt. Ein Nachteil der Schwedler-Träger ist das unvorteilhafte Aussehen derselben. Anwendungen von Schwedler-Trägern sind: Oderbrücke bei Stettin, drei Oeffnungen zu 40, 44, 53 m (1868); Ruhrbrücke bei Hattingen, vier Oeffnungen zu je 40,8 m (1869); Elbebrücke zu Hämerten, fünf Oeffnungen zu je 63,1 m, zwölf zu 37,6 m (1868); Elbebrücke bei Magdeburg, fünf Oeffnungen zu je 62,8 m, zehn zu je 31,4 m (1869); Elbebrücke bei Dömitz, drei Oeffnungen zu je 68 m, sieben Oeffnungen zu je 34 m (1872); Elbebrücke bei Lauenburg, drei Oeffnungen zu je 100,5 m, drei Oeffnungen zu je 49,5 m (1877); Donaubrücke bei Sigmaringen, eine Oeffnung mit 66 m, eine Oeffnung mit 33 m (1877). Mit dem Parabelträger verglichen, erfordert der Schwedlerträger ungefähr gleich viel Material, bietet aber wegen der größeren Höhe an den Trägerenden konstruktive Vorteile. Mit ihm in der Form sehr verwandt und auch im Materialbedarf nicht viel verschieden ist der Ellipsenträger mit einem Obergurte, der entweder im ganzen oder nur an seinen Enden nach elliptischen Bogen gekrümmt ist. Die neben dem Parallelträger wohl am häufigsten angewendete Trägerform ist der Halbparabelträger (s. d.), d. i. ein Parabelträger mit abgestumpften Enden, bei dem also die Gurte nicht zusammengeführt sind, sondern an einen Endständer anschließen. Auch mit dieser Trägerform ist eine Materialersparnis gegen den Parallelträger verbunden, da durch die gekrümmten Gurte überhaupt die Spannungen in der Ausfachung vermindert werden. Der Halbparabelträger ist dort, wo es sich um die Ueberspannung mittlerer oder größerer Oeffnungsweiten mit Einzelträgern handelt und nicht etwa an der etwas nüchternen Gestalt Anstoß genommen wird, eine zweckmäßige und gerne angewendete Trägerform.

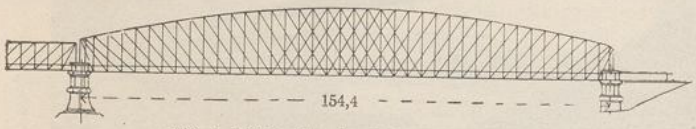


Fig. 4. Brücke über den Leck bei Kuilenburg.

Die 1852 von Brunel erbaute Brücke bei Chepstow über den Wyefluß zeigt bereits einen großfachigen abgestumpften Linsenträger, allerdings nicht mit vieleckigem, sondern stetig gekrümmtem Druckgurt. Die erste Anwendung im großen fand der Halbparabelträger bei der Brücke über den Leck (Fig. 4) bei Kuilenburg (1868), die lange Zeit die weitestgespannte Balkenbrücke war (154,4 m); andre hervorragende Beispiele sind die Waalbrücken bei Nymwegen und Bommel, die Brücke über das Hollandsche Diep, die Rheinbrücken bei Düsseldorf, Wesel, Hamm, Rhenen, die Maasbrücken bei Rotterdam, Crevecœur, der Trisanaviadukt auf der Arlbergbahn u. a. In einigen Fällen hat an Stelle des Halbparabelträgers der abgestumpfte Ellipsenträger Anwendung gefunden (Memelbrücke bei Tilsit). Neueste Anwendung von Halbparabelträgern sind: 1879, Weichselbrücke bei Graudenz, elf Oeffnungen je 98 m; 1877, Weserbrücke bei Wehrden, 90 m und zehn Oeffnungen je 33 m; 1893, Fordoner Weichselbrücke, fünf Oeffnungen zu 100 m und 13 Oeffnungen zu 62 m; 1899, Argenbrücke, Bodensee, eine Oeffnung zu 74 m. Hierhergehörig sind auch die abgestumpften Linsenträger. Auch der Trapezträger (s. d.) wäre als hierhergehörig noch zu erwähnen. Diese Träger, deren Gurtenden in gerader Linie nach den Stützpunkten verlaufen, sind selten; ein derartiges Bauwerk ist die

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Sophienbrücke über den Donaukanal bei Wien (Köſtlin und Battig, 1871), ferner die Werderbrücke über die Nagold, 52 m Spannweite, und die Straßenbrücke über den Lech (1877).

Für Brücken mit mehreren Oeffnungen iſt, wie oben ſchon erwähnt, in neuerer Zeit der kontinuierliche Gelenkträger (ſ. Gelenkträger), Gerberſcher Träger, Kragträger oder Träger mit freiſchwebenden Stützpunkten, von beſonderer Wichtigkeit geworden. In der Form des Parallelträgers mit durchaus gleicher Trägerhöhe wurde er in größerem Maßſtabe zuerſt in Amerika bei der Kentucky-River-Brücke der Cincinnati-Südbahn (124 m Spannweite), dann auf der öſterreichiſchen Staatsbahn beim Moldauviadukt (Fig. 6) bei Cervena (84,4 m) angewendet. Die neueren amerikaniſchen Ausführungen (neue Niagarabrücke der Northern-Pacific-Bahn 143 m, Frazer-River-Brücke, Hudſonbrücke bei Poughkeepſie 155 m, Miſſiſſippibrücke bei Memphis 189 m und 240 m Spannweite), ferner die Warthebrücke bei Poſen und die in Fig. 5 dargeſtellte Brücke, bei der die Kragträger unmittelbar an den Damm ſchließen und die Widerlager erſpart ſind, zeigen trapezförmig geſtaltete Kragarme; an ſie ſchließen ſich dann die mannigfachen

Fig. 5. Theißbrücke bei Vaſarcs-Nameny.

Formen der Kragträgerbrücken mit polygonalen Gurten, für deren Formgebung im allgemeinen nur der Grundſatz maßgebend iſt, dem Träger an jeder Stelle eine dem daſelbſt auftretenden größten Momente annähernd proportionale Höhe zu geben. Es wird hierdurch, gleichwie beim einfachen Parabelträger, gegenüber dem Träger von durchaus gleicher Höhe an Material erſpart, und dieſe Erſparnis iſt bei großen Spannweiten um ſo bedeutender, als durch die ungleichen Trägerhöhen auch das Eigengewicht günſtiger verteilt wird, nämlich die ſchwereren Maſſen mehr gegen den Pfeiler gerückt werden. Durch das Einlegen von Gelenken kann man durchgehende Träger einesteils ſtatiſch beſtimmt machen, anderenteils auch Materialerſparnis erzielen. Für einen Träger auf n Stützen ſind, um ihn ſtatiſch beſtimmt zu machen, $n-2$ Gelenke nötig. Anfänglich hat man die Gelenkträger wohl hauptſächlich nur wegen ihrer ſtatiſchen Beſtimmtheit geſchätzt, ihre praktiſche Bedeutung haben ſie aber erſt ſpäter erlangt, nachdem man die Möglichkeit erlangt hatte, ſie ſelbſt bei den größten Spannweiten ohne Anwendung ſogenannter feſter Gerüſte aufſtellen zu können. Den augenfälligen Nachweis einer ſolchen Möglichkeit haben zuerſt die amerikaniſchen Ingenieure anläßlich des Baues der Kentucky-Talbrücke der Cincinnati-Südbahn, mit einer Hauptöffnung von 114 m Weite, erbracht.

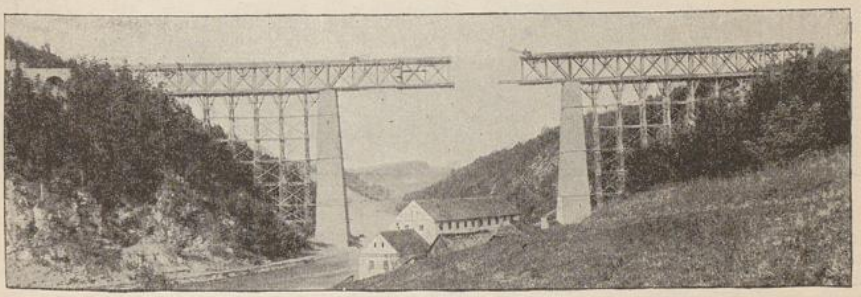


Fig. 6. Moldauviadukt bei Cervena während der Erbauung.

Die großartigſte Anwendung dieſes Syſtems bildet die Brücke über den Firth of Forth in Schottland (Fig. 7), die mit 518,15 m Oeffnungsweite derzeit die weiteſtgeſpannte Brücke der Welt iſt und rund 50 000 000 *M.* koſtete. Die Tragkonſtruktion beſteht aus drei Kragträgern und zwei zwiſchen ſie freiſchwebend gelagerten Halbparabelträgern. Die Länge der Kragarme, die gerade geneigten Obergurt und paraboliſch gekrümmten Untergurt haben, beträgt rund 270 m, ihre Höhe am Auflager 104,5 m. Der mittlere Kragträger ruht bloß auf den beiden 82,3 m entfernten Stützen, während die ſeitlichen Kragträger außer auf den beiden Mittelſtützen, die 47,2 m abſtehen, noch mit ihrem Landende aufgelagert bezw. verankert ſind. Die beiden Tragwände ſtehen nicht vertikal, ſondern ſie ſind zur Erzielung der erforderlichen Stabilität zueinander geneigt. Andre große Brücken dieſer Art ſind: die Donaubrücke bei Cernavoda (Fig. 8) mit 140 und 190 m Stützweite, die Straßenbrücke über den Ohio zu Cincinnati mit 158 m Oeffnungsweite, die Miſſiſſippibrücke zu St. Paul (110 m), die neue Donaubrücke am Zollamtsplatze in Peſt.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Auch in Deutſchland iſt dieſes Trägerſyſtem bei einer Anzahl neuerer Brücken ſowie bei Entwürfen (Wettbewerb um die Rheinbrücken bei Bonn und Worms, die Donaubrücken in Peſt u. a.), und zwar in Formen, die auch den Schönheitsanſprüchen zu genügen ſuchten, zur Anwendung gekommen. Hervorzuheben iſt in dieſer Beziehung die durch Einſchaltung eines Mittelgurtes an die Kettenform anklingende Trägergeſtaltung, die das Kragträgerſyſtem in den Brücken von Mannheim, Bremen und Hameln, in Oeſterreich bei zwei Brücken über die Salzach (1902) gefunden hat. Bei dem im Jahre 1904 ſtattgefundenen Wettbewerb für eine Rheinſtraßenbrücke zwiſchen Ruhrort und Homberg ſind ebenfalls Auslegerbrücken mit Gurtformen, die an Bogen- und Kettenbrücken erinnern, zur Anwendung gekommen. Weitere

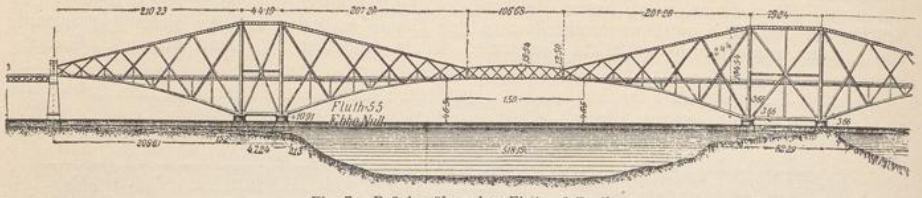


Fig. 7. Brücke über den Firth of Forth.

Anwendungen von Kragträgern ſind: Straßenbrücke über den Main in Haßfurt (1864); Mannheimer Friedrichsbrücke (1890); Straßenbrücke über die Donau bei Vilshofen, eine Oeffnung mit 65 m, vier Oeffnungen mit 52 m Spannweite. Die Ausfachung der Fachwerksträger betreffend machen ſich die Beſtrebungen geltend, tunlichſt einfache, ſtatiſch beſtimmte Ausfachungsſyſteme anzuordnen. Man kann beim geraden Träger das ſymmetriſche (Strebenfachwerk) und das unſymmetriſche (Ständerfachwerk) Ausfachungsſyſtem (ſ. Fachwerksträger), und zwar in einfacher und mehrfacher Anordnung unterſcheiden. Das Strebenfachwerk enthält nur ſchräggerichtete Streben, das Ständerfachwerk auch ſolche, die auf einer der Gurten ſenkrecht ſtehen. Das Ständerfachwerk iſt das ältere und wurde zuerſt als Bogenſehnen-

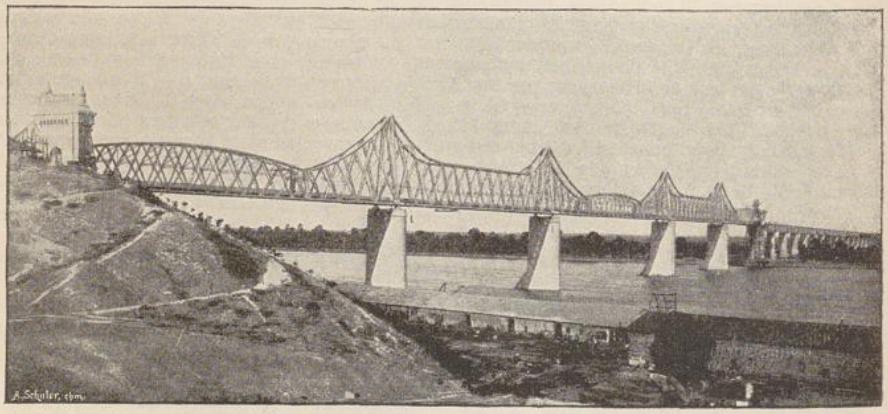


Fig. 8. Donaubrücke bei Cernavoda.

träger hergeſtellt. Im Jahre 1846 trat der belgiſche Ingenieur Neville mit dem Syſtem des einteiligen Strebenfachwerkes auf, das ein reines Dreieckſyſtem zeigte, deſſen Knotenverbindungen aber nur mangelhaft durchgebildet waren; ſpäter hat der Engländer Warren die konſtruktiven Einzelheiten des Nevilleſchen Syſtems verbeſſert, indem er den gußeiſernen Obergurt durchgehen ließ und Gelenkbolzenknoten einführte, wie ſie ſpäter für die amerikaniſchen eiſernen Brücken typiſch geworden ſind.

Europäiſche Ausführungen des Syſtems Neville-Warren ſind: die Trentbrücke bei Newark (Great Northern-Bahn 1851); die Crumlin-Talbrücke bei Newport (zehn Oeffnungen je 46 m Weite); in Amerika war die Finkſche Ohio-Fall-Brücke bei Louisville, deren Hauptöffnungen 113 und 122 m betrugen, ſeinerzeit (1870) die weiteſtgeſpannte Brücke (Syſtem Warren mit eingeſchalteten Hilfsſtäben). Für größere Oeffnungen bedurfte das Syſtem Warren eine Teilung der Feldweite durch Zwiſchenknotenpunkte, die an das Hauptſtrebenfachwerk durch ſekundäre Dreiecksfachwerke angeſchloſſen wurden (ähnlich wie in Fig. 12 und 13).

Gleichzeitig mit dem Warren-Syſtem erſchien das einteilige Ständerfach mit Gegenſtreben bei Parallelträgern; es waren noch in allen Feldern Gegenſtreben angeordnet, und erſt 1846 wurden in Amerika Paralleltträger mit einfachen Streben in den Endfeldern durchgeführt, indem darauf Rückſicht genommen wurde, daß bei einem Paralleltträger nur eine gewiſſe Reihe von Mittelfeldern (Wechſelſtrecke) von poſitiven und negativen Querkräften beanſprucht wird.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

In Europa wurde eine derartige einteilige Konſtruktion 1859 zum erſtenmal von Raven durchgeführt (Ilmenaubrücke bei Bienenbüttel).

Im weiteren Verlaufe der Entwicklung der Ausfachungsſyſteme hat man die Ständerfachwerke mit Kreuzſtreben allmählich verlaſſen und ſich dafür den mehrteiligen Strebenfachen zugewendet. Einteilige Syſteme ohne Gegenſtreben ſind heute bevorzugt; auch zweiteilige Strebenfachwerke, ſelbſt bei gekrümmten Gurten, werden mannigfaltig angewendet (bei letzteren hat man, nach Köpcke und Schwedler, die ungleichen Beanſpruchungen der Einzelſyſteme durch Einſetzen eines Mittelgurtes gemildert [Memelbrücke bei Tilſit]). Das zweiteilige Strebenfachwerk läßt ſich übrigens ſtatiſch beſtimmt machen, indem (nach Mehrtens) an einem Trägerende die Streben zuſammengeführt werden (Fig. 9) oder (nach Dietz) an beiden Trägerenden, dann aber unter Einſchaltung eines lotrechten Mittelſtabes (Fig. 9a).

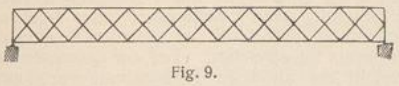


Fig. 9.

Fig. 9a.

Im allgemeinen kann man ſagen, daß beim Ständerfachwerk das Prinzip der flachen Gegenſtreben heute immer mehr verlaſſen wird, da die in der Theorie vorausgeſetzte Wirkung der Gegenſtreben praktiſch nicht eintritt. Abgeſehen davon, daß es tatſächlich unmöglich iſt, Gegenſtreben ſpannungslos einzuſetzen, können die Hauptſtreben in Feldern ohne Gegenſtreben auch Druckinanſpruchnahme erleiden, die ſie infolge ihres Flacheiſenquerſchnittes nicht aufzunehmen imſtande ſind — Fälle, die ſich öfters bei unrichtigen Annahmen oder unvorhergeſehenen Laſtvergrößerungen einſtellen. Man wählt daher heute immer mehr einfache Wandgliederungen ohne Gegenſtreben und verwendet knickfeſte Streben, die einen Wechſel von Zug und Druck vertragen. In Amerika ſpielen zwar Gegenſtreben noch immer eine wichtige Rolle, doch macht ſich auch dort das Streben nach ſtatiſcher Beſtimmtheit der Ausfachungsſyſteme geltend. In den amerikaniſchen Trägerformen erſcheint meiſt die Grundgeſtalt des Warren-Trägers oder des Ständerfachwerks mit Einſchaltung von Hilfsſtäben. Die Unterſchiede gegenüber der europäiſchen Anordnung der Brückenkonſtruktionen rühren im weſentlichen von der bekannten amerikaniſchen Bauart her, wobei alle Knoten der Hauptträger durch gelenkige Bolzenverbindungen (ſ. d.) ausgebildet ſind. Es geſchieht dies teils aus theoretiſchen, teils aus praktiſchen Gründen, nämlich zur Erleichterung der Aufſtellung der Brücken. Da Bolzenknoten gegen wechſelnde Wirkung von Zug und Druck ſehr empfindlich ſind, vermeiden amerikaniſche Ingenieure die Anordnung von Stäben mit wechſelnder Spannung und bevorzugen reine Zug- oder Druckſtäbe, die als Augenſtäbe ausgebildet ſind. Doch findet man heute in Amerika ſchon häufig die Anwendung vernieteter Knoten, während ſich die Anwendung von Bolzenverbindungen auf den Untergurt beſchränkt; man hat in neueſter Zeit anläßlich des Baues weitgeſpannter Brücken in Amerika Gelegenheit gehabt feſtzuſtellen, daß durch Anordnung von Knotenbolzen bei größeren Spannweiten keine Gelenkwirkung der Knoten eintritt. Auch in Deutſchland wurden zur Zeit, als man den bedeutenden Einfluß der Nebenſpannungen kennen lernte, Bolzenverbindungen angewendet (Gerber, Eiſenbahnbrücke über den Ellhofertobel bei Röthenbach, 1881). Doch auch hier konnte man beobachten, daß bei größeren Spannungen eine Bolzendrehung nur bei ſehr ſtarken Erſchütterungen ſtattfindet. Anderſeits tritt bei kleinen Spannweiten in Bolzenknoten eine zu große Beweglichkeit ein, weshalb jetzt auch in Amerika bei Spannweiten unter 55 m gelenkige Knoten unter normalen Verhältniſſen überhaupt nicht mehr angewendet werden; wichtig bleiben Bolzenknoten nur noch für jene Verhältniſſe, wo es ſich um raſche, bequeme Aufſtellung handelt. Durch Anwendung von Bolzenverbindungen in den Knotenpunkten iſt bei amerikaniſchen Brücken auch eine andre Ausgeſtaltung des Querträgeranſchluſſes und des Quer- und Windverbandes bedingt; bei neueren Konſtruktionen wird jedoch auch eine feſte Verbindung von Vertikalen mit Querträgern angewendet.

Fig. 10.

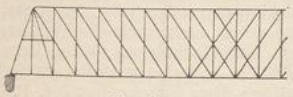


Fig. 11.

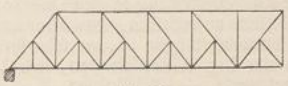


Fig. 12.

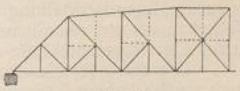


Fig. 13.

Ein weiteres beſonderes Kennzeichen amerikaniſcher Konſtruktionen iſt die häufige Anwendung ſtatiſch beſtimmter Syſteme für die Hauptträger der Brücken, alſo Ausſchluß von kontinuierlichen Trägern, engmaſchigen Wandgliederungen, ſeltene Anwendung von Fachwerksträgern mit Polygonalgurtungen; dagegen oftmals Abſchluß von Parallelträgern mit ſchrägen Endpfoſten. Für die Ausfachung werden das Ständer- und Strebenfachwerk verwendet (Syſtem Pettit, Fig. 12, mit Zwiſchenknotenpunkten, Fig. 13, Syſtem Pratt, Fig. 10, Syſtem Linville, zweiteiliges Ständerfach, Fig. 11, kann auch ſtatiſch beſtimmt gemacht werden durch Anwendung eines Gelenkes im Zuſammenſchluſſe der Schrägſtäbe des erſten Feldes). Sehr häufig wird der kontinuierliche Gelenkträger, Kragträger oder Cantilever angewendet (in großem Maßſtabe beim Kentuckyviadukt und in neuerer Zeit bei der Niagarabrücke). Näheres in [9], [10], [12]. Nach dem Beiſpiele der Amerikaner ſind auch bei uns, wie ſchon bemerkt, heutzutage die ſtatiſch beſtimmten weitmaſchigen Syſteme bevorzugt, und werden die Fachweiten bei größeren Trägerhöhen durch Anhängen von Zwiſchenquerträgern an die Hauptknotenpunkte des Fachwerks unterteilt; es wird ferner die knickfeſte Ausbildung der Füllungsſtäbe verfochten, wodurch die Anwendung von Gegendiagonalen entfällt.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Hinsichtlich der Durchbildung der Einzelheiten der eisernen Fachwerksträger sind die Art. Druckstäbe, Gurtungsquerschnitte, Knotenpunkte der eisernen Fachwerksträger, Auflager u. a. nachzusehen. Weitere konstruktive Einzelheiten werden in den Art. Gelenk, Gelenkträger besprochen.

Den zweiten Hauptteil des Ueberbaues einer eisernen Brücke bilden die Querkonstruktionen. Diese umfassen die das Fahrbahngerippe zusammensetzenden Teile, weiter die Querversspannung und die Windverstrebung. Das Fahrbahngerippe besteht aus den in den Knotenpunkten der Hauptträger angeordneten Querträgern und den auf oder zwischen dieselben gelagerten Fahrbahnlängsträgern, deren Entfernung sich nach der Konstruktion der Fahrbahntafel (s. d.) richtet. Es kommt vor, daß bei kleinen Spannweiten die Anordnung von Querträgern entfällt, indem die Fahrbahn direkt von den Hauptträgern aufgenommen wird. Zuweilen werden, bei größerer Knotenweite, auch noch Querträger sowie Längsträger zweiter Ordnung erforderlich. Bei über den Hauptträgern liegender Bahn („Bahn oben" oder sogenannte „Deckbrücken") ist die Zahl der Hauptträger unbeschränkt, jedoch ist bei größeren Spannweiten durch Verminderung der Trägerzahl meist eine Ersparnis zu erreichen. Bei der Queranordnung zwei- und mehrgleisiger Brücken ist es mit Rücksicht auf allfällige Torsionsinanspruchnahmen angezeigt, jedes Gleis für sich durch zwei Hauptträger zu unterstützen, da bei einer ungleichmäßigen Austeilung der Hauptträger, im Falle nur ein Gleis belastet wird, sehr ungleiche Spannungsverteilungen sich ergeben würden; es ist ferner angezeigt, die einzelnen Trägerpaare nicht weiter miteinander zu verbinden, sondern jedes als besondere Brücke zu betrachten. Brücken, deren Tragwerk sich über die Bahn hebt („Bahn unten", offene Brücken, Trogbrücken oder geschlossene Brücken), können, sobald die Fahrbahn frei zu halten ist, nur zwei Hauptträger erhalten. Sind in einem solchen Falle gesonderte Fußwege anzuordnen, so können diese entweder zwischen den Tragwänden geführt oder außerhalb derselben auf konsolenartige Verlängerungen der Querträger gelegt werden. Letztere Anordnung ist sparsamer und wird im allgemeinen zu wählen sein, wenn nicht Stabilitätsanforderungen ohnehin ein weiteres Auseinanderrücken der Tragwände bedingen. Hinsichtlich der Verbindung der Fahrbahnträger untereinander und mit den Hauptträgern sind in der Einführung gelenkartiger Anschlüsse beachtenswerte Neuerungen zu verzeichnen. Infolge des festen Anschlusses von Querträgern an Hauptträger ist eine unvollkommene Einspannung der ersteren, zugleich aber auch eine Torsionsbeanspruchung der Tragwand bedingt; daher bei größeren Brückenbreiten (zweigleisige Eisenbahnen u. s. w.) gelenkige Auflagerung der Querträger. Hierüber sowie in betreff der sonstigen konstruktiven Einzelheiten der Fahrbahn s. Fahrbahn. — Die Querversspannung und die Windverstrebung haben die Aufgabe, die Druckgurte der Hauptträger gegen Ausknicken zu sichern und die senkrecht zur Brückenachse wirkenden Horizontalkräfte (Winddruck und Seitenkräfte der Fahrzeuge) aufzunehmen und auf die festen Stützpunkte zu verpflanzen. Die Querversspannung wird in Form steifer Rahmen ausgeführt, die in den Ebenen der Druckstreben oder in lotrechten Querebenen angeordnet werden. Bei Deckbrücken können dieselben die ganze Höhe der Tragwand einnehmen und die Form von Kreuzverstrebungen (Andreaskreuze) erhalten; bei offenen Tragbrücken muß sich die Querversspannung auf den steifen Anschluß der Querträger an die Hauptträger beschränken, wobei zur Erhöhung der Steifigkeit ein mit Winkeln versehenes sogenanntes Diaphragmablech eingelegt werden kann, während bei geschlossenen Brücken ein steifer Rahmen gebildet werden kann aus den Pfosten der Hauptträger, dem Querträger und einer den Lichtraum der Brücke frei haltenden oberen Querverbindung. Die Windverstrebung wird immer in Form eines in der Fläche der Hauptträgergurtungen oder in der Ebene der Bahn liegenden Gitterträgers ausgeführt. Auch bezüglich der Quer- und Windverstrebung ist das bei gut durchgebildeten neueren Brückenentwürfen zur Geltung kommende Bestreben hervorzuheben, in die Wirkungsweise der Konstruktion möglichste Bestimmtheit und Klarheit zu bringen. Aus diesem Gesichtspunkte empfiehlt es sich, wenn, wie gewöhnlich bei höheren Tragwänden, zwei Windverstrebungen in den Flächen der beiden Hauptträgergurtungen angeordnet werden, die steifen Querrahmen nicht an alle Knotenpunkte, sondern nur an jene zu legen, wo Auflagerdrücke des einen Windverbandes auf den andern übertragen werden sollen. Ueberhaupt ist es zur richtigen Beurteilung der Kräfteverteilung in den Querkonstruktionen notwendig, den ganzen Ueberbau als ein räumliches System aufzufassen, was allerdings, wenn auch noch die Wirkung steifer Querträgeranschlüsse zu berücksichtigen ist, zu schwierigen Untersuchungen führen kann.

Literatur: [1] Handbuch der Ing.-Wissenschaften, Bd. 2, Abt. 2—5, Leipzig 1901; daselbst auch ausführlichere Literaturnachweise. — [2] Winkler, E., Vorträge über Brückenbau, 4. Teil, 2. Heft: Gitterträger; 4. Heft: Querkonstruktion, Wien 1884. — [3] Häfeler, Der Brückenbau, 1. Teil, 1. und 2. Lief., Braunschweig 1888. — [4] Heinzerling, Brücken der Gegenwart: 1. Eiserne Brücken, Aachen 1873/85. — [5] Heinzerling, Die Brücken in Eisen, Leipzig 1870. — [6] Croizette-Desnoyers, Cours de construction des ponts, Paris 1885. — [7] Röll, Encyklopädie des Eisenbahnwesens, Wien 1894. — [8] Barkhausen, Uebersicht über die heutigen Bestrebungen im Eisenbau, Zeitschr. d. Ver. deutscher Ing. 1895. — [9] Gleim, Zeitschr. d. Arch.- und Ing.-Ver. Hannover 1876. — [10] Barkhausen, Neuere amerikanische Brücken, Zeitschr. d. Ver. deutscher Ing. 1892. — [11] Steiner, Brückenbauten in den Vereinigten Staaten von Nordamerika, Weltausstellungsbericht 1876. — [12] Schneider, Neue Niagarabrücke, Zeitschr. d. Ver. deutscher Ing. 1876. — [13] Mehrtens, Der deutsche Brückenbau im 19. Jahrh., Berlin 1900. *(Melan) E. Horowitz.*

Brücken, hölzerne, Brücken, deren Ueberbau aus Holz hergestellt ist. Die Unterstützung geschieht durch Joche, Pfeiler und auch durch den Baugrund selbst (Sprengwerke). Gewöhnlich werden aber nur die Mittelpfeiler in Form hölzerner Joche, die Endpfeiler (Widerlager) der besseren Erhaltung wegen meistens in Mauerwerk ausgeführt. Näheres darüber unter Pfeiler, hölzerne.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Obwohl die Holzbrücken gegenwärtig weitaus nicht mehr jene Bedeutung haben wie früher vor Erfindung der eisernen Brücken, ergeben sich immerhin noch zahlreiche Fälle, wo Holzbrücken am Platze sind; so für zeitweilige oder rasch herzustellende provisorische Ueberbrückung, namentlich mit Rücksicht auf die Wirtschaftlichkeit neu zu erbauender, kleiner Verkehrswege, sowohl für Eisenbahnen wie für Straßen (Notbrücken, Dienst- oder Arbeitsbrücken, Materialtransportbrücken, Lehr- und Versetzgerüste, Kriegsbrücken, Brückenprovisorien an Stelle von zerstörten Dämmen oder über einen zu regulierenden Flußlauf u. s. w.); ferner für Wege- und Straßenbrücken in abgelegenen holzreichen Gegenden.

Gegen Anwendung von Holzbrücken spricht die geringe Dauer derselben; die in letzter Zeit angestellten Versuche, das Holz durch besondere Behandlung gegen Fäulnis und Brennbarkeit widerstandsfähiger zu machen, haben keinen durchschlagenden Erfolg gehabt.

Ueber die elastischen und Festigkeitseigenschaften des Holzes [1] ist das Nähere in dem Art. Bauholz zu finden. Die zulässigen Inanspruchnahmen, die der Berechnung der Brückenkonstruktionen unter Voraussetzung der Verwendung von Nadelholz zugrunde gelegt werden können, sind in nachstehender Tabelle zusammengestellt, worin die Angaben unter 1 für mittelbar belastete Brückenteile (Hauptträger), jene unter 2 für unmittelbar belastete (Fahrbahnteile) gelten.

Kilogramm pro Quadratzentimeter.

Beanspruchung auf	Straßenbrücken				Eisenbahnbrücken			
	einstweilige		endgültige		einstweilige		endgültige	
	1	2	1	2	1	2	1	2
Zug	150	130	112	97	130	104	104	87
Druck	78	65	56	49	65	52	52	43
Biegung	117	98	83	73	98	78	78	65
Schub (zur Faser) . .	9	9	6	6	7	7	5	5

Bezüglich der zulässigen Inanspruchnahme schreibt die neue österreichische Brückenverordnung (1904) bei Eisenbahn-, Straßen- und Wegbrücken folgende Grenzwerte vor: für

Kilogramm pro Quadratzentimeter.

Einstweilige Brücken			Endgültige Brücken			
Zug (Druck)	Schub zur Faser		Zug (Druck)	Schub zur Faser		
	parallel	senkrecht		parallel	senkrecht	
120	15	30	80	10	20	für alleinigen lotrechten Kräfteangriff.
			90	15	30	unter Berücksichtigung der Seitenkräfte.

Wobei noch zu bemerken ist, daß für besonders auf Druck beanspruchte Teile auch die Knickfestigkeit zu berücksichtigen ist.

Vorschriften des preußischen Ministeriums (1890). Kilogramm pro Quadratzentimeter.

	Zug	Druck
Eichen- und Buchenholz	100	80
Kiefernholz	100	60

Für das Tragwerk der Holzbrücken kommen einfache und verstärkte Balkenträger, Gitterträger und Sprengwerke zur Anwendung. Die Fahrbahn hölzerner Straßenbrücken kann entweder mit Bohlenbelag versehen oder beschottert bezw. gepflastert sein. Beschotterung ist unter allen Umständen vorzuziehen sowohl wegen der günstigen Druckverteilung als auch wegen besserer Materialerhaltung. Je nach der Konstruktion des Tragwerkes unterscheidet man:

1. **Einfache Balkenbrücken.** Die Träger sind einfache, nebeneinander liegende, auf den Stützen (End- oder Zwischenpfeilern) gelagerte Balken (Tragbalken, Brückenbalken, Streckbäume, Ensbäume). Gewöhnlich werden kantig behauene Stämme, allenfalls mit kleinen Baumwalzen am Zopf- oder Wipfelende, verwendet; für Brücken von ganz vorübergehender Dauer oder von untergeordneter Bestimmung auch Rundstämme, die nur an der oberen Seite und am Auflager behauen sind. Bei Straßenbrücken liegen die Balken in gleichen Abständen von 0,8 m bis 1,0 m und tragen unmittelbar die quer zur Brückenachse angeordneten Brückstreuhölzer (s. Brückenbelag), bei Eisenbahnbrücken sind je nach der Spannweite (bis etwa 5 m erreichbar) unter jedem Gleise zwei, drei, vier bis sechs Balken anzuordnen. Für überschlägige Berechnungen können die Eigengewichte der Hauptträger bestimmt werden wie folgt:

Eisenbahnbrücken

2 Balken, $g = 53\,l$ kg für das Meter Gleis,
4 „ $g = 67\,l$ kg „ „ „ „

Straßenbrücken

für leichte Wagen . . $14\,l$
„ schwere Wagen . . $16\,l$ } kg/qm,
„ sehr schwere Wagen $18\,l$

wobei l = Spannweite. — Windverband, Querverband und Geländer wiegen $90 + 8{,}5\,l$ kg für das laufende Meter Gleis.

2. **Verstärkte Balkenbrücken.** Die Tragbalken sind an den Auflagern über den Mittelpfeilern durch untergelegte Balkenstücke, sogenannte Sattelhölzer, verstärkt; letztere können dann noch durch geneigte Streben, sogenannte Kopfstreben, gegen die Pfeiler abgestützt sein. Sind dabei die Tragbalken über mindestens zwei Felder kontinuierlich, so brauchen sie nur nach dem Maximalmoment in der Feldmitte (im Mittel $0{,}082\,q\,l^2$, mit Rücksicht auf Stützensenkung etwa $0{,}095\,q\,l^2$, unter q die Vollbelastung, Eigengewicht und zufällige Last pro l Meter verstanden) berechnet zu werden, wogegen das Stützenmoment (im Mittel $0{,}12\,q\,l^2$, mit Rücksicht

auf Stützenfenkung etwa 0,135 $q\,l^3$) von den Tragbalken im Verein mit den Sattelhölzern aufgenommen wird. Letztere erhalten dann rund 0,85 h als Höhe, wenn h = Höhe der Tragbalken. Sind die Balken über den Stützen geftoßen, fo wirken die Sattelhölzer als Konfolen, die eine breitere Auflagerung ermöglichen und die freie Stützweite der Tragbalken vermindern. Bei Sattelhölzern ohne Kopfband (Fig. 1) entfpricht die Wirkung einer Verminderung des für die Stützweite l berechneten Maximalmomentes um $^1/_2\,g\,l\,a$ (g = Eigengewichtsbelaftung pro l Meter, a = Länge des Sattelholzes etwa = 0,1 l). Sattelhölzer mit Kopfftreben (Fig. 2) vermindern die freie Stützweite der Tragbalken um die Sattelholzlänge a. Sattelholz und Kopfftrebe find für den auf den Kopf des Sattels entfallenden größten Druck unter Annahme exzentrifchen Kraftangriffes zu berechnen.

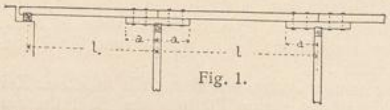


Fig. 1.

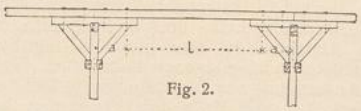


Fig. 2.

3. **Brücken mit zufammengefetzten Balkenträgern.** Legt man mehrere Balken neben- oder übereinander, fo fummiert fich einfach das Tragvermögen der einzelnen Balken. Verbindet man aber die übereinander gelegten Balken fo, daß fie fich gegenfeitig bei der Durchbiegung nicht verfchieben können, fo wirken fie bis zu einem gewiffen Grade wie ein einheitlicher Balken von der Gefamthöhe. Zwei Balken tragen hiernach theoretifch das Vierfache, drei Balken das Neunfache des einzelnen Balkens. In Wirklichkeit ift allerdings wegen der Unvollkommenheit der Verbindung das Tragvermögen ein geringeres. Nach der Art der Verbindung unterfcheidet man verzahnte, verdübelte, verklammerte Balken und Klötzelholzträger. Bei der Verzahnung (Fig. 3) macht man den Zahnfchnitt fymmetrifch zur Trägermitte und rechnet darauf, daß im mittleren Teile, wo bei einfeitiger Belaftung die Schubkräfte ihre Richtung ändern, die durch die Verbindungsfchrauben erzeugte Reibung zu deren Aufnahme genügt. Zuweilen hat man, um auch bei ungenauer Arbeit den Schluß zu erzielen, fchwache Keile aus Eichenholz oder dünne Eifenkeile zwifchen die Zahnftirnen eingetrieben. Verzahnte Balken werden mit einer leichten künftlichen Sprengung hergeftellt, wegen befferen Eingriffes der Zähne und um einen größeren Widerftand gegen Durchbiegung infolge Eigengewichtes zu erzielen. Die Ueberhöhung beträgt $^1/_{150}$—$^1/_{200}$ der Spannweite. Durch Anziehen der Verbindungsfchrauben kann diefe Ueberhöhung erhalten werden. Die Eingriffstiefe der Zähne

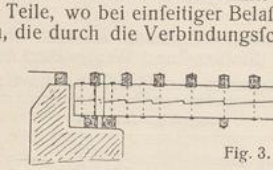


Fig. 3.

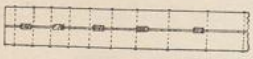


Fig. 4.

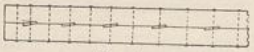


Fig. 5.

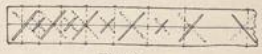


Fig. 6.

beträgt 3—6 cm, ihre Länge 40—60 cm. Verzahnte Träger aus mehr als zwei Balken werden felten angewendet. Die verdübelten Balken werden entweder mit Querdübel (Fig. 4) oder mit Längsdübel (Fig. 5) ausgeführt. Die Querdübel find aus Eichenholz und fchwach keilf rmig. Man kann hier einen kleinen Zwifchenraum zwifchen den Balken geben und dadurch an Tragvermögen gewinnen. Breite der Dübel mindeftens gleich ihrer $1^1/_2$—2fachen Höhe, damit diefelben nicht kippen oder fich rhombifch deformieren und dadurch eine Verfchiebung der Balken zulaffen. Die Längs- oder Zahndübel, ebenfalls aus hartem Holze, liegen in der Faferrichtung und find fchräg geftellt, um durch Anziehen der die Balken verbindenden Schraubenbolzen einen Schluß zu erzielen. In Amerika hat man diefe Dübel auch aus Gußeifen hergeftellt und wegen befferer Abhaltung der Feuchtigkeit verfteckt, von außen unfichtbar, angeordnet [7]. Querdübel werden in der Nähe des Auflagers manchmal auch mit 2 mm ftarkem Eifenblech armiert. Verzahnte Träger find verhältnismäßig ohne großen Arbeitsaufwand herzuftellen; jedoch geht durch den Zahneingriff an Balkenhöhe verloren. Träger mit Querdübel find leicht herzuftellen, und es ift keine befonders exakte Arbeit notwendig, da fich der Schluß durch entfprechendes Eintreiben der Keildübel immer erzielen läßt. Die Balkenhöhe wird voll ausgenutzt und kann fogar durch einen Zwifchenraum noch vergrößert werden. Die gehobelten Eichenholzdübel find aber oft umftändlich zu befchaffen, teuer und, wie die Verfuche mit zufammengefetzten Holzträgern [8], [9], [16] gezeigt haben, ift die Verbindung durch Querdübel bedeutend weniger wirkfam als die Verzahnung oder Längsdübel, was damit zu erklären ift, daß das quer zur Fafer gepreßte Holz fich ftärker deformiert, daher auch eine merklichere Verfchiebung der verbundenen Balken zuläßt. Längsdübel find gleich wirkfam wie eine Verzahnung, dabei aber ökonomifcher, da die ganze Balkenhöhe ausgenutzt wird. Im allgemeinen neigt man jetzt dahin, keine Träger mit Querdübel mehr auszuführen, fondern entweder verzahnte Träger oder Träger mit Längsdübel anzuwenden. Vielfach kommt es, namentlich bei Eifenbahnproviforien, darauf an, in der allerkürzeften Zeit und mit möglichft einfachen Mitteln Holzträger auszuführen, über die der Eifenbahnverkehr geleitet werden kann. Man hat da in einigen Fällen bloß verfchraubte und verklammerte Balken (Fig. 6) verwendet und damit gute Erfolge erzielt [15]. Bei den Klötzelholzträgern (Fig. 7), auch

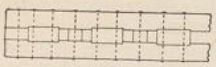


Fig. 7.

Traggeländerbrücken genannt, ſind die Balken durch kurze, zwiſchen ſie eingelegte Holzbalkenſtücke (Klötzel) getrennt und verſchraubt. Die Klötzel müſſen in der Faſerrichtung eingeſetzt und in die Balken eingelaſſen ſein; eine gute Verbolzung iſt wichtig. Die Verſuche von Bock [8] und Forchheimer [16] haben gezeigt, daß bei guter Ausführung das Tragvermögen dieſer Konſtruktion ein ganz günſtiges iſt. Das Verhältnis der wirklichen Bruchlaſt zur berechneten ſtellt ſich ungefähr ſo wie beim verzahnten Träger. Die Herſtellung iſt eine einfache und billige, jedoch iſt genaue Arbeit erforderlich; es können damit Spannweiten bis 14 m überbrückt werden. Im allgemeinen ſollen die bei hölzernen Brücken auftretenden Holzverbindungen der Richtung und Größe der wirkenden Kräfte angepaßt ſein, von größtmöglicher Einfachheit, keine weſentliche Schwächung des Holzes verurſachen, der Luft von allen Seiten zugänglich ſein und eine bequeme Auswechſlung einzelner Konſtruktionsteile ermöglichen. Der Wirkungsgrad aller dieſer Verbindungen iſt erſt in neuerer Zeit durch die obenangeführten Verſuche, insbeſondere durch die vom techniſch-adminiſtrativen Militärkomitee in Wien angeſtellten Zerbrechverſuche [8] klargeſtellt worden. Anknüpfend an dieſe Verſuche finden ſich in der Literatur eine Reihe theoretiſcher Betrachtungen [10]–[14], die in [9] und [10] zu praktiſchen Regeln für die Berechnung ſolcher zuſammengeſetzten Holzträger geführt haben. Hiernach iſt der Querſchnitt dieſer Träger ebenſo wie jener eines ungeteilten Balkens, jedoch mit Zugrundelegung einer verminderten Inanſpruchnahme zu beſtimmen. Dieſe zuläſſige Inanſpruchnahme erſcheint abhängig von der Art der Verbindung und von der Größe des ſpezifiſchen Druckes z zwiſchen den Zahnſtirnen oder Dübelflächen, und zwar derart, daß, je größer der Zahndruck, deſto niedriger die zuläſſige Inanſpruchnahme s_1 zu wählen iſt. Bezeichnet s die Biegungsinanſpruchnahme für ganze Balken (nach obiger Tabelle rund 120—80 kg), ſo ſetze man für zuſammengeſetzte Balken $s_1 = s - m\beta z$ und darin bei zwei verbundenen Balken $m = 1/4$

„ drei „ „ „ $m = 1/8$,

ferner für verzahnte Träger, Träger mit Längsdübel und Klötzelholzträger $\beta = 2$, für Träger mit Querdübel $\beta = 5$. Den Zahndruck kann man für verzahnte Träger mit $z = 0{,}4$ bis $0{,}6\ s_1$, für Klötzelholzträger mit $z = 0{,}8\ s_1$ und für Träger mit Querdübel mit $z = 0{,}4\ s_1$ wählen. Die Zahnlänge bezw. der Abſtand der Dübel oder Klötzel rechnet ſich aus der Schubkraft, die wieder der Querkraft Q an der betreffenden Stelle proportional iſt. Dabei kann auf die durch das Anziehen der Schraubenbolzen bewirkte Reibung Rückſicht genommen werden. Die zuſammengeſetzten Balken können entweder kontinuierlich über die Zwiſchenſtützen geführt oder als Einzelträger daſelbſt unterbrochen ſein. Im erſten Falle müſſen die Balkenſtöße ſo angeordnet werden, daß überall der für das Biegungsmoment erforderliche Querſchnitt vorhanden iſt. Bei Eiſenbahnbrücken beträgt wieder die Zahl der Träger pro Gleis zwei bis vier, äußerſtenfalls ſechs, womit ſich Spannweiten bis zu 15 m erreichen laſſen.

4. **Hölzerne Gitterbrücken.** Dieſe ſind eine amerikaniſche Erfindung. In den zwanziger Jahren des vorigen Jahrhunderts wurden auf drei Syſteme hölzerner Gitterträger amerikaniſche Patente genommen, und zwar von Long, Town und Howe. Sie waren die Vorläufer der eiſernen Gitterträger, und es ſind die erſten engmaſchigen Flacheiſengitterträger nichts andres als eine Nachbildung der Townſchen Lattenträger. Bei dieſen beſtehen die Gurtungen aus je zwei Balken, zwiſchen denen das aus Bohlen oder Brettern hergeſtellte Gitterwerk eingeſetzt iſt (Fig. 8). Dieſe Bohlen bilden ein engmaſchiges ſymmetriſches Gitter, ihre Befeſtigung an den Gurtungsbalken erfolgt mittels Holznägel, eiſerner Nägel oder Schraubenbolzen. Die Mängel des Syſtems liegen in der bei größeren Trägerhöhen ungenügenden Steifigkeit der Gitterwandung und in der zur Uebertragung größerer Kräfte ungeeigneten Verbindung. Die beiden andern Syſteme Long und Howe bringen bereits das eigentliche Fachwerk zur Ausbildung. Jedes Fach beſteht aus vertikalen und gekreuzten Schrägſtäben, und es erhalten die Ausfachungsſtäbe eine künſtliche Anſpannung, was beim Syſtem Long durch Eintreiben von Keilen zwiſchen den Gurtbalken und den lotrechten Pfoſten erreicht wird, während bei den Howeſchen Trägern die Vertikalſtäbe durch Rundeiſenſtangen gebildet werden, die durch vorgeſteckte Schraubenmuttern angeſpannt werden können. Long hat ſeine Träger in zweifacher Art, mit künſtlich geſpannten Vertikalpfoſten und gedrückten Diagonalſtreben und dann auch mit gedrückten Vertikalen und geſpannten Schrägſtäben ausgeführt. Eine praktiſche Bedeutung haben hauptſächlich die Howeſchen Träger erlangt, die heute noch jenes Syſtem darſtellen, nach dem meiſtens die hölzernen Gitterbrücken gebaut werden. Zu den neueſten Syſtemen von hölzernen Fachwerksbrücken, bei denen die Stäbe nach dem Syſtem des gleichſchenkligen oder gleichſeitigen Dreiecks angeordnet und abwechſelnd auf Zug und Druck beanſprucht werden, gehören die Syſteme: Ibjanski, Pintowski und Rychter; dieſe Syſteme ſind bei den Bahnbauten in Galizien in Anwendung gekommen [21]. Beim Howeſchen Träger (Fig. 9) beſtehen die Gurtungen in der Regel aus je drei Balken (bei ſchwachen Trägern auch bloß aus zwei). Die ſchrägen Streben der Ausfachung, die zufolge der durch das Anziehen der Rundeiſenſtangen in ſie hineingebrachten künſtlichen Spannung unter jeder Belaſtung Druck erfahren, ſtemmen

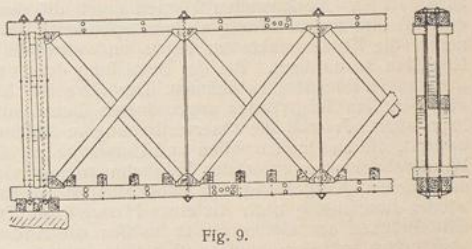


Fig. 9.

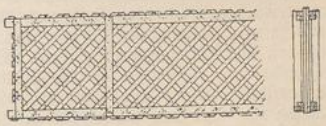


Fig. 8.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

ſich einfach gegen die Gurtungsbalken, und hierzu werden entweder eichene Stemmklötze oder beſſer gußeiſerne Schuhe verwendet, die in die Gurtungsbalken eingelaſſen ſind und die Rundeiſenſtangen in Durchbohrungen hindurchlaſſen. Von den Streben ſind die Hauptſtreben (das ſind die gegen die Trägermitte zu ſteigenden Stäbe) doppelt, die Gegenſtreben (das ſind die fallenden Stäbe) einfach und ſo angeordnet, daß die Kreuzung ohne Ueberſchneiden ſtattfindet. Die lotrechten Stangen ſind entſprechend der größten Querkraft in dem betreffenden Fache anzuſpannen; ſie erhalten unter den Muttern entweder über die Gurte gelegte Balken oder ſtarke gußeiſerne Unterlagsplatten als Widerlager. Die Howeſchen Träger werden entweder mit einfachem oder (bei Höhen über etwa 3 m) mit doppeltem Ausfachungsſyſtem ausgeführt. Die Gegendiagonalen bezwecken auch die Erhaltung der geometriſchen Form des ganzen Trägers. Von Wichtigkeit iſt eine möglichſt vollkommene Deckung der Stöße in den Gurtungsbalken. Im Zuggurt werden gewöhnlich beiderſeits des geſtoßenen Balkens ſchmiedeeiſerne Decklaſchen angeordnet, die mit angewalzten oder angenieteten Rippen in das Holz eingreifen und mit Schraubenbolzen angeſchloſſen ſind. In Amerika ſind auch andre eigenartige Laſchenkonſtruktionen in Anwendung [7]. Eine vollkommene Stoßdeckung iſt aber in einem gezogenen Balken wegen der niedrigen Scherfeſtigkeit des Holzes kaum zu erreichen, und man wird daher im Zuggurt nicht alle drei Balken mit dem vollen Querſchnitt als wirkſam anſetzen können. Gewöhnlich werden bei durchaus verſetzten Stößen im Zuggurt nur zwei Balken als voll und der dritte nur mit einem Fünftel ſeines Querſchnitts gerechnet, wobei überdies auch noch die Verſchwächungen durch die Einſchnitte der Stemmklötze u. ſ. w. zu berückſichtigen ſind. Für den gedrückten Gurt genügt es, den Stoß eines äußeren Balkens bloß durch eine äußere Decklaſche zu decken. Der Stoß des Mittelbalkens kann ohne Deckung bleiben. Untereinander ſind die Gurtungsbalken noch zwiſchen den Knotenpunkten durch Dübeleinlagen und Schraubenbolzen zu verbinden. Die Howeſchen Träger ſind verhältnismäßig leicht und einfach herzuſtellen, da komplizierte Holzverbindungen gänzlich vermieden ſind. Es ſind auch nicht, wie bei größeren Sprengwerksträgern, beſonders lange Balken erforderlich, da auch die Gurtungshölzer mehrfach geſtoßen werden können. Die ſtatiſche Unbeſtimmtheit und die Unſicherheit in der Anſpannung der Vertikalen bilden den Nachteil des Syſtems. Man hat zwar auch verſucht, hölzerne Gitterträger mit einfachem Ausfachungsſyſtem ohne künſtliche Anſpannung, alſo eine Verbeſſerung des Townſchen Syſtems mit Streben aus ſtärkeren Balken, auszuführen. Dieſelben haben ſich aber wegen der Schwierigkeit einer ordentlichen Verbindung der Zugſtreben (am beſten ſind nach amerikaniſchem Muſter gußeiſerne Einlagsſcheiben zwiſchen den Zugſtreben und Gurtungsbalken) und wegen der ſtärkeren Deformationen, die ſich bei Trägern ohne künſtliche Anſpannung nicht beheben laſſen, nicht bewährt. Auch aus kombiniertem Materiale, die gedrückten Teile aus Holz, die gezogenen, alſo auch der Zuggurt, aus Schmiedeeiſen, ſind Gitterträger, beſonders in Amerika, ausgeführt worden und haben dort eine mit der Anwendung der Bolzenverbindung übereinſtimmende charakteriſtiſche Ausbildung erfahren. Die Fahrbahn wird bei den hölzernen Gitterbrücken von Querſchwellen getragen, die direkt auf den Hauptträgern, und zwar entweder am Untergurt oder am Obergurt, aufliegen. Die unmittelbar über oder unter den Knotenpunkten angebrachten Querſchwellen können durch die durchgehenden Hängeſtangen befeſtigt werden; doch iſt ihre Auswechſlung alsdann erſchwert. Es iſt deshalb vorzuziehen, die Querſchwellen neben die Knotenpunkte zu legen und allenfalls bei größerer Knotenweite noch Zwiſchenſchwellen anzuordnen. Bei der Bemeſſung der Gurtbalken iſt dann natürlich auf die Biegungsſpannungen Rückſicht zu nehmen. Der Querverband der hölzernen Brücken beſteht aus den zwiſchen den Tragwänden angeordneten Quer- und Horizontalverſtrebungen. Liegt die Fahrbahn oben, ſo wird die Querverſtrebung in Abſtänden von etwa 4—6 m durch Andreaskreuze bewirkt, die an Querſchwellen und Unterzüge angeſchloſſen werden. Außerdem ſind horizontale Windſtrebenkreuze unter der Fahrbahn anzuordnen. Bei Brücken für Eiſenbahnverkehr wird man dieſem Querverband eine entſprechende Sorgfalt zuwenden und die Windverſtrebung ſelbſt wieder zweckmäßig nach Art eines Howeſchen Trägers konſtruieren. Liegt die Fahrbahn bei Gitterbrücken am Untergurt, ſo müſſen die Andreaskreuze zwiſchen den Tragwänden ſelbſtverſtändlich entfallen, und es iſt bei den üblichen Spannweiten die Trägerhöhe auch zur Anbringung oberer Querriegel gewöhnlich nicht ausreichend. Die Tragwände müſſen dann zumindeſt über den Auflagern eine ſeitliche Stützung durch geneigte Streben erhalten, die ſich an Verlängerungen der Querſchwellen oder Unterzüge anlegen. Der Knickungsbeanſpruchung des Obergurts iſt in dieſem Falle erhöhte Aufmerkſamkeit zuzuwenden. Mit Howeſchen Trägern ſind bei Eiſenbahnbrücken Spannweiten bis zu 30 m, bei Straßenbrücken bis zu 45 m zu erreichen. Bei den Syſtemen Ibjanski und Pintowski beſtehen Ober- und Untergurt aus je vier Balken, die Streben ſind doppelt und ſtützen ſich auf Langklötze, die mit den Innenbalken der Gurte verzahnt ſind. Die Zugbänder ſind ebenfalls doppelt und ſtützen ſich auf Querbalken, die innen an den Gurtbalken ruhen. In der Mitte des Trägers ſind alle Diagonalen knickſteif, wegen des dort auftretenden Wechſels in der Querkraftrichtung (Wechſelſtrecke). Stöße im Gurt ſind beiderſeits durch eiſerne Laſchen gedeckt. Beim Syſtem Ibjanski liegen die Querträger zwiſchen den Gurtbalken und Knotenpunkten, daher treten auch Biegungsſpannungen der Gurtſtäbe auf, was beim Syſtem Pintowski nicht der Fall iſt. (Näheres [2].) Das Syſtem Rychter unterſcheidet ſich von dieſen beiden dadurch, daß die Gurtungen aus je einem, zwei oder drei nebeneinander liegenden Balken beſtehen. Die Diagonalen ſind ausſchließlich Druckſtäbe, da die in der Wechſelſtrecke angeordneten Gegendiagonalen für einen Zugangriff unwirkſam werden. Die lotrechten Zugſtäbe ſind aus doppelten hölzernen Hängeſäulen gebildet.

5. **Sprengwerksbrücken.** Das Tragwerk dieſer Brücken wird nach den in den nebenſtehenden Skizzen (Fig. 10—15) dargeſtellten Anordnungen ausgeführt. Zur Unterſtützung eines durchgehenden Balkens (Streckträgers) ſind entweder Dreiecks- (Fig. 10) oder Trapezſprengwerke

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

(Fig. 11) oder Kombinationen mehrerer Sprengwerke (Fig. 12, 13) verwendet. Die gewöhnlichſte und vorteilhafteſte Anordnung iſt jene, wo die Sprengwerke ganz unter den Streckbalken gelegt ſind, alſo dieſen unmittelbar ſtützen. Man hat aber die Sprengwerke zum Teil oder auch gänzlich über den Streckbalken gelegt und letzteren dann an die Sprengwerke angehängt (Fig. 14, 15). Der die Strebenfüße verbindende Streckträger nimmt dann auch den Horizontalſchub des Sprengwerks auf, ſo daß ſolche Träger ihre Stützen nur lotrecht belaſten. Dieſe Anordnungen (Fig. 14 und 15) werden auch als „Hängewerke“ bezeichnet, was aber zu Verwechſlung mit den eigentlichen Hängeträgern, die allerdings bei Holzkonſtruktionen keine Rolle ſpielen, führen kann. Die Bezeichnung als „überhöhte Sprengwerke“ wäre vorzuziehen. Dieſe werden aber jetzt im Brückenbau überhaupt nicht mehr häufig angewendet, weil ſie kompliziertere Holzverbindungen erfordern, die auch für die Dauer der Konſtruktion nicht günſtig ſind, und weil den überhöhten Sprengwerken die ſeitliche Steifigkeit mangelt. Dagegen ſind unter der Bahn liegende Sprengwerke für mittlere Spannweiten dort, wo die Konſtruktionshöhe dafür vorhanden iſt, eine ganz zweckmäßige Anordnung. Zu berückſichtigen iſt, daß jedes Sprengwerk, mit Ausnahme des Dreiecksſprengwerks, keine ſtarre Form beſitzt, ſondern, falls nicht Ausſteifungen vorhanden ſind, unter wechſelnder Belaſtung ſtarke Formänderungen erleidet. Die Ausſteifung wird durch den durchgehenden Streckbalken herbeigeführt, überdies werden bei größeren Sprengwerken immer Zangen angeordnet, welche die Streben mit den Streckbalken verbinden und dadurch ſowohl in ihrer Lage fixieren, wie auch ihre Knickungslänge vermindern. Ueber die Berechnung der Sprengwerke [18], [19] ſ. Sprengwerke und Hängewerke. — Hinſichtlich der Einzelheiten der Konſtruktion hat der Grundſatz zu gelten, möglichſt einfache und ſolche Holzverbindungen anzuwenden, die eine axiale (zentriſche) Eintragung der Kräfte in die Balken vermitteln. Durch die Anwendung gußeiſerner Schuhe am Zuſammenſtoße und am Fuße der Streben werden dieſe Verbindungen ſehr verbeſſert. Es iſt ferner ein entſprechender Querverband durch Unterzüge und Andreaskreuze (in der Ebene der Streben oder der Zangen) vorzuſorgen. Werden mehrere Oeffnungen mit Sprengwerken überſpannt, ſo ſind die Mittelpfeiler oder Joche für den einſeitig bei Belaſtung einer Oeffnung überwiegenden Horizontalſchub zu berechnen, falls es nicht angeht, die Joche untereinander nahe dem Auflager der Sprengwerke durch horizontale Gurtbalken zu verbinden.

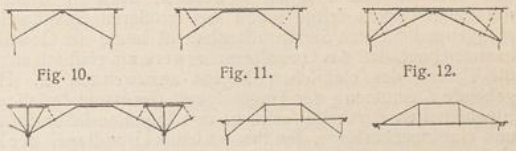


Fig. 10. Fig. 11. Fig. 12.

Fig. 13. Fig. 14. Fig. 15.

6. **Hölzerne Bogenbrücken** gehören zu den veralteten, heute nicht mehr angewendeten Konſtruktionen. Vor dem Auftauchen der eiſernen Brücken ſind aber ſolche hölzerne Bogenbrücken entweder aus Bohlen nach den Konſtruktionen von de l'Orme oder von Emy oder, beſonders in Deutſchland, aus gebogenen Balken nach dem Syſtem Wibeking vielfach ausgeführt worden. In Amerika ſind vor dem Auftreten der eiſernen Brücken auch ziemlich große Weiten mit hölzernen Bogenkonſtruktionen überſpannt worden. Ein bemerkenswertes Bauwerk dieſer Art iſt die Kaskadebrücke auf der Erieeiſenbahn, eine hölzerne Bogengitterbrücke von 84 m Stützweite.

Literatur: [1] Winkler, E., Vorträge über Brückenbau, III: Hölzerne Balkenbrücken, Heft 1, Wien 1884. — [2] Handb. d. Ingenieurwiſſenſch., Bd. 2: Brückenbau, 1. Abt., Kap. 4: Hölzerne Brücken, bearb. von C. Heinzerling, Leipzig 1899. — [3] Preſſel, Normalien der öſterr. Südbahn, Wien 1867. — [4] Hellwag, Normalien der öſterr. Nordweſtbahn, Wien 1872. — [5] Heinzerling, Brücken der Gegenwart, III: Hölzerne Brücken und Lehrgerüſte, Aachen 1876. — [6] Steiner, F., Ueber Brückenbauten in den Vereinigten Staaten von Nordamerika, Wien 1878. — [7] Ritter, W., Der Brückenbau in den Vereinigten Staaten Amerikas, Bern 1894. — [8] Bock, M., Ueber Zerbrechverſuche mit hölzernen Eiſenbahnproviſorien, Wochenſchr. d. öſterr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1891, S. 21. — [9] Derſ., Neue Zerbrechverſuche mit verzahnten Trägern, Zeitſchr. d. öſterr. Ing. u. Arch.-Ver. 1892, S. 405. — [10] Melan, Zur Berechnung zuſammengeſetzter Holzträger, Wochenſchr. d. öſterr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1891, S. 46 und 299. — [11] Thullie, R. v., Zur Berechnung der Holzträger, Wochenſchr. d. öſterr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1891, S. 279. — [12] Brick, J. E, Berechnung der verdübelten, verzahnten und der Klötzelholzträger, Wochenſchr. d. öſterr. Ing. u. Arch.-Ver. 1891, S. 349. — [13] Skibinski, Ueber hölzerne zuſammengeſetzte Brückenträger, ebend., S. 328. — [14] Hemmert, A. v., Neue Theorie der zuſammengeſetzten Träger, Zeitſchr. d. öſterr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1892, S. 557. — [15] Stöckl, C., Ueber das Holzproviſorium bei Hopfgarten, Wochenſchr. d. öſterr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1891, S. 203. — [16] Forchheimer, Ph., Ueber zuſammengeſetzte Balken, Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ing. 1892, S. 100. — [17] Labes, J., Zur Anwendung verzahnter und verdübelter Träger, Zentralbl. d. Bauverw. 1895, S. 197. — [18] Melan, Theorie der Sprengwerke, Zeitſchr. d. öſterr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1876, S. 233. — [19] Fränkel, Theorie des einfachen Sprengwerks, Civiling. 1876, Heft 1. — [20] Strukel, Der Brückenbau, 1899. — [21] Thullie, R. v., Hölzerne Gitterbrücken in Galizien, Wochenſchr. d. öſterr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1897, Nr. 23.

(Melan) Horowitz.

Brücken, ſteinerne, Brücken, deren Oeffnungen mittels gewölbter Bogen aus Quader-, Bruchſtein-, Ziegel- oder Stampfmauerwerk überſpannt ſind. In neueſter Zeit hat auch die flache Ueberdeckung mit Balken und Platten wieder vermehrte Anwendung gefunden, und zwar als armierte Betonkonſtruktion.

Die erſten Ausführungen von ſteinernen Brücken ſind mit den Anfängen der Brückenbaukunſt verknüpft. Vor Erfindung der Gewölbe, die ſchon den Aegyptern bekannt geweſen

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

ſein ſollen, kannte man nur die Ueberdeckung kleinerer Oeffnungen mit Steinbalken oder Platten, nach Art unſrer heutigen Plattendurchläſſe, oder mittels ausgekragter Steine. Von der Entwicklung, die der Gewölbebau bei den Römern fand, geben die von ihnen erbauten Aquädukte, Viadukte und auch Strombrücken Zeugnis. Letztere ſind ausſchließlich in nahezu vollem Bogen (Halbkreis) gewölbt, mit kurzen, dicken, ſtromauf- und abwärts zugeſchärften Pfeilern, die auf großen Steinwürfen fundiert ſind. Die Fahrbahn iſt in der Regel gegen die Brückenmitte ſtark anſteigend, um die nötige Höhe für den vollen Bogen zu gewinnen. Dem anfänglichen Verfalle der Brückenbaukunſt im frühen Mittelalter folgte eine Periode der Weiterentwicklung, in der man hier und da bereits zu kühneren Bauwerken überging. Aus dieſer Epoche ſind uns u. a. die Donaubrücke zu Regensburg (1135), die alte Elbebrücke (Auguſtusbrücke) zu Dresden (1119), die Rhonebrücke zu Avignon (1178) erhalten. Um die anſteigenden Brückenbahnen zu vermeiden, wurde der volle Bogen verlaſſen und der Segment- und auch ſchon der Korbbogen (Trinitatisbrücke zu Florenz 1251) angewendet. Zu Ende des vorigen Jahrhunderts bildete der Bau der gewölbten Brücken, bei dem bereits wiſſenſchaftliche Grundſätze zur Anwendung gelangten und der namentlich in Frankreich in den Schöpfungen Perronets, Gautheys, Chezys u. a., ſowie in England (Mylne, Rennie, Telford u. a.) ſich zu hoher Blüte entwickelte, den Ausgangspunkt für die moderne Ingenieurtätigkeit. Das Auftreten der eiſernen Brücken hatte allerdings wieder einen gewiſſen Stillſtand in der Fortentwicklung des Steinbrückenbaues zur Folge. In neuerer Zeit wird dieſem jedoch wieder mehr Aufmerkſamkeit zugewendet, und es iſt durch die Fortſchritte in der Theorie und in den Baumethoden möglich geworden, auch in Stein ſparſame Bauwerke auszubilden, die mit Eiſenbrücken ſelbſt ſchon bei größeren Spannweiten in Wettbewerb treten können [5]. Maßgebend für den Steinbrückenbau iſt heute die Gewölbetheorie, deren Standpunkt ſich dahin kennzeichnet, daß das Gewölbemauerwerk als elaſtiſch anzuſehen und daß ſonach auf das Gewölbe die Theorie des elaſtiſchen Bogens anzuwenden iſt. Hiermit geht Hand in Hand eine weitgehende Ausnutzung der Tragfähigkeit der Baumaterialien, deren mechaniſche und phyſikaliſche Eigenſchaften durch Verſuche in den Ingenieurlaboratorien und an Bauwerken erforſcht werden, und eine zweckmäßige, den theoretiſchen Grundlagen der Konſtruktion möglichſt gerecht werdende Geſtaltung und Ausführung der letzteren. An Stelle des früher faſt ausſchließlich angewandten Kreisſegment- oder des aus Schönheitsrückſichten gewählten Korbbogens tritt nunmehr häufig die Stützlinienform [3], bei der die Gewölbeachſe der Stützlinie für das Eigengewicht und die halbe Nutzbelaſtung angepaßt und wodurch bei minimalſter Gewölbeſtärke erreicht wird, daß auch bei ungünſtigſter einſeitiger Belaſtung keine oder nur geringfügige Zugſpannungen im Gewölbe auftreten. (Unter Stützlinie verſteht man die Verbindungslinie der Druckmittelpunkte der einzelnen Gewölbequerſchnitte; unter Bogenachſe die Verbindung der Schwerpunkte der Querſchnitte.) Die Uebelſtände, die bei großen Gewölben aus der unvermeidlichen Senkung des Lehrgerüſtes während der Ausführung der Wölbung oder aus der Verdrückung der Widerlager entſtehen und die zum Auftreten von Riſſen im Gewölbe vor oder nach deſſen Ausſchalung Veranlaſſung geben können, ſucht man nunmehr durch geeignete Ausführungsweiſen zu beheben. Die gleichmäßige Belaſtung des Lehrgerüſtes (ſ. d.) von Anfang an iſt eine Regel, die bei Ausführung großer Gewölbe immer berückſichtigt werden muß; zunächſt kann man durch Aufbringung der Materialien am Scheitel des Gerüſtes der Tendenz entgegenwirken, daß ſich das Gerüſt bei Beginn der Mauerung im Scheitel hebt. Weitere Mittel, um Riſſen vorzubeugen, ſind nebſt der Anwendung möglichſt ſtarrer Lehrgerüſte (auch unter Zuhilfenahme eiſerner Träger [4], [2]) die Ausführung der Wölbung von mehreren Stellen und das gleichzeitige Schließen an letzteren (Brücke über den Drac bei Claix, Wäldlitobelbrücke der Arlbergbahn u. a.), das Offenlaſſen von Fugen und das nachträgliche Ausſtampfen oder Ausgießen mit Mörtel an denjenigen Stellen des Gewölbes, an denen beim Ausſchalen die Neigung zur Bildung von Riſſen beſteht (Brücke von Caſtelet, Lavaur, Antoinette, Viadukt von Gour-Noir u. a.); das trockene Verſetzen ſämtlicher Gewölbequader unter Zuhilfenahme von in die Fugen eingelegten Holzleiſten und das Ausſtampfen der Fugen mit Mörtel erſt nach Schluß des Gewölbes (württembergiſche Brücken, Brücken der öſterreichiſchen Staatsbahn Stanislau—Woronienka [10]), endlich die Anordnung mehr oder weniger vollkommener Gelenke. Zunächſt wurden, und zwar zuerſt von Leibbrand, gelenkartige Einlagen in den Kämpfer- und Scheitelfugen angeordnet in der Form von ca. 20 mm ſtarken Bleiplatten, die bei den erſten derartigen Brücken das mittlere Drittel der Fugenbreite einnehmen, bei den ſpäteren Ausführungen zur Erzielung beſſerer Gelenkwirkung ſchmäler gemacht wurden [2]. Bei der Neckarbrücke zwiſchen Gemmrigheim und Kirchheim, einer Betonbrücke mit drei Oeffnungen zu 38 m, wurden Bleiplatten in den Kämpfern und am Scheitel angeordnet. Die Scheitelſtärke beträgt 80 cm, die Kämpferſtärke 90 cm. Die Bleieinlage, eine Platte 20 mm ſtark, 15 cm breit, die mit 120—140 kg/qcm beanſprucht wird, liegt zwiſchen Sandſteinquadern; nach der Ausrüſtung wurde der offene Teil der Fuge mit Zement ausgegoſſen, wodurch zwar die gelenkige Wirkung zum Teil wieder aufgehoben wurde, was aber nicht von großer Bedeutung war, da die Senkung im Moment der Ausrüſtung bereits ſtattfand. Als Feſtigkeit des Bleies kommt hier die ſogenannte Quetſchgrenze in Betracht; (für hartes Blei 3—400 kg/qcm; zuläſſig gewöhnlich 120 kg/qcm). Bleieinlagen werden jetzt nur für kleinere Gewölbe angewendet und zwiſchen Steinquader gelegt, da man die Erfahrung gemacht haben will, daß Zementmörtel das Blei chemiſch verändert und zerſtört. Dagegen kam die Ausführung vollkommenerer Gelenke, wie ſie Winkler ſchon vor mehr als 30 Jahren vorgeſchlagen hatte, im neueren Steinbrückenbau in Aufnahme. Die Anbringung von Gelenken empfiehlt ſich insbeſondere bei flachen Gewölben von geringer Stärke, weil hier bei feſter Einſpannung der Kämpfer am eheſten Riſſe auftreten. Die Gelenke können in Stein oder Eiſen ausgeführt werden. Steingelenke in Form von Wälzungsgelenken wurden zuerſt von Köpcke bei ſächſiſchen Staatsbahnbrücken ausgeführt [2], [6], und zwar in der Art, daß die in

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

der Gelenkfuge ſich berührenden Steine zylindriſche Lagerflächen von etwas verſchiedenem Krümmungsradius erhielten und mit direkter Berührung ohne Mörtel verſetzt wurden. Die Druckübertragung findet nur an der Berührungsſtelle ſtatt, und bei einer Bewegung wälzen ſich die Quader aufeinander ab. Dabei ändert natürlich der Berührungspunkt ſeine Lage, und eine vollkommene Fixierung eines Punktes der Stützlinie iſt alſo auch hier nicht vorhanden. Doch iſt der Weg bei der Abwälzung ſehr klein, und man kann daher von dieſem Umſtand abſehen. Es handelt ſich alſo nur darum, zu unterſuchen, ob ſolche Steingelenke auch mit genügender Feſtigkeit zur Ausführung gebracht werden können und ob die Feſtigkeit der das Gelenk bildenden Steine nicht durch die Inanſpruchnahme überſchritten wird (Fig. 1). Die an der Berührungsſtelle auftretende Druckſpannung läßt ſich berechnen aus $\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} = \frac{16}{9}\,\pi\,\frac{s^2}{PE}$, wobei r_1 r_2 die Krümmungsradien der Zylinderflächen, E den Elaſtizitätsmodul, P den ausgeübten Druck, s die Maximalſpannung an der Berührungsfläche bezeichnen. Die Verſuche von Bach (vgl. a. [13], S. 9) haben die Anwendbarkeit dieſer Hertzſchen Formel beſtätigt. Es ſind für die Berührungsſpannung s weit größere Werte zuläſſig als die ſonſt übliche Druckſpannung, weil nur ein Teil einer größeren Fläche gedrückt wird; es können demnach Betonquader oder beſſer noch Quader aus harten natürlichen Steinen, deren zuläſſige Randſpannung wir ſonſt mit 30—50 kg/qcm annehmen, ganz gut im Gelenk mit $s' = 150$—200 kg/qcm beanſprucht werden. Es ſind auch Ausführungen mit derartigen rechneriſchen Inanſpruchnahmen gemacht worden, ohne daß ſchädliche Wirkung wahrgenommen wurde. Die Radien r_1 und r_2 ſollen ziemlich groß und nicht zu verſchieden gewählt werden. Solche Steingelenke ſind bei einer Anzahl von in Sachſen gebauten Brücken aus harten Sandſtein- und Granitquadern, bei Betonbrücken auch aus Betonquadern verfertigt worden; die Herſtellung der Gelenkquader muß ſehr ſorgfältig nach genauen Schablonen erfolgen, und die Berührungsflächen müſſen möglichſt glatt ſein, damit die Berührung wirklich in Zylindererzeugenden erfolgt [1]. Die Betonquader werden durch Stampfen in Formen hergeſtellt. Die Berührungsflächen werden in beſſerer Miſchung gehalten, auch gehärtet (fluatiert). Das Verſetzen der Quader muß mit großer Sorgfalt erfolgen, ſo daß eine möglichſt vollkommene Berührung ſtattfindet. Die Steine ſind feſt aneinander zu preſſen, damit keine Senkungen infolge eines ſchädlichen Spielraumes auftreten; es können, um einen ſatten Ausſchluß zu erzielen, auch Zwiſchenlagen von Blei (2—3 mm ſtark) gegeben werden. Unter Anwendung ſehr harter Steine (Granit) und bei nicht zu großen Fugendrücken kann das Gelenk auch nach Fig. 2 zapfenförmig ausgebildet werden (Eyachbrücke in Württemberg) [13].

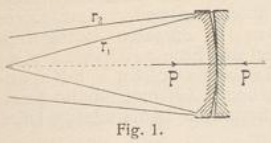


Fig. 1.

Fig. 2.

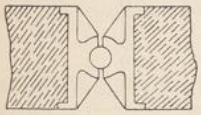


Fig. 4.

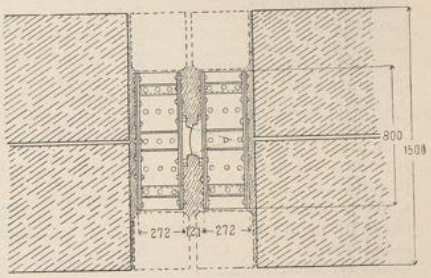


Fig. 3.

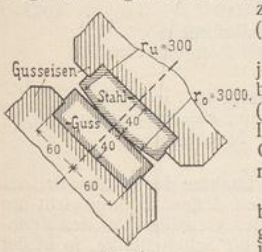


Fig. 5.

Eiſerne Gelenke nach Art jener bei eiſernen Bogenbrücken ſind zum erſtenmal von Leibbrand bei der Betonbrücke über die Donau bei Munderkingen (Württemberg) zur Ausführung gekommen, ferner bei der Brücke bei Inzigkofen [7], bei der Coulouvrenièrebrücke über die Rhone in Genf [8], bei den neuen Brücken über die Iſar in München und neueſtens bei der Addabrücke bei Morbegno.

Die Brücke bei Munderkingen (erbaut von Leibbrand [2], [6]) beſitzt 50 m Spannweite und $^1/_{10}$ Stich; ſie hat Kämpfer- und Scheitelgelenke. Das Gelenkſtück beſteht aus normal zur Gewölbeleibung liegenden Walzträgern (I- oder [-Eiſen), deren Flanſchen durch Blechplatten verbunden ſind. An dieſe ſind die ſtählernen Gelenklager, einerſeits aus einem Zapfenſegment, anderſeits aus einer gleichgeformten Pfanne beſtehend, angenietet. Die einzelnen Gelenkſtücke haben eine Breite von etwa 50 cm; ſie liegen dicht nebeneinander und bilden ſo ein über die ganze Breite des Gewölbebogens durchreichendes Gelenk. Iſt die Brücke ſchief (Munderkingener Brücke), ſo werden dieſe einzelnen Lagerkörper normal zum Stirnbogen geſtellt und gegeneinander verſetzt.

Fig. 3 zeigt das Scheitelgelenk der Eiſenbahnbrücke über die Adda bei Morbegno (70 m Spannweite). Nach der Ausrüſtung werden die Zwiſchenräume im Gelenk in der Regel mit Beton oder Grobmörtel ausgefüllt, wodurch die freie Beweglichkeit allerdings wieder aufgehoben, das Gelenk ſelbſt aber gegen Roſtangriff beſſer geſchützt wird. Für ſpätere Belaſtung iſt dann der Bogen als eingeſpannt zu betrachten; doch hat man durch die Gelenkanordnung wenigſtens die Unabhängigkeit von den Senkungen beim Ausrüſten erreicht und die Lage der Stützlinie für die ausſchlaggebende Eigengewichtslaſt fixiert.

Ein Beiſpiel für die Anwendung von Zapfengelenken mit gußeiſernen Lagerkörpern bietet

die Brücke bei Inzigkofen (43 m Spannweite), bei der die Gelenkfuge nicht mit Beton ausgefüllt wurde, ſondern ſichtbar blieb. Dieſe Lager ſind als Zapfenlager ausgebildet (Fig. 4); ebene Wälzungslager ohne Sicherung gegen ſeitliche Verſchiebung, wie ſie bei der Maximiliansbrücke in München [15] angewendet wurden (Fig. 5) und durch Abrutſchen der Bogen deren Einſturz knapp vor der Vollendung der Brücke herbeiführten, ſind zu vermeiden. Auch bei Betoneiſenbrücken (ſ. d.) kommen derartige Gelenkkonſtruktionen zur Anwendung.

Hauſteingewölbe werden der Koſten halber jetzt in der Regel auf die ganz großen Spannweiten beſchränkt (bei den öſterreichiſchen Staatsbahnen Brücken über 40 m Spannweite) und wird im übrigen rauhes Schichtmauerwerk, für kleine Bogen auch gewöhnliches Bruchſteinmauerwerk oder Ziegelmauerwerk angewendet. Bei letzterem, desgleichen auch bei Hauſteingewölben, hat man bei größerer Gewölbeſtärke die Wölbung häufig in konzentriſchen, miteinander nicht in Verband ſtehenden Ringen durchgeführt, was allerdings gewiſſe praktiſche Vorteile bietet, vom Standpunkt der Möglichkeit einer richtigen Beurteilung der Spannungsverteilung im Gewölbe aber nicht zu empfehlen iſt. In neuerer Zeit ſind auch bedeutende Fortſchritte im Baue von Betonbrücken zu verzeichnen. Es ſind ſolche entweder ohne Eiſeneinlagen (Beiſpiele: die obenerwähnten großen, von Leibbrand erbauten Brücken in Württemberg, die Brücke in Genf, die neue Eiſenbahnbrücke über die Elbe in Dresden u. a.) oder mit Eiſeneinlagen (Syſtem Monier, Melan, Wünſch, ſ. Betonbrücken und Betoneiſenkonſtruktionen) zur Ausführung gekommen. Die nachſtehende Zuſammenſtellung enthält die durch die Größe der Spannweite oder durch ihre Konſtruktionsweiſe bemerkenswerteſten neueren Steinbrücken (alle Maße in Metern).

Name der Brücke		Konſtruktionsſyſtem	Spannweite	Pfeil des Hauptbogens	Scheitelſtärke
Iſonzobrücke bei Salcano	E. . .	Quader	85,0	21,80	2,10
Adolfbrücke in Luxemburg	St. . .	„	84,6		
Syratalviadukt bei Plauen	St. . .	Schichtmauerwerk	90		
Cabin-Johnbrücke	A. . .	Hauſtein	69,4	18,6	1,31
Lavaurbrücke	E. . .	Schichtmauerwerk	61,5	27,5	1,65
Gour-Noir-Viadukt	E. . .	Hauſtein	64,9	16,1	1,70
Pruthbrücke bei Jaremcze	E. . .	„	65,0	16,2	2,10
Deebrücke bei Cheſter	St. . .	„	61,0	12,2	1,22
Addabrücke bei Morbegno	E. . .	„	70,0	10	1,50
Gutachbrücke in Baden	E. . .	„	60,0		
Dracbrücke bei Claix	St. . .	Bruchſtein	52,0	8,0	1,50
Antoinettebrücke	E. . .	Schichtmauerwerk	50,0	15,9	1,50
Pruthbrücke bei Jamna	E. . .	Hauſtein	48,0	11,0	1,70
Caſteletbrücke	E. . .	Schichtmauerwerk	42,0	15,0	1,25
Munderkingen } in Württem-	St. . .	Beton, drei Gelenke	50,0	5,0	1,0
Inzigkofen } berg	St. . .	„ „ „	43,3	4,47	0,70
Coulouvrenièrebrücke	St. . .	„ „ „	40,0	5,55	1,0
Steyrbrücke	St. . .	Betoneiſenſyſtem Melan, drei Gelenke	42,0	2,60	0,60
Topekabrücke, Kanſas	St. . .	Betoneiſenſyſtem Melan, ohne Gelenke	38,1	5,70	0,56
Eyachbrücke in Württemberg	St. . .	Beton, drei Gelenke	30,0	3,0	0,45

(A. = Aquädukt, St. = Straßenbrücke, E. = Eiſenbahnbrücke.)

Die Stärke der Brückengewölbe wird häufig nach empiriſchen Formeln von

Dejardin . . . . $d_0 = 0{,}3 + 0{,}045\,l$
Desnoyers . . . $d_0 = 0{,}15 + 0{,}176\,\sqrt{l}$
Perronet . . . . $d_0 = 0{,}3 + 0{,}045\,l$
Trautwine . . . $d_0 = 0{,}686 + 0{,}155\,\sqrt{r + 0{,}5\,l}$
Rankine . . . . $d_0 = 0{,}191\,\sqrt{r}$

(hierin iſt l = Spannweite, r = Radius der Innenleibung)

gewählt oder unter Zugrundelegung einer gewiſſen mittleren Inanſpruchnahme des Wölbemateriales ermittelt. Bezeichnet q_0 die Belaſtung des Gewölbes, einſchließlich deſſen Eigengewicht pro 1 qm im Gewölbeſcheitel, q_1 die Belaſtung pro 1 qm im Kämpfer des Gewölbes, r_0 den Krümmungsradius der inneren Bogenleibung im Scheitel in Metern, d_0 die Scheitelſtärke, ſo iſt der Horizontalſchub angenähert $H = q_0 (r_0 + d_0)$ und es wird für eine mittlere Inanſpruchnahme s_0 des Wölbmaterials im Scheitel die Gewölbeſtärke $d_0 = \frac{q_0 r_0}{s_0 - q_0}$, nachdem bei gleichmäßiger Druckverteilung im Scheitel $H = d_0 s_0$ ſein muß. Zur Ermittlung von q_0 iſt d_0 zunächſt ſchätzungsweiſe anzunehmen. Die Inanſpruchnahme s_0 darf nicht etwa der zuläſſigen Kantenpreſſung gleich geſetzt, ſondern muß weſentlich kleiner angenommen werden. Wenn nämlich die Wölbeform ſo ermittelt wurde, daß für eine totale gleichmäßige Belaſtung mit der halben Nutzlaſt die Stützlinie vollkommen mit der Mittellinie des Gewölbebogens zuſammenfiele, ſo wird bei den vorkommenden teilweiſen Belaſtungen dies nicht der Fall ſein, und werden ſich die größten Spannungen dort ergeben, wo die Stützlinie am weiteſten von der Mittellinie abweicht. Für ein ohne Gelenk ausgeführtes Gewölbe von der Pfeilhöhe f, bei dem die Verkehrslaſt $= p$ pro 1 qm iſt, müßte hiernach $s_0 = \frac{s}{1 + \frac{1}{3}\left(\frac{f}{d_0} - 1\right)\frac{p}{q_0}}$ gewählt werden, wenn unter s

die zuläſſige größte Druckbeanſpruchung (Kantenpreſſung) des Materials verſtanden wird. Um ein tunlichſtes Zuſammenfallen der Stützlinie für Vollbelaſtung mit der Bogenachſe zu erzielen, muß angenähert die Stützlinie im Abſtand $\frac{l}{4}$ vom Kämpfer eine Ordinate y über der Sehne des halben Bogens beſitzen, die annähernd gegeben iſt durch $y = \frac{17\,q_0 + 7\,q_1}{16\,(5\,q_0 + q_1)} \cdot f$. Demzufolge iſt das Verhältnis $y : f$ bloß abhängig von dem Verhältniſſe der Belaſtung im Scheitel q_0 und an den Kämpfern q_1; für $q_1 = q_0$ iſt $y = {}^1/_4\,f$ (Parabel), mit zunehmender Laſtverſchiedenheit $q_1 : q_0$ vergrößert ſich die dem Bogen zu gebende Sehne y, man erhält den Kreisbogen und ſchließlich den Korbbogen mit gegen die Kämpfer zunehmender Krümmung. Man kann die Randdruckſpannung etwa ſetzen: für Gewölbe aus hartgebrannten Ziegeln in Portlandzementmörtel $s = 150$—200 t/qm, für Bruchſteinmauerwerk aus mittelfeſtem Stein $s = 200$ bis 250 t/qm, für Schichtmauerwerk aus feſtem Stein $s = 250$—350 t/qm, für Beton 300—350 t/qm.

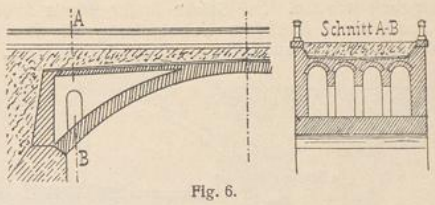


Fig. 6.

Dabei iſt aber vorausgeſetzt: daß das Gewölbe nach der Stützlinie für totale Belaſtung geformt iſt, daß die Gewölbeſtärke gegen die Kämpfer derart zunimmt, daß die Vertikalprojektion jeder radialen Fuge gleich iſt der Scheitelſtärke, und daß endlich keine unzuläſſigen Zugſpannungen auftreten. Letzteres iſt der Fall, wenn bei der Spannweite l das nach obigen Regeln beſtimmte $d_0 > 0{,}245\,l\sqrt{\frac{p\,q_0}{(q_0 - \frac{1}{2}\,p)\,s_0}}$ ſich herausſtellt. Der Annahme der Wölbeform und der Wölbeſtärke wird dann aber bei jedem größeren Brückengewölbe noch die ſtatiſche Unterſuchung durch Aufſuchen der Stützlinien für die ungünſtigſten Belaſtungsfälle (in der Regel begnügt man ſich wenigſtens bei kleineren Gewölben mit der Unterſuchung einer totalen und einer halbſeitigen Belaſtung) zu folgen haben, um ein Urteil über die wirklich auftretenden größten Spannungen zu gewinnen. Bei der Unterſuchung des Dreigelenkbogens kann man, da derſelbe ein ſtatiſch beſtimmtes Syſtem darſtellt, die ungünſtigſten Belaſtungsfälle für jeden einzelnen Bogenquerſchnitt raſch und einfach finden und damit die wirklichen Spannungen genau beſtimmen, was beim eingeſpannten Bogen zu längeren Berechnungen führen würde; man hat in letzterem Falle auch auf Temperaturwirkung und auf allfällige ungünſtige Einflüſſe nicht ganz ſtarrer Widerlager entſprechend Rückſicht zu nehmen. Für die Eiſenbahnbrücken haben die verſchiedenen Bahnverwaltungen eigne Tabellen und Normalien zur Dimenſionierung und Ausführung von Gewölben. Zum Beiſpiel gelten bei den öſterreichiſchen Staatsbahnen folgende Werte:

$l =$	30	40	65	80 m,
$d =$	1,10	1,40	2,20	2,70 m,

wobei ein Stichverhältnis $\frac{f}{l} = {}^1/_4 - {}^1/_5$ vorausgeſetzt iſt. Gewölbe von kleinerer Spannweite erhalten eine Uebermauerung, die meiſt eine gerade Begrenzung erhält, die tangential an die obere Bogenleibung anſchließt und gegen die Widerlager zu abfällt. Sie hat bei größeren Pfeilhöhen den Zweck, die Stabilität des Gewölbes zu erhöhen, ſie wird aber auch wegen der Entwäſſerung des Gewölberückens notwendig. Bei aneinander grenzenden, durch einen Mittelpfeiler getrennten Gewölben hat man häufig die Gewölbezwickel auch voll ausgemauert, die Uebermauerung über dem Mittelpfeiler ſattelförmig erhöht und die Entwäſſerung dann durch die Gewölbeſcheitel geführt. Die Brückengewölbe werden zur Herſtellung einer ebenen Brückenbahn mit Erde überſchüttet. Durch die Ueberſchüttung wird eine gleichmäßigere Verteilung des Druckes konzentrierter Laſten erzielt, und aus dieſem Grunde ſoll die Höhe der Ueberſchüttung über dem Gewölbeſcheitel bei Straßenbrücken mindeſtens 30—50 cm, bei Eiſenbahnbrücken mindeſtens 70 cm betragen. Seitlich wird dieſe Ueberſchüttung durch Stirnmauern begrenzt, die auf den Gewölbeſtirnen aufruhen, und zwar entweder ohne Verband auf dem Gewölberücken ſitzen oder aber durch treppenartige Abſätze der Stirnwölbequader mit dem Gewölbe in Verband gebracht ſind. Bei größerer Pfeilhöhe des Gewölbes und demnach auch großer Ueberſchüttungshöhe an den Kämpfern werden die gegen den Erddruck zu berechnenden Stirnmauern ſehr ſtark, und man würde in dieſem Falle beſſer eine vollkommene Ausmauerung geben. Anſtatt deſſen hat man häufig auch Hohlmauerwerk, ſogenannte Spandrillmauern, (Fig. 6) angeordnet und dadurch eine Verringerung des auf dem Gewölbe laſtenden Gewichtes und eine Erſparnis an Mauerwerk erzielt. Dieſe Spandrillen beſtehen aus einzelnen, den Stirnmauern parallelen Zungenmauern, die oben mit Platten überdeckt oder mit Stich- oder Halbkreisgewölben überſpannt ſind. Ihr Abſtand wird mit 1—1,5 m gewählt. Bei ſehr großer Höhe hat man zuweilen dieſe Zungenmauern noch durch Quermauern oder durch horizontale Gewölbe verbunden. Dieſe Spandrillräume ſind durch Einſteigſchächte und durch Durchbrechungen der Zungenmauern zugänglich zu machen (Fig. 6). Die Zungenmauern ſowie die Ueberdeckungen der Spandrillräume werden häufig in Ziegel gemauert oder aus Beton hergeſtellt, um ſie in ſchwachen Dimenſionen halten zu können. Bei einer Entfernung von nicht über 1,5 m und einer Höhe h^m iſt die Stärke der Zungenmauern beſtimmt durch $d = 0{,}3 + 0{,}03\,h$, die Stärke der Stirnmauern beträgt $d_1 = 0{,}5 + 0{,}1\,h$. Für größere Abmeſſungen der Spandrillräume iſt die Dimenſionierung auf Grund ſtatiſcher Unterſuchungen vorzunehmen. Ueber den Widerlagern werden die Spandrillen durch eine am Widerlager aufſtehende ſchwache Mauer abgeſchloſſen. Ueber den Mittelpfeilern werden die Spandrillhohlräume gewöhnlich durchgeführt, wenn nicht

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

zur Erzielung größerer Pfeilerſtabilität daſelbſt eine maſſige Aufmauerung empfehlenswert erſcheint. Den gleichen Zweck, Erſatz der Ueberſchüttung und Erſparnis an den Stirnmauern, hat man auch durch quer zur Brückenlängsachſe ſtehende Gewölbe, die ſogenannten Sparbogen, erreicht (Fig. 7). Die Stirnmauern können dann ganz entfallen, und es wird die Bahn von dieſen Quergewölben getragen, die ſich in Form eines kleinen Viaduktes mittels Pfeiler auf den Hauptbogen ſtützen. Die neueren weitgeſpannten Brücken von größerer Pfeilhöhe zeigen ſämtlich dieſe Anordnung. Die Spannweiten der Sparbogen wird man nicht zu groß, etwa 2—5 m, entſprechend der Größe des Hauptbogens wählen, da ſich ſonſt zu ſehr konzentrierte Laſten ergeben würden. Die Stärke dieſer Bogen ſowie auch die der Zwiſchenpfeiler hat man auf Grund einer ſtatiſchen Unterſuchung zu dimenſionieren. Bei breiten Brücken hat man die Zwiſchenpfeiler auch in eine Reihe rechteckiger, durch Gurte verbundener Einzelpfeiler aufgelöſt

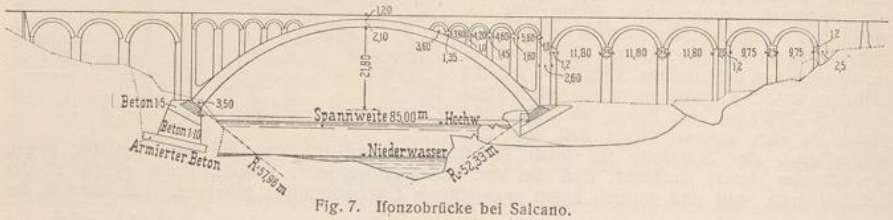


Fig. 7. Iſonzobrücke bei Salcano.

(Max Joſefs-Brücke in München); bei Betonbrücken ſind auch flache Ueberdeckungen mit armierten Betonplatten auf Einzelpfeilern zur Ausführung gekommen. Bei einem als Dreigelenkbogen ausgeführten Gewölbe würde durch die übliche Anordnung der Sparbogen die Gelenkwirkung des Hauptbogens beeinträchtigt oder ganz aufgehoben, wenn der Widerlagspfeiler des ſeitlichen Sparbogens nicht ganz auf das Gewölbe geſtellt wird, ſo daß er deſſen Bewegung mitmachen kann, und auch dann wird dieſe Bewegung an der Hinterfüllung einen Widerſtand finden; werden die Sparbogen, wie es gewöhnlich geſchieht, an das feſte Widerlager angeſchloſſen, dann aber natürlich erſt nach dem Ausrüſten des Hauptbogens hergeſtellt, ſo kann auf die weitere Wirkung der Gelenke nicht gerechnet werden, dieſe funktionieren vielmehr nur während des Ausrüſtens des Gewölbes. Wollte man die Beweglichkeit erhalten, ſo müßte entweder der an das Widerlager angrenzende Sparbogen als Dreigelenkbogen ausgeführt, oder eine flache Ueberdeckung unter Anwendung eines Gleitlagers hergeſtellt werden. Auch bei der Ausführung voller Stirnmauern iſt bei Dreigelenkbogen auf die Möglichkeit einer Bewegung Rückſicht zu nehmen, indem zwiſchen Parapetmauer und Widerlager eine offene Fuge verbleibt, die in der Faſſade leicht gedeckt werden kann.

Die Brückengewölbe und ihre Uebermauerung ſind mit einer waſſerundurchläſſigen Schicht zu überdecken, um das Eindringen von Waſſer, das teils durch Auswaſchen des Mörtelkalkes, teils durch die Froſtwirkung dem Mauerwerk verderblich werden würde, nach Möglichkeit hintanzuhalten. Die Herſtellung der Gewölbeabdeckung hat immer erſt nach erfolgter Ausſchalung zu geſchehen. Zur Abdeckung werden meiſt Zementbeton, eine mit Ziegelflachſchichten überdeckte Zementlage, Aſphaltſchichten oder Aſphaltplatten verwendet. Es ſei hier bemerkt, daß Beton allein nicht waſſerdicht abſchließt; wirklich waſſerdicht iſt nur ein ganz glatt geriebener, feiner Zementmörtelverputz, ſolange er nicht durch Bewegungen oder Temperaturwirkungen Riſſe bekommt. Das früher angewandte Mittel, die Abdeckungsſchicht noch durch Aufbringung einer ſtarken Tonlage vor dem Eindringen des Waſſers zu ſchützen, iſt von zweifelhaftem Werte. Dagegen empfiehlt es ſich, die Deckſchicht in mehreren Lagen aufzubringen, da hierdurch eher ein Riſſigwerden bei kleinen Bewegungen des Bauwerkes verhütet wird. Wird Zementmörtel (aus 1 Teil Portlandzement, 2—3 Teilen Sand) zur Abdeckung verwendet, ſo ſoll er raſch aufgebracht und dann längere Zeit feucht erhalten werden. Es handelt ſich darum, ein Mittel zu nehmen, das ſo zähe und elaſtiſch iſt, daß es den Bewegungen des Gewölbes folgen kann, und dazu eignet ſich vorzüglich Gußaſphalt; es wurden früher ſehr viele Verſuche gemacht, um ein gutes und billiges Abdeckungsmittel zu finden. Heute aber ſpielt neben dem Gußaſphalt nur noch die Abdeckung mit Aſphaltfilzplatten eine Rolle. Bei Abdeckungen mit Aſphalt werden zwei Schichten von zuſammen etwa 3 cm gegeben und der oberen Schicht Kies zugeſetzt. Elaſtiſcher und zäher als geſtrichener Aſphalt ſind die von verſchiedenen Firmen in den Handel gebrachten Aſphaltplatten, die bei ſorgfältiger Ausführung, guter Ueberlappung und Verkittung der Stöße mit Aſphalt eine gute Abdeckung geben [11]. Die Ueberlappung der Aſphaltplatten und auch ihre Anordnung hat ſo zu geſchehen, daß der Waſſerabfluß nicht behindert wird. Ein neues Mittel, das ſich gut bewährt haben ſoll, iſt Tektolith von Malchow, ein Jutegewebe mit beiderſeitigem Aſphaltüberzuge, auf den Aſche gepreßt iſt [12]. In einigen Fällen wurden auch Bleiplatten als ein gutes, aber teures Abdeckungsmittel verwendet. Die Siebelſchen Patent-Blei-Iſolierplatten haben eine ſehr dünne Einlage von Walzblei zwiſchen einem beiderſeitigen Ueberzuge von Dachpappe [12]. Außer dem Gewölberücken ſind auch die inneren Flächen der Parapetmauern, welche die Ueberſchüttung begrenzen, waſſerdicht abzudecken. Ordnet man Spandrillen oder Sparbogen an, ſo iſt die Oberfläche derſelben auch waſſerdicht abzudecken. Beim freien Gewölberücken dagegen kommt bloß ein glatt geſtrichener Mörtelverputz zur Anwendung.

Entwäſſerung der Brückengewölbe. Bei Brückengewölben iſt die Abhaltung des durch die Ueberſchüttung eindringenden Waſſers vom Mauerwerke dringend geboten. Hierzu dient zunächſt die oben beſprochene waſſerdichte Abdeckung. Das auf dieſer

Abdeckung ſich anſammelnde Waſſer kann dann auf mehrfache Weiſe abgeführt werden, nämlich: 1. Nach den Enden der Brücke zu, d. i. über die Widerlager, die eine Steinhinterpackung erhalten, aus der man das Waſſer entweder in den Grund verſickern läßt oder, falls der Boden lehmig iſt oder ein größerer Waſſerandrang von der Lehne zu erwarten iſt, das Waſſer durch Sickerkanäle herausleitet (Fig. 8). Es iſt dieſe Art der Entwäſſerung nur anwendbar, wenn die Brücke nicht zu lang iſt und die Abdeckung ein Gefälle gegen die Endwiderlager erhält. Man vermeidet auf dieſe Weiſe gefährliche Erweichungen der Hinterfüllung und des Bodens in den Fundamenten. Zuweilen ordnet man zum Schutze der deckenden Aſphaltſchicht über dieſe noch eine Sandſchicht an, um das Einpreſſen größerer Steine zu

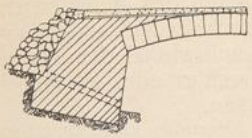


Fig. 8.

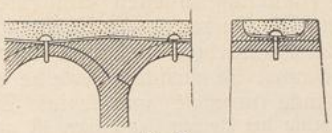
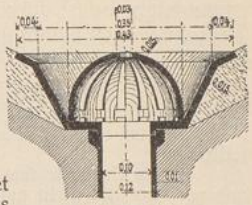


Fig. 9.



verhüten; damit dieſes feine Material nicht weggeſchwemmt wird, ordnet man am Rücken des Widerlagers ein kleines, mit Schlitzen verſehenes Mäuerchen an. 2. Die Entwäſſerung durch den Gewölbeſcheitel (Fig. 9) iſt nur möglich bei Anwendung von Spandrillmauerwerk oder bei

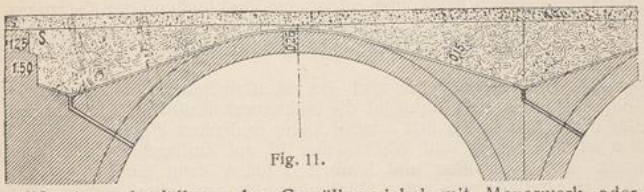


Fig. 11.

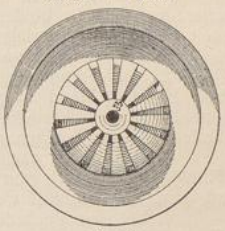


Fig. 10.

vollſtändiger Ausfüllung der Gewölbezwickel mit Mauerwerk oder Beton. Die Abdeckung erhält ein Längs- und Quergefälle von $^1/_{50}$ bis $^1/_{15}$, ſo daß ſich vier in der Mitte des Scheitels zuſammentreffende Rinnen bilden. Es genügt zur Entwäſſerung noch ein Gefälle von 1 : 200, doch iſt dann ſorgfältige Abdeckung erforderlich. Hier wird das Waſſer mittels eines eiſernen Abfallrohres durch das Gewölbe geführt. Das Rohr erhält einen entſprechend breiten Teller, an den ſich die Abdeckung gut anſchließen muß und über den eine durchlöcherte gußeiſerne, mit Steinen umpackte Haube geſtellt wird (Fig. 10). Bei Anordnung von Spandrillräumen muß für einen entſprechenden Luftzutritt geſorgt werden, um dieſelben trocken zu erhalten, was durch Anbringung von Einſteigſchächten und Oeffnungen in den Pfeilerſtirnen erreicht wird. 3. Die Abführung des Waſſers durch die Bogenſchenkel oder durch die Kämpfer (Fig. 11) findet die häufigſte Anwendung. Hier werden ebenfalls gußeiſerne Rohre durch das Gewölbe hindurchgeführt, und zwar je nach der Anordnung der Hintermauerung in einem mehr oder weniger nahe zum Kämpfer gelegenen Punkte. Die Rinne, die ſich hier über den Zwiſchenpfeilern durch die Hintermauerung ergibt, erhält ein Quergefälle nach jenem Punkte, wo das Abfallrohr angebracht iſt. Man hat dieſe Rinne entweder als ungedeckten mit Steinen angefüllten Sickerkanal oder auch als geſchloſſenen Kanal, in letzterem Falle natürlich mit Schlitzen in den Seitenmauern oder Ueberdeckungen für den Waſſereintritt, ausgeführt. Bei Anordnung von Spandrillmauern muß man der Abdeckung ein Gefälle gegen den Bogenzwickel geben und hier das Waſſer mittels Abfallröhren herabſtürzen laſſen, oder man ordnet in der Abdeckung ein Gefälle gegen den Scheitel hin an und hält daſelbſt die Spandrillräume offen. 4. Zuweilen hat man die in den Bogenzwickeln angeordneten Kanäle auch nach außen durch die Stirnmauern entwäſſert, was aber wegen der Benäſſung der Stirnmauern und der dadurch leicht entſtehenden Flecken- und Vegetationsbildung nicht zu empfehlen iſt. Zum Schutze des Mauerwerks ordnet man an dieſen Mündungsſtellen vorſpringende Steine an, doch gewähren dieſe auch keinen ausreichenden Schutz. 5. In jenen Fällen, wo eine Abführung des Waſſers in den unter dem Gewölbe befindlichen Raum nicht zuläſſig und eine Entwäſſerung nach den Widerlagern nicht möglich iſt, erübrigt nicht andres als eine Abführung des Waſſers durch die Pfeiler. Hierzu dienen vertikale Abfallſchläuche in den Pfeilern, die entweder weit genug anzulegen ſind, daß ſie ſchliefbar ſind (Orleansbahn), oder in die eiſerne Abfallrohre eingeſetzt werden, die bei etwaiger Verſtopfung durch Einfrieren u. ſ. w. nach oben herausgehoben und gereinigt werden können (Wiener Stadtbahn). Die Entwäſſerung durch die Pfeiler iſt im allgemeinen wenig zu empfehlen; es kann ſich jedoch die Notwendigkeit ergeben (z. B. bei Stadtbahnen), daß kein Waſſer in den Innenraum des Gewölbes gelangen darf, da die Gewölberäume als Magazine u. ſ. w. Verwendung finden; in dieſem Falle wird die genannte Methode verwendet.

Literatur: [1] Handbuch der Ingenieurwiſſenſchaften, Bd. 2, 1. Abt.: Steinerne Brücken, bearbeitet von Heinzerling, mit ausführlichen Literaturangaben, Leipzig 1899. — [2] Fortſchritte der Ingenieurwiſſenſchaften, 7. Heft, v. Leibbrand: Gewölbte Brücken, mit ausführlichen Angaben der neueren Literatur, Leipzig 1897. — [3] Tolkmitt, Leitfaden für das Entwerfen und die Berechnung der Brückengewölbe, Berlin 1895. — [4] Gewölbte Brücke in Köpenick, Zeitſchr. f. Bauweſen 1892, S. 355. — [5] Wettbewerb um Entwürfe für die Lorrainebrücke in Bern, preisgekröntes und zur Ausführung beſtimmtes Projekt der Ingenieure R. Moſer und Mantel, Deutſche Bauztg.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

1897, S. 382, 389 u. a. — [6] v. Leibbrand, Zeitſchr. f. Bauweſen 1894, S. 541. — [7] Derſ., Zeitſchr. f. Bauweſen 1896, S. 279. — [8] Berthier, Génie civil, 1896, p. 129. — [9] Zeitſchr. f. Bauweſen 1898. — [10] Zeitſchr. d. öſterr. Ingen.- u. Arch.-Ver. 1894, S. 545. — [11] Oſthoff, Ueber Mittel zur waſſerdichten Abdeckung der Brückengewölbe, Zeitſchr. d. Arch.- u. Ingenieur-Ver. zu Hannover 1879. — [12] Deutſche Bauztg. 1892, S. 619. — [13] Bach, C., Verſuche mit Granitquadern zu Brückengelenken, Berlin 1903; Verſuche mit Sandſteinquadern zu Brückengelenken, Berlin 1904; Handbuch der Ingenieurwiſſenſchaften, 2. Teil, Bd. 1., Leipzig 1904. — [14] Zeitſchr. für Bauweſen 1898. — [15] Zeitſchr. des Ver. deutſch. Ingen., Sept. 1904. *(Melan) Horowitz.*

Brückenachſe, die Längsmittellinie der Brücke, fällt mit der im vorhinein gegebenen oder durch Traſſierungsarbeiten ermittelten Achſe des betreffenden Verkehrsweges zuſammen. Die Querachſe der Brücke iſt durch die Achſenrichtung der Pfeiler oder der Widerlagerfluchten beſtimmt. Der Schnittwinkel der beiden Achſen heißt Kreuzungswinkel. Je nachdem derſelbe ein rechter oder ein ſpitzer iſt, unterſcheidet man gerade (normale) und ſchiefe Brücken.

Die Lage der Brückenachſe bei kleinen Bauwerken iſt nach folgenden Geſichtspunkten feſtzulegen:

1. Als Schnittwinkel der Achſen iſt in erſter Linie ein rechter Winkel in Ausſicht zu nehmen; wo dies nicht möglich iſt, iſt wenigſtens die Vergrößerung des Winkels anzuſtreben, unter dem ſich die beiden Verkehrswege kreuzen; damit ſind eine geringere Spannweite, alſo auch geringerer Materialverbrauch und geringere Baukoſten verbunden. Für ſchiefe Brücken iſt ein eiſerner Ueberbau vorzuziehen.

2. Mit Veränderung des Schnittwinkels der Achſen pflegt eine Verſchiebung der Kreuzungsſtelle Hand in Hand zu gehen. Es ergeben ſich dabei inſofern Vorteile, als man das Bauwerk unabhängig vom Verkehr der vorhandenen Straßen oder ohne Bauerſchwernis durch fließendes Waſſer, alſo im Trockenen, herſtellen kann.

3. Man wird, nachdem die Brückenquerachſe und die an dieſelbe ſich anſchließenden Mittellinien der verlegten Wege entworfen ſind, zunächſt die Höhenverhältniſſe unterſuchen, und erſt dann den Entwurf weiter bearbeiten, wenn ſich hierbei keine Bedenken ergeben.

4. Bei den Veränderungen von Wegen und Waſſerläufen iſt auf Zuſtimmung von Intereſſenten Rückſicht zu nehmen. Bei Durchläſſen und kleinen Brücken kann meiſt durch Verlegung des Waſſerlaufes oder der Straße (Bach- oder Straßenkorrektionen) eine rechtwinklige Kreuzung und damit eine normale Ueberbrückung erzielt werden. Bei größeren Bauwerken iſt dies aber häufig nur durch Aenderung der Lage der Brückenachſe zu erreichen.

Außer den obenangeführten Rückſichten ſind noch folgende Grundſätze in Betracht zu ziehen:

1. Die den Mittelpfeilerachſen parallele Querachſe der Brücken ſoll ſich hauptſächlich nach der Lage des Talweges richten, und es iſt auch hier ein rechter Winkel anzuſtreben.

2. Die Rückſichten auf Geländegeſtaltung und Bodenbeſchaffenheit treten bei der Wahl der Lage der Strombrücken nicht ſelten in den Vordergrund; felſige und feſte Ufer ſind von großem Vorteil. Bei Ueberbrückung eines Tales ſind die in geringer Entfernung befindlichen Lehnen zur Ueberſchreitung desſelben beſonders geeignet. Iſt die Aenderung der Lage der Brückenachſe ausgeſchloſſen, ſo bleibt nichts übrig, als eine ſchiefe Brücke zu errichten, was wegen der höheren Koſten, insbeſondere bei Steinbrücken, gerne vermieden wird.

3. Aus demſelben Grunde ſowie auch wegen der konſtruktiven Schwierigkeiten des Ueberbaues und der Pfeiler wird man auch eine gekrümmte oder mehrfach gebrochene Längsachſe tunlichſt vermeiden.

Literatur: Handbuch d. Ingenieurwiſſenſchaften, 2. Teil, Bd. 1, Leipzig 1904. *E. Horowitz.*

Brückenaufſtellung, ſ. Montierung der eiſernen Brücken.

Brückenauswechſlung, der Erſatz eines beſtehenden, den Anforderungen des Verkehrs nicht mehr entſprechenden Brückenüberbaues durch eine neue Brückenkonſtruktion, wobei die Bedingung geſtellt iſt, daß der Verkehr nicht unterbrochen werde oder wenigſtens nur geringe Störungen erleide. Durch dieſe letzte Anforderung iſt ein möglichſt raſcher Arbeitsvorgang bedingt, und hierdurch unterſcheidet ſich eine Brückenauswechſlung von einem gewöhnlichen Brückenumbau, bei dem der Verkehr zeitweiſe ganz unterbrochen iſt oder über eine Notbrücke geführt wird.

Brückenauswechſlungen in dem obigen Sinne kommen nur bei Eiſenbahnen vor, und es handelt ſich da entweder um den Erſatz hölzerner Brückenüberbauten durch eiſerne oder um die Auswechſlung älterer Eiſenbrücken, die infolge Mangelhaftigkeit des Syſtems (Schiffkornbrücken, Flacheiſengitterbrücken) oder ſonſtiger Unvollkommenheiten nicht mehr die nötige Sicherheit bieten. In manchen Fällen genügt auch bloß die Auswechſlung einzelner ſchadhafter Teile des Brückenüberbaues oder eine Verſtärkung derſelben (ſ. Brückenverſtärkungen) Es laſſen ſich hier der Hauptſache nach folgende Methoden unterſcheiden: 1. Die Brücke wird genau an derſelben Stelle gebaut, an der ſich die alte befindet, die mithin den Verkehr bis nach Fertigſtellung der neuen vermitteln muß; 2. die neue Brücke wird neben der alten auf einem Hilfsgerüſt montiert und nach Beſeitigung der alten eingeſchoben; 3. die neue Brücke wird an beliebiger Stelle montiert und nach Beſeitigung der alten Brücke eingefahren.

1. Um die neue Brücke an derſelben Stelle wie die alte erbauen zu können, iſt es notwendig, die Laſten von proviſoriſchen Stützen tragen zu laſſen oder die neue Brücke ſo in die alte hineinzubauen, daß in einer Betriebspauſe die Uebertragung der Laſten von den alten Fahrbahn-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

trägern auf die neuen ſtattfinden kann. Die erſte Art, das Unterbauen der Fahrbahn, wird ſich nur empfehlen, wenn die Brücke in nicht zu bedeutender Höhe liegt. (Beiſpiele dafür: Eiſenbahnunterführungen der Gürtelbahn Batignolles—Clichy, Umbau der Torgauer Elbebrücke, urſprünglich 256 m lang, aus hölzernen Sprengwerken auf ſteinernen Pfeilern; auf die Knotenpunkte der alten Sprengwerke hölzerne Stützen, welche die vorläufig ſchmälere Brückenbahn trugen; darunter Querträger eingezogen, Buckelplatten befeſtigt und mit Beton ausgefüllt; Hauptträger ebenfalls auf der alten Holzkonſtruktion eingerüſtet und hergeſtellt.)

Die zweite Art der Bauausführung, Einbauen der neuen Fahrbahn in die alte, wurde beim Umbau der alten Niagara-Hängebrücke in eine Bogenbrücke am großartigſten angewendet (1898). Der leitende Grundgedanke war der, die alte Brücke in die Hauptträger der neuen einzuhüllen, dann die Fahrbahn auszuwechſeln und ſchließlich die alte Brücke abzubrechen.

2. Beim Montieren der neuen Brücken neben den alten ſowie beim Einfahren der Brücken ſind zwar Gefährdungen des Betriebes ausgeſchloſſen, doch muß eine einmalige, wenn auch kurze Unterbrechung des Betriebes ſtattfinden. Alte hölzerne Brücken werden meiſt in ihre einzelnen Teile zerlegt; eiſerne Brücken hebt man mit Pontons ab oder wälzt ſie auf beſondere einſtweilige Joche, von denen ſie ſpäter entfernt werden; beſchränkt wird die Ausführbarkeit dieſer Methode durch raſch fließende und dem Eisgange ſtark ausgeſetzte Flüſſe, außerdem aber auch durch zu hohe Rüſtungen, die den Koſtenpunkt ſehr erhöhen. Beiſpiele derartiger Ausführungen ſind: Donaubrücke der öſterreichiſchen Nordweſtbahn [1], Umbau der Waagbrücke nächſt Tornocz [6]. Bei kleineren Brücken kann auch das Einſchiebeverfahren, das bei der oberen Moſelbrücke bei Diedenhofen verwendet wurde, nämlich unter Anwendung von Rollen für die Bewegung der Brückenkörper, am Platze ſein [7].

3. Einfahren von Brücken. Alle Auswechſlungen von kleinen Brücken bis 12 m Weite werden ſich am einfachſten in dieſer Weiſe vornehmen laſſen. Derartige Brücken können noch bequem auf zwei Wagen verladen und fertig montiert an Ort und Stelle gebracht werden. In einer längeren Betriebspauſe, nötigenfalls mit Zuhilfenahme der Nachtſtunden, wird die alte Brücke entfernt und die neue eingebracht. Brücken bis 5 m Länge finden noch auf einem Wagen Platz und können mit Hilfe eines Krans raſch montiert werden. Derartige Bauausführungen wurden auf der Warſchau—Wiener Bahn durchgeführt; bei der Auswechſlung der Eiſenbahnbrücke bei Mainz wurden zum Abheben und Wiederauflagern mächtige Portalkrane benutzt; es waren im ganzen 28 Brücken mit zuſammen 582 m Stützweite auszuwechſeln. Außerdem war eine Umänderung ſämtlicher Pfeiler und die Auswechſlung von 418 m Fußwegbrücken zu bewirken, eine Arbeit, die im Zeitraume von 9 Wochen ausgeführt wurde [8]. Andre bedeutende, in ähnlicher Weiſe durchgeführte Brückenauswechſlungen ſind: die Teneſſeebrücke bei Florence (Alabama), Eiſenbahnbrücke bei Magdeburg, Brücke über den Heinitz-Tunnel-Einſchnitt (1898), Umbau der Miſſouribrücke zu Glasgow (1901).

Es gelangen hierbei jene Montierungsmethoden zur Anwendung, die bei Montierung der eiſernen Brücken beſprochen werden, nämlich: ſeitliches Einſchieben auf Rollen oder Kugeln [1]—[3], Einfahren auf Pontons [4], Einfahren der neuen Brücke auf dem Bahngleiſe auf Wagen und nachheriges Senken, wobei der alte Ueberbau nach Beſeitigung der ſtützenden Enden mitgeſenkt wird [5]. Bei geſchickter Dispoſition kann auf dieſe Art die Auswechſlung auch großer Brücken in einem Zeitraum von wenig Stunden bewerkſtelligt werden. So wurde bei der unter [1] angeführten Brücke in einem Zeitraume von nicht ganz 10 Stunden eine 102 m lange hölzerne Sprengwerksbrücke beſeitigt und dafür eine rund 300 t ſchwere Eiſenbrücke eingeſchoben. Bei [3] erfolgte das Einſchieben einer eiſernen Fachwerksbrücke von 73,4 m Spannweite an Stelle einer hölzernen Howeſchen Brücke ſamt Herſtellung des Oberbauanſchluſſes innerhalb 5½ Stunden, und ähnliche Beiſpiele ſind ziemlich zahlreich.

Literatur: [1] Donaubrücke der öſterr. Nordweſtbahn, Zeitſchrift des öſterr. Ing.- u. Arch.-Vereins 1879. — [2] Waagbrücke bei Tornocz, Allgemeine Bauzeitung 1880. — [3] Murbrücke bei Leoben, Zeitſchrift des öſterr. Ing.- u. Arch.-Vereins 1894. — [4] Eiſenbahnbrücke bei Magdeburg, Zeitſchrift des Arch.- u. Ing.-Vereins zu Hannover 1878. — [5] Stranoverviadukt, Zeitſchrift des öſterr. Ing.- u. Arch.-Vereins 1885. — [6] Allgemeine Bauzeitung 1880. — [7] Zeitſchrift des Ing.- u. Arch.-Vereins Hannover 1885. — Zentralblatt der Bauverwaltung 1902. *E. Horowitz.*

Brückenbahn, die Oberfläche des über eine Brücke geführten Verkehrsweges, ſ. Fahrbahn, Fahrbahndecke.

Nachdem die Breite, der Querſchnitt, die beſonderen Einrichtungen jeder Brückenbahn abhängig ſind von dem Verkehrswege, dem die betreffende Brücke dient, unterſcheidet man:

1. Brückenbahn der Straßenbrücken; es handelt ſich zunächſt darum, ob die Breite des an die Brücke anſchließenden Weges auf der Brücke eingeſchränkt, gleich groß gehalten oder vergrößert werden ſoll. Bei Wegen und untergeordneten Straßen ſowie bei geringer Länge der Brücke iſt eine Einſchränkung der Breite bis auf 3 oder 4 m zuläſſig; in den meiſten Fällen müſſen auf einer Brücke zwei Wagen (ein gewöhnlicher und ein breit beladener) Platz finden (5 m Breite), ferner beiderſeits Fußwege angeordnet werden (je mindeſtens 1 m); dies ergibt eine durchſchnittliche Breite von 7 m; liegen die Fußwege außerhalb der Tragwände (auf Konſolen), ſo ſind die Fußwege je 1,5—3 m breit zu nehmen. In Städten iſt bei Bemeſſung der Breite auf zunehmenden Verkehr und eventuelle Straßenregulierungen Rückſicht zu nehmen. Hat eine Straßenbrücke auch Gleiſe von Straßenbahnen aufzunehmen, ſo ſind für zwei Gleiſe 8 m Breite vorzuſehen. In ſehr großen Städten richtet ſich die Brückenbreite ausſchließlich nach örtlichen Verhältniſſen. Beiſpiele: Magaretenbrücke in Budapeſt 11 m breit, Belle-Alliance-Brücke in Berlin 19 m breit, Seinebrücke Alexander III. in Paris 40 m breit, Towerbrücke in London 34 m breit. In neueſter Zeit legt man großen Wert auf den leichten Verkehr von einem Fußwege über die Fahrbahn nach dem andern Fußwege; im Falle die Konſtruktion mit „Fahrbahn oben“ nicht

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

durchführbar ist (vgl. Brücken, eiserne), sollen bei auskragenden Fußwegen genügend hohe Durchgänge in den Trägerwänden vorgesehen sein. Bezüglich der Profilierung der Bahnen der Straßenbrücken ist zu beachten, daß eine deutlich markierte Grenze zwischen den Fußwegen und der Fahrbahn, am besten eine geringe Höherlegung der Fußwege, vorhanden sein sollte; nur bei Landstraßenbrücken von untergeordneter Bedeutung verzichtet man meist auf die Anordnung getrennter Fußwege, wenn man nicht etwa darauf Wert legt, durch Einschränkung der beschotterten Fahrbahn das Eigengewicht zu vermindern. Wegen der Entwässerung ist der Brückenbahn ein Quergefälle zu geben, das durch eine gewölbte Fahrbahn und nach der Brückenmitte geneigte Fußwege zu erzielen ist und je nach der größeren oder geringeren Glattheit der Fahrbahndecke (Asphaltierung, Pflasterung, Beschotterung) 1—6% betragen soll. Zwischen Fußweg und Fahrbahn befinden sich in der Regel die Rinnen (Kandeln); diese erhalten ein Längsgefälle von $^1/_2$—1%, je nach dem Material, aus dem sie bestehen. Im Längenprofil hat die Bahn der Straßenbrücken, wenigstens bei nicht zu großer Länge, in der Regel eine horizontale Lage. Dagegen sind Beispiele von Eisenbahnbrücken, die in einseitigem Gefälle liegen, nicht selten. Bei Straßenbrücken mit mehreren Oeffnungen und auch sonst bei weitgespannten Straßenbrücken hat man häufig teils wegen Gewinnung einer größeren Durchfahrtshöhe unter der Brücke, teils aber auch aus Schönheitsrücksichten die Bahn von einer mittleren Scheitelstrecke aus nach beiden Seiten hin in ein schwaches Gefälle gelegt oder die Gradiente im Längenprofil in Form eines sehr flachen Bogens angeordnet. An die Fußwege schließen sich die Geländer an (bei steinernen Brücken nennt man sie Brüstungen). Geländer werden aus Holz und Eisen hergestellt. Laternenstützen werden meist dem Geländer eingefügt, doch kommt es bei breiteren Brücken auch vor, daß dieselben zwischen Fahrbahn und Fußweg angeordnet erscheinen; es ist schließlich noch für die Anbringung von Radabweisern, ferner von Gas- und Wasserleitungsröhren, Kabeln, Telegraphen u. dergl. Sorge zu tragen. (Konstruktive Anordnung s. Fahrbahn.)

2. Brückenbahn der Eisenbahnbrücken. Was die minimale Fahrbahnbreite anbelangt, so richtet sich dieselbe immer nach dem Range der Bahn, der die Brücke dienen soll, und bestehen diesbezüglich immer gesetzliche Bestimmungen; da die Breite des Lichtraumprofils für Hauptbahnen in der Regel 4 m beträgt, so dürfen die Geländer nur bis auf einen Minimalabstand an dasselbe herantreten, und zwar: in Preußen nach der neuen Brückenverordnung (1903) bis auf 20 cm, in Oesterreich nach der neuen Brückenverordnung (1904) bis auf 15 cm. (Vgl. die diesbezüglichen gesetzlichen Bestimmungen sowie die Vereinbarungen des Vereins deutscher Eisenbahnverwaltungen, woselbst die Minimalbreiten für mehrgleisige Haupt- und Nebenbahnbrücken enthalten sind.) Gekrümmte Brückenachsen bedingen eine Verbreiterung der Brückenbahn, und zwar mit Rücksicht auf Spurerweiterung (Maximum 30 mm) und Ueberhöhung des Außenstranges des Gleises; für einen Krümmungsradius R, eine Spannweite L ergibt sich die notwendige Verbreiterung mit $f = {}^1/_8 \frac{L^2}{R}$, die zur ursprünglichen Breite hinzuzuzählen ist. Es ist zweckmäßig, jede größere Eisenbahnbrücke, insbesondere in der Nähe von Stationen, mit Fußwegen zu versehen; dienen diese Fußwege bloß dem dienstlichen Verkehr auf der Brücke, so genügt eine Breite von 0,5 m auf jeder Seite des Lichtraumprofils; für öffentlichen Verkehr sind die früher angegebenen Breitenmaße der Fußwege zu berücksichtigen. Bei den hölzernen und eisernen Brücken, und zwar insbesondere bei den Balkenbrücken, kann die Lage der Brückenbahn zu dem Ueberbau bezw. zu den Brückenhauptträgern eine verschiedene sein. Entweder liegt die Brückenbahn gänzlich über den Hauptträgern; man bezeichnet diese Anordnung als „Bahn oben". Sie empfiehlt sich wegen der günstigen Anbringung des Querverbandes, der Unbeschränktheit in der Anzahl der Hauptträger und der durchaus freien Brückenbahn, und sie wird auch dort, wo die Konstruktionshöhe es zuläßt, immer angewendet. Nur bei Eisenbahnbrücken von großer Spannweite kann die versenkte Fahrbahn aus Gründen der Gewichtsersparnis und größerer Sicherheit bei allfälligen Entgleisungen vorzuziehen sein. Häufig verlangt aber schon die beschränkte Konstruktionshöhe eine Tieferlegung der Brückenbahn. Ist man dabei auf tunlichste Verminderung der Konstruktionsstärke angewiesen, so wird die Fahrbahn ganz an den Untergurt der Hauptträger gelegt, welche Anordnung man als „Bahn unten" bezeichnet. Bei versenkt oder unten liegender Fahrbahn ragen die Hauptträger über das Planum derselben empor. Die Zahl der Hauptträger ist dadurch in der Regel auf zwei beschränkt, die entweder an den Außenseiten der Fußwege oder zwischen den Fußwegen und der Fahrbahn angeordnet werden.

3. Fußgängerbrücken verlangen eine lichte Höhe von 2,5 m über der Brückenbahn; die Breite beträgt 2,5—3 m und hängt im übrigen von örtlichen Verhältnissen ab.

4. Brückenbahnen für Straßen und Eisenbahnen. Es sind hier mehrere Anordnungen möglich: entweder beide Verkehrswege vereint oder jeder für sich, oder einer über dem andern. Die erste Anordnung findet man in der Regel bei Straßenbahnen. Im Falle der Anwendung der zweiten Anordnung ist auf Anbringung eines trennenden Geländers zu achten. Beispiele der dritten Anordnung aus neuester Zeit sind: die East-River-Brücke zu New York (1903) mit 36 m Breite; dieselbe besitzt zwei Gleise der Hochbahn, daneben rechts und links je zwei Gleise der Straßenbahn, dann ausgekragt jederseits einen 5 m breiten Straßendamm, ferner zwei erhöhte je 3,7 m breite Fußwege über den Straßenbahngleisen. Die neue Oberbaumbrücke in Berlin trägt über dem 7,3 m breiten Bürgersteig eine elektrische zweigleisige Hochbahn. (Konstruktives s. Fahrbahn.)

Literatur: Handb. der Ing.-Wissensch., 2. Teil, Bd. 1, Leipzig 1904; Brückenverordnung des Kgl. preuß. Eisenbahnministeriums, 1903; Brückenverordnung des k. k. österr. Eisenbahnministeriums, 1904; Vereinbarungen des Vereins deutscher Eisenbahnverwaltungen. *(Melan) Horowitz.*

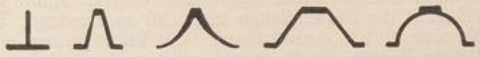
UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Brückenbauanſtalten, ſ. Werkſtätten.

Brückenbelag, jener Teil der Fahrbahnkonſtruktion der hölzernen und eiſernen Brücken, der die Zwiſchenräume zwiſchen den Fahrbahnträgern (den das ſogenannte „Fahrbahngerippe“ bildenden Quer- und Längsträgern) überdeckt und deſſen Oberfläche entweder unmittelbar die Fahrbahn bildet (bei einfachem Holzbelag) oder als Unterlage für die Fahrbahndecke dient.

Man faßt die hierhergehörigen Konſtruktionen auch unter der Bezeichnung „Brücktafel“ oder „Fahrbahntafel“ zuſammen und unterſcheidet insbeſondere hölzernen und eiſernen Brückenbelag.

Der **Holzbelag** erfolgt in Form von Bohlen oder Halbhölzern, Streuhölzer oder Brückſtreu genannt, die über die Fahrbahnträger gelegt und auf dieſen befeſtigt ſind. Wird unmittelbar auf dieſen Bohlen gefahren, ſo müſſen ſie, der geringeren Abnutzung wegen, ſenkrecht zur Brückenachſe gelegt werden. Es empfiehlt ſich aber, ſelbſt bei wenig befahrenen Brücken, die Anbringung eines zweiten Belages aus ſchwächeren Fahrbohlen, die nach Maßgabe der Abnutzung leicht ausgewechſelt und erneuert werden können, wenn nicht eine andre Fahrbahnabdeckung in Form einer Beſchotterung oder Pflaſterung vorgezogen wird. Die Streubohlen ſind in ihrer Stärke für den ſchwerſten Raddruck zu berechnen, wobei allerdings auf die druckverteilende Wirkung der Fahrbahndecke entſprechend Rückſicht genommen werden kann (ſ. Fahrbahn). Es ergibt ſich die erforderliche Stärke des hölzernen Belages mit 10—18 cm. Die Bohlen des unteren Belages werden mit Fugen von 1—2 cm verlegt; jene des oberen gewöhnlich dicht ſchließend. Zu den erſteren nimmt man Nadel- oder Eichenholz, zu letzteren gewöhnlich Eichenholz. Buchenholz iſt dort am Platze, wo vorzugsweiſe Abnutzung durch ſehr ſtarken Verkehr und weniger Anfaulen durch Wechſel von Näſſe und Trockenheit in Frage kommt. Für einen Holzbelag, auf dem nicht direkt gefahren wird, ſondern der nur die Unterlage für die Brückendecke bildet, kann man bei Nadelholz etwa eine Dauer von 5—7 Jahren, bei Eichenholz von 10—12 Jahren annehmen. Wegen dieſer verhältnismäßig geringen Dauer und der mit einer Erneuerung verbundenen Verkehrsſtörung wird Holzbelag jetzt im allgemeinen nur bei Straßenbrücken untergeordneter Bedeutung angewendet. Damit die durch den Schotter dringende Feuchtigkeit eine Fäulnis des Bohlenbelages wenigſtens nicht allzu raſch herbeiführt, ſchützt man denſelben wohl durch eine aus Kies, Sand, Steinkohlenpech und Teer beſtehende Lage von Teerkonkret, die man der beſſeren Dichtung wegen überdies mit einer Lage von zähem Aſphalt überzieht. Der Kies- oder Steinkleinſchlag wird hierbei mit dem Sande vermengt, in geeigneten Pfannen erwärmt und mit der in einem andern Gefäße geſchmolzenen Miſchung von Teer und Pech wie Beton gemiſcht und durchgearbeitet. Dieſes Gemiſch wird bei trockenem Wetter auf den mit etwa 1,5 cm weiten Fugen verlegten Bohlenbelag in einer Schicht ſo hoch aufgetragen, daß ſie nach dem Abſtampfen feſt auf dem Belage haftet und die volle Höhe der Konkretmaſſe von 12—15 cm erreicht. Bei Brückenbahnen, die mit Fußſteigen verſehen ſind, hat man die Stärke der Konkretdecke der Höhe der Kantenſteine anzupaſſen.



T-Eiſen 237 Fig. 1. | Brückſchienen 200 Fig. 2. | Barlowſchienen- 156 Fig. 3. | Vautherin-Schwellen 102 Fig. 4. | Zoreseiſen 100 Fig. 5.

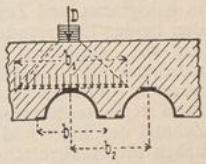


Fig. 6.

Der **eiſerne Brückenbelag** wird entweder aus Formeiſen oder Blechen gebildet. Von den Formeiſen finden hauptſächlich Zoreseiſen, zuweilen auch Vautherin-Schwellen (Trapezeiſen) Anwendung. ⊥-Eiſen ſind bei gleicher Tragfähigkeit erheblich ſchwerer und daher als Belageiſen nicht zweckmäßig. Setzt man das Gewicht der Zoreseiſen pro Quadratmeter = 100, ſo wird das Gewicht einer Brückentafel aus den in Fig. 1—5 ſkizzierten Formeiſen bei gleicher Tragfähigkeit pro Quadratmeter etwa mit den beiſtehenden Ziffern anzuſetzen ſein. Die Belageiſen werden der beſſeren Entwäſſerung wegen mit einem Zwiſchenraum von 2—3 cm verlegt, bei geringer Belaſtung (Fußwege) auch in noch größerem Abſtande. Dieſe Zwiſchenräume werden mit Steinen überdeckt und darauf wird eine Beſchotterung oder beſſer eine die Belageiſen überdeckende Betonſchicht gegeben. Befeſtigung erfolgt durch Vernietung der Füße der Belageiſen mit den darunterliegenden Trägern oder durch Schrauben, welche die Füße zweier nebeneinander liegenden Belageiſen mittels einer gemeinſchaftlichen Unterlagſcheibe feſthalten und unten mit einem hakenförmigen Kopfe unter die Trägergurtung greifen, oder endlich mittels Klammern (Patent Prafil). — Bezeichnet (ſ. Fig. 6) D den größten Raddruck, b_1 die Breite, auf die ſich derſelbe ſowohl in der Längenrichtung der Eiſen als auch quer verteilt (ſ. Fahrbahn), ferner l den Abſtand der unterſtützenden Träger, b_2 den Achsabſtand der Belageiſen, g_1 das Eigengewicht pro Quadratmeter der Fahrbahndecke und Fahrbahntafel, ſo kann mit Rückſicht auf die teilweiſe Kontinuität der Eiſen das größte Biegungsmoment (nach Winkler) geſetzt werden $M = (0{,}100\, g_1 l^2 + 0{,}230\, D \frac{l}{b_1} - 0{,}134\, D)\, b_2 = Ws$, wenn W das Widerſtandsmoment eines Belageiſenquerſchnittes und s die zuläſſige Inanſpruchnahme bezeichnet. Vielfach wird angenommen, daß ſich der Raddruck in der Querrichtung auf zwei Belageiſen verteilt, und es wird ferner von dem geringfügigen Einfluſſe des Eigengewichts abgeſehen. Dann hat man einfacher $M = (0{,}115\, l - 0{,}134\, b_2)\, D = Ws$. Es iſt jenes Belageiſenprofil zu wählen, deſſen W obiger Gleichung genügt. — Neben dem Formeiſenbelag ſteht in Anwendung

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

der Belag mit Wellblech, mit Buckelplatten und mit Hängeblechen. Das Wellblech wird in 500—900 mm breiten und bis 5 m langen Tafeln auf die Träger des Fahrbahngerippes aufgelegt und durch Nieten befeſtigt. Die Stöße der Tafeln ſind zu verlaſchen. Es wird vorzugsweiſe nur hohes, ſogenanntes Trägerwellblech in Stärken von mindeſtens 5 mm angewendet. Bei der Berechnung kann eine Verteilung des Raddruckes auf 1½—2 Wellen, bei mehr als 0,25 m Schotterhöhe auf drei Wellen angenommen werden. Winkler ſetzt bei der Ueberſchüttungshöhe h cm die Verteilungsbreite ſenkrecht zur Wellenrichtung $= 30 + 1{,}5\,h$. Die Wellbleche werden mit einer die Vertiefungen ausfüllenden Schicht Zementbeton oder Aſphaltbeton überdeckt, darüber zuweilen auch noch eine beſondere waſſerdichte Abdeckungsſchicht gegeben; doch iſt eine vollkommene Dichthaltung bei den immer vorkommenden Bewegungen der metallenen Fahrbahntafel nicht zu erwarten. Die ſchwer durchzuführende Entwäſſerung und demzufolge die Gefahr des Roſtens der verhältnismäßig dünnen Bleche iſt der Haupteinwand, der gegen Wellblechbelag geltend zu machen iſt. Hierher gehört auch der aus rechteckigen oder trapezförmigen Trogblechen zuſammengeſetzte Brückenbelag, wie er beſonders in England bei Bahnbrücken zu finden iſt. Gegenüber dem Wellbleche haben die Trogbleche den Vorteil, daß ſie in größerer Stärke hergeſtellt werden können und daher tragfähiger und roſtſicherer ſind. Heute verwendet man Wellblech hauptſächlich als Belag für Fußwege, wenn es ſich darum handelt, eine leichte und niedrige Konſtruktion zu erhalten. — Buckelplatten oder Blechkalotten ſind ein vielfach angewendeter Fahrbahnbelag, und werden dieſe entweder ſtehend oder hängend (mit dem Buckel nach oben bezw. unten) angeordnet. Die letztere Anordnung wird jetzt der beſſeren Entwäſſerung und größeren Tragfähigkeit wegen vorgezogen. Die Anwendung der Buckelplatten bedingt eine der Plattengröße entſprechende Anordnung des Fahrbahngerippes. Um die Tragfähigkeit der Buckelplatten möglichſt auszunutzen, ſind dieſelben an allen vier Rändern durch Vernietung feſt einzuſpannen. Die Entwäſſerung wird bei hängenden Platten durch eine im tiefſten Punkte der Wölbung angebrachte Oeffnung (von 4—5 cm), die mit einer Kugelhaube oder mit groben Schotterſteinen überdeckt iſt, bewerkſtelligt. Stehende Buckelplatten müſſen eine Betonausfüllung und waſſerdichte Abdeckung erhalten, doch iſt dieſer Schutz nur ein unvollkommener. Ueber die Tragfähigkeit und Berechnung f. Buckelplatten. Nach Baufchinger kann für eingeſpannte Buckelplatten mit etwa 2½facher Sicherheit geſetzt werden $D = 60\,\frac{h\delta}{l}$ (hierin bezeichnet D die konzentrierte Belaſtung in Tonnen, h die Pfeilhöhe des Buckels, δ die Stärke und l die kleinere Seitenlänge der Platten in Zentimetern). Für quadratiſche Platten iſt näherungsweiſe $D = 6{,}6\,\delta^2 s$ der Druck in Kilogramm, wenn δ und s (zuläſſige Beanſpruchung) in Kilogramm und Zentimetern ausgedrückt ſind. — Hängebleche bilden muldenförmige, an den beiden Längsrändern befeſtigte Tröge; ſie üben an den Befeſtigungsſtellen einen Horizontalzug aus, der durch gegenſeitige Abſteifung mittels querlaufender Flacheiſen oder Winkel aufzunehmen iſt. Die Hängebleche werden gewöhnlich im kalten Zuſtande gebogen, die Ränder warm in Geſenken mit Hilfe der Handpreſſe hergeſtellt. Die Breite der Bleche, das iſt der Abſtand der unterſtützenden Träger, wird bis zu 1,8 m gewählt; die Pfeilhöhe des Bogens mit einem Zehntel der Weite und die Blechdicke mit 6—8 mm angenommen. Gegenüber den Buckelplatten haben die Hängebleche den Nachteil geringerer Tragfähigkeit und ſchwierigerer Entwäſſerung. Für eine Entfernung b der ſtützenden Träger und eine Verteilungslänge a des Druckes D (in der Längsrichtung) ergibt ſich: $D = 6{,}6\,\delta^2 \cdot s \cdot \frac{a}{b}$; und $a = 10 + 2z$ cm, wenn z die größte Ueberſchüttungshöhe bedeutet. Um die Entwäſſerung zu verbeſſern, könnten nach dem Vorſchlage von Winkler auch einzelne ſchmale gebogene Blechſtreifen verwendet und zwiſchen dieſen Fugen gelaſſen werden. Zur Erhöhung der Tragfähigkeit werden die Muldenbleche mit Beton ausgefüllt. — Von Wichtigkeit iſt bei jedem eiſernen Brückenbelag ein möglichſt guter Schutzüberzug gegen Roſten. Derſelbe iſt um ſo wichtiger, je weniger vollkommen die Entwäſſerung durchgeführt werden kann. Als Schutzmittel ſind hauptſächlich angewendet: das Verzinken, Anſtriche mit Teer, Mennige oder einer andern Schutzfarbe, Ueberzug der metalliſch reinen Eiſenfläche mit einer Schicht Zementmörtel oder Beton. Das Gewicht eines eiſernen Brückenbelages für Straßenbrücken kann pro 1 qm etwa mit $g = 20 + 0{,}10\,D\,l$ bis $g = 35 + 0{,}13\,D\,l$ kg angenommen werden (D Raddruck in Tonnen, l Unterſtützungsweite in Zentimetern). Den leichteſten Belag geben im allgemeinen Buckelplatten, den ſchwerſten Zoreseiſen und andre Belageiſen. — Der gußeiſerne Brückenbelag in Form von rechteckigen, durch Rippen verſtärkten Platten wird wegen ſeiner Schwere und Zerbrechlichkeit unter Stoßwirkungen gegenwärtig nur ſelten mehr ausgeführt. Die zur Herſtellung der Kiesbettung in Anwendung gekommenen Buckelplatten und Tonnenbleche haben in bezug auf Tragfähigkeit zwar ihren Zweck erfüllt, aber eine zweckmäßige Abwäſſerung der ganzen Fahrbahntafel war mit dieſer Blechabdeckung nicht zu erreichen; es iſt infolgedeſſen verſucht worden, die Buckelplattenabdeckung anderweitig zu erſetzen, zunächſt durch Betoneiſenplatten und -gewölbe; doch war auch hier kein abſoluter Erfolg zu verzeichnen. In neueſter Zeit (1901) hat Ingenieur Johann einen Muſterſchutz für eine von ihm eingeführte Flacheiſenabdeckung erhalten. Dabei ſollen folgende Vorteile ins Gewicht fallen: 1. das Waſſer mit möglichſt ſtarkem Gefälle von der Fahrbahn zu entfernen; 2. die zur Abführung des Waſſers angeordneten Rinnen möglichſt gegen Froſt zu ſchützen und doch leicht zugänglich zu machen; 3. ſämtliche Hauptkonſtruktionsteile durch die Abdeckbleche zu ſchützen. Bei dieſer Anordnung erhält die Fahrbahn einen dachförmigen Querſchnitt, der dadurch erzielt wird, daß die Querträger einen gegen die Mitte zu anſteigenden Obergurt erhalten. Die Rinne liegt auf dem Querträger, das Abdeckblech etwas über demſelben mittels Auffattelung. Gegen die Anordnung iſt einzuwenden, daß ſie teurer iſt als die Buckelplattenanordnung; ob ſie ferner alle angegebenen Vorteile beſitzt, iſt noch nicht endgültig zu ſagen, da ſie erſt ſeit 1903 bei der Eiſenbahndirektion Altona in Verwendung ſteht.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Literatur: Winkler, Die Querkonſtruktionen der eiſernen Brücken, Wien 1884; Handb. der Ing.-Wiſſenſch., Bd. 2, 8. Kap. (von Steiner), Leipzig 1890; Heinzerling, Brücken der Gegenwart, 1. Abt., Leipzig 1873/85; Häſeler, Brückenbau, 1. Teil, 2. Lief., Braunſchweig 1893; Handb. der Ing.-Wiſſ., Bd. 2, 2. Abt., Leipzig 1899; Zentralbl. der Bauverwaltung 1903/04. *(Melan) Horowitz.*

Brückenbelaſtung, entweder in der Bedeutung von Brückenprobe (ſ. Belaſtungsprobe bei Brücken) oder Bezeichnung für die der Berechnung eines Brückenüberbaues zugrunde zu legende Belaſtungsannahme. Bezüglich letzterer ſ. Eigengewicht, Verkehrslaſt, Winddruck.

Literatur: Handb. der Ing.-Wiſſenſch., Bd. 2, 2. Abt., Leipzig 1901; Brückenverordnung des öſterr. Eiſenbahnminiſteriums, September 1904; Brückenverordnung des preuß. Eiſenbahnminiſteriums, April 1901; Zeitſchr. des öſterr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1901; Melan, Grundzüge für die Berechnung und Konſtruktion der Eiſenbahnbrücken in Nordamerika. *Melan.*

Brückendeck, ſ. Deck.

Brückenfeuer. Die zur nächtlichen Kennzeichnung einer Dampfer- oder ſonſtigen Anlegebrücke an deren Kopfende aufgeſtellten Feuer, die entweder aus Gaslaternen oder gewöhnlichen Oellampen beſtehen und meiſt bunte Gläſer haben. Die grüne und rote Farbe herrſcht hierbei vor. Sind beide auf einer Brücke vertreten, dann bedeutet das grüne Licht die rechte, das rote die linke Seite der Brücke; ſ. Leuchtfeuer. Man kann auch die roten und grünen, die Durchfahrt zwiſchen Pfeilern einer Flußbrücke anzeigenden Feuer als Brückenfeuer bezeichnen. *von Nießen.*

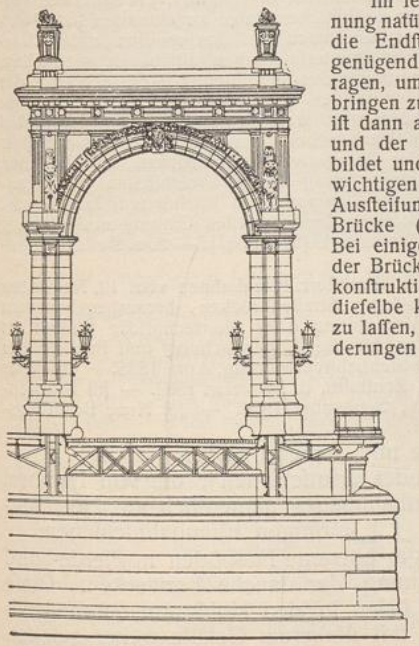
Brückengewölbe, ſ. Brücken, ſteinerne.

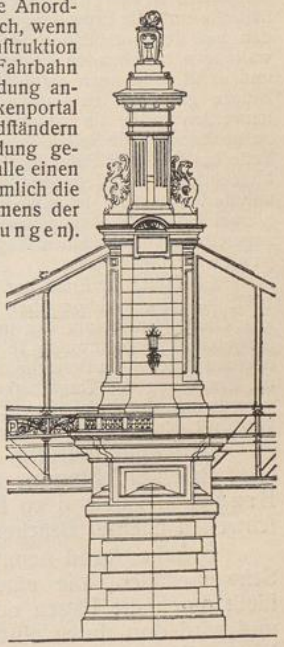
Brückenkopf, ſ. Feſtungsbau.

Brückenpfeiler, ſ. Pfeiler.

Brückenpflaſter, ſ. Fahrbahn der Straßenbrücken.

Brückenportale, über den End- oder Mittelpfeilern der Brücken aufgeführte torbogenartige Bekrönungen oder die portalartige Verbindung der beiden Tragwände eines eiſernen Brückenüberbaues über den Endpfeilern.





Im letzteren Falle iſt die Anordnung natürlich nur dann möglich, wenn die Endſtänder der Tragkonſtruktion genügend hoch über die Fahrbahn ragen, um eine obere Verbindung anbringen zu können. Das Brückenportal iſt dann aus den beiden Endſtändern und der oberen Querverbindung gebildet und erfüllt in dieſem Falle einen wichtigen ſtatiſchen Zweck, nämlich die Ausſteifung des Endquerrahmens der Brücke (ſ. Querverſtrebungen). Bei einiger Ausſchmückung der Brücke wird die Eiſenkonſtruktion des Portals, um dieſelbe kräftiger erſcheinen zu laſſen, zuweilen mit Gliederungen in Gußeiſen verkleidet oder es wird ſogar ein ſteinernes Portal vorgeſetzt (Rheinbrücke bei Mannheim, Donaubrücke bei Cernavoda, Elbebrücke bei Hamburg, Memelbrücke bei Tilſit u. a.). Eine wichtige ſtatiſche Funktion haben auch die zumeiſt in Stein ausgeführten Portale der Ketten- und Hängebrücken. Hier tragen dieſelben die Auflager der Ketten oder Kabel, und es wird auch für dieſe als „Pylonen“ bezeichneten Pfeileraufbauten meiſt die Form eines Torbogens gewählt. Bei ſehr weitgeſpannten Hängebrücken (Eaſt-River-Brücke in New York) ſind dieſe Portalpfeiler hohe turmartige, entweder aus Stein oder aus Eiſen errichtete Bauwerke. Auch bei den Fachwerkshängebrücken ſowie bei den hängebrückenähnlichen Formen der Gelenkträger werden die durch die Verbindung der Mittelſtänder entſtehenden Portale bei reicherer Ausſchmückung der Brücke mit Stein umkleidet (ſ. die Figuren). Das Torbogenmotiv iſt aber auch

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

dort angewendet worden, wo ihm keine ſtatiſche Bedeutung zukommt; insbeſondere findet man es bei manchen mittelalterlichen ſteinernen Brücken zur Hervorhebung der Brückenenden angewendet. Architektoniſch bemerkenswert ſind in dieſer Hinſicht die Portaltürme der ſteinernen Moldaubrücke in Prag (S. 359). Einige beſonders hervorragende, in letzter Zeit ausgeführte Brückenportale ſind: die Portale der Bonner Rheinbrücke, der Magdeburger Königsbrücke, der Saalebrücke bei Halle u. ſ. w. Vgl. Mehrtens, Der deutſche Brückenbau im 19. Jahrhundert, Berlin 1900, und Wuttke, Die deutſchen Städte, Leipzig 1904. *E. Horowitz.*

Brückenprobe, ſ. Belaſtungsprobe bei Brücken.

Brückenreviſion, die periodiſche Unterſuchung des Bauzuſtandes einer Brücke und ihrer Widerlager, die insbeſondere bezüglich des Tragwerks der hölzernen und eiſernen Brücken von Wichtigkeit iſt und für deren Vornahme von den Behörden und einzelnen Verwaltungen beſtimmte Vorſchriften erlaſſen wurden [1]—[4] und [6], [7].

Die Unterſuchung bezieht ſich zunächſt auf den allgemeinen Zuſtand des Ueberbaues, ſoweit derſelbe durch Beſichtigung ſowohl in unbelaſtetem Zuſtande wie auch während des Befahrens feſtgeſtellt werden kann. Bei eiſernen Konſtruktionen ſind die Nieten und Schrauben auf ihr Feſtſitzen zu prüfen, gezogene Glieder, Flacheiſenbänder bezüglich ihrer gleichmäßigen Anſpannung auf ihren Klang durch Beklopfen, gedrückte Glieder auf ihre Geradheit zu unterſuchen. Die Haupturſachen, die eine Ueberanſtrengung einzelner oder mehrerer Konſtruktionsglieder herbeiführen können, ſind: 1. Unzureichende Querſchnitte, ungenügende Anſchlußverbindungen; 2. Unterſchiede in der Höhenlage der Stützpunkte bei kontinuierlichen Balken; 3. Fehler im Bauſtoff; 4. Roſtbildung; 5. Sekundärſpannungen infolge genieteter Knotenverbindungen; 6. Torſionsbeanſpruchungen der Hauptträger infolge feſter Querträgeranſchlüſſe und Querträgerdurchbiegung; 7. ungleiche Temperaturerhöhungen; 8. Montierungsſpannungen; 9. Einfluß der Zeit, des Alters. Ein beſonderes Augenmerk iſt auf das Vorkommen von Roſtflecken zu richten und iſt eine gründliche Beſeitigung des Roſtes, Entwäſſerung oder Dichtung etwaiger Zwiſchenräume und Fugen ſowie überhaupt die Behebung aller vorfindlichen Schäden zu veranlaſſen. Der Anſtrich der Eiſenkonſtruktionen iſt etwa alle 5—6 Jahre zu erneuern. Zur Vornahme dieſer Brückenbeſichtigung und der damit verbundenen Erneuerungsarbeiten ſind bei größeren eiſernen Brücken jetzt meiſt permanent an die Brückenkonſtruktion angehängte Fahrſtühle vorhanden. Die Ergebniſſe der Unterſuchung werden für jedes Bauwerk in ein beſonderes Brückenbuch eingetragen, das alle auf die ſtatiſche Berechnung, die baulichen Verhältniſſe und die Erprobung der betreffenden Brücke bezüglichen Daten zu enthalten hat. Nach den bei der preußiſchen Staatseiſenbahnverwaltung und auch bei den meiſten andern Verwaltungen beſtehenden Vorſchriften ſind ſolche Brückenunterſuchungen alljährlich anzuſtellen, und es iſt dann noch jedes fünfte Jahr eine Hauptprüfung durchzuführen, bei der alle Teile der Brücke gründlich zu unterſuchen und die Formänderungen zu meſſen ſind, die durch die ſchwerſten Laſten im gewöhnlichen Betriebe hervorgerufen werden. Insbeſondere ſind dabei zu beobachten die Seitenſchwankungen der ganzen Brückenüberbauten, Schwingungen einzelner Teile bei ſchneller Fahrt, ſeitliche Ausbiegungen der Obergurte offener Brücken, das Auftreten bleibender Durchbiegungen u. ſ. w. Die Brückenverordnung des öſterreichiſchen Eiſenbahnminiſteriums (1904) ſchreibt für Brückenreviſionen den Zeitraum von höchſtens 6 Jahren vor; hierbei hat der Probezug aus ein oder zwei Lokomotiven der ſchwerſten Gattung und einſeitig angereihten vollbeladenen Wagen zu beſtehen. Näheres vgl. [6] und [7]. — S. a. Belaſtungsprobe bei Brücken.

Literatur: [1] Erlaß der k. k. Generalinſpektion der öſterr. Eiſenbahnen vom 19. November 1887. — [2] Inſtruktion über die Inſtandhaltung eiſerner Straßenbrücken, herausgegeben vom k. k. öſterr. Miniſterium des Innern 1888. — [3] Verordnung über die techniſche Einheit im ſchweizer. Eiſenbahnweſen 1879. — [4] Vorſchriften für die Ueberwachung und Prüfung der eiſernen Brücken im Bereiche der preußiſchen Staatseiſenbahnverwaltung, April 1895. — [5] Ueber die Ermittlung der Tragfähigkeit eiſerner Brücken, Zentralbl. d. Bauverw. 1883. — [6] Brückenverordnung des k. k. öſterr. Eiſenbahnminiſteriums, September 1904. — [8] Neue Belaſtungsvorſchrift des k. preuß. Eiſenbahnminiſteriums 1901. *Melan.*

Brückenſchaltung, ſ. Telegraphie und Telephonie.

Brückenſchienen, auch „Brunel-“ oder „Hutſchienen“, die von Iſambert Brunel in England zu Beginn des Eiſenbahnbaues namentlich auf Holzlangſchwellen eiſerner Brücken angewendeten ⎍⎍-förmigen Eiſenbahnſchienen.

Brückenſtand nennt man hohl gelegte hölzerne Fußböden in Pferde- und Schweineſtällen, die eine ſchnelle Entfernung der Jauche bezwecken. Dieſe fließt durch die Fugen oder eingebohrte Löcher in den Hohlraum darunter ab und wird dort durch einen Steinfußboden mit ſtärkerem Gefälle weiter geleitet. Wenn die Brückenſtände auch wagerechte, trockene, nicht zu harte und verhältnismäßig warme Stallfußböden liefern, ſo finden ſie doch keine ausgedehnte Anwendung, weil das Holz in der Näſſe ſchnell vergeht und die Hohlräume Schlupfwinkel für die Ratten bilden. *von Tiedemann.*

Brückenſtation, ſ. Bahnhöfe, Bd. 1, S. 474.

Brückenſtoß, ſ. Oberbau der Eiſenbahnen.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Altſtädter Brückenturm zu Prag (nach einer Photographie von Bellmann in Prag).

Brückenturm, als Abſchluß einer Brücke, iſt auch heutzutage noch üblich, namentlich aber in der mittelalterlichen Baukunſt häufig verwendet worden.

Nachdem der Uebergang über eine Brücke in ſtrategiſcher Beziehung von der größten Bedeutung iſt, lag es nahe, die beiden Brückenköpfe in guten Verteidigungszuſtand zu verſetzen. Das geſchah hauptſächlich durch Anlage von Brückentürmen. Häufig befand ſich in dem Turme ſelbſt das Tor und war der Zugang zu demſelben überdies durch eine Zugbrücke geſichert; in andern Fällen wurde ein Tor für ſich errichtet, dem zu beiden Seiten feſte Brückentürme angebaut waren. Eine der beſterhaltenen und ſchönſten Anlagen von Brückentürmen findet ſich an der ſogenannten „alten ſteinernen“ Brücke zu Prag. Die Altſtädter Seite beſitzt einen mächtigen Turm mit hochgewölbten Torbogen (ſ. die Figur), während am andern Ende der Brücke ein altes Eingangstor von zwei Türmen flankiert iſt.

Brückenverordnungen, behördliche Vorſchriften, die ſich auf die bei der Projektierung und Erbauung insbeſondere eiſerner Brücken zu beobachtenden Sicherheitsrückſichten beziehen.

Die in neuerer Zeit erſchienenen Brückenverordnungen enthalten Vorſchriften zunächſt über Anordnung der Brücken; hierher gehören genaue Angaben über Art und Weiſe der Entwürfe, über Sicherheitsvorkehrungen, über die der ſtatiſchen Berechnung zugrunde zu legenden ſenkrechten und ſeitlichen Angriffskräfte (Verkehrslaſt, Eigengewicht, Winddruck, Fliehkraft, Seitenſtöße), ferner über zuläſſige Beanſpruchung der Materialien und des Baugrundes. Weitere Vorſchriften beziehen ſich auf die Ausführung der Brücken; hierher fallen die Angaben über Feſtigkeit, Dehnbarkeit und Erprobung der Materialien (Zerreiß-, Biege-, Bruchproben u. ſ. w.), über die Arbeiten in der Werkſtätte und am Montierungsplatze (Bearbeitung des Materials, Lochen, Bohren der Nietlöcher u. ſ. w.). Ein weiterer Teil der Brückenverordnungen enthält die Angaben über die Prüfung der Brücken; hierher gehören Vorſchriften über die Zeit, Dauer und näheren Umſtände, in denen ſolche Prüfungen vorgenommen werden müſſen, über die dazu zu verwendenden ruhenden und bewegten Laſten, Feſtſtellung der Prüfungsergebniſſe und allfällige Verkehrsbeſchränkungen, und endlich über die Anlage und Führung der Brückenbücher. Es ſind ſolche Brückenverordnungen erlaſſen worden in Oeſterreich (15. September 1885), Rußland (5. Januar 1884), Frankreich (29. Auguſt 1891); gegenwärtig gilt in Oeſterreich die Brückenverordnung vom 1. September 1904; desgleichen ſind auch in andern Staaten in den letzten Jahren die Brückenverordnungen erneuert worden; ſo in Preußen zuerſt im April 1895 und erweitert durch neue Belaſtungsvorſchriften vom April 1901. Ferner beſtehen einſchlägige Vorſchriften in Deutſchland, England, Belgien und der Schweiz. Erwähnenswert ſind noch die beim Baue großer Brücken in Hauptſtädten in Betracht kommenden beſonderen Belaſtungs- und Bauvorſchriften. Eine vergleichende Zuſammenſtellung von Brückenverordnungen findet ſich in der Revue générale des chemins de fer 1891, Bd. 2, S. 247—292.

Melan.

Brückenverſtärkungen, die an beſtehenden, vorzugsweiſe eiſernen Brücken durch Hinzufügung von Verſtärkungsgliedern vorgenommene Erhöhung ihrer Tragfähigkeit.

Solche Verſtärkungen ſind jetzt bei den meiſten älteren eiſernen Eiſenbahnbrücken notwendig geworden, und zwar nicht etwa wegen eingetretener Verminderung ihrer Tragfähigkeit, ſondern teils wegen der Mängel in der Detaildurchbildung und Dimenſionierung, die durch die

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Fortſchritte in der Theorie und Praxis des Brückenbaues aufgedeckt wurden, hauptſächlich aber wegen der ſeit der Erbauung dieſer Brücken beträchtlich ſchwerer gewordenen Fahrbetriebsmittel in Verbindung mit der erhöhten Fahrgeſchwindigkeit. Während man vor zwei bis drei Dezennien nur mit dreiachſigen Lokomotiven von höchſtens 12—13 t Achsdruck zu rechnen hatte, verkehren jetzt auf den Hauptbahnen vierachſige Lokomotiven mit Achsdrücken bis zu 15 t und darüber. Die neue öſterreichiſche Brückenverordnung vom Jahre 1904 ſchreibt fünfachſige Lokomotiven mit Achsdrücken von 16 t, dreiachſige Tender mit Achsdrücken von 13 t vor; es kann aber, für den Fall, daß weniger als fünf Achſen der Lokomotive auf dem Brückenträger Platz finden, die Erhöhung einer Laſt bis auf 20 t notwendig werden, um der Stoßwirkung der Laſten Rechnung zu tragen. Ebenſo hat im Laufe der Zeit auch die Verkehrslaſt der Straßenbrücken eine bedeutende Erhöhung erfahren, und werden heute Straßenwalzen mit Achsdrücken von 8 t und 10 t zur Anwendung gebracht. Aehnliche Vorſchriften, die eine Erhöhung der Verkehrslaſten bezwecken, ſind faſt in allen Staaten zu finden. Die Brückenverſtärkung geſchieht in der Regel unter vollſtändiger Aufrechthaltung des Bahnverkehrs. Zu dieſem Zwecke iſt durch genaue Berechnung feſtzuſtellen, welche von den Konſtruktionsteilen einer Ergänzung bedürfen; vielfach werden nur die Gurtungen der Hauptträger davon betroffen, während die übrigen Teile widerſtandsfähig genug ſind. Um eine gleichmäßige Beanſpruchung zu erzielen, wäre eine Entfernung zu ſchwacher Konſtruktionsglieder und ein Erſatz derſelben durch ſtärkere angezeigt; da dies aber bei den meiſten Gurtungsquerſchnitten ſehr beſchwerlich wäre, namentlich infolge der Stoßverwechſlungen in den Gurtungen, ſo hilft man ſich in der Regel damit, daß man eine Verſtärkung der Gurtungen durch Aufbringen von Lamellen herbeiführt. Wird dabei die Brückenkonſtruktion nicht durch Unterbauung mit einem Gerüſte entlaſtet, ſo nehmen die hinzugefügten Teile allerdings keinen Anteil an den Spannungen vom Eigengewichte der Brücke. Man wird in der Praxis bei Brückenverſtärkungen vom Baue feſter Gerüſte der Koſtenerſparnis wegen in der Regel abſehen; allerdings wird dadurch häufig nur eine recht unvollkommene Wirkung der angebrachten Verſtärkungen erzielt. Einfacher geſtalten ſich Verſtärkungen der Fahrbahn. Zunächſt handelt es ſich in der Regel um eine Verſtärkung der Fahrbahnträger, der Querträger- und Schwellenträgeranſchlüſſe, wobei es bei eingleiſigen Bahnbrücken allerdings oft ſchwierig iſt, den Verkehr ohne Unterbrechung aufrechtzuerhalten. Das Fachwerk der Fachwerksträger wird entweder durch Hinzufügen neuer Strebenſyſteme (Verwandlung des einfachen Ständerfachwerks in ein gekreuztes Syſtem) oder durch Verſtärkung der vorhandenen Ausfachungsſtäbe verſtärkt. Bei umfaſſenderen Auswechſlungen und Verſtärkungen der Hauptträger wird eine vollſtändige Einrüſtung oder wenigſtens eine Entlaſtung einzelner Knotenpunkte nicht zu umgehen ſein. Bei Drahtbrücken hat man Verſtärkungen in der Weiſe bewirkt, daß man den vorhandenen Kabeln neue zufügte, die gemeinſam mit jenen die Laſt zu tragen hatten. Ein Beiſpiel dieſer Art bietet die Verſtärkung der Drahtſeilhängebrücke über die Saane bei Freiburg [1]. Weitere Beiſpiele für Brückenverſtärkungen in der letzten Zeit ſind: Aenderung der Hängebrücke bei Gotha, Verſtärkung der Havelbrücke bei Rathenow [2].

Literatur: [1] Deutſche Bauztg. 1885. — [2] Zeitſchr. f. Bauweſen 1895. — [3] Handbuch der Ingenieurwiſſenſch., Bd. 2, Abt. 6, Leipzig 1903. — [4] Huß, Die Verſtärkung eiſerner Brücken in Oeſterreich, Zeitſchr. d. öſterr. Ing.- u. Arch.-Vereins 1889. — [5] Holzer, Die Verſtärkung und Rekonſtruktion der Etzelſchen Netzwerkbrücken der Südbahn, Zeitſchr. d. öſterr. Ing.- u. Arch.-Vereins 1895.

E. Horowitz.

Brückenwage, ſ. Wage.

Brückenwalze, Bezeichnung der unmittelbar hinter dem Schnellpreſſendruckzylinder gelagerten Welle, über die der bedruckte Bogen auf die Transportbänder und von dieſen auf den Auslegerechen geführt wird. *A. W. Unger.*

Brückenzulage, eine ebene, feſte Unterlage, aus mit Flacheiſen beſchlagenen Balken oder Schienen beſtehend, auf der die Träger der Fachwerksbrücken in der Werkſtätte horizontal liegend aus den einzelnen Teilen zuſammengefügt werden.

An beiden Seiten der Zulage, und zwar parallel zur Hauptausdehnung des zu verlegenden Trägers, ſind eiſerne Lineale mit ſehr genauer Maßeinteilung angebracht, die alle Temperaturveränderungen des zu verlegenden Trägers mitmachen. Die Mitten der Lineale liegen feſt, ſo daß die Ausdehnungen nach beiden Seiten gleichmäßig erfolgen; die Konſtruktionsachſen werden durch ausgeſpannte Drähte beſtimmt; dabei wird die dem Träger auf der Zulage zu gebende Ueberhöhung entſprechend berückſichtigt. Näheres in Zeitſchr. d. Vereins deutſcher Ingenieure 1900: Die Herſtellung der Konſtruktion durch die Brückenbauanſtalten, und Handbuch der Ingenieurwiſſenſch., Bd. 2, Abt. 6, Leipzig 1903. *E. Horowitz.*

Brückkanal, ſ. v. w. Aquädukt (ſ. d.).

Brückſtreu, hölzerner Bohlenbelag der Brückenfahrbahnen; ſ. Brückenbelag.

Brühengerbung (Brühenextraktgerbung, Schnellgerbung) bewirkt im Gegenſatz zur alten Grubengerbung die Gerbung in Brühen, die durch Auflöſen von Gerbextrakten oder durch Extraktion der verſchiedenſten Gerbmaterialien erhalten werden und in die man die Häute einhängt; ſ. a. Leder. *Päßler.*

Brünieren, das Braunfärben von Eiſen, beſonders von Gewehrläufen, und von Kupfer zur Verſchönerung oder zum Schutze gegen Roſt. Es beſteht in der künſtlichen Erzeugung einer dünnen, feſtſitzenden Roſtſchicht auf dem Metall.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

In allen Fällen ist es wichtig, daß die Metallgegenstände vor der Behandlung sorgfältig gereinigt werden.

Brünieren von Eisen. Das bekannteste Verfahren ist dasjenige mit Spießglanzbutter (Antimonchlorür), das unter dem Namen Englisches Bronzierſalz in den Handel kommt. 4 g Spießglanzbutter und 12 g Olivenöl werden miteinander erwärmt und gut vermischt. Die Masse wird mit einem Leinenlappen auf das schwach erwärmte Eisen aufgetragen. Nach etwa 24 Stunden ist der Gegenstand mit einem roten Roste überzogen. Er wird dann gereinigt, eingeölt und mit dem Polierstahl geglättet oder auch mit Wachs eingerieben. Man wiederholt das Verfahren so oft, bis man eine rotbraune Färbung erhalten hat, wozu etwa 10—12 Tage nötig sind. Bei warmem Wetter geht das Verfahren schneller vonstatten. — Bei einem andern Verfahren benetzt man den gut gereinigten Gegenstand oder den Gewehrlauf mit einer Mischung von 14 Teilen Salpetersäure, 28 Teilen Weingeist, 56 Teilen Kupfervitriol, 200 Teilen Wasser und 2 Teilen Eisenfeilspänen. Die Mischung muß 2—3 Tage stehen, bevor sie sich zum Gebrauche eignet. Der angefeuchtete Gegenstand wird 24 Stunden lang der Luft ausgesetzt, dann mit einer harten Drahtbürste von dem lose anhängenden überschüssigen Rost befreit. Nach ein- bis zweimaliger Wiederholung ist eine feste braune Färbung entstanden. Der Gegenstand wird abgerieben und in kochendem, schwach sodahaltigem Wasser abgewaschen, damit die Säure vollständig entfernt wird, nach dem Trocknen mit einem Polierholz aus hartem Holz poliert, schwach erwärmt und mit einem Firnis bestrichen, der aus einer Weingeist-Schellack-Lösung besteht, der etwas Drachenblut (blutrotes Palmenharz) zugesetzt ist. Nach dem Trocknen wird der Gegenstand nochmals mit einem Polierstahl abgerieben. Um die Färbung dunkler zu machen, setzt man das Verfahren mit einer Auflösung von salpetersaurem Silberoxyd in dem 500fachen Gewicht Wasser fort. Man erhält so eine fast schwarzbraune Färbung. Zum Schluß wird auch hier der lose sitzende Rost mit einer Drahtbürste entfernt und das Rohr mit Wachs eingerieben. — Eine weitere zum Bräunen verwendete Flüssigkeit besteht aus einer Auflösung von 15 g Kupfervitriol in $^1/_8$ l Wasser, wozu 30 g Salpetersäure und 20 g Weingeist kommen; 3—4 Stunden nach dem Auftragen der Lösung auf den vorher mit Werg und Asche abgeriebenen Gewehrlauf wird der Rost zunächst mit einer feinen, darauf mit einer harten Bürste abgebürstet. Es folgt das Abwaschen mit kochendem Wasser, Abreiben und Einfetten. — Ferner ist eine Mischung zu nennen von 1 Teil Scheidewasser, 1 Teil versüßtem Salpetergeist, 2 Teilen Weingeist, 3 Teilen Kupfervitriol, 2 Teilen Eisenchloridlösung und 64 Teilen Wasser. Auch verwendet man eine Lösung von Eisenvitriol im 22fachen Gewicht Wasser mit einigen Tropfen Salpeteräther. Diese Lösung wirkt langsam. Man kann das Brünieren durch Zusatz von Salpetersäure beschleunigen. — Ein sehr schönes Aussehen erhalten damaszierte Gewehrläufe durch das Brünieren, da die Linien der Damaszierung durch den braunen Ueberzug hindurchschimmern. Die Brünierungsmasse besteht aus 8 g Kupfervitriol, 1000 g Wasser, 30 g Salpetersäure, 2 g Salzsäure und 30 g Weingeist. Zum Brünieren wird auch Zinkchlorid verwendet. Man mischt 3 Teile einer Zinkchloridlösung mit 2 Teilen Olivenöl; die entstehende Salbe wird mit einem Leinwandlappen auf den zu brünierenden Gegenstand aufgetragen und nach 24 Stunden wieder entfernt. Dieses Verfahren wird so lange wiederholt, bis das Rohr braun erscheint, wozu etwa 4—6 Tage erforderlich sind; dann folgt die Reinigung. — Eine andre Mischung besteht aus 1 Teil trockenem Zinkchlorid, 2 Teilen Kupfervitriol und 48 Teilen Wasser; man setzt, wenn die Lösung nicht ganz klar ist, Salzsäure hinzu. — Als gutes Brünierungsmittel wird ferner von Karmarsch eine Mischung von Salpetersäure, versüßtem Salpetergeist, Weingeist, Kupfervitriol, Eisenchloridlösung von 1,5 spez. Gew. und Wasser angegeben. — Eine besonders für Gewehrläufe empfohlene Mischung erhält man durch Auflösen von 2 Teilen kristallisierten Eisenchlorids, 2 Teilen Antimonchlorür und 1 Teil Gallussäure in 4 Teilen Wasser. Man streicht die Masse auf, läßt sie trocknen und wiederholt das Verfahren mehrere Male. Nach einem Verfahren von Page löst man in 200 Teilen heißen Wassers 10 Teile Eisenvitriol, filtriert die Lösung und gießt 1 Teil Schwefeläther hinzu. Mit der Lösung bestreicht man den Gewehrlauf, läßt ihn trocknen und bürstet ihn ab; dann reibt man ihn mit Firnis oder Wachs ein. Die Färbung wird durch Zusatz von konzentrierter Salpetersäure beschleunigt. — Ferner ist folgendes Verfahren zu nennen: Man stellt eine Mischung von 2 Teilen rauchender Salpetersäure und 98 Teilen Wasser und eine Mischung von 1 Teil Silbernitrat und 99 Teilen Wasser her. Mit der ersten Lösung wird der Gewehrlauf bestrichen, bis er rostig erscheint, darauf mit der zweiten, bis die Färbung eintritt, wobei der Lauf nach jedem Bestreichen eine Zeitlang dem Lichte ausgesetzt wird.

Außer dem Brünieren findet auch häufig ein Blau-, Grau- und Schwarzfärben von Eisen- und Stahlgegenständen statt. — Gewehrläufe werden dadurch blau gefärbt, daß man sie erhitzt, in hölzerne Zangen einspannt und mit Blutstein abreibt, bis die Färbung eingetreten ist. — Zum Graufärben wird der polierte Gewehrlauf mit Olivenöl abgerieben und, mit Asche bestreut, in ein Holzkohlenfeuer gebracht. Der Lauf wird zuerst schwarz, dann nimmt er die Farbe der Asche an. — Eine graue Farbe wird auch erzielt durch eine Mischung von 2 Teilen kristallisierten Eisenchlorids, 2 Teilen fester Spießglanzbutter und 1 Teil Gallussäure mit Wasser. Man reibt die Eisen- und Stahlwaren mehrere Male ein und wischt mit Leinölfirnis nach. — Das Schwarzfärben erzielt man nach Karmarsch durch folgende Flüssigkeiten: 1. Auflösung von Quecksilbersublimat und Salmiak; 2. Auflösung von Eisenchlorid und Kupfervitriol, mit Salpetersäure und Weingeist gemischt; 3. Auflösung von Eisenchlorid und Eisenchlorür, ebenfalls mit Salpetersäure und Weingeist gemischt; 4. Auflösung von Schwefelkalium. Mit diesen Lösungen wird der Gegenstand nacheinander behandelt, dann nochmals mit der dritten Flüssigkeit und zum Schlusse abgewaschen und schwach geölt. — Um damaszierte Gewehrläufe schwarz zu färben, poliert man sie, fettet sie mit einer dünnen Schicht Baumöl ein und pudert sie mit Asche aus hartem Holz; auf glühenden Kohlen läßt man sie dann schwarz anlaufen. Nach dem Erkalten bestreicht man den Lauf mit sehr schwacher Schwefelsäurelösung

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

und reibt ihn mit Werg oder Leinwand ab. Bei dieſem Verfahren werden die Stahlteile weiß, die Eiſenteile ſchwarz. — Wenn die Damaszierung erhaben hervortreten ſoll, wird der Lauf 3—4 Stunden in ein Bad gelegt, das auf 1000 Teile Waſſer 30 Teile Salzſäure enthält, darauf abgewaſchen, abgetrocknet und eingeölt. Da die Eiſenſtellen von der Aetzflüſſigkeit angegriffen werden, treten die Stahlteile hervor.

Brünieren von Kupfer. Durch verſchieden ſtarke Oxydation des Kupfers oder durch Erzeugen einer dünnen Schicht von Schwefelkupfer werden Kupferfärbungen von hellrot bis dunkelbraun erzielt. Es gibt eine große Anzahl verſchiedener entweder trockener oder naſſer Verfahren.

Das trockene Brünieren erfolgt im kalten Zuſtande durch Behandlung mit Körpern, die Sauerſtoff abgeben, oder durch Erwärmen oder durch beides. Im erſten Falle reibt man den ſorgfältig gereinigten und polierten Gegenſtand mit rotem, feinpulveriſiertem Eiſenoyd (caput mortuum); es bildet ſich hierdurch eine dünne Schicht von Kupferoxydul. — Ein andres Brünierungsmittel iſt ein Gemiſch von 5 Teilen Blutſtein, 8 Teilen Graphit und etwas Weingeiſt; mit dieſem bedeckt man die Kupfergegenſtände 24 Stunden lang und bürſtet ſie dann ab. — Das Brünieren durch Erwärmen erfolgt im Sandbade oder durch mehrfaches Erhitzen der mit Wachs oder Fett eingeriebenen Gegenſtände; es bildet ſich auch hierbei Kupferoxydul. — Am häufigſten findet Erwärmung und chemiſche Einwirkung gleichzeitig ſtatt. So werden z. B. Kupfermünzen dadurch gefärbt, daß angefeuchtetes Eiſenoxyd (Polierrot) auf die ſchwach erhitzten Münzen gebracht und dieſe darauf abgebürſtet werden. Auch übergießt man die Münzen mit einer kochenden Löſung von eſſigſaurem Kupfer, oder es wird ein Brei aus 1—2 Teilen Eiſenoxyd und 1 Teil Graphit auf die Münzen gebracht und dieſe erwärmt. Je länger die Dauer der Erwärmung und je höher die Temperatur iſt, um ſo dunkler wird die Münze; der Brei wird dann abgebürſtet und die Münze mit Spiritus oder Oel abgerieben.

Zum Braunfärben des Kupfers auf naſſem Wege dienen folgende Löſungen: Grünſpan und Salmiak in kochendem Waſſer gelöſt mit einem Zuſatz von Eſſig, ferner Braunſchweiger Grün (Kupferoxydchlorid) und Eſſigſäure mit einem Zuſatz von Salmiak oder Grünſpan, Chlorammonium und Eſſig u. a. — Eine Miſchung, bei der die Färbung durch Schwefelverbindung entſteht, iſt Schwefelcalcium und Chlorammonium im Verhältnis von 3 : 10 mit Waſſer verdünnt.

Außer den genannten Verfahren zum Brünieren von Eiſen und Kupfer gibt es noch eine große Anzahl andrer, die eine ausführliche Behandlung in dem unten genannten Werke von Buchner gefunden haben.

Literatur: Müller, L., Die Bronzewarenfabrikation, Leipzig 1902; Tſcheuſchner, Handbuch der Metalldekorierung, Weimar 1883; Buchner, G., Die Metallfärbung, Berlin 1901; Karmarſch-Fiſcher, Mechaniſche Technologie, Leipzig 1891. *Dalchow.*

Brüſtung, die Einfaſſung eines höhergelegenen Ortes zum Schutze der auf dieſem befindlichen Perſonen gegen das Herunterfallen.

Brüſtungen finden ſich an Terraſſen, Balkonen, Brücken, Stiegen, Fenſtern u. dergl. Der Name ſtammt offenbar von einer Schutzwand, die bis zur Bruſt reicht; in moderner Zeit wird die Brüſtung niedriger gemacht und gilt als die zweckmäßigſte Höhe derſelben 80 cm. Dem Material nach kann die Brüſtung aus ſehr verſchiedenartigen Stoffen beſtehen, namentlich wären zu erwähnen: Stein, Backſtein, Holz und Eiſen. Nach dieſen Materialien richtet ſich auch die Dekoration der Brüſtung; iſt dieſe aus Stein, dann erhält ſie ſehr häufig eine vertiefte oder erhöhte Füllung, die auch einen beſonderen ornamentalen Schmuck erhalten kann, oder ſie wird durch die ſogenannten Docken oder Baluſter verziert. Backſteinbrüſtungen (verputzt oder Ziegelrohbau) ſchließen ſich im allgemeinen der Dekoration in Stein an. — Brüſtungen aus Holz bilden ein feſtes Geſchränke, das durch Stabwerk oder durch in beſtimmten Formen geſchnittene Brettchen dekoriert erſcheint. — Schmiedeeiſerne Brüſtungen werden durch gerade oder gekrümmte Eiſenſtangen gebildet, die Blatt- oder Blumenformen angeheftet erhalten, während gußeiſerne Brüſtungen aus ſtarrem, oft durchbrochenem Füllwerk beſtehen, das in feſtes eiſernes Geſchränke eingefügt erſcheint. *Weinbrenner.*

Brüſtungen, gemauerte, werden zum Schutze der Fuhrwerke an der Talſeite der Gebirgsſtraßen oder an den Ufern von Gewäſſern erforderlich und können als volle Mauern mit entſprechender Abdeckung oder durchbrochen angeordnet werden. Bei vollgemauerten Brüſtungen ſind Schlitze für den Waſſerabzug anzubringen.

Literatur: Handb. d. Ing.-Wiſſ., I, Leipzig 1903, Abt. 4, Kap. VIII, S. 122. *L. v. Willmann.*

Brüſtungsgeſims, beſteht in der Regel aus einem bekrönenden Geſimſe und aus einem Fußgeſimſe.

In der Renaiſſance nimmt das Brüſtungsgeſimſe zunächſt die Geſtalt der römiſchen Säulenpoſtamente an, nur pflegt ſie dieſe zu vereinfachen. Hauptglied des bekrönenden Geſimſes iſt eine Hängeplatte, der ſich ſowohl nach oben als nach unten ein Kymation anſchließt (Fig. 1). Das Fußgeſimſe beſteht aus Plättchen, Rundſtab, umgekehrter Karniesform und Plinthus in verſchiedener Anordnung. Unter den Fenſtern pflegt auch zuweilen bloß ein durchgehendes Geſims angebracht zu ſein, das häufig die Form eines Bandgeſimſes annimmt (Fig. 2). *Weinbrenner.*

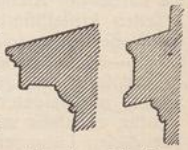


Fig. 1. Fig. 2.

Brüſtungsverkleidung oder Bruſtgetäfel, geſtemmte Holzverkleidung von Mauern oder Wänden in der Höhe von 0,70—1,30 m, iſt meiſt nur auf die

Breite der Fenſterbrüſtung beſchränkt, oft aber auch in Räumen ringsum ausgeführt. Zweck derſelben iſt bei ſtarkem Verkehr, wie in Wirtsſtuben, Wartefälen, Schulräumen ein Schutz der Wände gegen Beſchädigung; bei Fenſterbrüſtungen wegen der meiſt dünnen Brüſtungsmauern Schutz des Bewohners gegen Kälte. *Weinbrenner.*

Brune iſt die unterſte Seitenplanke von Flußfahrzeugen, welche die Verbindung der Seitenbeplankung mit der Bodenbeplankung vermittelt. Bei Flußfahrzeugen aus Eiſen oder Stahl, die durchweg mit Holzboden verſehen werden, da dieſer für Grundberührungen u. ſ. w. widerſtandsfähiger iſt, werden die eiſernen Seitenwände mit der Brune verſchraubt. *T. Schwarz.*

Literatur: Klepſch, Der Flußſchiffbau, Weimar 1889.

Brunel-Schiene, ſ. Brückenſchienen.

Brunnen iſt im allgemeinen die Bezeichnung für eine große Zahl waſſerſpendender Objekte: an vielen Orten Süddeutſchlands nennt man die zutage tretenden Quellen Brunnen; allerwärts im deutſchen Sprachgebiete jene Waſſerſchöpfſtellen, bei denen der Spiegel unter Terrain liegt; ſodann alle Einrichtungen an Waſſerleitungen, die in ſtändigem Auslaufe oder nach Löſung eines Verſchluſſes Waſſer liefern. Zu den letzteren gehören z. B. die öffentlichen, ſtändig laufenden Brunnen, die Druckſtänder, die Zapfbrunnen in Häuſern und Höfen u. ſ. w. Endlich fallen unter den Namen Brunnen auch die monumentalen Anlagen: Zierbrunnen aller Art, Springbrunnen und Waſſerkünſte. Wir werden an dieſer Stelle nur die Brunnen im gewöhnlichen Sinne, alſo die unter Terrain angelegten Waſſerſchöpfſtellen beſprechen und verweiſen wegen der übrigen angeführten Stichworte auf die betreffenden Artikel.

Im weſentlichen kommen vor: in den Felſen eingehauene oder gebohrte Brunnen ohne Mantel und Brunnen in beweglichem Boden mit Mantel, wobei der letztere aus Mauerwerk oder Metall beſteht und dicht oder durchläſſig iſt. Die Bedingungen und die Konſtitutionsverſchiedenheiten, unter denen der die Schöpfſtelle ſpeiſende Grundwaſſerſtrom ſteht, laſſen ſodann die Einteilung der Brunnenanlagen in gewöhnliche Brunnen und arteſiſche Brunnen bezw. in gemauerte Brunnen und Rohrbrunnen (gebohrte Brunnen, abeſſiniſche Brunnen, Rammbrunnen, Schlagbrunnen, Schraubbrunnen) zweckmäßig erſcheinen.

A. Beziehungen zwiſchen den Brunnen und der waſſerführenden Schicht.

1. Die gewöhnlichen Brunnen entnehmen das Waſſer einer Grundwaſſerſtrömung, deren Spiegel unter der atmoſphäriſchen Preſſung ſteht (vgl. Grundwaſſerſtrom). Unterſtellt man den am häufigſten vorkommenden Fall, daß die Bewegung des Waſſers in einem aus Kies und Sand beſtehenden Grundwaſſerträger erfolgt; denkt man ſich ferner zunächſt die Wandungen des Brunnens durchläſſig und legt die Z-Achſe zuſammen mit der Achſe des kreisrund gedachten Brunnens, ihren Anfang in den Mittelpunkt des Sohlenkreiſes, ſo erhält man, unter Q die ſekundlich entnommene Waſſermenge in Kubikmetern verſtanden, bei radialer, in horizontalem Sinne gedachter Zuſtrömung des Waſſers unter Berückſichtigung der Bezeichnungen in Fig. 1 an beliebiger Zylinderfläche mit dem auf die Brunnenachſe bezogenen Radius x den waſſerdurchlaſſenden Querſchnitt $F = 2\pi\varphi x z$, die Durchflußgeſchwindigkeit $u = Q : F = Q : 2\pi\varphi x z$, mithin die Differentialgleichung der Bewegung:

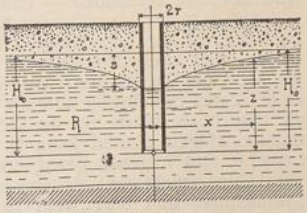


Fig. 1.

$$1.\quad u = k\frac{dz}{dx} = \frac{Q}{2\pi\varphi x z}, \text{ d. h. } \quad 2.\quad z^2 = \frac{Q}{\pi k\varphi}\log n\frac{x}{r} + (H_0 - s)^2,$$

wenn $x = r$, $z = H_0 - s$ zuſammengehörige Werte ſind. Es ergibt ſich ſodann durch Auflöſung nach Q bezw. s:

$$3.\quad Q = \pi k\varphi\,\frac{H_0^2 - (H_0 - s)^2}{\log n\frac{R}{r}}, \quad 4.\quad s = H_0 - \sqrt{H_0^2 - \frac{Q}{\pi k\varphi}\cdot\log n\frac{R}{r}},$$

wenn in der Entfernung $x = R$ der Wert von $z = H_0$ angenommen wird. Die beiden Erfahrungen $x = r$, $z = H_0 - s$, $x = R$, $z = H_0$ liefern bei bekanntem Q und s den gewöhnlich unbekannten Wert von $\pi k\varphi$ mittels 3. und man erhält dann aus 2. die Geſtalt der Depreſſionsfläche für einen beſtimmten Fall. Bleibt — wie gewöhnlich angenommen wird, was aber nicht ſtreng richtig iſt — für kleinere Aenderungen von Q und s die Entfernung R annähernd dieſelbe, ſo können die Gleichungen 2., 3. und 4. auch bei veränderlichem Q und s zu weiteren Folgerungen benutzt werden. Iſt die bei vorſtehender Rechnung eingeführte Annahme eines horizontalen Grundwaſſerſpiegels nicht mehr zuläſſig, der letztere vielmehr ſtärker geneigt (Grundwaſſerſtrom), ſo ändert ſich nach den üblichen Annahmen (ſtreng richtig iſt dies nicht) von den vorſtehenden Formeln weder 3. noch 4. Dagegen wird die Depreſſionsfläche um den

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Brunnen herum eine andre und die Zuſtrömung findet in der Weiſe ſtatt, wie ſie Fig. 2 zeigt. In derſelben ſind 1, 2, 3 u. ſ. w. die Grundwaſſerhorizontalen nach Störung des Gleichgewichts in äquidiſtanten Horizontalſchnitten; die Pfeile geben die Strömungsrichtung des Waſſers, die Buchſtaben A, B, m, p, q die Lage der Grundwaſſerhorizontalen vor Beginn der Störung des Gleichgewichts durch den Brunnen an. $B'A'$ iſt die urſprüngliche Strömungsrichtung, die ſchraffierte Fläche bezeichnet denjenigen Teil des Grundwaſſerſtromes, der vom Brunnen beanſprucht wird. — Liegt die undurchläſſige Schicht tiefer als die Brunnenſohle, ſo iſt der Zufluß zum Brunnen mit durchläſſigem Mantel nicht verſchieden von jenem, wie er ſtattfindet, wenn beide in gleichem Horizont ſich befinden ([1], S. 464 ff.).

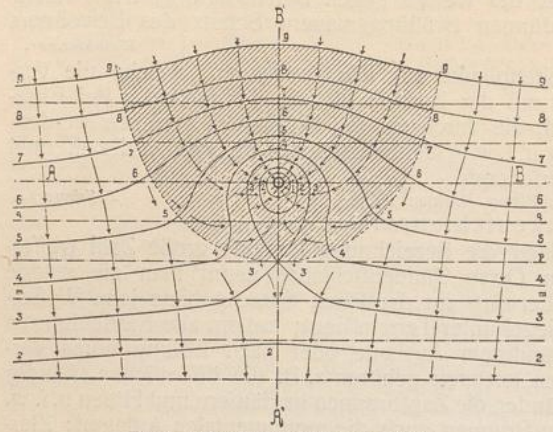


Fig. 2. Höhenſchichtenplan des Spiegels.

Iſt der Mantel des Brunnens undurchläſſig, ſo iſt die Grundwaſſerſtrömung von allen Lagen aus gegen die tiefſte Kante des Brunnenkranzes (Roſtes) gerichtet. Sei r die Entfernung des äußeren Mantels bezw. der ebengedachten Kante von der Brunnenachſe, a die mittlere Geſchwindigkeit des Grundwaſſers in der Entfernung 1 von dieſer Kante, und iſt auch hier für $x = R$, $z = H_0$, ſo beſteht nach [1], S. 470, die Beziehung:

$$5.\quad z = H_0 - \frac{a}{k} \operatorname{logn}\left[\frac{R(r+x)}{x(R+r)}\right].$$

Man erhält aus 5. die Konſtante a, wenn zwei zuſammengehörige Werte von x und z bekannt ſind. Sind $x = R_1$ und $z = H_0 - s$ dieſe Werte, ſo wird:

$$6.\quad a = \frac{s\,k}{\operatorname{logn}\left[\frac{R(r+R_1)}{R_1(r+R)}\right]},\qquad 7.\quad u = \sqrt{\frac{r^2 a^2}{(x^2+y^2)(x+r)^2}},$$

wenn u die Geſchwindigkeit eines Waſſerteilchens in dem aus der Brunnenachſe mit dem Radius $x + r$ beſchriebenen Zylinder bezeichnet, das ſich in der vertikalen Diſtanz y von der durch die tiefſte Kante des Brunnenroſtes gelegten Horizontalebene befindet (Fig. 3). Je weiter dieſe Zylinderfläche von dem Brunnen abliegt, um ſo geringer iſt die Verſchiedenheit der Geſchwindigkeiten in verſchiedenen Höhen y. Führt man — etwa unter Benutzung der Werte von $y = +z$ als obere, $y = -T$ als untere Grenze, mit T die Tiefe der undurchläſſigen Schicht unter der Abſziſſenachſe verſtanden — eine mittlere Geſchwindigkeit u_x ein, ſo wird:

$$8.\quad Q = 2\pi\psi u_x (x+r)(z+T).$$

Formel 5. iſt für ſehr kleine x nicht mehr genau, weil bei ihrer Konſtruktion angenommen wurde, daß alles dem Brunnen zuſtrömende Waſſer durch die Kantenlinie laufe; tatſächlich geſchieht der Zulauf durch eine unter der Kantenlinie liegende Strömungsfläche von endlicher Höhe, deren Einführung aber die Formeln komplizieren würde. Man wird erſt etwa von $x = 0{,}5$ m ab brauchbare Werte für die Depreſſionsfläche erhalten. — Auch im Falle des Brunnens mit undurchläſſigem Mantel kann Q bei natürlichem Gefälle des Grundwaſſerſtroms aus Formel 8. bezw. 6. und 7. genau genug ermittelt werden.

Man erſieht ohne weiteres aus den Formeln 2.—4., daß bei gleicher Spiegelſenkung, gleicher Brunnentiefe und durchläſſigen Brunnenwandungen der Einfluß des Durchmeſſers auf das Waſſerquantum, das der Brunnen liefert, kein ſehr bedeutender iſt. Das Verhältnis iſt etwa ſo, daß ein Brunnen von 0,40 m Weite ca. zwei Drittel des Waſſerquantums ergibt, was ein ſolcher von 4 m Weite (alſo dem 100fachen Querſchnitte) unter ſonſt gleichen Umſtänden liefern würde. Nachdem die Koſten der Verſenkung eines Brunnens in großen Tiefen ungefähr proportional dem Querſchnitte wachſen, ſo wird nur unter beſonderen Umſtänden, z. B. dann, wenn eine zentrale Anlage gewünſcht wird und ſich (wie bei ſehr leicht durchläſſigem Grundwaſſerträger von großem Korn) durchführen läßt, ein großer Brunnen rationell ſein; in der Regel wählt man ſtatt eines einzigen eine Anzahl kleinerer Brunnen. Bei der letzteren Anordnung ſind die Brunnen ſelbſtverſtändlich in eine Linie zu ſetzen, die ſenkrecht auf der Richtung des Grundwaſſerſtromes ſteht; ihre gegenſeitige Entfernung iſt — entſprechend dem Minimum der Anlagekoſten — ſo zu wählen, daß bei der vorausbeſtimmten größten Abſenkung kein Brunnen in den Wirkungskreis des andern übergreift, was dann erreicht iſt, wenn der Scheitel der zwiſchen zwei Brunnen gelegenen Grundwaſſerwelle auch bei der größten Entnahme annähernd den Stand zeigt, der vor der Entnahme (bei ungeſtörtem Gleichgewicht) vorhanden war. Setzt man die Brunnen näher aneinander, ſo vergrößern ſich die Anlagekoſten; dagegen iſt bei gleicher

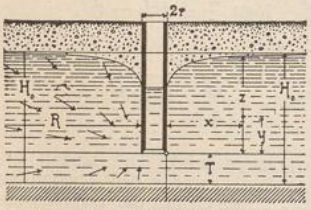


Fig. 3.

Entnahme die Abſenkung etwas geringer. Die Leiſtungsfähigkeit eines Brunnens mit durchläſſigem Mantel iſt begrenzt durch ſeine Lichtweite und ſeine Tiefe bezw. die mögliche Amplitude der Spiegelſenkung, durch die Beſchaffenheit des Grundwaſſerträgers bezw. des Korns des letzteren und durch die Ergiebigkeit des Grundwaſſerbeckens oder Stromes, in den er eingeſenkt wurde. Iſt das Korn des Grundwaſſerträgers ein ſehr feines, ſo muß Sorge getragen werden, daß bei größeren Zuflußgeſchwindigkeiten kein Material in den Brunnen eingeriſſen wird (Verhütung einer Verſandung). Selbſtverſtändlich kann keiner Grundwaſſerſtrömung ein größeres Waſſerquantum, als ſie überhaupt führt, auf die Dauer abgenommen werden. Iſt das aus dem Brunnen geſchöpfte Quantum größer als die Waſſerführung des Stromes, ſo ſtellt ſich die Vorausſetzung für unſre ſeither abgeleiteten Formeln, eine konſtante Senkung s bei konſtanter Entnahme Q, nicht ein; s wächſt vielmehr fortwährend, bis der Brunnen erſchöpft iſt. Eine weitere Einſchränkung für die Anwendung unſrer Formeln veranlaßt auch bei ſehr mächtigen Grundwaſſeranſammlungen und feinem Korne der Umſtand, daß die Bewegung des Grundwaſſers erſt bei beſtimmter Spiegelneigung beginnt (vorher durch die Adhäſion verhindert wird, vgl. [1], S. 20). Die Richtung des Grundwaſſerſtromes iſt durch die Grundwaſſerhorizontalen feſtzulegen; letztere ergeben ſich aus Spiegelbeobachtungen in einem Netze von Brunnen bezw. Bohrungen, von denen je drei zuſammengenommen werden, wobei dann unterſtellt wird, daß zwiſchen dieſen drei Stellen der Grundwaſſerſpiegel eine Ebene ſei.

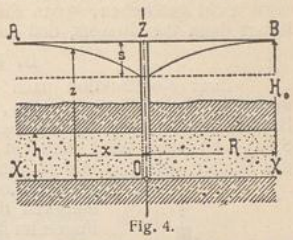


Fig. 4.

2. Die arteſiſchen Brunnen unterſcheiden ſich von den gewöhnlichen Brunnen dadurch, daß ſie ausſchließlich Rohrbrunnen ſind und einer Grundwaſſerſtrömung entſtammen, die auf die Wandungen der den Grundwaſſerträger umgebenden undurchläſſigen Schichte eine die atmoſphäriſche überſteigende Preſſung ausübt (arteſiſche Strömung); ſie geben das Waſſer in der Regel über der Bodenoberfläche ab. Reicht z. B. die Preſſung im Grundwaſſerträger bis zur Fläche AB (Fig. 4), denkt man ſich (der Einfachheit der Rechnung wegen) dieſe Fläche horizontal und das Aufſteigerohr in der Tiefe s unter dem ebengenannten Horizont abgeſchnitten, ſo läuft Waſſer aus, denn jetzt wird die Preſſung der Waſſerſäule im Rohre, dem Abſchnitt entſprechend, geringer. Legt man durch die horizontal gedachte Oberfläche der untenliegenden waſſerundurchläſſigen Schicht die X-Achſe und den Koordinatenanfang O in den Schnitt der Achſe des Aufſteigerohres mit dieſer Schicht und benennt die Ordinaten mit z, poſitiv im Sinne von unten nach oben, ſo wird die im arteſiſchen Strom gegen den Auslauf hin abnehmende Preſſung durch die Bewegungswiderſtände des Waſſers beim Durchſtrömen des in der durchläſſigen Schicht von der Höhe h vorhandenen Materials reguliert, ſofern man zunächſt von der im Aufſteigerohr ſelbſt entſtehenden Reibung und dem Waſſerwirbel an der Auslaufſtelle abſieht. In einer Kreiszylinderfläche von der Mantelhöhe h und dem Leitkreiſe vom Halbmeſſer x beträgt der waſſerdurchlaſſende Querſchnitt $2\pi x h \varphi$, unter φ den Proportionalitätsfaktor verſtanden, der die für den Waſſerdurchgang pro Flächeneinheit verfügbaren Zwiſchenräume im Grundwaſſerträger angibt. — Bezeichnet Q die auslaufende Waſſermenge, u die Geſchwindigkeit des den Grundwaſſerträger durchſtrömenden Waſſers, ſo muß ſein:

$$u \cdot 2\pi x h \varphi = Q.$$

Es iſt aber, entſprechend der Grundwaſſerbewegung, auch die allgemeine Beziehung vorhanden:

$$u = k \cdot \frac{dz}{dx}.$$

Die Verbindung beider Gleichungen liefert eine Differentialgleichung zwiſchen x und z, deren Integration ergibt:

$$z = \frac{Q}{2\pi \varphi k h} \operatorname{logn} x + c.$$

Liegt die Ebene AB in der Höhe H_0 über der undurchläſſigen Schicht, und iſt R die Entfernung, in der die Strömungsgeſchwindigkeit im Grundwaſſerträger ſo klein iſt, daß eine bemerkbare Aenderung der urſprünglich vorhandenen Preſſung nicht mehr beſteht, ſo ſind $x = R$, $z = H_0$ zwei zuſammengehörige Werte, die der eben aufgeſtellten Gleichung als Grenzfall entſprechen. Mit dieſen läßt ſich die willkürliche Konſtante c eliminieren, und es folgt, nachdem dies geſchehen, die Beziehung:

$$9.\quad z = H_0 - \frac{Q}{2\pi \varphi k h} \operatorname{logn}\left(\frac{R}{x}\right),$$

woraus, da für $x = r$ (unter r der Halbmeſſer des Aufſteigerohres verſtanden) der Wert von z zu $H_0 - s$ wird:

$$10.\quad s = \frac{Q}{2\pi \varphi k h} \cdot \operatorname{logn}\left(\frac{R}{r}\right) = a Q, \qquad 11.\quad Q = \frac{2\pi \varphi k h s}{\operatorname{logn}\left(\frac{R}{r}\right)}.$$

Berückſichtigt man, daß das mittels Gleichung 10. gewonnene s lediglich den Reibungsverluſt beim Durchſtrömen des Grundwaſſerträgers vorſtellt, daß aber überdies noch ein Druckverluſt beim Durchſtrömen des Aufſteigerohrs ſtattfindet und auch Arbeiten durch die Geſchwindigkeitsänderung beim Einſtrömen in das Aufſteigerohr ſowie Wirbel am Ausfluſſe entſtehen, ſo ſind die äquivalenten beſonderen Widerſtandshöhen noch zu addieren. Im weſentlichen ſind dieſelben annähernd proportional dem Quadrate der Geſchwindigkeit im Aufſteigerohr [1], S. 513. Man kann alſo mit allgemeiner Gültigkeit ſetzen:

$$12.\quad s = a Q + b Q^2,$$

in welcher Gleichung a und b Konſtante ſind.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Ueber die Nachhaltigkeit der arteſiſchen Brunnen geben Beobachtungen des Verhältniſſes zwiſchen Abſenkung s und Ausflußquantum Q Auskunft. Bleibt das letztere bei beſtimmtem s konſtant, ſo liefert der Brunnen auf die Dauer eine Waſſermenge Q. Nimmt Q ab, ſo hat man vor allem zu unterſuchen, ob die Abnahme infolge eines Sinkens der Preſſung im Grundwaſſerträger ſtattfindet oder ob ſie durch einen in der Aufſteigeröhre allmählich gebildeten Sandpfropf veranlaßt iſt. Trifft das letztere zu, ſo muß nach Entfernung des Sandes der Auslauf wieder zunehmen, und es muß auch, ſofern der Auslauf durch Aufſetzen eines Rohres unterbrochen wird, in dem Aufſatzrohr das Waſſer zu dem früheren Gleichgewichtsſtand H_0 anſteigen. Beides wird nicht geſchehen, wenn die Preſſung im Grundwaſſerträger ſelbſt geſunken iſt, und dies liefert dann den Beweis, daß auf die Dauer eine Ergiebigkeit Q einfach unmöglich wird.

B. Bauliche Anordnung der Brunnen.

Ihrer Konſtruktion nach unterſcheidet man gemauerte Brunnen mit weitem Keſſel, ſogenannte Schachtbrunnen, die dann, wenn ſie nur zur Aufnahme des von vielen kleinen Brunnen gelieferten Waſſers beſtimmt ſind, auch Sammelbrunnen heißen. Den Namen Saugbrunnen führt man ein, wenn bei größeren Anlagen die Hebemaſchine dem Brunnen das Waſſer direkt entnimmt. In Grundwaſſerträgern von grobem Korne erzielt man die Durchläſſigkeit des Mantels durch offene Fugen im Mauerwerk; in ſolchen mit feinem Korn durch Einlage von Filtern in den Mantel. Im letzteren Falle führen die Brunnen den Namen Filterbrunnen [2]; ſie finden in neuerer Zeit keine Verwendung mehr. Erhalten die Brunnen nur einen kleinen Durchmeſſer, der aber auf die ganze Tiefe gleichbleibt, ſo werden ſie aus Röhren hergeſtellt und Rohrbrunnen genannt; wechſelt die Lichtweite des Rohres in der Art, daß oben weitere, unten engere Röhren zur Verwendung gelangen, ſo entſtehen die Teleſkopbrunnen.

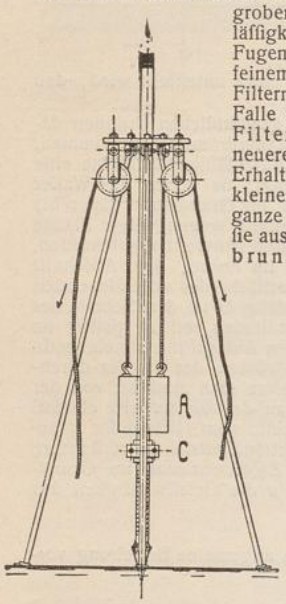


Fig. 6. Maßſtab 1 : 35.

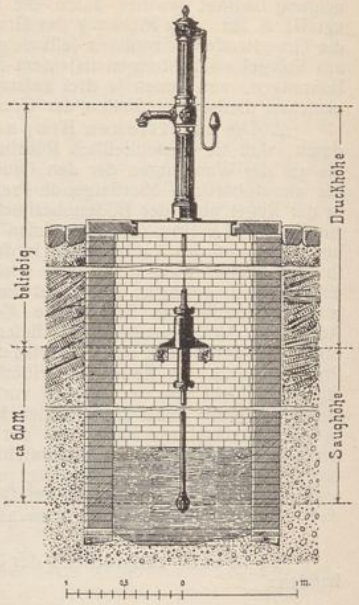


Fig. 5.

1. Die Schachtbrunnen aus Mauerwerk werden auf einen ſogenannten Brunnenkranz (Brunnenroſt, Schling, Senkſcheibe u. ſ. w.) aus Holz oder Eiſen (oder aus Holz mit Eiſen armiert) aufgeſetzt, wie Fig. 5 zeigt. Die Mehrzahl der beſtehenden Pumpbrunnen ſind Schachtbrunnen; ſie haben den Vorzug der leichten Zugänglichkeit. Der Bau erfolgt in der Weiſe, daß man zunächſt die Baugrube im Trockenen bis auf Grundwaſſertiefe ausſchachtet, dann den Kranz auflegt und über demſelben mit dem Mauerwerk beginnt. Das eigentliche Abſenken in das Grundwaſſer geſchieht ſodann durch Untergrabung oder Unterbaggerung des Brunnenkranzes, wobei der Brunnen vermöge ſeiner Schwere (die erforderlichenfalls durch aufgelegte Eiſenbarren vergrößert wird) einſinkt. Die angewendeten Methoden für die Verſenkung bezw. Untergrabung ſind ſehr mannigfaltig; am häufigſten verwendet man die ſogenannte Indiſche Baggerſchaufel, unter Umſtänden auch die pneumatiſche Methode. Auch Sandpumpen und Strahlapparate, das Gefrierverfahren von Pötſch, in Felſen das Abbohren kommen zur Anwendung. Wir verweiſen auf die betreffenden Artikel und auf [1], S. 505 ff.

2. Von den Rohrbrunnen ſind die einfachſten die abeſſiniſchen Brunnen. Ein auf etwa 1 m Länge mit Löchern oder Schlitzen, unten mit einer Stahlſpitze verſehenes Schmiedeeiſenrohr wird mittels eines ſogenannten Schlagwerks (Dreibock mit Rammbär) in die Erde vertikal eingerammt, ſo weit, daß das durchlöcherte Ende in das Grundwaſſer kommt; genügt eine Rohrlänge nicht, ſo wird ein zweites Rohr durch Muffe dicht mit dem erſten verbunden, und ſo weiter, bis die Waſſertiefe erreicht iſt. Die hierbei verwendeten Schmiedeeiſenrohre ſind ſtärker in der Wandung als die gewöhnlichen Rohre und haben eine Länge von 3—4 m. Liegt das Grundwaſſer nicht tiefer als 8 m, ſo ſetzt man unmittelbar auf das Rohr die Pumpe auf (mittels Flanſchverbindung); bei größerer Tiefe kann man einen Schacht anlegen und in demſelben einen Arbeitszylinder (ſ. d.) unterbringen. Behufs Einrammens der Rohre befeſtigt man an denſelben eine Stahlklemme C (ſ. Fig. 6) mit ſtarken Schrauben; auf dieſe läßt man den das Rohr umſchließenden Rammbär A fallen.

Rammbrunnen und Schlagbrunnen ſind mit abeſſiniſchen Brunnen identiſch; bei den Schraubbrunnen beſteht der Unterſchied nur darin, daß an Stelle der Stahlſpitze eine Schraube tritt und der Brunnen nicht in den Erdboden eingeſchlagen, ſondern eingeſchraubt wird.

Nach [2] ſind folgende Preiſe üblich: Komplettes Schlagwerk (Dreibock, Rammbär, Stahl-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

klemme, Werkzeuge) ℳ 222. —; Stahlſpitzen für 30, 40 und 50 mm Rohr bezw. ℳ 13.90, 16.50, 18.80; 1 Längenmeter Rohr bezw. ℳ 2.30, 2.75, 3.60; dazugehörige Pumpen bezw. ℳ 15.50, 21.—, 24.50. Bezugsorte: größere Inſtallationsgeſchäfte und Armaturfabriken für Waſſerleitungsgegenſtände.

Literatur: [1] Lueger, Waſſerverſorgung, Darmſtadt 1895, S. 491 ff. (woſelbſt weitere Literaturangaben). — [2] Deutſche Waſſerwerks-Geſellſchaft in Höchſt a. M., Abhandlung über Schlagrohrbrunnen, Mainz 1874.

Einen Rohrbrunnen mit Filterkorb (D.R.P. Nr. 33824) zeigt Fig. 7. Zunächſt wird eine vollwandige Bohrſchale in den Untergrund verſenkt, um den äußeren Schutzkorb *a* einlaſſen zu können; nachdem dies geſchehen, wird die Schale wieder aufgezogen. Der äußere zylindriſche Schutzkorb iſt auf diejenige Länge, die der waſſerführenden Schicht entſpricht, mit Schlitzen verſehen, ſonſt vollwandig. Der Filterkorb *b* iſt ebenfalls mit Schlitzen verſehen und durch einen Boden geſchloſſen; der geſchlitzte Teil wird durch ein zur Abhaltung des feinen Sandes beſtimmtes Treſſengewebe ummantelt. Zwei Röhren *c* durchbrechen den Boden des Filterkorbes und dienen zum Spülen des in dem äußeren Schutzkorbe angeordneten Sumpfes, ſowie dazu, von oben eingelaſſenes, zum Reinigen des Treſſengewebes durch das letztere gedrücktes Waſſer wieder zutage zu fördern. Iſt der Filterkorb verſtopft, ſo kann er, da er mit dem Schutzkorbe nicht feſt verbunden wird, ſondern nur auf der bei *a* befindlichen Sitzfläche aufruht, ausgezogen, zu Tage gereinigt und wieder eingelaſſen werden. Anderweitige Konſtruktionen dieſer Art zeigen die D.R.P. Nr. 16394 und 23245. In neuerer Zeit werden die Filterkörbe erſetzt durch Vorlage eines natürlichen Filters. Ein weites, vollwandiges Rohr wird eingelaſſen und innerhalb desſelben ein zweites, enges Rohr, das mit Bodenkappe und Schlitzen auf die Höhe der waſſerführenden Schicht verſehen iſt. In den ringförmigen Raum zwiſchen beiden wird ſodann ein von innen nach außen in der Korngröße abnehmendes Filter, mit Hilfe von Blechſchablonen geordnet, eingeſetzt, das den Zweck, die Verſandung zu verhindern, beſſer erfüllt als das Treſſengewebe. Selbſtverſtändlich wird nach Einlage des Filters das äußere vollwandige Rohr herausgezogen. — Bei Grundwaſſerträgern, die neben feinem Sande noch viel grobkörniges Material enthalten, kann auch (nach dem Vorgange von Thiem bei Naunhof) durch ſtarkes Auspumpen der feine Sand entfernt und bei einfachem geſchlitzten Rohr ein natürliches Filter der ebengedachten Art hergeſtellt werden.

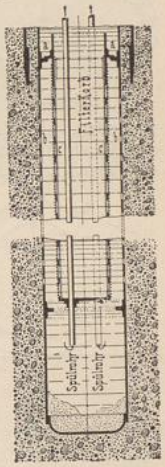


Fig. 7.

Fig. 8.

Jeder Brunnenanlage muß eine Probebohrung vorhergehen, um die Untergrundsverhältniſſe zu erforſchen und die Waſſerqualität feſtzuſtellen. Die letztere iſt von der Beſchaffenheit und Reinheit der Untergrundſchichten abhängig, ebenſo von den natürlichen Schwankungen des Grundwaſſerſpiegels [1], S. 492. Größere Entnahmen aus einem verhältnismäßig geringmächtigen Grundwaſſerſtrom, die ein erhebliches Schwanken der Grundwaſſerwelle im Gefolge haben, ſind unter ſonſt gleichen Umſtänden ſanitätlich ungünſtiger als Entnahmen aus mächtigen Strömungen (ſ. Waſſer). Die Koſten K für die Abſenkung eines Brunnens ſind bei einer Tiefe h und einem äußeren Halbmeſſer r derſelben aus der Formel:

$$K = \pi r^2 (a h + b h^2)$$

zu beſtimmen, in der a und b konſtante, von der Bodenbeſchaffenheit abhängige Koeffizienten ſind, die man allgemein nicht angeben kann, die aber durch Vergleichung mit ausgeführten Anlagen in beſtimmten Formationen leicht zu ermitteln ſind.

3. Bei Brunnen mit undurchläſſigem Mantel iſt Konſtruktion und Verſenkung — abgeſehen von den Schlitzen im Mantel u. ſ. w. — dieſelbe, wie ſeither angegeben. Die Ausführungskoſten ſind etwas geringer. Die Ergiebigkeit iſt, wie aus den Formeln 7. und 8. erſichtlich, proportional dem Durchmeſſer ſolcher Brunnen und abhängig von der zuläſſigen Geſchwindigkeit a in der Entfernung 1 von der Sohlenkante, die um ſo kleiner ſein muß, je feiner das Korn des Grundwaſſerträgers iſt. Dieſe Brunnen eignen ſich ganz vortrefflich in grobkieſigem, waſſerreichem Untergrunde, und beſonders dort, wo das Waſſer aus großen Tiefen beigezogen werden ſoll, weil ihre Wirkung ſich bis auf die undurchläſſige Schicht erſtreckt, ohne daß man nötig hat, mit der Schachtſohle bis auf dieſe Tiefe herabzugehen. In der Regel werden derartige Brunnen in Mauerwerk hergeſtellt.

Literatur: [1] Lueger, Waſſerverſorgung, Bd. 2, des ſtädtiſchen Tiefbaues, Darmſtadt 1895, § 39 und 40. — [2] Handbuch der Ingenieurwiſſenſchaften, Bd. 3, 3. Abt., Leipzig 1893, S. 249. In [1], S. 296 ff. ein umfaſſendes Literaturverzeichnis.

Brunnen, öffentliche, nennt man alle Gelegenheiten zur unentgeltlichen Waſſerentnahme. Es ſind die verſchiedenſten Formen für derartige Brunnen im Gebrauch: früher waren es meiſtens ſtändig laufende Waſſerergüſſe in große Brunnenſchalen oder Pumpbrunnen (Schöpfbrunnen), die dieſem Zwecke dienten; in neuerer Zeit werden mehr die Druckſtänder verwendet (ſ. Brunnenſtänder).

Die öffentlichen, ſtändig laufenden Brunnen ſind beſonders in Gebirgsgegenden verbreitet und vielfach monumental ausgeſtattet [1]. In Städten mit moderner Waſſerverſorgung dienen ſie meiſtens nur zur Entnahme von Trinkwaſſer und ſind entweder als Wandbrunnen oder freiſtehend konſtruiert; von letzterer Art ſind die z. B. in Paris ausgeführten Wallace-Brunnen (Fig. 8) [2].

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Ständig laufende Brunnen haben pro Auslaufröhre einen Waſſererguß in kontinuierlichem Strahl von 4—12 cbm in 24 Stunden. Stellt man die Bedingung, daß ein gewöhnlicher Waſſerkübel in 4—5 Minuten gefüllt werden ſoll, ſo genügen 7,5 cbm Waſſer pro 24 Stunden in ſtändigem Auslaufe. Dieſe Brunnen haben den großen Vorzug, Waſſer von nahezu gleichbleibender Temperatur und Friſche zu liefern.

Literatur: [1] Schubert, C., Die Brunnen in der Schweiz, Frauenfeld 1885. — [2] Les nouvelles fontaines Wallace de la ville de Paris, Nouv. Ann. de la constr., 1878, p. 101. *Lueger.*

Brunnen, veraltete bergmänniſche Häuerarbeit (ſ. Gewinnungsarbeiten).

Brunnengründung, grundſätzlich nichts andres als Gründung auf einzelnen Pfeilern (ſ. Pfeilergründung), die zunächſt hohl — brunnenartig — ausgeführt und erſt nach vollzogener Senkung ausgefüllt werden. Wie bei der Pfeilergründung werden auch die Brunnen nach geſchehener Senkung und Ausfüllung oben durch geeignete Konſtruktionen verbunden, um darauf das betreffende Bauwerk errichten zu können.

Die natürlichſte und allen Einwirkungen am leichteſten widerſtehende Grundrißgeſtalt der Brunnen iſt die kreisrunde Form und wird auch vielfach, namentlich für Hochbauten und Ingenieurbauwerke von großer Längenausdehnung, angewendet; iſt es erwünſcht, den Brunnen im oberen Teil viereckig zu geſtalten, ſo kann man durch geeignete Auskragung der oberen Steinſchichten die runde in die viereckige Form übergehen laſſen. Indes gibt man den Brunnen vielfach auch andre Grundrißgeſtalt; man wählt Formen, die ſich dem Grundriß des zu fundierenden Bauwerkes tunlichſt anſchließen. Um das Senken der Brunnen zu erleichtern, läßt man, wenn auch in geringem Maße, ihre Querſchnittsabmeſſungen nach oben abnehmen, ſei es, daß man ſie koniſch geſtaltet, ſei es, daß man ihren Grundriß in 60—75 cm Höhe über der Unterkante einzieht. Bei Hochbauten wird jede Außen- und Innenmauer auf eine größere Zahl von Brunnen geſetzt; an alle Ecken, an Punkte, wo eine Mauer gegen die andre ſtößt oder zwei Mauern einander kreuzen, unter die Fenſterpfeiler u. ſ. w. kommt je ein Brunnen zu ſtehen; ſie erhalten Entfernungen von 3—4 m (von Mitte zu Mitte). Brückenpfeiler hat man in einigen Fällen auf einen einzigen Brunnen geſenkt; doch verurſacht das Senken ſo koloſſaler Brunnen Schwierigkeiten. Zweckmäßiger ordnet man zwei oder, wenn die Längenabmeſſung des Pfeilers im Verhältniſſe zu ſeiner Breite ſehr groß iſt, noch mehr Brunnen (Fig. 1 und 2) an; bei den indiſchen Eiſenbahnbrücken ſind für jeden Pfeiler 3—12 Brunnen zur Ausführung gekommen. Andre Ingenieurbauwerke erhalten eine ihrer Grundrißform entſprechende Zahl und Geſtalt der Brunnen (Fig. 3); zur Gründung von Stützmauern (Fig. 4), Bogenbrücken, überhaupt bei allen Bauwerken, die einem ſtarken Seitenſchube zu widerſtehen haben, ſtellt man die Brunnen möglichſt nahe aneinander (30—80 cm) [1]. Um dem Brunnenmauerwerk beim Senken einen feſten Zuſammenhang zu geben, wird es auf einen Kranz oder Schling geſetzt; dieſer kann aus Holz (eventuell mit Eiſenarmierung) oder aus Eiſen konſtruiert werden. Für das Mauerwerk ſelbſt empfiehlt ſich am meiſten die Anwendung guter Klinkerziegel und eines guten Zementmörtels; Traßmörtel erhärtet zu langſam. Anſtatt der Ziegel kann man auch, beſonders in den höheren Schichten, bearbeitete Bruchſteine oder Quader benutzen (ſ. a. Grubenmauerung). Bisweilen kommen Betonbrunnen zur Anwendung. Für die Ausfüllung der Brunnen kann jedes gute Steinmaterial und jeder gute hydrauliſche Mörtel (ſelbſt Traßmörtel) benutzt werden. Aus-

Fig. 1. Fig. 2.

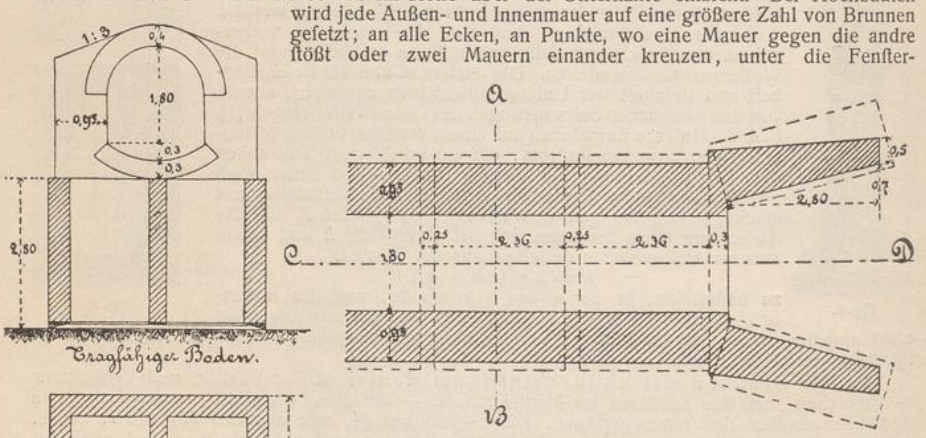


Fig. 3.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

füllungen mit Beton, auch folche mit trockenen Steinen oder mit Schotter kommen gleichfalls vor. Soll die Ausfüllung im Trockenen gefchehen, fo muß vor dem Waffefchöpfen eine dichtende Betonfohle ausgeführt werden. Die Verbindung der einzelnen Brunnen miteinander (bei Gründungen im Waffer in der Höhe des Niederwaffers vorzunehmen) gefchieht durch Ueberkragung der oberen Mauerwerksfchichten oder durch Ueberdeckung mit Steinplatten oder durch kräftige Gewölbe (Fig. 4). Soll die Brunnenfenkung im Trockenen ftattfinden, fo ebnet man das Terrain ab, verlegt den Brunnenkranz und mauert bis zu jener Höhe, die einerfeits zum Gewicht für bequemes Sinken notwendig, anderfeits für den Beginn der Grabe- bezw. Baggerarbeit nicht unbequem ift. Hat die Bauftelle eine geneigte Lage, fo bildet man eine wagerechte Fläche entweder durch Eingraben oder durch eine Anfchüttung. Liegt das Terrain unter Waffer, fo fchafft man fich entweder einen künftlichen Baugrund zur Aufnahme des Brunnens durch Anfchütten einer Infel bis zur Höhe des Waffefpiegels, oder man hängt den Brunnenkranz mittels Ketten und Schrauben an ein herzuftellendes feftes oder Schiffsgerüft. Das Sinken des Brunnens wird entweder dadurch hervorgebracht, daß im waffefrei gemachten Hohlraum desfelben Arbeiter den Schling untergraben, oder daß man mittels Baggerarbeit den Boden trichterförmig entfernt und daß durch die Laft das Brunnenmauerwerk, eventuell durch weiter aufgebrachte tote Laft derjenige Boden in die hergeftellte Grube nachfällt, auf dem der Brunnenmantel aufruht; durch möglichft gleichförmiges Löfen des Bodens wird ein gleichmäßiges Sinken des Brunnens herbeigeführt. Das Ausbaggern des Bodens gefchieht mittels: 1. Sackbohrer, ein für die Senkung kleinerer Brunnen, namentlich im Hochbau, fehr geeignetes Gerät; 2. Taucherarbeit, fehr felten angewendet; 3. Indifcher Schaufel (f. Baggerfchaufel), einem trefflich geeigneten Gerät; 4. Paternoftерwerken; 5. Baggervorrichtungen mit Bodenklappen (Exkavatoren von Millroy [2], von Bufch, von Bruce & Batho [3] und [4] u. f. w.); 6. Schraubenbagger; 7. vertikaler Handbagger [5]; 8. leichter Dampfbagger [6], [7] und [8]; 9. Hebervorrichtungen (z. B. jener von Leslie [9] u. f. w); 10. Sandpumpen [10] und [11]; 11. Zentrifugalpumpen [12]; 12. Exkavatoren, die auf dem Prinzip der Injektoren oder Strahlpumpen beruhen (z. B. jener von Robertfon [13], von Götte und Krell [14] u. f. w.); 13. Preßluft (f. Preßluftgründung). — Wenn es irgend angeht, fenkt man die Brunnen bis auf eine tragfähige Bodenfchicht; felten wird die Senkung bloß auf eine folche Tiefe bewirkt, daß die Brunnenpfeiler in lockerem Boden nur vermöge der Reibung die erforderliche Standfeftigkeit erhalten. Die Brunnengründung empfiehlt fich, fobald die lockeren Bodenfchichten, auf denen nicht fundiert werden kann, eine bedeutendere Mächtigkeit haben, alfo meift in denfelben Fällen, in denen man auch Pfahlroftgründung anwendet; mit Vorteil erfetzt man letztere oft durch erftere, weil die Koften der Gründung geringere werden und man von der Höhenlage des Waffefpiegels unabhängig ift [15].

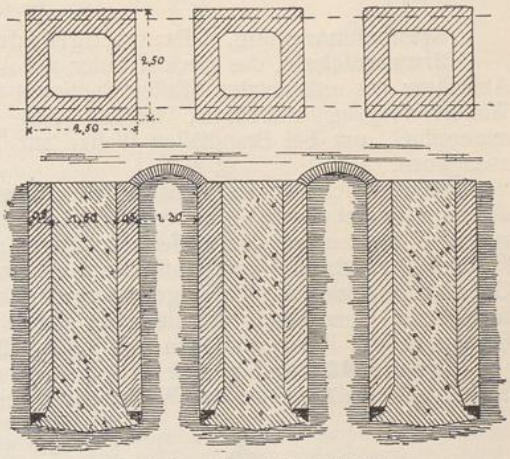


Fig. 4 (Grundriß und Längenfchnitt).

Literatur: [1] Zeitfchr. für Baukunde 1880, S. 66. — [2] Deutfche Bauztg. 1868, S. 470, und 1875, S. 32. — [3] Revue industrielle 1876, S. 109 und 110. — [4] Zentralbl. der Bauverwalt. 1882, S. 136. — [5] Zeitfchr. für Bauwefen 1882, S. 260. — [6] Zeitfchr. des Arch.- und Ing.-Vereins zu Hannover 1867, Bl. 372, Fig. 11—15. — [7] Zeitfchr. für Bauwefen 1880, Bl. 42. — [8] Zeitfchr. des Ver. deutfch. Ing 1876, S. 429. — [9] Deutfche Bauztg. 1873, S. 84. — [10] Deutfche Bauztg. 1871, S. 109. — [11] Engineer 1877, II, S. 99 und 312. — [12] Nouvelles annales de la construction 1879, S. 163. — [13] Deutfche Bauztg. 1875, S. 31. — [14] Rigafche Induftrieztg. 1878, S. 237. — [15] Quaffowski, Ueber Fundierungen mit Senkbrunnen nebft Befchreibung einiger Fälle aus der Praxis, Zeitfchr. für Bauwefen 1874, S. 297.

Schmitt-Darmftadt.

Brunnenkammer, f. Waffer faffung.

Brunnenkranz (Schling), im Grundbau, ift eine Art liegenden Roftes, auf den das Mantelmauerwerk der Senkbrunnen (f. d.) gefetzt wird.

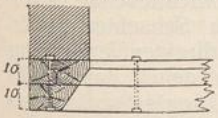


Fig. 1.

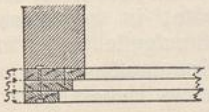


Fig. 2.

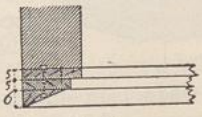


Fig. 3.

Der Kranz wird aus Holz, Gußeifen oder Schmiedeeifen konftruiert; innen erhält er im Querfchnitt eine nach unten keilförmige Geftalt, wodurch das Einfinken befördert wird. Für kleinere Brunnen werden in der Regel hölzerne Kränze verwendet. Sie werden aus Verbandhölzern gefchnitten und zufammengefügt (Fig. 1); doch find folche Kränze fchwer folid genug herzuftellen. Oder man fertigt die Kränze aus 2—4 Lagen 4—8 cm dicker Bohlen an,

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

die man durch Nägel und Schraubenbolzen miteinander verbindet (Fig. 2—4). Bei ſteinigem Boden findet eine Armierung mittels Eiſen ſtatt (Fig. 4 und 5). Für große Brunnen werden ſchmiedeeiſerne Kränze angewendet. Mit einem wagerechten, ringförmigen Blech wird ein lotrechter, mantelförmiger Ring mittels Winkeleiſens und abſteifender Eckſtücke verbunden (vgl. Fig. 7). Einen gußeiſernen Kranz zeigt Fig. 6.

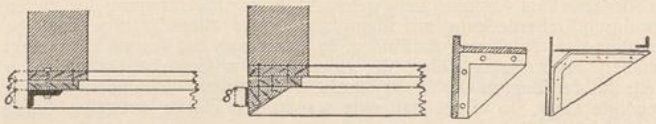


Fig. 4. Fig. 5. Fig. 6. Fig. 7.

Schmitt-Darmſtadt.

Brunnenmauerung, ſ. Brunnengründung, Grubenmauerung.

Brunnenſchale, das Becken unter der Auslaufröhre von Brunnen, das zur Aufnahme des unbenutzten Waſſers beſtimmt iſt. An Orten, die der modernen Waſſerverſorgung entbehren, werden dieſe Schalen groß angeordnet, um bei Brandfällen Waſſer zur Spritzenfüllung abzugeben.

Brunnenſchalen, meiſt aus Gußeiſen hergeſtellte Gefäße, die unter Pumpbrunnen, Brunnenſtändern, Laufbrunnen u. ſ. w. aufgeſtellt werden, um das Waſſer aufzufangen und abzuleiten; ſie dienen gleichzeitig zum Aufſtellen von Eimern und ſonſtigen Gefäßen, in denen das Waſſer geholt werden ſoll. Eine gebräuchliche Form einer Brunnenſchale zeigt nebenſtehende Figur. — Bezugsquellen: Pumpenfabriken und Eiſengießereien. *C. Blecken.*

Brunnenſtänder, Brunnenſtöcke, über der Erde ſtehende Säulen mit Ausläufen für das Waſſer einer Leitung.

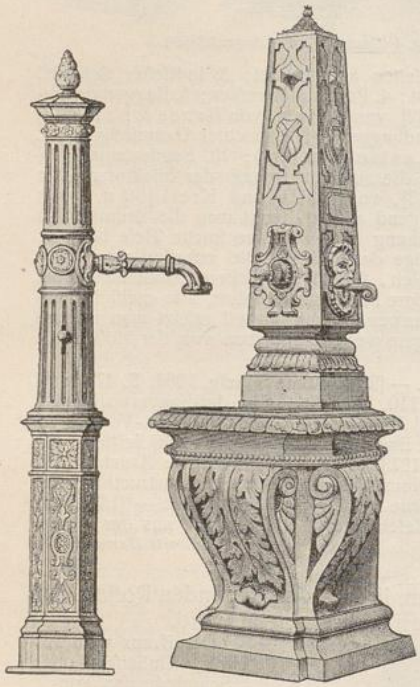


Fig. 2. Maßſtab 1 : 20. Fig. 1.

Bei den modernen Waſſerverſorgungen werden ſtändig laufende Brunnen (ſ. Brunnen) meiſtens vermieden; man wendet faſt ausſchließlich Ventilbrunnenſtänder an, bei denen das Waſſer nur dann zum Auslauf kommt, wenn mittels einer jedermann zugänglichen Vorrichtung (Hebel, Druckknopf u. ſ. w.) ein Ventil geöffnet wird, das ſich nach dem Gebrauch von ſelbſt wieder ſchließt. Die Brunnenſtänder (Druckſtänder) werden in Gußeiſen in den verſchiedenartigſten Formen ausgeführt, einfach und reicher ornamentiert; ſie werden vielfach über gemauerten zugänglichen Schachten aufgeſtellt, in denen die Ventile und ſonſt erforderlichen Apparate untergebracht ſind. Alle Brunnenventile (ſ. d.) müſſen ſo eingerichtet ſein, daß ſich nach Schluß des Ventils das Steigerohr bis zum Auslauf von ſelbſt entleert (wegen der Gefahr des Einfrierens) bis zu einer Tiefe von etwa 1 m unter dem Boden. In neuerer Zeit will man die gemauerten Schachte vermeiden und erſetzt dieſelben durch Gußeiſenrohre, in denen die Ventilapparate herausziehbar untergebracht ſind. — Man verſieht die Brunnenſtänder öfters mit Gefäßträgern oder Brunnenſchalen oder ſtellt eine ſolche unter den Auslauf. Fig. 1 und 2 geben Beiſpiele von Brunnenſtändern, wie ſie bei ſtädtiſchen und ländlichen Waſſerverſorgungen vorkommen.

Bezugsquellen: Eiſengießereien und Maſchinenfabriken für Waſſerleitungsapparate; Preiſe je nach Modell, 60—400 *M.* *C. Blecken.*

Brunnenſtube, ſ. Waſſerfaſſung.

Brunnenventile, ſelbſtſchließende Ventilapparate, in gemauerten Schachten unterirdiſch aufgeſtellt oder in direkter Verbindung mit Brunnenſtändern, an denen das Waſſer zum Ausfluß kommt, wenn man mittels eines Hebels, Druckknopfes u. ſ. w. das Ventil öffnet (ſ. a. Brunnenſtänder).

Jedes Brunnenventil muß ſo eingerichtet ſein, daß es, frei gelaſſen, ſich von ſelbſt ſchließt und dabei gleichzeitig das Steigerohr nach dem Auslauf vollſtändig entleert, ſonſt würde bei Froſt die Waſſerſäule in demſelben einfrieren; ſolange das Ventil geöffnet iſt, ſoll die Entwäſſerungsvorrichtung abgeſchloſſen ſein, damit nicht Waſſer unnütz verloren geht. Ferner wird

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

von einem guten Brunnenventil gefordert, daß das Oeffnen und Schließen möglichſt ohne Stoß vor ſich gehe; dieſer Bedingung wird bei Hochdruck durch entſprechend kleinen Durchgangsquerſchnitt des Ventils, durch Windkeſſel oder durch Gegendruckkolben zu genügen verſucht. Der Abſchluß des Ventils erfolgt in der Regel gegen den Waſſerdruck. Die Entwäſſerung des Steigerohres wird dadurch bewerkſtelligt, daß der über dem Ventilſitz liegende Teil des Brunnenventils, der unmittelbar mit dem Steigerohr in Verbindung ſteht, eine Entwäſſerungsöffnung erhält, die ſich beim Anheben des Ventils ſchließt.

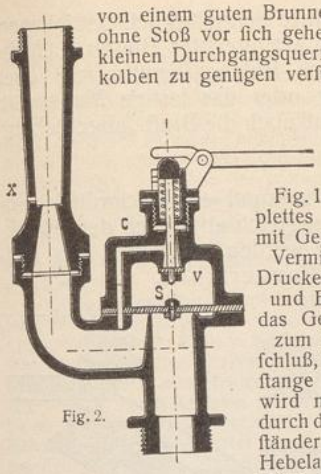


Fig. 2.

Fig. 1 zeigt ein komplettes Brunnenventil mit Gegenkolben zur Verminderung des Druckes, Windkeſſel und Entwäſſerung; das Gewicht *g* dient zum ſicheren Abſchluß, iſt an der Ventilſtange befeſtigt und wird mit dem Ventil durch den im Brunnenſtänder befindlichen Hebelapparat in die Höhe gezogen.

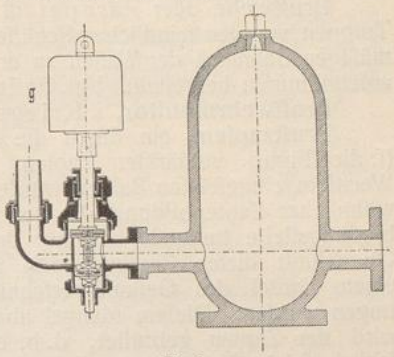


Fig. 1.

Nach Fig. 2 wird der Ventilſitz durch eine Membrane (Gummi- oder Lederſcheibe) durch den Waſſerdruck ſelbſt abgeſchloſſen, der ſich durch Einſtrömen des Waſſers vermittelſt der kleinen Oeffnung *s* (in der Membrane) in dem oberen Teil des Ventilkörpers mit dem Leitungsdruck gleichſtellt, wenn der Hebelapparat frei gelaſſen iſt; wird nun der Hebel angezogen und dadurch ein Ventil *v* von ſeinem Sitz abgedrückt, ſo ſteht der obere Ventilraum durch den Kanal *c* in Verbindung mit dem druckfreien Steigerohr, der Ueberdruck auf die Membrane verſchwindet, dieſe hebt ſich und läßt das Waſſer dem Steigerohr zuſtrömen. Die Entwäſſerung des Steigerohres findet bei *x* ſtatt, ſobald das Ventil abgeſchloſſen hat und die Waſſerſäule im Steigerohr in Ruhe iſt; dagegen kann bei *x* bei geöffnetem Ventil kein Waſſer ausſtrömen, weil hier durch injektorartige Anordnung des Waſſerſtrahles eine Saugwirkung erzielt wird.

Zahlreiche andre Konſtruktionen wollen in den Katalogen der Fabriken für Waſſerleitungsarmaturen und in den D.R.P. Nr. 5384, 6397, 7036, 8910, 16210, 17630, 22007, 27761, 31894, 34039, 35726, 39160, 44325, 47080, 56958, 67740, 75179, 84211, 87993, 109126, 110084, 110754, 118771 nachgeſehen werden. *C. Blecken.*

Brunnenzoll, ſ. Waſſermeſſung.

Brunolein, Präparat zum Mattieren, Beizen und Wichſen von Eichen- und Nußholzmöbeln, der Hauptſache nach in Terpentinöl gelöſtes Leinölbleipflaſter.

Bruſt, der bergmänniſche Ausdruck für die beim Vortrieb eines Stollens im Querprofil anſtehende freie Gebirgsfläche. Die Bezeichnung iſt auch in den Tunnelbau übernommen worden, wo die Sicherung der hier viel ausgedehnteren Bruſtfläche eine beſonders wichtige Aufgabe bildet.

Bruſtbaum, ſ. Weberei.

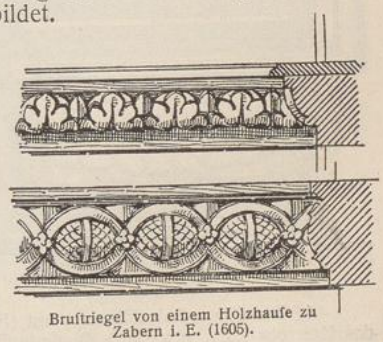
Bruſtgetäfel, ſ. Brüſtungsverkleidung.

Bruſthammer, ſ. Hammer.

Bruſtleier, ſ. Bohrgerät.

Bruſtmauer, ſ. v. w. Brüſtungsmauer, ſ. Brüſtung.

Bruſtmauern (auch Bruſtwehre) der Molen, die Mauern, die am äußeren Rande der Molen aufgebaut werden, um das Ueberſchlagen der Wellen über dieſelben zu hindern. Dieſelben erhalten mindeſtens eine Höhe von 2 m, werden aber häufig auch noch höher aufgeführt, um als Stützmauern eines Pultdaches zu dienen, unter dem Waren gelagert werden. Näheres ſ. Seehäfen. *Zschokke.*


Bruſtriegel von einem Holzhauſe zu Zabern i. E. (1605).

Bruſtriegel oder Bruſtſchwelle, wagerechtes Holzſtück, das als Brüſtung dient: 1. als Unterriegel an der Fenſterumrahmung einer Fachwand wurde er an reicheren Holzbauten des Mittelalters wie der Renaiſſancezeit als ſtark ausladendes Zierglied mit Schnitzerei verſehen (ſ. die Figur), 2. als Oberriegel an Holzgeländern, wie Brücken, Landungsſtegen u. dergl. *Weinbrenner.*

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

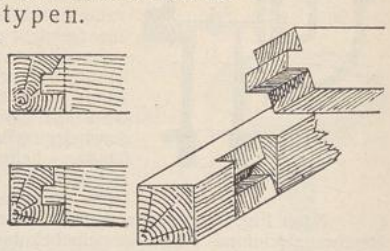
Bruſtverzug, die Sicherung der Bruſt (ſ. d.) eines bergmänniſch betriebenen Baues gegen Einſturz, erfolgt durch das Anlegen wagerechter Bretter. Ueber dieſe werden meiſt Anlegelöcher gelegt, die durch Bolzen (Bruſtbolzen) oder durch Streben gegen die rückwärtige Zimmerung oder das fertige Mauerwerk abgeſteift werden. — Bei ſchwimmendem Gebirge muß auch die Bruſt „abgetrieben" werden (ſ. Tunnelbau).

Bruſtwalze, ſ. Papierfabrikation.

Bruſtwehr oder Parapet iſt in der Kriegsbaukunſt ein Deckmittel, um Truppen vor den feindlichen Schüſſen zu ſichern, zugleich aber auch den zweckmäßigen Gebrauch der Waffen zu ermöglichen. Sie werden am beſten aus Erdanſchüttungen hergeſtellt. Vgl. Feſtungsbau und Panzerſchiff.

Bruſtwehrmonitor, ſ. Kriegsſchiffstypen.

Bruſtzapfen, ein durch die Brüſtung (ſ. die Figur) verſtärkter Zapfen. Bei in Wechſeln eingeſetzten Balken würde bei gewöhnlicher Zapfenbildung die auf die Verbindungsſtelle treffende Laſt nur durch den Querſchnitt dieſes Zapfens, alſo nur von einem Drittel des Geſamtquerſchnittes getragen werden. Dieſem Mangel abzuhelfen, wird der Zapfen gebrüſtet, d. h. er erhält ſeitlich ſolche Verſtärkung, daß ein weiterer Teil oder der ganze Querſchnitt des Balkens mitgetragen wird.



Weinbrenner.

Brutapparate zur künſtlichen Ausbrütung von Geflügeleiern haben in den letzten zwei Jahrzehnten infolge der regierungsſeitig in den meiſten Kulturſtaaten betriebenen Förderung der Nutzgeflügelzucht erhöhte Bedeutung und Verbreitung erlangt. Ueber die Entwicklungsgeſchichte der künſtlichen Brut verweiſen wir auf [1] und heben hervor, daß das Haupterfordernis eines brauchbaren Apparates die Mitteilung der Brutwärme an die Eier von oben iſt, weil dem in jeder Lage des Eies nach oben gerichteten Keimſcheibchen bezw. Embryo die belebende Wärme in erſter Linie zukommen ſoll; der untere Teil des Eies als Vorratsmagazin der Bildungs- und Ernährungsſtoffe des Embryo iſt kühler zu halten. Selbſtverſtändlich iſt die Temperaturbeſtändigkeit durch automatiſche Wärmeregulierung zu ſichern.

Nach der Art der Wärmeübertragung auf die Eier ſcheiden ſich die modernen Brutapparate in drei Syſteme, deren gebräuchlichſte Typen wir nachſtehend vorführen.

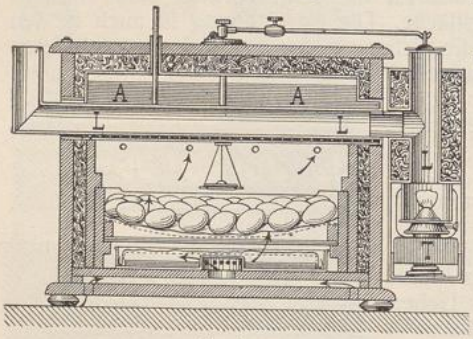


Fig. 1.

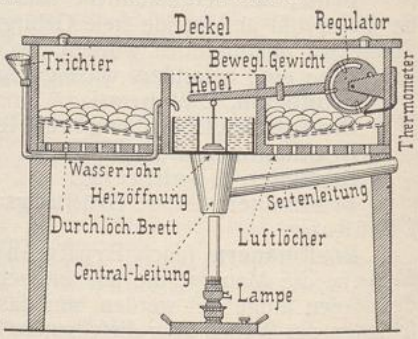


Fig. 2.

1. Der Hearſons Brutapparat (Fig. 1) hat über den Eiern ein durch die Lampe *T* und das Heizrohr *LLL* erwärmtes Waſſerbaſſin *AA*, das teils durch die von ſeinem Boden ausgehende Wärmeſtrahlung, teils durch die über den Eiern ruhende erwärmte Luftſchicht auf die Bruteier einwirkt.

2. Der Warmluft-Inkubator nach Hillier (Fig. 2) erwärmt die Eier durch einen kontinuierlichen Luftſtrom, der, in dem Heiztubus erwärmt, in den Apparat hinaufſteigt, durch immer neu nachdrängende warme Luft auf die Eier hinab- und zwiſchen dieſe und durch den durchlöcherten Boden des Apparates hindurch nach außen getrieben wird. Das in der Mitte des Apparats ſichtbare kleine Waſſerbaſſin dient lediglich zur Dunſtſättigung der einſtrömenden erhitzten Luft. Weſentlich treuer lehnt ſich das

3. Syſtem, der Baumeyer-Gruenhaldtſche Waſſerbrüter, an den natürlichen Brütprozeß an, indem die Eier, wie bei der brütenden Henne, durch einen ſanft auf ihnen ruhenden warmen Körper die Brutwärme mitgeteilt erhalten. In dieſem Apparat (Fig. 3) wird das Waſſerbaſſin *abcd* mittels Lampe, Trichter *e* und Heizrohr *f* erwärmt und die Wärme auf eine Anzahl ſchräg durch das Baſſin gelegter Röhren übertragen, deren beiderſeits aufſteigende Schenkel *h* Bogenknie tragen, deren je zwei ſich gegenüberſtehende durch je zwei Gummiſchläuche *i* verbunden ſind, unter denen die Bruteier in Holzrinnen liegen. Infolge der ſchrägen Lagerung der Rohre im Baſſin bewegt ſich das in ihnen erwärmte Waſſer ſtändig aufſteigend nach *h* rechts und ſtrömt von da durch die Schläuche *i* nach *h* links, ſinkt daſelbſt zu neuem Kreislauf hinab u. ſ. w.

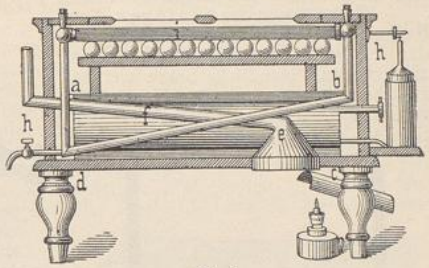


Fig. 3.

Die angewandten Wärmeregulatoren werden teils durch die Expanſion von Aetherdämpfen, Luft, teils durch Formveränderung aus verſchiedenen Metallen zuſammengeſetzter Stäbe, teils auch durch den elektriſchen Strom betätigt und wirken durch Ableiten der Wärmezufuhr im Falle der Ueberheizungsgefahr. — Auch die Heizung mittels Elektrizität iſt neuerdings für Brutapparate angewandt worden, empfiehlt ſich indeſſen nur da, wo Starkſtromanlage oder -anſchluß zur Verfügung ſteht.

Literatur: [1] Grünhaldt, Die induſtrielle Geflügelzucht im Groß- und Kleinbetrieb, 5. Aufl., Leipzig 1903.

Gruenhaldt.

Brutſtälle, ſ. Federviehſtälle.

Bruttotonnengehalt, ſ. Schiffsvermeſſung.

Bruyèreholz, maſerwüchſiges Wurzelholz, von Erica arborea (Baumheide), aus Spanien, Südfrankreich und Korſika exportiert, fleiſch- bis ziegelrot, mit hohem Kieſelſäuregehalt (1,81 %) und daher ſehr ſchwer verbrennlich. Findet in der Tabakpfeifenfabrikation ausgedehnte Verwendung. *T. F. Hanauſek.*

Bryozoenkalk, ein in der Umgebung von Wien (Wöllersdorf, Leithagebirge) gewonnener, der Tertiärformation (Miozän) angehöriger Kalkſtein mit zahlreichen feinzerriebenen Reſten von Bryozoen, Nulliporen u. ſ. w.

Friſch gebrochen ſehr weich, läßt er ſich ſehr leicht bearbeiten, wird aber nach dem Austrocknen feſt und hart. Die Kalke von ſandigem Korn werden als „Wiener Sandſtein“ bezeichnet und finden eine große Verwendung als Hau- und Werkſtein. Sie ſind fein- bis mittelkörnig, führen mitunter auch Glimmerblättchen und beſitzen eine hellgraue oder hellgelblichgraue Farbe. *Leppla.*

Buchanan-Schaufelrad, ſ. Propeller.

Buchbinderei, das Gewerbe, welches einzelne Blätter bedruckten oder beſchriebenen Papiers zu einem Ganzen verbindet (Buch); ebenſo das zugehörige Verfahren, die Werkſtätten und techniſchen Einrichtungen.

Zu unterſcheiden ſind der Groß- und der Kleinbetrieb. Der Großbetrieb ſtellt bedeutende Mengen gleichartiger Einbände in möglichſt kurzer Zeit unter Anwendung motorgetriebener Maſchinen und zweckmäßigſter Arbeitsteilung her; im Kleinbetriebe werden einzelne Bücher oder kleine Partien ſolcher, gleicher oder verſchiedener Art von einem und demſelben Arbeiter gebunden. Die intereſſante hiſtoriſche Entwicklung des Buchbindereigewerbes ſ. in [1]—[8]. Abgeſehen von dem Kleinbetriebe läßt ſich die moderne Buchbinderei in vier Hauptgruppen teilen: 1. Verlagsgroßbuchbinderei, 2. Geſchäftsbuchfabrikation, 3. Gebetbuchfabrikation, 4. Luxusbuchbinderei (Adreß-, Diplommappen u. ſ. w.). Sie alle haben im handwerksmäßigen Kleinbetrieb ihre Grundlage; die Arbeitsmethode des letzteren ſoll deshalb hier zuerſt geſchildert werden.

Kleinbetrieb. Heute verarbeitet die Druckinduſtrie faſt durchweg geleimte Papiere, ſo daß der Buchbinder ſofort mit dem Falzen der Druckbogen bezw. dem Auseinandernehmen der Broſchüre beginnen kann. Das Falzen bezweckt, die auf dem bedruckten Bogen befindliche Anzahl Blätter — je nach dem Format: 2, 4, 8, 16 — ſo zu ordnen, daß ihre Kolumnen (Seiten) ſich genau decken und die Seitenzahlen (Pagina) richtig aufeinander folgen. Die Bogen werden ſo gelegt, daß ſich die mit dem Stern bezeichnete (ſogenannte falſche) Signatur zur rechten Hand des Arbeiters befindet. Während die rechte Hand den oberſten Bogen rechts aufhebt und zuſammenlegt, um Pagina auf Pagina zu bringen, faßt die linke die zuſammengelegten Bogenränder, um den zweiten Bruch vorzubereiten, bei dem nicht nur die Seitenzahlen, ſondern auch die Mittelbrüche genau aufeinander gelegt werden müſſen; dasſelbe geſchieht beim dritten Bruch. Das Falzbein liegt dabei in der inneren Fläche der rechten Hand, um beim Niederſtreichen der Brüche von Zeigefinger und Daumen erfaßt zu werden. Bei feineren Drucken, Titelbogen u. dergl. müſſen die Bogen einzeln aufgehoben und gegen das Licht gehalten werden, um ein genaues Falzen zu ermöglichen. Die Leiſtung eines geübten Arbeiters beträgt 400—500 Bogen pro Stunde. Es iſt erſt in den letzten Jahren gelungen, exakt arbeitende Falzmaſchinen zu konſtruieren, die das 5—10fache der Handarbeit leiſten (ſ. Buchbindereimaſchinen). Die gefalzten Bogen werden in Brettern zwiſchen die Balken einer zwei-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

ſpindeligen Handpreſſe (Fig. 1) eingepreßt, um die Falzbrüche zu fixieren, ſodann aber auf freiſtehendem Tiſche in genauer Reihenfolge aufgeſchichtet und durch Einzelabheben je eines Bogens das komplette Buch zuſammengetragen. Auf einem glatten Stein oder einer Eiſenplatte werden die Exemplare dann entweder mittels eines kurzſtieligen Hammers geſchlagen oder durch die Walzen eines Satinierwerkes gezogen, um das Volumen des Bandes zu verringern und die zwiſchen den Bogen befindliche Luft zu entfernen.

Es folgt nun das Einfägen der Bogenrücken, um die zur Aufnahme der Heftbünde notwendigen Vertiefungen zu erzeugen. Handliche Stöße werden zwiſchen Brettern in die Handpreſſe geſetzt und mit einer leicht geſchränkten Säge 1—3 mm tiefe Einſchnitte gemacht,

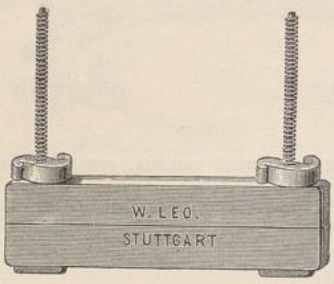


Fig. 1.

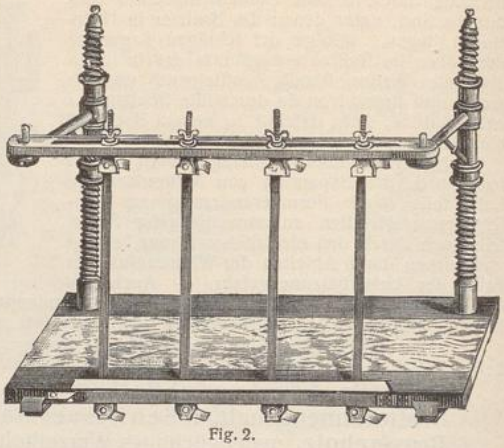


Fig. 2.

in der Regel zwei bis vier und außerdem oben und unten je ein ſogenannter Fitzbund, der nur leicht eingeritzt wird.

So vorbereitet kommt das Buch auf die Heftlade (Fig. 2), deren auf den Spindeln beweglicher Querbalken eine den Sägeſchnitten entſprechende Anzahl Hefthaken aufnimmt, an denen — je nach Stärke des Buches — dünnere oder dickere Hanfſchnüre aufgeſpannt werden, vermittelſt deren die eigentliche Bindung erfolgt. Um die erſte und letzte Lage des Buches, die in der Regel nicht mit eingefägt wird, legt man, um ihn mitzuheften, den Vorſatz. Er bildet die Vermittlung zwiſchen Deckel und Buchblock, ſoll dem letzteren als Abſchluß dienen, die Verbindung mit dem Deckel durch die Bünde verhüllen und verſtärken und ſchließlich den Deckel auf ſeiner Innenſeite bekleiden. Der Löſung dieſer Aufgabe dienen die mannigfachſten Methoden [9], S. 98. Die gewöhnlichſte Form (ſ. Fig. 3): zwei Blätter Schreibpapier von der reichlichen Größe des Buches werden an der Längsſeite ſchmal zuſammengeklebt, ein Streifen Gaze ſowie ein Papierſtreifen, der ſogenannte Flügelfalz, aufgeklebt und das Ganze an der zuſammengeklebten Stelle der Länge nach 4 mm breit umgebrochen. In dieſen Bruch (das Fälzchen) legt man den letzten Bogen und bringt ihn hinter die Schnüre, ſo daß dieſelben mit den Einfägelöchern korreſpondieren. Nun wird die Nadel beim unteren Fitzbund durch Fälzchen und Bogen geführt, vor dem erſten „Bund“ — ſo heißen die aufgeſpannten Schnüre — heraus, hinter demſelben hinein, bis zum oberen Fitzbund der Faden herauskommt, um beim nächſten Bogen von oben zu beginnen. Am Ausgangspunkte angekommen, wird der Faden mit dem hervorſtehenden Ende verknüpft (verfitzt, daher Fitzbund), aber nicht abgeſchnitten, ſondern weiter verheftet, ſo daß ein zuſammenhängender Faden durch das ganze Buch hindurchgeht [9], S. 109. Dieſe ſcharf im Rückenbruche jeden Bogens liegenden Fadenteile bewirken ein Dickerwerden an dieſer Stelle, das bei der Weiterverarbeitung eine bedeutende Rolle ſpielt.

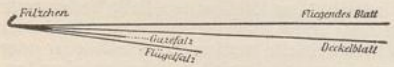


Fig. 3. Gewöhnlicher Büchervorſatz.

Nach dem Heften ſchneidet man die Bünde bis auf eine Länge von je 3 cm rechts und links ab und ſchabt dieſe überſtehenden Enden auf, die Vorſatzbogen werden aufgeſchlagen und das Fälzchen durch Kleiſtergeben angeklebt. Sodann wird der Rücken durch Beſtreichen mit heißem Leim und Einreiben mit dem Hammer nach ſorgfältigem Gleichſtoßen und Richten vorläufig gefeſtigt. In dieſer Lage wird dann das Beſchneiden der vorderen Blatträndern — der Vorderſchnitt — ausgeführt. Dies geſchah früher mit dem ſogenannten Beſchneidhobel, einem Geſtell, das eine ſcharfgeſchliffene, zungenförmige Stahlklinge gegen die in der Beſchneidepreſſe eingeſpannten Blatträndern führte; heute iſt an Stelle dieſes Apparates überall die Schneidemaſchine getreten (ſ. Buchbindereimaſchinen), deren oft meterlange Meſſer die dickſten Folianten mit einem Zuge beſchneiden.

Ein allſeitig gerader Buchblock würde durch das Auffſchlagen und Leſen ſehr bald eine wenig handliche Form annehmen; man arbeitet daher dem Beſtreben des Rückens, ſich nach hinten zu krümmen, entgegen, indem man durch Klopfen mit dem Hammer auf den Rücken dieſem und dem Vorderſchnitte eine halbkreisförmige Rundung gibt. Um dieſe zu fixieren, bringt man das Buch zwiſchen zwei Brettern in die Preſſe; doch ſetzt man die Bretter nicht mit dem Vorſatzboden gleich, ſondern 2—6 mm nach vorne, um der obenerwähnten, durch das Heften entſtandenen Erhöhung (Heftfalz) die Möglichkeit zu geben, ſich vorne und hinten herüberzulegen. Durch Klopfen mit dem flachen Ende des Hammers oder dem Kaſchiereiſen

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

wird das Herüberlegen befördert und im Intereſſe einer gleichmäßigen Rückenrundung ausgeglichen. Durch die Bearbeitung mit der gezackten Seite des Kaſchiereiſens wird der vorher mittels Kleiſters aufgeweichte Rücken zu einer feſten Maſſe, was durch Ueberkleben mit Papier oder Stoff und längeres Stehenlaſſen in der Preſſe weſentlich gefördert wird. Das ganze Verfahren heißt „Abpreſſen“ und die dadurch gebildete, beidſeitig hervortretende Rückenkante Abpreßfalz oder „Falz“ ſchlechthin.

Um den weißen Schnitt vor dem Unanſehnlichwerden tunlichſt zu ſchützen, wird derſelbe mit einer geeigneten Färbung verſehen. Die wichtigſten Arten der Schnittverzierung ſind: 1. Der geſprengte Schnitt: Mittels Siebes und Bürſte wird eine Farblöſung auf den freien oder mittels einer Muſterung abgedeckten Schnitt aufgeſpritzt. 2. Der gefärbte Schnitt: Mit Klebſtoff angeriebene Waſſer- oder Beizfarben werden mittels Pinſels aufgeſtrichen. 3. Der marmorierte Schnitt: Feingeriebene ([10] und [11]), mit Ochſengalle präparierte Waſſerfarben werden in ein flaches Becken auf eine Abkochung von Carragheenmoos beſtimmter Konſiſtenz derartig aufgeſpritzt, daß die ſich mehr oder weniger ausbreitenden Farbentropfen, ohne ſich zu vermiſchen einen ſchwimmenden Farbenteppich bilden, deſſen Zeichnung durch weiteres Manipulieren mit Stift, Nadelkamm u. dergl. ſowie durch Aufſpritzen treibender Flüſſigkeiten die verſchiedenartigſten Muſter annimmt. Das Muſter haftet am Schnitt, ſobald derſelbe in die Flüſſigkeit getaucht wird. 4. Als Surrogat für dieſe ſehr dauerhafte und ſchöne Schnittgattung: Die Walzenſchnitte. Dem obigen nachgeahmte Deſſins befinden ſich auf einer Platte aus vulkaniſiertem Kautſchuk, welche die Oberfläche einer Walze bildet, die, mit Selbſtfärbung verſehen, über die Schnittfläche geführt wird, um dort einen mehr oder weniger reinen Abdruck zu hinterlaſſen. 5. Der Goldſchnitt: Die mittels Ziehklinge ſauber geſchabte Schnittfläche des in der Preſſe ſtehenden Buches wird durch Abreiben mit Kleiſter, Auftragen mit feinſt geſchlämmtem Bolus grundiert; danach wird mittels ſchwacher Eiweißlöſung echt Blattgold, Silber oder Kompoſitionsmetall aufgetragen und mit dem metallgefaßten Achatſtein (Glättzahn) poliert oder abgeglättet. Das Abglätten findet übrigens auch bei den übrigen Schnittarten Anwendung. 6. Zierſchnitte; ſo werden alle gemalten, gepunzten, ausgeſchabten oder mit Aufdruck verſehenen Schnitte genannt, die bei Luxusbänden ausgeführt werden [12].

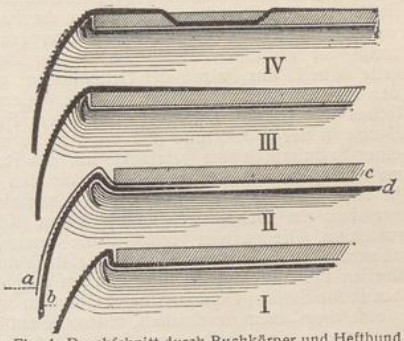


Fig. 4. Durchſchnitt durch Buchkörper und Heftbund zur Erläuterung der Anſatzmethoden: *a* Papprücken, *b* Heftſchnur, *c* Pappdeckel, *d* Vorſatz.

Nach Fertigſtellung der Schnittverzierung wird das Buch „kapitalt“, d. h. der hintere am Rücken befindliche Teil des Unter- und Oberſchnittes mit Stoff beklebt, der in Form einer Schnur einen Abſchluß der Schnittfläche bildet. Dieſer Teil des Buches ſowie der ihm zunächſt befindliche Teil des Rückens wird Kapital genannt; das erwähnte Gewebe aus Webſtoff, Baumwolle oder Seide heißt Kapitalband, ein Surrogat für das früher allgemein geübte umſtändliche Beſtechen des Kapitals.

Die Befeſtigung der Deckel am Buche iſt mit Rückſicht auf die Bandausſtattung eine verſchiedenartige. Man unterſcheidet: I. Die gewöhnliche Deckelbefeſtigung, wobei die mit Kleiſter zwei Finger breit angeſtrichenen Deckel einfach auf die ebenfalls gekleiſterten, auf dem Flügelfalz ſauber angeſtrichenen Bindfadenenden der Bünde aufgeſetzt werden, wonach das Ganze in die Preſſe kommt. Dieſe Art findet Anwendung bei den Einbandgattungen: Steif broſchiert, einfach Halbleinen, einfach Halbleder. II. Das Anſetzen auf Papprücken, wobei zwiſchen Flügelfalz und Deckel die Seitenteile eines aus dünner, feſter Pappe gebrochenen, genau angepaßten Rückens feſtgeklebt werden. Die Methode gilt für Pappbände, Halb- und Ganzleinenbände. III. Die Anſatzart, bei welcher der ausgefaſerte Heftbund oben auf den Deckel zu liegen kommt und dieſer letztere dicht an den ſcharf abgepreßten Falz herangedrängt wird. IV. Eine gleiche Methode, bei der überdies die doppelt langen Bünde zweimal durch den Deckel hindurchgezogen und dann erſt die Enden auf der Oberſeite der Deckel verklebt werden. Dieſe letzteren dienen hauptſächlich für Halb- und Ganzfranzbände, alſo Bücher, die an Rücken und Ecken oder gänzlich mit Leder beſſerer Qualität überzogen ſind. In allen Fällen werden die Bücher zwiſchen Preßbretter einzeln, eventuell unter Vorlage glatter Blechtafeln, eingeſetzt, um zu mehrſtündigem Trocknen in die Hand- oder Stockpreſſe zu kommen. Vielfach werden die Deckel vor dem Anſetzen auf der Pappenſchere (ſ. Buchbindereimaſchinen) in der richtigen Größe zugeſchnitten; nach der älteren Weiſe werden ſie nach dem Herausnehmen aus der Preſſe zurückgeſchnitten, indem man eiſerne Lineale mit emporſtehender Kante an den Schnitt heranſchiebt und das Ueberſtehende mit dem Pappmeſſer ab„formiert“. Die vorſtehende Deckelkante iſt je nach Größe des Buches vorn 4—10, oben 2—6 mm breit. Nach dem Formieren wird zunächſt der Flügelfalz oben und unten eingeſchnitten, um beim Einſchlagen des Kapitals nicht hinderlich zu ſein; ſodann beginnt die Herſtellung der Gewandung des Buches. Beim Pappband beſteht dieſe äußere Umhüllung nur aus Papier, das mit dünnem Leim angeſchmiert wird. Ordinäre Bände werden häufig mit feſtem Rücken gearbeitet, d. h. das Rückenmaterial auf dem Buchrücken direkt angeklebt, ſo daß es beim Oeffnen des Buches die Bewegung desſelben mitmachen muß. Beſſere Halbleder-, Halbfranz- und Franzbände dagegen werden mit hohlem Rücken gearbeitet und zu dieſem Zwecke eine ſogenannte Rückeneinlage geſchnitten, die genau von Falz zu Falz reicht und vorläufig mit ſchmalem Leimanſtrich auf dem Rücken befeſtigt wird. Gewöhnlich werden dann falſche Bünde aufgeleimt, d. h. ſchmale, dicke Papp-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

ſtreifen, die der ſpäteren Vergoldung als Baſis dienen und den Anſchein erwecken ſollen, als ſei das Buch nach alter Art auf ſtarke, obenaufliegende Schnüre geheftet. Nächſtdem wird das Leder zugeſchnitten. Es gelangt Schaf-, Ziegen-, Kalbs-, Schweinsleder ſowie Pergament zur Verwendung, jedoch meiſtens in mehrfach geſpaltenem Zuſtande und dünnſter Ausarbeitung. Wo es angeht, wird das Leder in feuchtem Zuſtande über den Rücken gezogen, die Bünde gehörig herausgedrückt, nach dem Einſchlagen des Kapitals die Deckel kräftig herübergezogen und ein kräftiger Faden in den Falzeinſchnitt um das ganze Buch gebunden, worauf es wieder mehrere Stunden liegen bleibt, um ſchließlich, wenn es ein Halbband iſt, mit Papier oder Kaliko überzogen zu werden und nach dem Anpappen (Ankleben des äußeren Vorſatzblattes) nochmals längere Zeit in der Preſſe zu ſtehen. Dann erſt iſt das Buch ſo weit, um eventuell durch Aufdruck von Titel- oder ſonſtiger Verzierung den letzten Schliff zu erhalten [2] (ſ. Goldpreſſung).

Im **Großbetriebe** wickelt ſich der Prozeß ſo ziemlich in derſelben Reihenfolge ab. An Stelle der Handarbeit tritt, ſoweit möglich, Maſchinenarbeit; auch ſind die Pauſen, während welcher das Buch in der Preſſe ſteht, kürzer, ja das Stehenbleiben beim Abpreſſen, worauf der Kleinbuchbinder mit Recht großen Wert legt, fällt gänzlich fort. Doch iſt die Maſchine nicht imſtande, die Handgeſchicklichkeit im Buchbindereibetrieb ganz entbehrlich zu machen [14]. Eine Ausnahme findet höchſtens ſtatt bei der Anfertigung billiger Maſſenartikel: Broſchüren, Kataloge, Zeitſchriftenlieferungen, Reklameſachen. Hier werden häufig die gedruckten Bogen direkt von der Rotationsmaſchine in die Falzmaſchine geleitet, um, gefalzt und mit Heftſtichen verſehen, von meiſt weiblichem Arbeiterperſonal weiter behandelt zu werden. Ueber die Arbeitsweiſe der einzelnen Maſchinen in der Bindetechnik vgl. Buchbindereimaſchinen. Die erſte Arbeit, das Falzen der Druckbogen, wird im Großbetriebe neuerdings faſt allgemein von der Falzmaſchine ausgeführt. Nur beſonders geartete Arbeiten werden nach wie vor von weiblichen Arbeitskräften gefalzt. Nach dem Falzen erhalten die Bogen zunächſt einen kräftigen Druck in der Stockpreſſe und werden, je nach Beſchaffenheit des Papiers, durch die Walzen einer Satiniermaſchine geſchickt, um das Papier zu glätten und die Dicke des Buches dauernd zu verringern. Vorher ſind jedoch aus den nebeneinander geſchichteten Bogen durch Abheben je eines derſelben die kompletten Exemplare zuſammengetragen worden und wandern nun, nachdem ein nochmaliges Durchblättern (Kollationieren) etwaige Fehler beſeitigt hat, zur Heftmaſchine. Die aus der Heftmaſchine herausgleitenden Bücher werden von einer Arbeitergruppe übernommen, die zunächſt die Vorſatzblätter einklebt, ſodann die Rücken leimt. Die Gazeſtreifen der Maſchinenheftung machen erheblich weniger Umſtände. Nun werden die Bücher in handhohe Stöße geteilt, um beſchnitten zu werden. Kleinere, wenig umfangreiche Bände werden gleich ringsherum beſchnitten, entweder auf der gewöhnlichen Schneidemaſchine mit dreimaligem Einſpannen einer Reihe von Stößen oder auf der ſogenannten dreiſeitigen Maſchine, in der jeder Stoß nur einmal eingeſetzt, aber dreimal der Meſſerſchneide zugeführt wird. Stärkere und beſſer ausgeſtattete Bände werden zunächſt vorne beſchnitten, marmoriert, gerundet, um dann erſt weiter beſchnitten zu werden, weil durch das Rundmachen nach dem Beſchneiden die Glätte und Sauberkeit der unteren und oberen Schnittflucht etwas leidet. Je nachdem die Schnitte marmoriert, gefärbt oder vergoldet werden, nehmen verſchiedene Arbeiter die Bücher in Empfang, um die bezeichneten Schnittgattungen, und zwar ſämtlich ohne maſchinelle Hilfsmittel, auszuführen. Dagegen wird das Runden durchweg von der Maſchine beſorgt, ebenſo wird durch vorübergehendes Einſpannen in die Klemmbacken der Abpreßmaſchine und Herüberfahren der Walze über den Rücken eine korrekte, wenn auch vielleicht nicht ſo nachhaltige Falzbildung erzielt. Die Vollendung des Buchblocks (Schnittglätten, Kapitalen, Aufkleben einer Papierhülſe) erfolgt genau wie im Kleinbetriebe; der Einband hat damit die erſte Hauptphaſe ſeiner Entſtehung durchlaufen. Die Herſtellung der Decke, die, wie oben gezeigt, beim Kleinmeiſter an und mit dem Buche erfolgt, geſchieht hier völlig getrennt. Die Großinduſtrie fertigt Decke und Buchblock jedes für ſich und klebt dieſen dann in die erſtere hinein. Die weit ſolideren Anſetzmethoden des Kleingewerbes werden nur ausnahmsweiſe angewendet. Die Anfertigung der Einbanddecken iſt einer der wichtigſten Zweige der Großbuchbinderei; es gibt bedeutende Firmen, die ausſchließlich Decken anfertigen, die auf dem Wege des buchhändleriſchen Verkehrs vertrieben werden. — Mittels der Pappenſchneidemaſchine mit kreisförmigen Meſſern werden die Papptafeln bei zweimaligem Durchlaufen in Streifen und Rechtecke zerlegt. Dieſe gelangen in die Hände ſpeziell darauf eingeübter Arbeiter, die in Gruppen zu drei Mann je einen Tiſch innehaben. Der erſte „ſchmiert“ den Kaliko mittels Pinſels „an“, der zweite legt die Pappdeckel und Rückeneinlagen mit Hilfe eines Apparates auf, ſchlägt oben und unten ein, der dritte kniffi die Ecken ein und ſchlägt die Vorderkanten herum; dann übergibt er die Decke den rotierenden Gummiwalzen des Anreibeapparates. — Bei Halbfranzdecken ändert ſich das Verfahren inſofern, als die höchſt forgfältig und gleichmäßig zugeſchnittenen Lederrücken, die mit der Maſchine oder auch von Hand „geſchärft“ wurden, zunächſt nur die Einlage aufgeklebt erhalten, die gewöhnlich mit einer Bundimitation en relief gepreßt wird. Oft erhalten dann die Seiten nach Anfügung der Pappdeckel und Ecken noch eine weitere Preſſung, ehe das Ueberziehen mit Papier oder Kaliko erfolgt. — Die gewöhnlichen Einbanddecken in engliſcher Buchbinderleinwand oder Kaliko werden dem Preſſer übergeben, der dieſelben mittels gravierter Platten aus Glockenmetall oder ſolcher in Zinkätzung mit Blind-, Schwarz-, Farben- oder Golddruck verſieht. Bei dieſer Arbeit dient die mit Dampf oder Gas geheizte Kniehebelhanddruckpreſſe (ſ. Goldpreſſung, ferner [13], [14]). Nur zu ſchweren Prägungen und für gleichmäßig-einfache Maſſenarbeit werden motorgetriebene Preſſen verwendet. — Die ſelbſtverſtändlich flachliegend gepreßten Rückeneinlagen werden nach Ausführung der Preſſung und nachdem ſie die rotierenden Bürſten der Goldabkehrmaſchine paſſiert haben, über einem erwärmten Metallrohr gerundet und kommen ſodann zum Fertigmacher oder in den Packraum. Das Einhängen und Anpappen bietet keine weſentlichen Unterſchiede gegenüber dem Verfahren im Kleinbetriebe.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

In die Augen fallende Abweichungen weiſt die Herſtellung der verſchiedenen Einſchreibbücher auf (weiteres ſ. Geſchäftsbücher.) Die Gebetbuchfabrikation arbeitet im allgemeinen nach den Prinzipien der Großbuchbinderei, doch unter Verwendung weſentlich verſchiedenen Materials, dem ſich auch die Ausſtattung anzupaſſen hat. Leder, Samt, Plüſch mit Auflagen und Beſchlägen in allen Metallarten, Elfenbein und Celluloid werden in den mannigfachſten Kombinationen angewendet. Verwandt mit dieſem Induſtriezweig iſt die buchbindertechniſche Bearbeitung der katholiſchen Ritualbücher (eine der früheſten Aufgaben der Buchbinderei), die ſeit langem in Regensburg ihren Sitz und vielfach eigenartige, techniſch intereſſante und kunſtgewerblich bedeutſame Erzeugniſſe aufzuweiſen hat. Damit iſt der Uebergang zur letzten Gruppe, der Liebhaber- und Luxusbuchbinderei, gegeben. Die kunſtvollen Techniken der Handvergoldung (ſ. Goldpreſſung), Ledermoſaik und Lederſchnitt ſind in den letzten Jahrzehnten neu belebt worden. Näheres hierüber findet ſich in [2], [9], [15]—[20]. Ueber die neueſten Leiſtungen und Fortſchritte orientiert am beſten das Studium der mit der Technik in engſter Fühlung ſtehenden unter [21]—[23] angeführten wichtigſten Fachblätter der Branche. — Bedarfsartikel (Werkzeuge und Materialien) liefern W. Leo in Stuttgart, Raab & Großmann in München, O. Th. Winkler in Leipzig, Armin Krah Nachf. in Berlin.

Literatur: [1] Steche, Zur Geſchichte des Bucheinbands, Archiv f. Geſch. d. deutſchen Buchhandels, Leipzig 1878, S. 120 ff. — [2] Adam, Lehr- und Handbuch der Buchbinderei, Dresden 1885, S. 884—940. — [3] Wattenbach, Schriftweſen des Mittelalters, Leipzig 1875. — [4] Schnaaſe, Geſchichte der bildenden Künſte im Mittelalter, S. 221 ff. — [5] Stockbauer, Muſtereinbände aus der Blütezeit der Buchbinderkunſt, Leipzig. — [6] Brunet, La reliure ancienne, Paris 1884. — [7] Gruel, Manuel historique et bibliographique de l'amateur de reliures, Paris 1887. — [8] Weatley, Remarkable Bindings in the British Museum, London 1888. — [9] Adam, Bucheinband, Leipzig 1890. — [10] Halfer, Die Fortſchritte der Marmorierkunſt, Stuttgart 1891. — [11] Hauptmann, Marmorierkunſt, Gera 1901. — [12] Kullmann, Zierſchnitte, Glauchau 1895. — [13] Tonndorf, Die Arbeiten an der Vergoldepreſſe, Stuttgart 1891. — [14] Leos Buchbinderkalender, Stuttgart 1904, S. 84. — [15] Feldegg, Wiener Kunſtbuchbinder- und Lederarbeiten, Wien 1890. — [16] Maul, Deutſche Bucheinbände der Gegenwart, 1888. — [17] Löwenſtein, Buchbinderkunſtarbeiten, Dresden 1892. — [18] Derome, La reliure de luxe, le livre et l'amateur, Paris 1888. — [19] Zähnsdorf, The Art of Bookbinding, London 1891. — [20] Adam, Der neue Stil in der deutſchen Buchbinderei, Halle 1899. — [21] Allgem. Anzeiger für Buchbindereien, Stuttgart. — [22] Archiv für Buchbinderei, Halle a. S. — [23] Papierzeitung, Berlin.

Saalfeld.

Buchbindereimaſchinen. Die eiſerne Bogen- oder Stockpreſſe gehörte bereits im 17. Jahrhundert zum ſtändigen Inventar einer Buchbinderei. Ihr folgte (etwa im Jahre 1820) die Schneidemaſchine, die zuerſt von Gebr. Heim in Offenbach in brauchbarer Form gebaut wurde; dann kamen die Prägepreſſen mit Schlagrad, Seitenhebel und Kniehebel und ſeit 1860—70 eine Reihe neuer Buchbindereimaſchinen.

Schneidemaſchine. Die Hauptteile der Maſchine ſind a) ein wagerecht, rechtwinklig zur Meſſerrichtung liegender Tiſch, der einen auf einer Leitſpindel durch Kurbelbewegung leicht verſtellbaren Sattel trägt und unter der Meſſerſchneide zur Aufnahme einer auswechſelbaren Holzleiſte eingerichtet iſt; b) die Vorrichtung zum Feſtpreſſen des eingelegten Materials; c) das eigentliche Schneidwerkzeug, das Meſſer mit den Einrichtungen zu ſeiner Befeſtigung und Führung; d) der Bewegungsmechanismus für dieſe letztere.

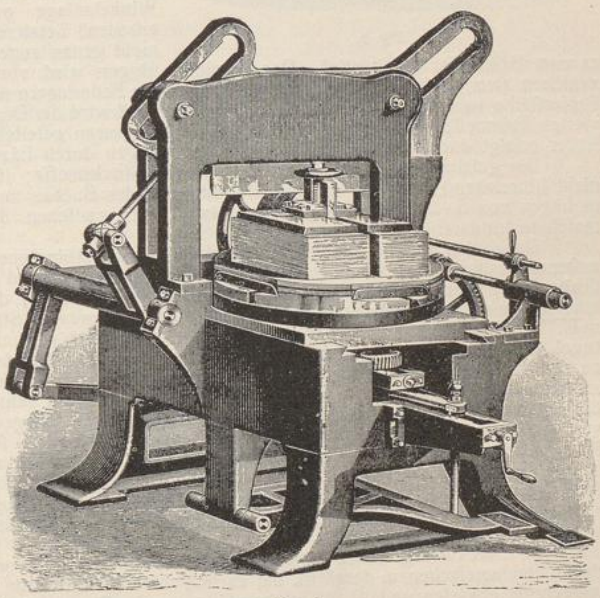


Fig. 1.

Der Tiſch iſt bei allen Konſtruktionen ziemlich gleichartig angeordnet, nur die Vorrichtungen für ſchnellere Bewegung des Sattels, die mancherlei Hilfsapparate für Seitenanlage, Maßſtäbe und Zeigeeinrichtung unterſcheiden ſich etwas. Ebenſo tritt bei der ſogenannten Dreiſeitenbeſchneidemaſchine eine bewegliche Platte an Stelle des Tiſches. Die Vorrichtung zum Feſtpreſſen wird teils mit Schlagrad und Schraubenſpindel (Handpreſſung), teils mittels Hebelanordnung (Selbſtpreſſung) bewirkt; auch das Schneidwerkzeug zeigt wenig weſentliche Unterſchiede: ſenkrecht-gerader, ſchräger und kreisförmiger Zugſchnitt

ſind die Schnittführungsarten, die zur Anwendung kommen. Am meiſten ändert ſich der Bewegungsmechanismus der Meſſerführung, doch laſſen ſich zwei Hauptgruppen unterſcheiden: Hebel- und Räderſyſtem. Das in neuerer Zeit mehr in Gebrauch kommende Beſchneiden der periodiſchen Literatur führte zur Konſtruktion der ſogenannten Vierſeitenſchneidemaſchinen. Hier werden zwei Stöße Hefte oder Bücher mit dem Rücken gegeneinander auf dem kreisförmigen beweglichen Tiſche feſtgepreßt und automatiſch die zu beſchneidenden Seiten viermal dem auf und nieder gehenden Meſſer zugeführt (ſ. Fig. 1). — Näheres über Schneidemaſchinen ſ. [1] und Kataloge von Aug. Fomm, Carl Krauſe, Chr. Mansfeld, Leipzig.

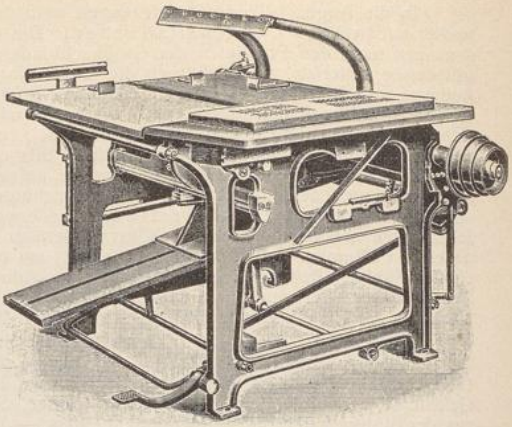


Fig. 2.

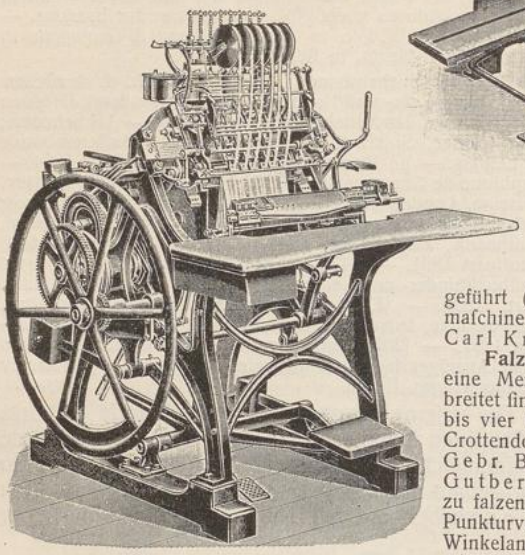


Fig. 3.

Falzmaſchine (Fig. 2). Hiervon exiſtieren eine Menge Konſtruktionen; am meiſten verbreitet ſind die Kreuzbruchfalzmaſchinen für zwei bis vier Brüche von Preuße & Co. in Leipzig-Crottendorf, F. Martini & Co. in Frauenfeld, Gebr. Brehmer in Leipzig-Plagwitz ſowie Gutberlet & Co. in Leipzig. Die Anlage des zu falzenden Bogens erfolgt am ſicherſten nach Punkturvorrichtungen; man kann aber auch nach Winkelanlage oder automatiſchen Schiebern arbeiten. Letztere ſchieben jeden Bogen, falls er nicht genau angelegt iſt, genau gerade, bevor er vom Falzmeſſer erfaßt wird. Der angelegte Bogen wird vom erſten Falzmeſſer erfaßt und zwiſchen zwei geriffelte Stahlwalzen geführt, die in Federlagern ruhen und ſomit der betreffenden Papierſtärke nachgeben. Auf Bändern beſonderer Art wird der Bogen weiter zum zweiten, dritten, vierten Falzmeſſer und dementſprechenden Walzenpaaren geleitet. Der Antrieb der Walzen und Räder erfolgt durch Riemen, alle andern Bewegungen durch Exzenter.

Die gefalzten Bogen kommen nun in die **Stockpreſſe;** iſt der damit ausgeführte Druck nicht hinreichend, um ein dauerndes Glattliegen des Buches zu gewährleiſten, ſo werden die in Lagen von 5—20 Bogen abgeteilten Bände noch zwiſchen den Stahlwalzen einer Satiniermaſchine hindurchgelaſſen.

Das früher übliche Einſägen des Buchrückens zur Aufnahme der Hanfſchnüre, die das Buch zuſammenhalten, iſt im Großbetriebe gänzlich abgekommen, und zwar durch die von der Firma Gebr. Brehmer in Leipzig eingeführte **Buchdrahtheftmaſchine**, deren Tätigkeit darin beſteht, von einer Spule abgewickelten Stahldraht in einige Zentimeter lange Stücke zu ſchneiden, dieſe Stücke in ⌜⌝-Form zu biegen, die Enden der Schenkel zugleich von innen nach außen durch den Falzbruch des vorliegenden Bogens zu treiben und an der Außenſeite desſelben feſt in die Form ⌜⌝ zu drücken. Bei Anwendung dieſes Verfahrens für wirkliche Einbände legt die Hefterin den zu heftenden Bogen auf den ſchwingenden Hefttiſch, dieſer führt denſelben an die Heftköpfe, die im Augenblicke des Berührens eine Klammer durch den Bogen und das darunter befindliche, von der Rolle ſich abwickelnde Heftzeug hindurchſtoßen; im ſelben Augenblicke werden die Klammerſchenkel durch am Tiſch angebrachte Umbiegeapparate auf der unteren Seite des Heftzeuges umgelegt und ſo bei jeder neuen Schwingung des Tiſches eine neue Lage angefügt. Sind ſämtliche Lagen des Buches verheftet, ſo wird durch einen raſchen Schnitt einer dazu angebrachten Rinne entlang das Heftzeug abgeſchnitten, und das Buch kann herausgenommen werden.

So zweckmäßig dieſes Verfahren für Hefte und Bücher von vorübergehender Gebrauchsdauer, Reklameſachen u. dergl. iſt, hat es ſich doch für Einbände wertvoller Bücher als gänzlich ungeeignet erwieſen und iſt für ſolche völlig von der **Buchfadenheftmaſchine** verdrängt worden (Fig. 3). Hier werden die Lagen einzeln über einen Sattel gehängt, dieſer führt ihn den Nadeln zu. Letztere durchſtechen den Bogen, während ein Weberſchiffchen mit eingelegter Zwirnſpule einen zweiten Faden in die durch den erſten gebildeten Schlingen einführt. Die Nadeln fahren nun zurück und ziehen den Schiffchenfaden feſt an, wodurch der Bogen mit dem darüber-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

gehenden Heftzeuge fest verbunden wird. Die Nadeln verändern dabei jedesmal seitwärts abwechselnd rechts und links ihren Standort, so daß sich über den Buchrücken ein Netz von Fäden spannt, die sich am Fitzbund ganz regelrecht verknüpfen. Ist ein Buch fertig geheftet, so wird, nachdem der letzte Bogen zwei Rädchen passiert hat, die ihn mit einem schmalen Klebstoffanstrich versehen, ein Klotz eingelegt, dessen Breite zugleich den nötigen Raum für das zu beiden Seiten überstehende Heftzeug gibt. Wie beim Heften besserer Bücher wurde die Drahtheftmaschine auch bei der Herstellung von Schreibheften durch die Knotenfadenheftmaschine verdrängt.

Die nächste Maschine, die nach dem Beschneiden, eventuell dazwischen, in Aktion tritt, ist die **Buchrückenrundemaschine.** Der geriffelte halbrunde Arbeitsteil der Maschine erfaßt den darunter geschobenen Band mit einem schräg nach der Mitte desselben gerichteten Drucke und preßt mittels der Pleuelstange des oberen Zahnrades erst die eine, dann die andre Hälfte des Buches gleichmäßig rund.

Die so gerundeten Bände kommen sodann in genau bestimmter Haltung in die **Abpreßmaschine**, deren Klemmbacken, durch einen Fußtritt geschlossen, den hinteren Teil fest zusammenpressen, so daß der die Heftfäden enthaltende Falz über die Kanten der Backen hinwegpreßt und durch Herüberdrücken der Walze fixiert wird.

Damit ist die Maschinenarbeit am Buchblock erledigt und es beginnt die Herstellung der Decke; zunächst das Schneiden der Pappdeckel. Die hierzu benutzten Maschinen beruhen auf dem Prinzip des Scherenschnittes. Die Pappschere mit Kreismessern trennt das Material durch Gegeneinanderwirken einer Anzahl Messerpaare, deren Querschnitt eine nahezu rechtwinkelige Fassette zeigt. Diese sind verstellbar auf zwei übereinander liegenden Wellen angeordnet, und wird das Material in ganzen Bogen von Walzenpaaren erfaßt und mit einmaligem Durchlaufen in Streifen zerlegt. Bei Fertigstellung der Einbanddecken kommen außer der Anschmier- und Anreibemaschine noch die Lederschärfmaschine, die Maschinen zum Schrägen und Abrunden der Deckel und die Prägepresse für Gold-, Blind-, Relief- und Farbendruck in Betracht (darüber s. Farbendruck, Goldpressung).

Literatur: Außer den beim Artikel Buchbinderei aufgeführten Fachwerken und Zeitschriften nennen wir: [1] Sturm, Die Schneidemaschinen, Buchgewerbeblatt 1893, S. 276. — [2] Saalfeld, Maschinenbuchbinderei, Papierzeitung 1895, Nr. 68, sowie die Kataloge der Firmen: K. Krause, Leipzig, Gutberlet & Co, Leipzig, Preuße & Co, Leipzig-Crottendorf, Gebr. Brehmer, Leipzig-Plagwitz, A. Fomm, Leipzig, Wilhelm Ferd. Heim, Offenbach, Chr. Mansfeld und Dietz & Listing, Leipzig-Reudnitz.

Saalfeld.

Buchbinderleinwand (Kaliko), s. Weberei.

Buchdruckerkunst (Typographie), umfaßt 1. das Setzen, d. i. die Herstellung einer Druckform durch Zusammenfügen einzelner Lettern, Linien, Zierstücke u. s. w. und 2. das Drucken solcher Sätze und der durch Stereotypie, Galvanoplastik, Aetzung, Holzschnitt und ähnliche Verfahren gewonnenen Hochdruckformen.

Im modernen Betriebe ist meist strenge Arbeitsteilung und örtliche Trennung der beiden Zweige durchgeführt. Man beschäftigt Setzer, je als Werk-, Zeitungs-, Maschinen-, Tabellen- oder Akzidenzsetzer spezialisiert, ferner Korrektoren und namentlich bei Zeitungen Metteurs-en-pages, die das Bilden der Seiten aus dem von den Setzern übernommenen Paketsatz besorgen (Mise-en-pages); im Maschinensaale Drucker an den Hand- oder Tiegeldruckpressen, Maschinenmeister für Zylinderflachdruck- und Rotationsmaschinen (s. Buchdruckmaschinen); sogenannte Schweizerdegen, die setzen und drucken, sind selten. Die Abteilungsleiter heißen Faktore. Die den Handsatz ersetzenden Setzmaschinen (s. d.) finden nur bei glattem Werk- und Zeitungssatz Verwendung. Die Setzerei soll in einem luftigen, lichten, mit fugenlosem Boden ausgestatteten Raume untergebracht sein. In Gassen reihenförmig aufgestellt sind die Setzregale, in diesen eingeschoben befinden sich die Schriftkästen, d. s. Schubladen mit für die verschiedenen Schriftarten, Musiknoten, Linien u. s. w. wechselnder eigenartiger Facheinteilung. Wo es angeht, trägt letztere dem häufigeren Bedarfe mancher Buchstaben Rechnung, so daß diese in größeren Mengen und möglichst nahe erreichbar untergebracht sind. Naturgemäß muß das gesamte zur Form nötige Material, das aus den mannigfachsten für glatten Werk- und Zeitungssatz bestimmten Brotschriften, den Zierschriften (s. Schriftarten) für Akzidenzen, Zeichen, Einfassungen, Raumfüllungen u. dergl. besteht, nach einer einheitlichen Skala genau dimensioniert sein. Dem u. a. in Deutschland und Oesterreich-Ungarn bei Neueinrichtungen fast ausschließlich angewendeten, von Berthold auf der Basis des Meters überarbeiteten System Didot liegt die Rechnung 1 Meter = 2660 typographischen Punkten zugrunde. Die deutsche Normalschrifthöhe beträgt 62,7 typographische Punkte. Die verschiedenen Schriftgrößen werden Grade genannt und haben spezielle Bezeichnungen, die sich eben nach ihrer Kegelstärke, d. i. die längs den Seiten der Bildhöhe gemessene Dimension des Letternklötzchens, richten. 3 Punkte = Brillant, 4 Punkte = Diamant, 5 Punkte = Perl, 6 Punkte = Nonpareille, 7 Punkte = Kolonel, 8 Punkte = Petit (daher 1 Punkt = $^1/_8$ Petit, 2 Punkte = $^1/_4$ Petit), 9 Punkte = Bourgeois oder Borgis, 10 Punkte = Garmond, 12 Punkte = Cicero, 14 Punkte = Mittel, 16 Punkte = Tertia, 20 Punkte = Text, 24 Punkte = Doppelcicero, 28 Punkte = Doppelmittel, 36 Punkte = Kanon, 48 Punkte = Missal = 1 Konkordanz. Zur Ausfüllung der weißen Räume dient das niedriger gehaltene Blindmaterial, bestehend aus den in der Zeile selbst verwendeten Ausschließungen (Quadraten, Gevierten, Spatien u. s. w.), den zum Durchschießen der Zeilen, wenn sie nicht knapp, kompreß aufeinander folgen sollen, benutzten Regletten und Durchschuß, endlich den an die Stelle größerer leerer Räume kommenden Stegen. Beim Setzen entnimmt der Setzer mit der rechten Hand dem auf

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

dem Regalaufſatze ſchräg liegenden Schriftkaſten, auf welchem mittels einer Gabel (Diviſorium) an einem feſtgeſchraubten aufrechten Stab (Tenakel) die abzuſetzende Vorlage (Manuſkript) befeſtigt iſt, die Lettern, wobei die an dieſen angebrachten Einkerbungen (Signaturen) das lagerichtige Ergreifen erleichtern, und führt ſie dem von der linken Hand gehaltenen, auf Zeilenbreite (Format) eingeſtellten eiſernen Käſtchen, dem Winkelhaken zu. Bleibt am Schluſſe der Zeile ein kleiner Raum, muß durch Vergrößern (Ausbringen) der Wortzwiſchenräume, ſind noch einige Lettern unterzubringen, durch Verkleinern (Einbringen) die Zeile genau auf die gegebene Breite ausgeſchloſſen werden. Um die nächſte Reihe glatt ſetzen zu können, gelangt die ſchrifthohe, dünne, zeilenbreite Setzlinie ſtets über die bereits zuſammengefügte Zeile. Sie wird auch, wenn der Winkelhaken voll iſt, zum Ausheben des Satzes auf das Schiff benutzt, dem auf zwei oder drei Seiten mit einem Rande, oft auch mit einem ausziehbaren Zwiſchenboden (Zunge) verſehenen Blech. Wird bei fortlaufendem Werk- und Zeitungsſatz in Spalten geſetzt, ſo werden dieſe in der Abzieh- oder Handpreſſe abgezogen oder mit der Bürſte abgeklopft, d. h. man macht zur Vornahme der Haus- oder Autorkorrektur einen rohen Abdruck (Fahne). Sind die mittels beſtimmter Zeichen angemerkten Aenderungen mit Hilfe von Pinzette und Ahle vorgenommen, ſchreitet man an das Umbrechen, nämlich das Bilden der Seiten. Oder der Setzer juſtiert gleich durch Einfügen des Kolumnentitels, der ein toter genannt wird, wenn er nur die Seitenzahl, ein lebender, wenn er eine weitere Bezeichnung enthält, dann des Durchſchuſſes u. ſ. w. den Satz zur fertigen Kolumne. Durch Umwickeln mit einer Schnur (Ausbinden) oder mittels zu Rahmen fügbarer Stege erhält der Satz Sicherung, um während ſeiner Aufbewahrung auf den Setzbrettern im Gefüge zu bleiben; durcheinander geworfene Buchſtaben heißen „Zwiebelfiſche“, in falſche Fächer geratene „Fiſche“. Bedingt ſchon glatter Satz große Handfertigkeit, ſo ſtellt der Akzidenzſatz an den Arbeiter bezüglich Genauigkeit und Geſchmack beſondere Anforderungen. Iſt der Satz druckreif, der Abzug mit dem „Imprimatur“ verſehen, gelangt er zum Stereotypieren oder in richtiger, den Bogenfalz berückſichtigender Kolumnenſtellung ausgeſchoſſen in den Maſchinenſaal. Der Drucker oder Maſchinenmeiſter ſchießt ihn auf die eiſerne Schließplatte, unter Umſtänden direkt auf das Fundament (Formträger) der Maſchine, legt den geſchmiedeten Schließrahmen auf, entfernt die Kolumnenſchnüre, füllt nach gewiſſen Regeln die den Papierrändern entſprechenden freien Stellen (je nach ihrer Lage Kapital-, Mittel-, Kreuz-, Bund-, Schneidſteg genannt) mit Blindmaterial aus (Formatmachen), ebenſo die übrigen Räume. Sodann verklopft man den Satz mit Holz und Hammer, damit nicht einzelne Buchſtaben höher ſtehen, und durch Anziehen des zwiſchen Form und Rahmen eingeſchobenen Schließzeuges (gezahnte Rollen über gezahnte Stege laufend, Keile, die gegeneinander getrieben werden, u. dgl. m.) wird eine völlige Feſtlegung der nunmehr geſchloſſenen Form bewirkt. Sie wird jetzt in die Maſchine (ſ. Buchdruckmaſchinen) gehoben, die Druckſtärke reguliert, Druckplatte oder Zylinder mit Papier oder Stoff oder beidem zuſammen (Aufzug) bekleidet und Abdrücke gemacht. Während nochmals auf Fehler revidiert wird, beginnt das Zurichten, nämlich die Druckverſtärkung oder Schwächung einzelner unkorrekt druckender Stellen durch Ausſchneiden aus dem Aufzuge reſp. durch Aufkleben feiner Papierblättchen, welche Manipulation von großer Wichtigkeit iſt (ſ. a. Illuſtrationszurichtung). Iſt der Farbezufluß reguliert, beginnt der Auflagendruck, während welchem auf ſtets gleichbleibende Färbung, ferner darauf zu ſehen iſt, daß ſich nicht ein dubliertes Drucken (Schmitz) oder Spieße, d. i. in die Höhe geſtiegenes und infolgedeſſen mitdruckendes Blindmaterial, einſtellen u. ſ. w. Als Waſchmittel während des Druckes dienen flüchtige Mittel (Benzin, Petroleumſprit), um ſofort weiter drucken zu können. Das Bedrucken der erſten Bogenſeite wird Schöndruck, das der zweiten Widerdruck genannt; beide müſſen in der Durchſicht genau aufeinander paſſen (Regiſter halten). Das früher faſt durchaus geübte Feuchten des Papiers, um es weicher und farbeempfänglicher zu machen, wird heute beim Buchdruck mit wenigen Ausnahmen (Zeitungsdruck z. B.) unterlaſſen, bei den vielbenutzten geſtrichenen Papieren (ſ. Farbendruck) iſt es überhaupt untunlich. Dagegen wird das mitunter auf der Rückſeite beim Drucke entſtehende Relief (Schattierung) häufig in der Spindel- oder hydrauliſchen Preſſe geglättet. Iſt der Druck beendet, werden die Kolumnen wieder ausgebunden, mit gelöſter kauſtiſcher Soda gewaſchen und mit Waſſer abgeſpült. Sodann gelangt der Satz zurück in die Setzerei entweder zum Aufräumen, wobei Stege und Durchſchuß entfernt, die Zeilen kompreß zuſammengeſchoben und ausgebunden aufbewahrt werden, oder zum Ablegen, in welchem Falle der Setzer eine Anzahl Zeilen auf der Setzlinie in die linke Hand nimmt (Griff), während er mit der Rechten einige Worte abhebt und, geſchickt einen Buchſtaben nach dem andern löſend, dieſe in ihre Fächer fallen läßt.

Zahlreiche Druckereien beſitzen auch ihre eigne Stereotypie, die beim Rotationsmaſchinenbetrieb unentbehrlich iſt, ferner eine Hausbuchbinderei. Dagegen ſind, mit geringen Ausnahmen, die Schriftgießerei, die Druckfarben-, Firnis- und Walzenmaſſefabrikation heute durchaus ſelbſtändige Betriebe, wozu die enorme Steigerung der an die hier in Betracht kommenden Hilfsmittel geſtellten Anforderungen allmählich geführt hat.

Literatur: Franke, Handbuch der Buchdruckerkunſt, Weimar 1857; Waldow, Die Buchdruckerkunſt, Leipzig 1876; Faulmann, Handbuch der Buchdruckerkunſt, Wien 1884; Waldow, Encyklopädie der graph. Künſte, Leipzig 1884; Marahrens, Vollſtändiges Handbuch der Typographie, Kiel 1891; Fiſcher, Anleitung zum Akzidenzſatz, Leipzig 1893; Krüger, Die Technik der bunten Akzidenz, Berlin 1900; Weber, Katechismus der Buchdruckerkunſt, Leipzig 1901; Hellwig, Der Satz fremder Sprachen, Frankfurt a. M. 1901; Goebel, Die graph. Künſte der Gegen-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

wart, Stuttgart 1895, neue Folge ebend. 1902; Mac Kellar, The American printer, Philadelphia 1878; Southward, Practical Printing, London 1899; De Vinne, The Practice of Typography, New York 1900; Southward, Modern Printing, 4 Bde., London 1898—1900; Leclerc, Nouveau manuel complet de typographie, Paris 1897. *A. W. Unger.*

Buchdruckfarben, schwarze und bunte Farben, bestimmt, auf Papier oder andern geeigneten Stoffen die mittels Buchdruck (mit Maschinen oder Handpressen) dargestellten Buchstaben und Zeichnungen sichtbar zu machen.

Hauptsächlich werden schwarze Buchdruckfarben (auch Buchdruckerschwärze, Druckerschwärze) verwendet, für Plakate und Kunstdrucke auch bunte Farben. Alle Buchdruckfarben bestehen aus dem Firnis und dem Farbkörper (Ruß, Ultramarinblau, Zinnober, Chromgelb u. dergl.). Anforderungen an eine gute Farbe sind: 1. Sie muß eine vollkommen gleichmäßige, sirupdicke Flüssigkeit darstellen; es dürfen in derselben weder kleine Körnchen unverriebenen Rußes oder andrer Farbkörper, noch dürfen Häutchen oder sonstige Verunreinigungen vorhanden sein. 2. Sie muß bei Vorhandensein der geforderten Stärke und den Anforderungen der Druckmaschinen (ob für Rotationsmaschinen, Schnellpressen oder Handpressen) sich leicht mit der Walze auf die Formen auftragen lassen. 3. Sie muß einen vollkommen reinen Druck geben, darf die Lettern nicht verschmieren und muß sich leicht von denselben abwaschen lassen. 4. Sie darf nicht zu langsam und nicht zu rasch, sondern in angemessener Zeit trocknen. Im ersteren Falle, bei zu langsamem Trocknen, können die Bogen nicht abgenommen, gefalzt und versendet werden, was namentlich bei Zeitungen sehr störend wirken würde. Im letzteren Falle würde die Farbe auf Papier und Lettern während des Druckes trocknen, das Papier würde sich an den Lettern beziehentlich der Form anhängen, zerreißen und einen Weiterdruck unmöglich machen; dasselbe würde sich beim Auftragen mit den Walzen ereignen; es würden Stücke aus denselben herausgerissen und in der Form anhängend werden, beides Uebelstände, die nicht vorkommen dürfen. 5. Die Farbe darf, sobald sie trocken geworden, nicht abfärben. 6. Die Farbe darf keinen starken Geruch haben, oder derselbe muß sich nach dem Trocknen des Druckes verflüchtigen. 7. Die Farbe darf, nachdem der Druck trocken geworden, nicht auslaufen, d. h. Fetträndern um die Lettern bilden: diese dürfen namentlich bei solchen Farben, die zum Bücherdruck verwendet werden, nicht vorkommen. Je nach den Maschinen, auf welchen die Buchdruckfarben verarbeitet werden, benennt man die letzteren Rotationsmaschinen-, Maschinen- und Handpreßfarben; den einfachen Zwecken nach gibt es Zeitungs-, Akzidenz-, Illustrationsfarben in verschiedenen Qualitäten und verschiedenen Preisen von 30 bis 500 ℳ pro 50 kg. Eine besondere Sorte Buchdruckfarbe ist die Kopierfarbe, die sich wie Tinte auf Seidenkopierpapier kopieren läßt. Neuerdings sind die ursprünglichen Materialien der schwarzen Farbe — reines Leinöl und bester Ruß — vielfach durch billigere, wie Harzöl, Harz, Teeröle u. s. w., Ruß durch andre Schwärzen ersetzt worden; die damit hergestellte Farbe eignet sich jedoch nur für gewöhnlichen Zeitungs- und Werkdruck, während für feinere Drucke und Illustrationen noch immer dick eingekochtes Leinöl, beste Rußsorten in Verbindung mit Pariserblau und Teerfarbstoffen, um den tiefblauschwarzen Farbenton und den Glanz zu erzielen, ausschließlich angewendet werden. Die Bestrebungen, den Ruß in Buchdruckfarben durch ein anorganisches Schwarz aus Eisen zu ersetzen, haben zu keinen praktischen Folgen geführt, wenngleich der Gedanke, das bedruckte Papier bei Wiederverwendung in der Papierfabrikation durch Bleichen oder Behandeln mit die Schwärze zerstörenden Chemikalien in weißen Papierstoff umzuwandeln, als sehr zweckmäßig angesehen werden muß; da Ruß oder Kohle in der Farbe nicht verändert werden kann, ist die Wiederverwendung bedruckter Papiere zu weißem Papierstoff ausgeschlossen.

Literatur: Andés, Die trocknenden Oele, Braunschweig 1882; Derf., Oel- und Buchdruckfarben, Wien 1889; Andres, Lack- und Firnisfabrikation, 4. Aufl., Wien 1893; Köhler, Die Fabrikation des Rußes und der Schwärze, Braunschweig 1889. *Andés.*

Buchdruckfirnisse, mehr oder weniger dickflüssige, aus reinem Leinöl oder aus Leinöl, Harz und Harzöl, auch Teerölen, Mineralölen bestehende, zum Anreiben und Verdünnen von Schwärzen (Ruß) und bunten Farben für den Buchdruck — also für Buchdruckfarben — benutzte Firnisse; sie werden gewöhnlich in vier Konsistenzarten: schwach, mittelstark, stark und ganz stark (auch leicht, mittelstreng, streng und ganz streng) geliefert. *Andés.*

Buchdruckmaschinen. Man unterscheidet je nach der Art des Formenträgers und des Druckkörpers drei Hauptgruppen. 1. Maschinen, deren Formenträger und Druckkörper ebene Flächen besitzen. Hierher gehören:

A. Die Handpresse (Fig. 1). Diese, die $3^1/_2$ Jahrhunderte ausschließlich in Verwendung stand, wird wegen des umständlichen Arbeitsvorganges — elf Manipulationen bei jedem Druck — nur mehr zur Anfertigung von Korrekturabzügen, kleinen Auflagen und von den Aetzanstalten zum Andrucken der Klischees benutzt. Der auf einer eisernen Platte, dem Fundamente, befestigte Satz wird mit der Handwalze eingefärbt, der zu bedruckende Bogen auf dem die Zurichtung tragenden Deckel, ein mit Papier bespannter Rahmen mit zum Aufnehmen der Einlage bestimmtem zweiten Rahmen (Tympan) gelegt, ein drittes Rähmchen zum Festhalten des Bogens heruntergeschlagen und der Deckel auf die Form geklappt. Nun wird das auf Schienen gleitende Fundament unter die Druckplatte, den Tiegel, gefahren, dieser durch Anziehen einer Eisenstange (Bengel), was das Durchdrücken eines Knieestückes oder die Geradestellung zweier im Ruhezustande schräg stehender Kegel bewirkt, herabgepreßt. Beim Zurückgehen des Bengels hebt sich der Tiegel durch Federn oder ein Gegengewicht; die Form wird ausgefahren, Deckel und Rähmchen geöffnet und das Papierblatt abgehoben.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

B. Die Tiegeldruckſchnellpreſſen. Die für gewöhnliche merkantile Arbeiten gebräuchlichen ſogenannten „Amerikaner“ (nach dem Typ der „Original-Liberty“ von F. M. Weiler, Berlin-New York; ſ. deſſen Katalog) beſitzen zumeiſt ſchwingendes Fundament und ſchwingenden Tiegel, die buchartig auf- und zuklappen. Die Form wird beim Paſſieren der in Einſchnitten liegenden Auftragwalzen eingefärbt, dieſe werden von einem Teller oder Zylinder geſpeiſt, denen eine ſich hebende und ſenkende Walze aus dem Farbekaſten neue Farbe zuführt.

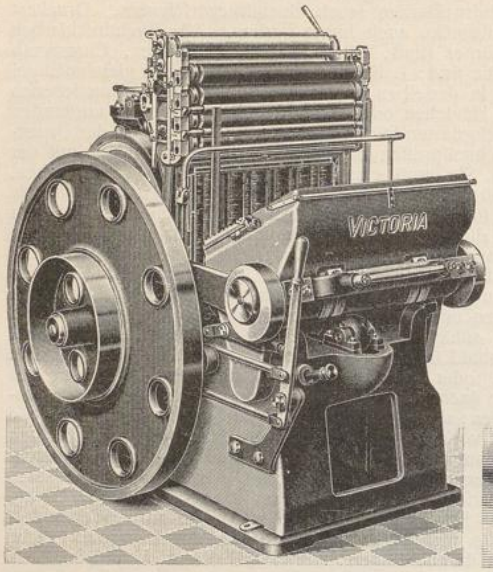


Fig. 2. Tiegeldruckſchnellpreſſe von Rockſtroh & Schneider Nachf. A.-G., Dresden-Heidenau.

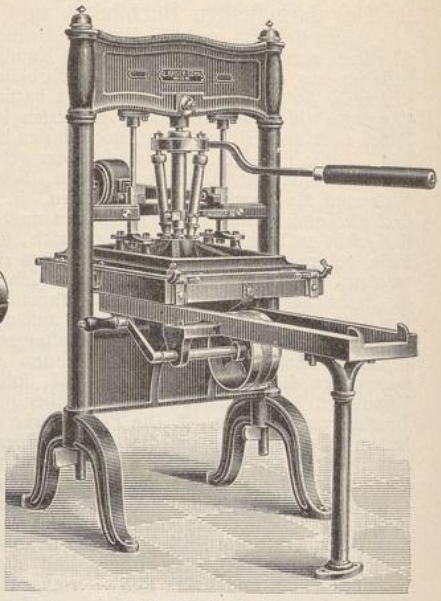


Fig. 1. Handpreſſe von L. Kaiſers Söhne, Wien.

Bei den auch für den feinſten Kunſtdruck geeigneten modernen Tiegeldruckſchnellpreſſen mit fixem Fundamente (Fig. 2) befindet ſich die Form ſenkrecht, der das Papier tragende Tiegel ſchaukelt aus der im Ruhezuſtande faſt wagerechten Lage in vertikale Stellung, um dann zur Form parallel vorzugehen. Die Einfärbung erfolgt durch in einem auf- und abwärts bewegten Wagen gelagerte Walzen, die von einem umfangreichen Farbwerke, deſſen Hauptzylinder neben der rotierenden Bewegung eine axiale Verſchiebung erleiden, neue Farbe empfangen. Die Tätigkeit der bedienenden Perſon beſchränkt ſich bei den Tiegeldruckſchnellpreſſen auf das Ein- und Auslegen des Papierblattes, das von Eiſenſtäben, die ſich erſt einige Zeit nach dem Drucke heben, feſtgehalten wird.

Der Umſtand, daß bei Verwendung zweier ebener Platten der Druck der ganzen Form gleichzeitig erfolgt, was bei großen Formaten einen außerordentlichen Kraftaufwand erforderte, und manche Hinderniſſe andrer Art machen es notwendig, die Größe derartiger Preſſen enger zu begrenzen.

Für das Bedrucken großer Bogen dienen 2. Preſſen, deren Formenträger flach, deren Druckkörper dagegen zylindriſch iſt, die ſogenannten Zylinderflachdruckmaſchinen.

Das die Druckform tragende Fundament wird durch Eiſenbahnbewegung, Kreisbewegung, Doppelrechenantrieb und auf andre Art in wagerechter Lage eine beſtimmte Strecke hin- und zurückgeführt. Dabei paſſiert die Form Farbwalzen und den (oder mehrere) das Papier mittels Spangen, Greifern, feſthaltenden Druckzylinder. Dieſer kann ein Stopzylinder, d. h. bei der Rückfahrt der Form ſtilleſtehender ſein, oder er bewegt ſich kontinuierlich, wobei der ſonſt durch das plötzliche Arretieren des raſch rotierenden Körpers entſtehende Stoß vermieden wird, oder aber er iſt ein mit der Form zurückſchwingender. Der Bogen wird mittels Bändern und einem Rechen oder andrer Vorrichtungen ſelbſttätig ausgeführt, bei einigen neueren Konſtruktionen derart, daß der friſche Druck mit Bändern, Stäben oder dergl. nicht in Berührung kommt (Frontbogenausgang). Die meiſten Zylinderflachdruckmaſchinen beſitzen ein an Walzen reiches Farbwerk, ferner zur Erzielung genauen Paſſens Punktiervorrichtungen und Bogenſchieber (ſ. Punktieren), Schnellgangpreſſen zur Verhinderung des Stoßes beim Bewegungswechſel des Fundamentes Luftpuffer u. a. m. Je nach der Leiſtung gibt es:

A. ſogenannte einfache Schnellpreſſen (Fig. 3), die bei einer Tour einen während der Einfahrt der Form erhaltenen einſeitig bedruckten Bogen liefern;

B. Doppelmaſchinen, die bei einer Tour zwei einſeitig bedruckte Bogen liefern, da ein ſchwingender oder zwei abwechſelnd bewegte Zylinder auch die Rückfahrt der Form ausnutzen;

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

C. Zweifarbmaſchinen mit zwei hintereinander liegenden Fundamenten, die in einem Arbeitsvorgange einen zweifarbigen Druck ergeben, und endlich

D. Komplett- oder Schön- und Widerdruckmaſchinen, die während einer Tour einen Bogen auf beiden Seiten bedrucken. Zur Vermeidung des Abſchmierens des erſten Druckes iſt zwiſchen Papierbogen und Widerdruckfläche ein ſich verſchiebendes Papierband eingeſchaltet.

Die Leiſtungsfähigkeit aller dieſer Maſchinen wird dadurch eingeengt, daß das Hin- und Zurückführen des verhältnismäßig gewichtigen und von der Form noch beſchwerten Fundamentes einen ſehr raſchen Maſchinengang nicht zuläßt.

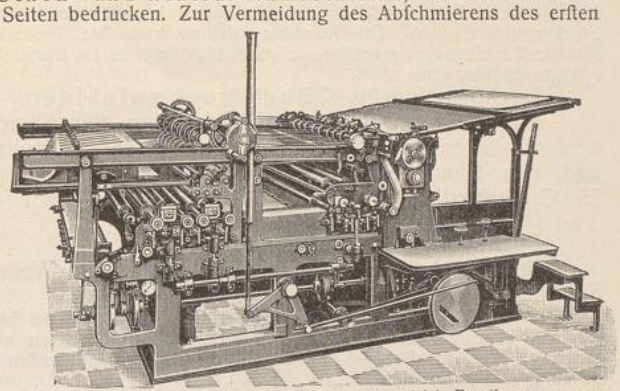


Fig. 3. Einfache Schnellpreſſe mit Doppelrechenantrieb, Frontbogenausgang, Zweilaufzylinder, kombinierter Tiſch- und Zylinderfärbung von König & Bauer, Würzburg.

Für in kurzer Zeit zu bewältigende Maſſenauflagen werden 3. die ſogenannten Rotationsmaſchinen benutzt, bei denen Formenträger und Druckkörper Zylinder ſind, demgemäß ein Bewegungswechſel ſchnellaufender Teile nicht ſtattfindet (Fig. 4).

Statt einzelner Bogen wird ein von einer Rolle ablaufendes Papierband (Endloſe) verarbeitet, die runden Druckformen werden mittels Stereotypie (ſ. d.) oder auch galvanoplaſtiſch vom Satze gewonnen. Die Rotationsmaſchinen werden den vielfältigen Bedürfniſſen der Zeitungsherſtellung und andrer Zwecke entſprechend in den mannigfachſten Ausführungen gebaut. Sie können für veränderliches Format (Variable) konſtruiert ſein, in welchem Falle der Papierſtrang bereits in Bogen zerſchnitten dem Druckzylinder zugeführt und von dieſem pneumatiſch angeſaugt und abgeſtoßen wird, oder für konſtantes Format. Hier paſſiert das Papierband erſt die verſchiedenen Druck- und Formenzylinder, ſodann erſt Perforier-(Schneide-) und Reißwalzen. Dampfbefeuchtung bewirkt, daß das Papier weicher und aufnahmsfähiger für die Farbe wird; je ein umfangreiches Farbwerk bedient die Formenzylinder. Die Maſchinen werden ferner häufig mit Klebe-, Falz-, Sammel-, Heft- und Zählapparaten, mit Abſchmutzvorrichtungen beim Widerdruck u. dergl. m. ausgeſtattet. Sie können für die Lieferung umfangreicher Zeitungen, für Illuſtrations- und Mehrfarbendruck gebaut werden.

Zum Betreiben aller Arten Schnellpreſſen wird, mit Rückſicht auf die eigenartige, oft intermittierende Beanſpruchung der Buchdruckmaſchinen, in neuerer Zeit der elektriſche Einzelantrieb beſonders günſtig angewendet.

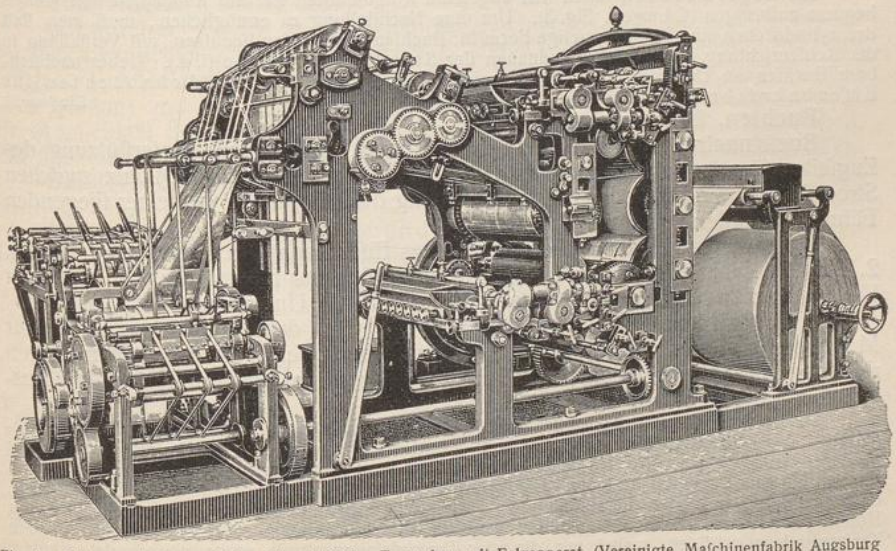


Fig. 4. Zeitungsrotationsmaſchine für achtſeitige Exemplare mit Falzapparat (Vereinigte Maſchinenfabrik Augsburg und Maſchinenbaugeſellſchaft Nürnberg A.-G., Werk Augsburg).

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Literatur: König & Bauer, Die erſten Druckmaſchinen, Leipzig 1851; Fiſcher & Wittich, Die Schnellpreſſe, Leipzig 1878; Goebel, Friedrich König und die Erfindung der Schnellpreſſe, Stuttgart 1883; Waldow, Hilfsbuch f. Maſchinenmeiſter, I. Teil, 2. Aufl. 1895, II. Teil, 2. Aufl. 1893, III. Teil 1892, Leipzig; Wentſcher, Maſchinen der amerikaniſchen Druckinduſtrie, Berlin 1897; Stecker und Gerlach, Die Rotationsmaſchine und ihre Technik, Bant-Wilhelmshaven 1904; Monet, Machines typographiques et procédés d'impression, Paris 1898; Ducrot, Presses modernes typographiques, Paris 1904. *A. W. Unger.*

Buchdruckpreſſe, f. Buchdruckmaſchinen.

Buchöl, das Oel aus dem Buchenkern, dem Samen von Fagus sylvatica *L.*, wird nur ſelten gewonnen. Es iſt, kalt gepreßt, hellgelb, von mildem Geſchmack und von ſchwachem, eigenartigem Geruch. Spez. Gew. 0,920—0,9225 bei 15° C.; erſtarrt bei —16,5 bis —17,5° C.; wird ſchwer ranzig.

Literatur: Bornemann, Die fetten Oele, Weimar 1889. *Deite.*

Buchsbaumholz, f. Nutzhölzer.

Buchſen bekleiden als dünnwandige Hülſen Wellen oder Stangen an ihren Führungsſtellen.

In den Gelenken von Steuerungen u. dergl. läßt man bei hohem Druck, um Abnutzungen möglichſt auszuſchließen, gehärtete Stahlbolzen in gehärteten und nachgeſchliffenen Stahlbuchſen arbeiten, die 4—8 mm Wandſtärke erhalten und außen durch ſchwache Keile gegen Drehung zu ſichern ſind.

Leerlaufbuchſen werden innerhalb der Naben von loſen Riemenſcheiben verwendet und mit Stellſchrauben auf der Welle feſtgeſchraubt (Fig. 1). $D = 1{,}2\,d + 10$ mm. Sie verhüten die Abnutzung der Welle und erſetzen zugleich durch einen Bund am Ende den neben der Losſcheibe ſonſt erforderlichen Stellring. Sie können (nach Fig. 2) als Fettſchmierbüchſe ausgebildet werden, nämlich außen in der Lauffläche mit geraden oder ſchraubenförmigen Nuten verſehen ſein, die durch Löcher mit der inneren Nabenaushöhlung in Verbindung ſtehen; die Höhlung iſt mit Schmierfett zu füllen. Statt der Stauferbüchſe, die außen auf dem Bunde ſitzt, empfiehlt es ſich, eine kurze Verſchlußſchraube in die Füllöffnung verſenkt einzuſetzen, um vorſpringende Teile an der Welle zu vermeiden. Nach den Liſten des Eiſenwerks Wülfel beträgt der Durchmeſſer D der Lauffläche bei d mm Wellenſtärke für gußeiſerne Buchſen $D = 1{,}2\,d + 15$ mm, und für ſolche mit Weißmetallmantel (Fig. 2) $D = 1{,}4\,d + 15$ mm. Nach den Liſten der Berlin-Anhaltiſchen Maſchinenbau-Aktiengeſellſchaft beträgt der Durchmeſſer $1{,}25\,d + 20$, ihre Länge von 100 oder 150 mm an bis höchſtens $1{,}5\,d + 150$, der Durchmeſſer des Bundes $1{,}5\,d + 40$, ſeine Breite $0{,}2\,d + 25$ mm.

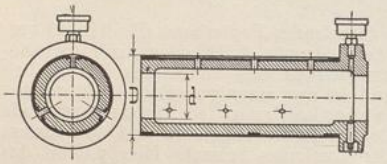


Fig. 2.

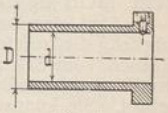


Fig. 1.

In Stopfbuchſen (ſ. d.) ſoll die Grundbuchſe zur Führung der Stange dienen; in der Regel wird auch die gußeiſerne Brille, zur Sicherung der Stange, ausgebuchſt.

Als Lagerbuchſen laſſen ſich ungeteilte Rotgußhülſen nur auf Endzapfen von Wellen bequem aufbringen (ſ. Lager, Fig. 3). Um eine Nachſtellung zu ermöglichen, muß man ſtatt der zylindriſchen eine ſchlankkegelige Form für Buchſen und Zapfen benutzen, mit Verſtellung in der Achſenrichtung, z. B. in den Radnaben der Straßenfuhrwerke (ſ. d.). Ueber nachſtellbare Buchſen an Drehbankſpindeln ſ. Lager, Fig. 8 und 9. — S. a. Achsbüchſen für Eiſenbahnfahrzeuge. *Lindner.*

Buchten, f. Schweineſtälle.

Buchtnachen (auch Giernachen) nennt man die zur Unterſtützung des Zugſeiles (der Leine) beim Treideln der Flußſchiffe und großer Diſtanz zwiſchen Stromſtrich und Motor oder zur Unterſtützung der Hauptkette bei einer fliegenden Fähre verwendeten kleinen Schiffe.

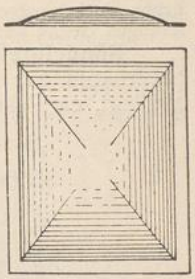
Buckeleiſen, 1. mit Buckeln verſehenes Eiſenblech (Buckelplatten), ſ. Blech. 2. Ein mit einem runden Kopf verſehener Stahlſtab zur Herſtellung von kugeligen Vertiefungen in Blech, wobei eine Anke (ſ. d.) als Unterlage dient. *Dalchow.*

Buckelplatten (Blechkalotten), die von dem engliſchen Ingenieur Mallet erfundenen Platten, die bei quadratiſcher oder rechteckiger Form einen ringsherum laufenden ebenen Rand und in der Mitte eine muldenförmige Ausbauchung beſitzen.

Sie zeichnen ſich durch große Tragfähigkeit aus und kommen etwa ſeit 1860 zur Herſtellung der Fahrbahntafeln für Eiſenbahn- und Straßenbrücken vielfach zur Anwendung (ſ. Brückenbelag). Ihre Herſtellung geſchieht im allgemeinen in der Weiſe, daß man die entſprechend zugeſchnittenen Blechplatten im glühenden Zuſtande in Geſenke preßt, deren Höhlung mit der herzuſtellenden Plattenform übereinſtimmt. Gewöhnlich wird der Höhlung die Form eines Kloſtergewölbes gegeben, dieſelbe alſo aus zwei ſich durchdringenden Kreiszylindern gebildet, wobei nur die vier Durchdringungsgrate etwas abgerundet werden. Zuweilen wird aber die Abrundung ſo weit getrieben, daß nur eine einzige Fläche entſteht,

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

deren Vertikalſchnitte parallel zu den Seiten Parabeln ſind, während die Horizontalſchnitte Kurven vierten Grades werden, die an der Baſis in ein Rechteck, im Scheitel in eine Ellipſe übergehen. Der Pfeil der Ausbauchung wird gewöhnlich $= {}^1/_{10}$ der kürzeren Seitenlänge gemacht. Die Breite des ebenen Randes beträgt 40—80 mm. Die Plattengröße findet man bei quadratiſchen Platten bis zu einer Seitenlänge von 1,5 m, bei rechteckigen Platten ſogar bis zu Seitenlängen von 0,8 m × 2,3 m. Die Plattendicke wählt man wegen der Roſtgefahr nicht gerne unter 6 mm. Ueber das Verhalten ſtehender, in der Mitte durch einen Einzeldruck beanſpruchter Buckelplatten hat Baufchinger in München Verſuche angeſtellt [1]; derſelbe gibt den Druck D in Tonnen, der auf eine Buckelplatte von der Dicke δ, der kleineren Seitenlänge l und der Pfeilhöhe h (dieſe Maße in Zentimetern) entfallen darf, mit $D = 60\, h\, \delta : l$ an, hierbei iſt 2,5fache Sicherheit vorausgeſetzt. Ferner wurden beim Bau der Berliner Stadtbahn von Ingenieur Rumſchöttel Verſuche mit hängenden Buckelplatten durchgeführt [2]. Theoretiſche Betrachtungen über das Tragvermögen eingeſpannter und frei aufliegender Buckelplatten finden ſich in [3] und [4]. Infolge der Entwäſſerungsſchwierigkeiten beim Gebrauch von Buckelplatten kommt jetzt das Johannſche Syſtem der Flachbleche zur Abdeckung von Fahrbahnen in Anwendung. Näheres hierüber in [5]; ſ. a. Brückenbelag.



Literatur: [1] Zeitſchrift d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1873, S. 461. — [2] Zeitſchrift für Bauweſen 1880, S. 278. — [3] Winkler, Die Querkonſtruktionen der eiſernen Brücken, Wien 1884, 2. Aufl., S. 66. — [4] Häſeler, Der Brückenbau, 1. Teil: Die eiſernen Brücken, 2. Lief., Braunſchweig 1893. — [5] Zentralbl. der Bauverwaltung 1903, 1904. *Melan.*

Buckelſteine, Quader mit Randſchlag und dazwiſchenliegenden unbearbeiteten Boſſen.

Buckſkin, ſ. Tuchſorten.

Budanſches Verfahren, ſ. Gleichungen.

Büchſenkartätſchen, ſ. Geſchütze, Schiffsgeſchütze.

Büchſenſiekenhammer, ein Hammer mit zwei ſchmalen, quer zum Stiel ſtehenden Bahnen mit je einer halbzylindriſchen Rinne zur Herſtellung von rinnenförmigen Vertiefungen in Blechgegenſtänden auf dem Büchſenſiekenſtock, einem Amboſſe, der mit entſprechenden halbzylindriſchen Rippen verſehen iſt. — Vgl. Siekenhammer und Siekenſtock. *Dalchow.*

Büge, 1. eine kurze Verſteifung für Pfoſten, Streben, Pfetten u. ſ. w. (ſ. Bug); 2. (Maur.) einfachſter Lehrbogen aus Brettern, für Fenſterentlaſtungsbogen (ſ. Lehrbogen, Gewölbe).

Bügelgatter, ſ. Sägemaſchinen.

Bügelkompreſſe, ſ. Geſchütze, Schiffsgeſchütze.

Bühne, ſ. Theater, Fahrung und Tragewerk.

Bühnenſalz, ſ. Düngeſalz.

Bühnlöcher werden in das Gebirge geſchlagen, um wagerechte Hölzer der bergmänniſchen Zimmerung, wie z. B. die Kappe eines Stollens, feſt aufzulegen. Das Holz wird dann mit dem einen Ende in ein ſolches ausgehauenes Loch gehängt und mit dem andern Ende in eine ſchiefe Ausflächung, welche die Möglichkeit des Antreibens geſtattet und der „Anfall“ heißt, eingetrieben. Das Ausarbeiten der Bühnlöcher bewirkt der Bergmann mit Schlägel und Eiſen.

Bündel, ſ. Garn, Baumwollſpinnerei, Bd. 1, S. 619.

Bündelpfeiler, auch Säulenbündel genannt, ſind die aus mehren Säulen gebildeten Pfeiler der mittelalterlichen Baukunſt.

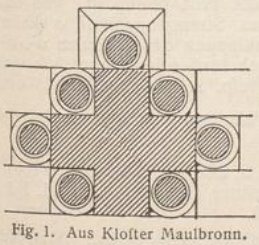


Fig. 1. Aus Kloſter Maulbronn.

Der romaniſche Stil hat keine charakteriſtiſchen Bündelpfeiler, ſie entwickeln ſich aus dem Viereck und haben Halbſäulen vorgelegt. Dagegen zeigt der ſpätromaniſche Bauſtil (Fig. 1) die Anfänge dieſer Bildung in folgerichtiger Entwicklung aus den romaniſchen Pfeilern. Die Pfeiler der gotiſchen Bauweiſe beſitzen einen kreisförmigen Kern, an dem ſtärkere und ſchwächere Dreiviertelſäulen, Dienſte genannt, angewachſen erſcheinen. ſind bei einem gotiſchen Gewölbe mindeſtens acht Dienſte

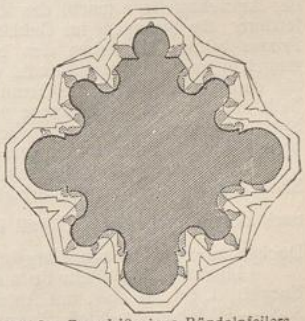


Fig. 2. Grundriß eines Bündelpfeilers vom Cölner Dom.

Zum Tragen der Gewölberippen erforderlich und zwar vier zum

Tragen der Längs- und Querrippen, und dieſe ſind kräftiger gebildet (alte Dienſte) und vier zum Tragen der Kreuzrippen, die ſchwächer geſtaltet ſind (junge Dienſte). Es kommen aber auch Bündelpfeiler von einer noch größeren Anzahl von Säulchen vor. Der kreisrunde Kern erhielt in der ſpäteren Zeit zwiſchen den Dienſten tiefe Auskehlungen und dadurch entſtand die charakteriſtiſche Geſtalt der gotiſchen Bündelpfeiler (Fig. 2). Jeder der Dienſte hat ſeinen eignen polygon gebildeten Sockel; ſämtliche Bauglieder werden ſchließlich von einem gemeinſchaftlichen Sockel aufgenommen. Die Kreisform der Dienſte mußte in der Spätzeit einer birnförmigen Geſtalt weichen, wodurch die Formen des Pfeilers noch bewegter erſcheinen.

Bündelpreſſe (Packpreſſe) dient in Baumwollſpinnereien dazu, im Packpreſſenkopf aus einer Anzahl gezopfter Strangen, die von der Garnnummer abhängt, ein Paket, Bündel zu formen, um es zum Verſand geſchickt zu machen.

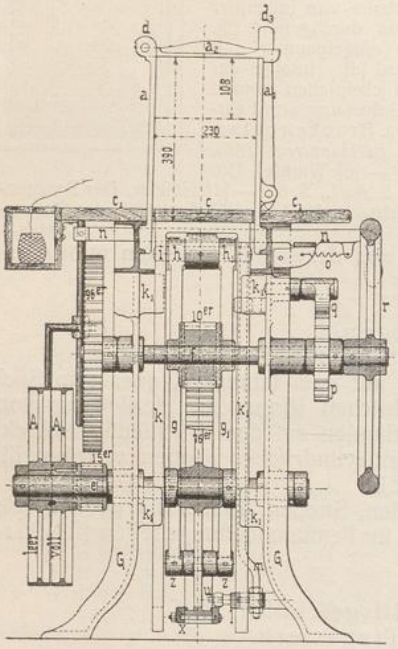


Fig. 1.

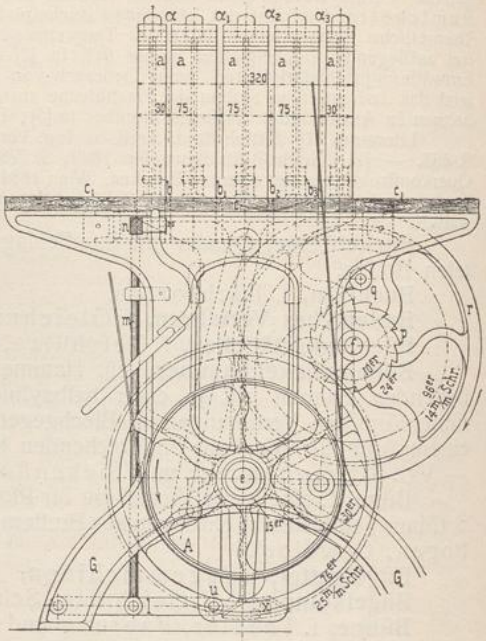


Fig. 2.

Der Mechanismus zur Bewegung des Preſſentiſches *c* (Fig. 1) iſt verſchiedener Art. Er kann als Kolben ausgebildet ſein und ſo in einem ſtarken Gußzylinder durch Waſſerdruck bewegt werden [1]. Der Preſſentiſch kann auch durch einen Kniehebel [2] oder eine Schraubenſpindel [3] bewegt werden. Eine Packpreſſe mit Räderantrieb zeigt Fig. 1 im Schnitt, Fig. 2 in der Seitenanſicht [4]. Die Riemenſcheibe *A'* treibt mittels Kolben *e* und Transportrad das 96er an der Welle *f* und dieſe mit ſtarkem 10er Stirnrad das 76er. An einem Stift *Z* des letzteren ſind zwei Schubſtangen *g*, g_1 angehängt, die den Preſſenkopf *c* von unten faſſen. Auf zehn Umdrehungen der Antriebswelle *e* macht das Rad $^1/_5$ Umdrehung und ſchiebt den Tiſch *c* nach oben, welch letzterer die Strangen im Gehäuſe *a* ſo zuſammenpreßt, daß ſie miteinander ein vierſeitiges Prisma bilden. Zwiſchen den beweglichen Schienen *a* des Preſſengehäuſes werden Schnüre eingelegt und über dem Bündel verknüpft. Papier bildet die Umhüllung des Garnpakets, und auf einem Schild wird die Garnnummer und Qualität bezeichnet. — Der Schuh *x* am Kurbelrad ſtellt mit der vertikalen Stange *m* die Maſchine ab, wenn der Druck groß genug iſt, und das Sperrad *p* verhindert das Zurückſpringen des Preſſentiſches. Das Strangengehäuſe *a* kann, behufs Einlegens der Docken, auseinander gelegt werden durch Umklappen der Schienen a^1, a^2.

Ein Paket enthält, je nachdem es 5 oder 10 Pfund wiegt, auch fünf- oder zehnmal ſo viel Schneller, als die Nummer angibt. Auch enthält jede Docke fünf reſp. zehn Schneller, ſo daß nach der Formel $N = \frac{L}{G}$, weil immer $\frac{L}{G} = 1 \cdot N$, die auf dem Paketſchild enthaltene Anzahl Docken auch die Nummer angibt, die der Faden im Paket hat.

Literatur: [1] Bulletin de la soc. Industr. de Mulhouſe, 16. Bd., S. 247. — [2] Prechtl, Techn. Encykl., 1. Bd., S. 353, mit Abbild., Stuttgart 1831—67. — [3] Berliner Gewerbeblatt, 11. Bd., S. 5. — [4] Johannſen-Nieß, Baumwollſpinnerei, Leipzig 1902, S. 544. *Boßhard.*

Bündig (flüchtig, fluchtrecht), in einer Ebene liegend. Zwei oder mehrere Hölzer (Balken, Pfoſten, Bretter) ſind bündig, wenn ſie, obgleich von verſchiedener Stärke, an einer Seite in derſelben Flucht liegen (ſ. Bundſeite). *Weinbrenner.*

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Bürgerſteige oder Trottoire ſind bei bebauten oder noch zu bebauenden ſtädtiſchen Straßen deren ausſchließlich dem Fußgängerverkehr dienende ſeitliche Teile. Von den gleichfalls nur dem Fußgängerverkehr dienenden Promenadenwegen (ſ. Straßenbau) unterſcheiden ſie ſich durch die angrenzend ſeitliche Bebauung, die bei letzteren fehlt. *Bräuler.*

Bürgerſteiginſeln oder Fußweginſeln werden als etwas erhöhte, mit Randſteineinfaſſung verſehene Zufluchtsplätze meiſtens in abgerundeten Formen für den Fußgängerverkehr da angelegt, wo er, über breitere Plätze mit ſtarkem Wagenverkehr führend, letzteren kreuzt (ſ. Straßenbau). *Bräuler.*

Bürmannſches Theorem. Dieſes gibt die Entwicklung einer beliebigen Funktion $f(x)$ nach Potenzen einer beliebigen andern Funktion $\varphi(x)$ und lautet:

$$f(x)=f(x_0)+\frac{\varphi(x)}{1}\left[\frac{x-x_0}{\varphi(x)}f'(x)\right]_{x=x_0}+\frac{\varphi(x)^2}{1\cdot 2}\frac{d}{dx}\left[\left(\frac{x-x_0}{\varphi(x)}\right)^2 f'(x)\right]_{x=x_0}$$
$$+\frac{\varphi(x)^3}{1\cdot 2\cdot 3}\frac{d^2}{dx^2}\left[\left(\frac{x-x_0}{\varphi(x)}\right)^3 f'(x)\right]_{x=x_0}+\ldots \text{ in inf.}$$

Ueber die Gültigkeitsbedingungen, auch wenn x eine komplexe Veränderliche iſt, ſ. [1].

Literatur: [1] Schlömilch, O., Vorleſungen über einzelne Teile der höheren Analyſis (auch unter dem Titel: Kompendium der höheren Analyſis, 2. Bd.), 4. Aufl., Braunſchweig 1895, S. 100 ff. *Mehmke.*

Bürſten in der Elektrotechnik, ſ. Dynamomaſchinen.

Bürſten im Grundbau, ſ. v. w. Spundpfähle (ſ. d.).

Bürſtenabzug, in der Buchdruckerei, ein durch Auflegen eines Papierblattes auf den Satz und Abklopfen mit einer Bürſte gewonnener Korrekturabdruck.

Bürſtenfabrikation, Herſtellung der bekannten, aus einem feſten Rücken aus Holz, Horn, Schildpatt, Elfenbein oder Knochen und aus Borſten, Federn, Haaren oder Pflanzenfaſern beſtehenden Bürſten; vgl. a. Drahtbürſten.

Bürſtenholz. Zum Rücken der Bürſte nimmt man beſonders Ahorn, Buche, Eiche, Erle und andre harte Hölzer. Die Hölzer müſſen möglichſt glatt und aſtfrei ſein. Ferner iſt es wichtig, daß ſie ſich leicht bohren laſſen, ohne zu ſpringen und aufzuplatzen. Nach der Fertigſtellung auf den Holzbearbeitungsmaſchinen werden die Hölzer lackiert, gebeizt (ſ. Beizen) und poliert. Zu beſſeren Bürſten nimmt man Paliſander, Ebenholz, Mahagoni, ſchwarzen Walnußbaum u. a. Zu kleinen Bürſten bedient man ſich häufig des Horns, Schildpatts, Elfenbeins und der Knochen oder auch des Celluloids. Das Material wird gereinigt, in Platten zerſchnitten und darauf gebeizt, geſchliffen und poliert. Die Horngegenſtände werden nach längerem Liegen in einer aus gelöſchtem Kalk, Mennige und Seifenlauge beſtehenden Beize abgeſpült, abgetrocknet und mit Rüböl gebürſtet. Statt des Schildpatts kommen meiſtens Imitationen in den Handel. Die Knochen werden aufgeſchnitten, ausgekocht und entölt und darauf geſchliffen und gebeizt. Dem Beizen geht eine Behandlung mit einer ſchwachen Salpeterſäurelöſung voraus. Die Beize für Knochen beſteht aus Blau- oder Gelbholz- oder einer Cochenillelöſung (Rot) oder aus einer Löſung von Eiſenoxyd und Blauholz (Schwarz). Zum Bleichen von Horn, Knochen und Elfenbein dient Waſſerſtoffſuperoxyd.

Borſtenbehandlung. Das beſte Material ſind Schweineborſten, von denen wiederum die weißen die beſten, gelbe und ſchwarze minderwertig ſind. Die Borſten werden zunächſt in Schwefelſäuredämpfen gebleicht oder in flüſſige ſchwefelige Säure gelegt. Zu den weichen Bürſten werden Ziegenhaare verwendet. Ferner gebraucht man noch Pferdehaare, Dachshaare, Stroh und Pflanzenfaſern zu den Bürſten. Die Borſten müſſen vor dem Gebrauch ſortiert werden, dem Sortieren folgt das Waſchen mit Alaun und Kalkwaſſer oder Seife.

Fertigſtellung. Zur Befeſtigung der Borſten oder Haare in den Bürſtenhölzern, der das Bohren der Hölzer vorausgeht, gibt es ſehr verſchiedene Verfahren. Man unterſcheidet Rauharbeit, eingezogene Arbeit oder gedrehte Arbeit. Bei der Rauharbeit werden die Borſten einfach in die nicht ganz durchgebohrten Löcher des Rückens eingekittet. Bei der eingezogenen Arbeit werden die Borſten mit Draht oder ſeltener Garn befeſtigt. Während für die Rauharbeit die Löcher nicht ganz durchgebohrt werden, müſſen die Löcher bei der eingezogenen Arbeit durchgebohrt ſein. Die Befeſtigung geſchieht dadurch, daß der Draht durch ein Loch gezogen, um die Mitte eines Borſtenbüſchels herumgelegt und wieder durch dieſelbe Oeffnung zurückgezogen wird. Bei den benachbarten Löchern wird dann ebenſo verfahren. Man beginnt mit dieſem Einziehen in den mittelſten Reihen und endigt am äußeren Rande. Die Drahtenden werden zum Schluß zuſammengedreht oder im Holz befeſtigt. Damit der Draht nicht auf der Oberfläche des Bürſtenrückens ſichtbar iſt, werden beſſere Bürſten mit einem dünnen Holzblatt, dem Furnier, belegt. Man hilft ſich auch dadurch, daß man die Löcher nur halb durchbohrt, Längsbohrungen durch jede Lochreihe im Rücken der Bürſte legt und durch dieſe den Draht zieht; ein Deckblatt iſt dann unnötig. Bei kleinen Bürſten macht man auch ſtatt der Längsbohrungen Einſchnitte auf dem Rücken und füllt dieſe nach der Befeſtigung der Borſten mit Siegellack oder Kitt aus. Nach Einziehen einer Reihe Borſten legt man dieſe auf einen aus Blei, Zinn oder Holz beſtehenden Block und ſchneidet die Borſten mit einem Haumeſſer auf gleiche Länge ab. Nach Herſtellung der zweiten Reihe wird ebenſo verfahren. Bei der gedrehten Arbeit werden die Borſten mit der Mitte zwiſchen zwei ſpiralförmig aufgewickelte Drähte gelegt. Dieſe Bürſten dienen zum Reinigen von Gewehrläufen, Rohren u. a.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Zur Herſtellung von Bürſten ſind vielfach beſondere Maſchinen konſtruiert worden, z. B. die Maſchine von Woodbury. Sie führt nacheinander folgende Arbeiten aus: Sie teilt die Borſten in gleiche Bündel, ſchiebt ſie in die Löcher des Bürſtenholzes, umwindet ſie hierbei gleichzeitig mit einem Draht und ſchraubt ſie mit dieſem ſpiralförmig gewundenen Draht in das Loch ein. Ferner ſind Hobelmaſchinen zur Bearbeitung von Bürſtenhölzern konſtruiert worden [1]. Eine vielfache Bohrmaſchine für Bürſtenhölzer beſchreibt das D.R.P. Nr. 97958 [2], eine andre Bohrmaſchine für Bürſtenhölzer das D.R.P. Nr. 141763 [3].

Literatur: [1] Zeitſchrift für Werkzeugmaſchinen und Werkzeuge 1897/98, S. 277. — [2] Ebend. 1897/98, S. 387. — [3] Ebend. 1902/03, S. 413; Zeitſchrift für Bürſten-, Pinſel- und Kammfabrikation, Leipzig; Deutſche Bürſtenmacher-Zeitung, Leipzig. *Dalchow.*

Bürſtenhalter, ſ. Dynamomaſchinen.

Bürſtenpech, durch Schmelzen über Feuer hergeſtellte Miſchung des Rückſtandes der Harzdeſtillation mit amerikaniſchem Kolophonium und Harzöl, von dunkelbrauner Färbung, in die nach dem Flüſſigmachen die Borſtenbündel bei Anfertigung von Bürſten eingetaucht werden, ehe man ſie in die Bohrungen der Bürſtenhölzer einſetzt. *Andés.*

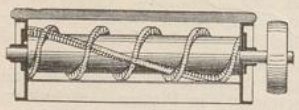
Bürſtenroſt, ſ. v. w. Pfahlroſt (ſ. d.).

Bürſtenſatiniermaſchine, ſ. Buntpapierfabrikation.

Bürſtenſcheibe, eine am Umfange mit Borſten verſehene Scheibe zum Schleifen, Polieren und Abſchmirgeln von Gegenſtänden mit unebener Oberfläche. Die Borſten der ſchnell umlaufenden Scheibe erreichen auch die Vertiefungen der Arbeitsſtücke, ſ. Schleifen. *Dalchow.*

Bürſtenſchnecke, in der Müllerei, eine Transportſchnecke von 0,5—2 m Länge, deren Windungen aus Bürſten gebildet ſind, die 0,2—0,7 m Durchmeſſer haben.

Zwiſchen den Gewindegängen befinden ſich noch weitere Bürſtenreihen, die mehr parallel zur Achſe laufen (ſ. die Figur). Die Schnecke iſt von einem Siebtroge dicht umgeben, und das in dieſen Trog eingeführte Gut wird von den eigentlichen Schneckenwindungen axial verſchoben, von der ſonſtigen Bürſtenbeſetzung der Welle dagegen auf die andre Seite der Welle übergehoben (daher auch der Name „überhebende" Bürſtenſchnecke). Sämtliche Bürſten zuſammen aber bewirken ein Auflöſen (Detachieren) des Gutes, falls es ballig iſt, ein Losbürſten von Mehl, wenn das Sichtgut in mehlhaltigen Schalen oder Schrot, von Staub, wenn es in Getreide beſteht, ferner ein Mengen des Gutes und ein energiſches Durchtreiben der feinſten Teile durch das Sieb des Troges. Entſprechend dieſen Wirkungen wird die Bürſtenſchnecke gebraucht als Vorſichter, Sichter (bei mäßigen Anſprüchen an das Produkt), Nachſichter, Blaumehlabſcheider, Schalenbürſte, Detacheur, Getreidebürſte (D.R.P. Nr. 36406). *Arndt.*



Bürſtenverſtellung, ſ. Dynamomaſchinen.

Bürſtmaſchinen werden in der Müllerei zum Reinigen des Getreides und zur Ausbürſtung des letzten Mehles aus den Schalen, auch zum Nachbürſten geſchälter Körner benutzt. Für die Getreidereinigung dienen umlaufende Scheiben, Zylinder, Kegel oder auch Flügelleiſten, die mit Bürſten aus Draht, Rohr, Piaſſava (Attalea funifera) oder Borſten beſetzt ſind. Die Gegenflächen werden entweder ebenfalls mit Bürſten beſetzt oder aus Schlitzblech, Drahtgewebe u. dergl. gebildet.

Die verbreitetſte Scheibenbürſte iſt die Gathmannſche (D.R.P. Nr. 16278 und 23024). Sie enthält entweder zwei gegeneinander arbeitende Bürſtenſcheiben oder eine Bürſtenſcheibe und ein Sieb. Die ſenkrecht angeordneten Scheiben kreiſen um wagerechte Achſen. Der Einfall erfolgt von der Rückſeite einer Scheibe her durch ihr Zentrum [1], S. 113. Der entſtehende Staub wird durch einen Aſpirator abgezogen. Als Beiſpiel einer Bürſtmaſchine mit wagerechten Scheiben kann die von Linke dienen (D.R.P. 23030), die nach dem Prinzipe der Unterläufermahlgänge arbeitet [1], S. 114. Maſchinen mit Zylinderbürſten, die um eine ſenkrechte Achſe kreiſen, ſind die von R. C. Brown und E. G. Throops und die von E. Garbe in Berlin mit verſtellbarem Siebmantel (D.R.P. Nr. 17679). Kraftverbrauch je nach Größe $^3/_4$ bis 3 PS. Umdrehungszahl 750—600 in der Minute, Leiſtung angeblich 300—3000 kg Getreide in der Stunde. Einen Gegenſatz hierzu bildet eine von C. G. W. Kapler, Berlin, gebaute Bürſtmaſchine, bei der eine ſenkrechte, kreiſende, mit Schlägern beſetzte Trommel die Frucht gegen die mit Bürſten beſetzte Innenwand des zylindriſchen Gehäuſes ſchleudert. In verſchiedenen Höhenlagen vorgeſehene Oeffnungen ermöglichen eine erfolgreiche Abſaugung des Staubes. In letzter Zeit ſind Maſchinen mit kegelförmigen Bürſten ſehr in Aufnahme gekommen. L. Dietz (D.R.P. Nr. 28375) ordnete auf einer ſenkrechten Welle mehrere mit Bürſten beſetzte aufrecht ſtehende Vollkegel an, die gegen darüberliegende Siebhohlkegel arbeiten. Durch Heben und Senken der Welle mittels einer Stellvorrichtung wird der Abſtand der Bürſten von den Siebflächen geregelt [7]. Neuerdings werden Maſchinen gebaut, bei denen bis zu vier Hohlkegel, mit den

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Spitzen nach unten, auf der gemeinſamen ſenkrechten Welle ſitzen und gegen entſprechende, mit der nach oben gekehrten Baſis am ſenkrechten zylindriſchen Gehäuſe befeſtigte Vollkegel arbeiten. Beide Arbeitsflächen ſind mit Bürſten beſetzt. Die größte Maſchine (vier Etagen) ſoll bei einem Kraftbedarf von 4 PS. in der Stunde 2500 kg leiſten. Umdrehungszahl 250—350 in der Minute. (Fig. 1 zeigt eine dreiſtöckige Maſchine, Ausführung Amme, Gieſecke & Konegen, Braunſchweig.)

Wenn man bei ſolchen und ähnlichen Maſchinen nur das unterſte Kegelpaar mit Bürſten beſetzt, die übrigen aber mit Schmirgel, Reibblechen, Schleuderblechen u. ſ. w. armiert, ſo kann man ein Schälen (ſtarkes Frottieren), Spitzen und Bürſten der Körner in ein und derſelben Maſchine erzielen (C. G. W. Kapler, Berlin). In neuerer Zeit werden für Müllereizwecke wieder mehr ſolche Maſchinen, bei denen (an einer wagerechten Welle ſitzende) Flügelleiſten mit Bürſten

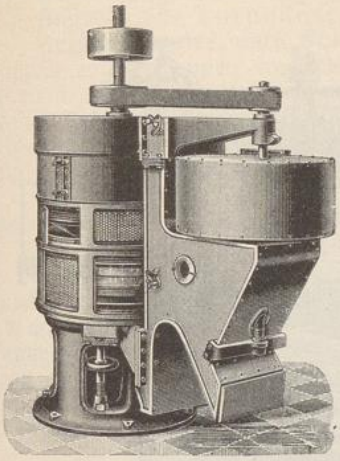


Fig. 1.

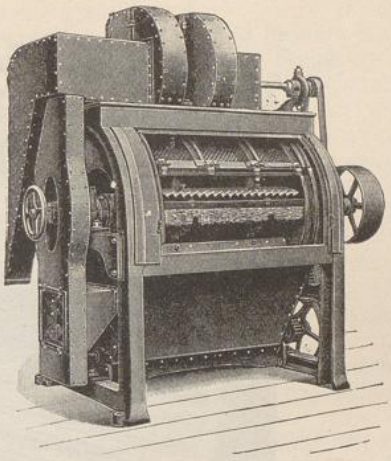


Fig. 2.

beſetzt ſind, benutzt. In einem kiſtenartigen Gehäuſe liegt ein wagerechter Siebzylinder, deſſen Achſe die mit vier oder ſechs Flügelleiſten, die ſich durch die ganze Länge des Siebzylinders erſtrecken, beſetzte Welle bildet. Die Leiſten tragen auf der dem Siebe zugekehrten Seite Bürſten, die bei Umdrehung des ganzen Flügelſyſtems das Getreide oder die Schalen durch Anpreſſen an die Siebwandung frottieren. Beiſpiele ſolcher Maſchinen finden ſich in [1], S. 112 und 116. Auch hier ſorgt eine kräftige Aſpiration für Entfernung des Staubes. Häufig finden ſich die Bürſten tragenden Flügelleiſten etwas ſchraubenförmig gewunden vor. Auch läßt man je eine Bürſtenleiſte wechſeln mit einer einfachen Wurfleiſte, welche die Frucht immer wieder an die Mantelbeſpannung wirft. Die neueſten derartigen Maſchinen ſind mit Vorrichtungen verſehen, mittels deren während des Ganges alle Bürſten gleichzeitig verſtellt werden können. (S. Fig. 2, Ausführung Amme, Gieſecke & Konegen, Braunſchweig.)

Literatur: [1] Fr. Kick, Die Mehlfabrikation, 3. Aufl., Leipzig 1894. *Arndt.*

Bürſtmaſchinen, in der Tuchfabrikation und in der Gewebeappretur verwendete Maſchinen, die dazu dienen, die an der Oberfläche der Gewebe befindlichen Faſern vor gewiſſen Manipulationen in die Höhe zu richten, aufzuſtellen oder dieſe nach einer beſtimmten Richtung auf das Gewebe niederzulegen, dieſe „in den Strich“ zu legen; ſ. Tuchfabrikation. *Kraft.*

Büſchelware, ſ. Zündwaren.

Büſte, plaſtiſches Bruſtbild einer Perſon, zumeiſt beſtehend aus Kopf, Hals und einem Teil der Bruſt, das auf einem Poſtamente aufzuſitzen pflegt.

Bütte, ſ. Mahlgang und Papierfabrikation.

Büttenleimung, in der Papierfabrikation (ſ. d.), im Gegenſatze zur Bogenleimung dasjenige Leimverfahren, bei dem eine Verbindung der einzelnen noch loſen Papierfaſern mit dem Leim zur Ausführung kommt.

Büttenpapier, das durch Schöpfen aus der Bütte in Bogenform erzeugte Papier; ſ. Papierfabrikation und Papierſorten.

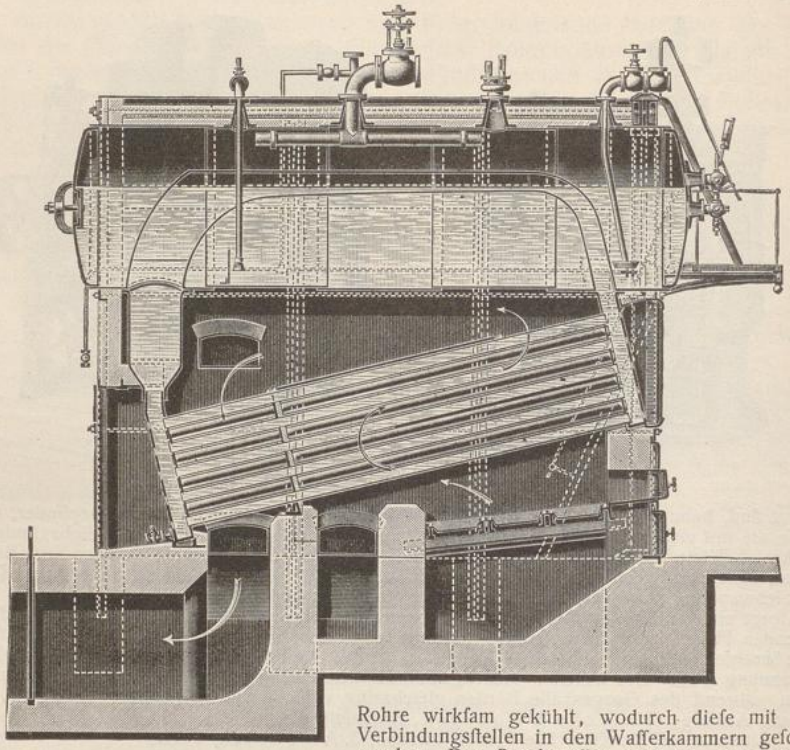
Büttenpreſſe, die bei der Erzeugung des geſchöpften Papieres zur Entwäſſerung desſelben in Anwendung gebrachte, in der Nähe der Bütte aufgeſtellte Preſſe, in der mehrere übereinander liegende Bauſchte für wenige Minuten eingepreßt werden; ſ. Papierfabrikation.

Büttgenbachs Klaſſifikator, ſ. Sortieren der Trübe.

Büttnerei, ſ. v. w. Böttcherei (ſ. d. und Faßfabrikation).

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Büttners Patent-Schnellumlaufkeſſel, ein Waſſerrohrdampfkeſſel mit zwei Waſſerkammern, in welche die beiderſeitigen Enden der Waſſerrohre eingewalzt ſind. Das Waſſer ſteigt in den ſchräg liegenden Rohren vermiſcht mit Dampf in der vorderen Kammer auf, durchſtrömt eine im Oberkeſſel eingebaute Rinne, die nach oben offen iſt, um den Dampf entweichen zu laſſen, und fällt durch das erweiterte Halsſtück in die darunterliegende hintere Kammer zurück, um denſelben Lauf zu wiederholen. Durch dieſe Einrichtung bleibt die lebendige Kraft des einmal in Bewegung befindlichen Waſſers erhalten, bezw. ſie ſteigert ſich bis zu einer gewiſſen, von den Bewegungswiderſtänden abhängigen Grenze und damit auch die Umlaufgeſchwindigkeit des Waſſers. Der große Waſſerumlauf bewirkt eine ſehr gleichmäßige Temperatur im Keſſel und erhöht die Wärmeaufnahme der Heizflächen; auch ſind die



Rohre wirkſam gekühlt, wodurch dieſe mit ihren Verbindungsſtellen in den Waſſerkammern geſchont werden. Das Speiſewaſſer wird in den vorderen Teil des Oberkeſſels eingeführt und durch eine unter der Mündung des Speiſerohres angebrachte flache Schale verteilt. Damit Schlamm und Keſſelſtein nicht in den Unterkeſſel gelangen können, iſt dicht vor dem Abfallſtutzen im Oberkeſſel eine Querwand eingebaut, über die hinweg das Waſſer durch zwei ſeitlich in dem Abfalltrichter angebrachte Oeffnungen nach der hinteren Waſſerkammer und den Rohren ſtrömt. Der Schlammablaß erfolgt aus dem vorderen Teil des Oberkeſſels vor der Querwand. (Vgl. die Figur.) *G. Schwarz.*

Buffer, Bufferbohle, -bremſen, -wehr, ſ. Puffer; vgl. a. Eiſenbahnwagen.

Bug, der Vorderteil eines Schiffes; auch bezeichnet es die Seite, auf der bei einem Segelſchiffe die Schoten der Segel angeholt ſind.

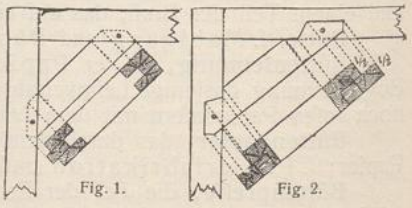


Fig. 1. Fig. 2.

Bug, Büge, Winkelband, auch Kopfband, verbindet ein ſenkrechtes Holzſtück (Säule, Stiel) mit einem darauf-liegenden horizontalen Balken, gewöhnlich unter 45° gegen den Horizont geneigt, und hat vornehmlich den Zweck, die Tragkraft des horizontalen Balkens zu vergrößern, manchmal auch den vertikalen und horizontalen Konſtruktionsteil gegeneinander abzuſteifen.

Die Verbindungsart der drei Holzteile untereinander ergibt ſich aus den beiden Fig. 1 und 2. Die Verbindung zwiſchen Säulen und Balken geſchieht durch Verzapfung. Fig. 1 zeigt

den eingezapften Bug ohne Einlaſſung oder Verſetzung, aber mit Sicherung durch Holznägel. — Fig. 2 zeigt den angeblatteten Bug mit zwei ſchrägen Blättern (deren Dicke gleich der halben Stärke des Buges) und einfachen, ſchrägen Stößen. — Die zweite Konſtruktion iſt feſter als die erſte, indem durch die Schrägblätter eine Vergrößerung, durch die Schrägſtöße eine Verkleinerung der Winkel des Dreiecks, das Säule, Balken und Bug miteinander bilden, verhindert wird. Vgl. Dachſtuhl.

Literatur: Handbuch der Architektur, 3. Teil, 1. Bd.: Konſtruktionselemente, 3. Aufl., Darmſtadt 1891, S. 122. *(† Guzmann.)*

Bugband, ſ. Schiffbau.

Bugfeuer (Buggeſchütz), ſ. Geſchützarmierung der Schiffe.

Bugmeſſing, ſ. Blech, Bd. 2, S. 45.

Bugrohr für Torpedos, ſ. Torpedoarmierung.

Bugſierdampfer, auch Schleppdampfer genannt, ſind kleinere Hafendampfer zum Schleppen von Schiffen, Fahrzeugen und Prähmen. Früher wurden ſie meiſt als Raddampfer gebaut, neuerdings werden Ein- und Zweiſchraubenſchiffe bevorzugt. Bugſierdampfer werden ſteuerlaſtig konſtruiert, um große Schrauben einbauen zu können; ſie erhalten ſtarke Maſchinen und Einrichtungen zum Feſtlegen und Fahren der Schlepptroſſe. *T. Schwarz.*

Bugſpriet, das vorn über den Steven hinwegragende Rundholz zur Aufnahme und Führung des Vorgeſchirrs der Takelage (ſ. d., ſowie Bemaſtung).

Bugſtag, die ſeitlichen Verſtagungen des Bugſpriets bezw. des Klüverbaums.

Buhnen (Höfter, Kribben, Schlechten, Schlengen, Schlickfänge, Schlickzäune, Spickdämme, Stacken, Traverſen, Wuhre u. ſ. w.), künſtlich angelegte, dauerhaft aus Faſchinen, Steinwürfen oder Erddämmen mit Spuntwänden hergeſtellte, vom feſten Ufer ausgehende Einbauten in fließende Gewäſſer, dazu beſtimmt, dem Ufer gegen die bei höheren Waſſerſtänden auftretenden Strömungen Schutz zu gewähren oder dieſe Strömungen zu beabſichtigten Aenderungen des Flußlaufes bezw. ſeiner Ufer auszunutzen.

Je nach ihrem Zwecke überragen die Buhnen den normalen Hochwaſſerſtand oder liegen als Grundſchwellen ſtets unter Waſſer. Dienen ſie in der Hauptſache dem Uferſchutz, ſo nennt man ſie Schutzbuhnen; außerdem errichtet man ſie zu Abſperrungen von Seitenarmen (Sperrbuhnen), zu Ablenkungen des Stromſtrichs bei Flußſpaltungen (Spaltbuhnen, Schöpfbuhnen), zu Regulierungen des Einlaufs der Nebenflüſſe in die Hauptflüſſe (Trennungsbuhnen oder Separationswerke), zu Erhöhungen der ganzen Flußſohle (die ganze Breite des Fluſſes überquerende Grundſchwellen), zu Vertiefungen des Flußbettes (Rauſchbuhnen), zur Schließung des Einriſſes (Winkelbuhnen, Bogenbuhnen), zur Herbeiführung von Verlandungen (Anhägerungsbuhnen, Bildungsbuhnen, Fangbuhnen, Verlandbuhnen), zur Abtragung von Ufern (Treibbuhnen) u. ſ. w. Der im feſten Ufer eingebaute Teil einer Buhne heißt deren Wurzel, das äußere, im Fluſſe liegende Ende der Kopf; beide ſind verbunden durch den Damm, deſſen Krone (Kamm, Rücken) gewöhnlich eine konvexe, gewölbartig befeſtigte, ca. 3 m breite Fläche bildet, deren ſtromaufwärts gerichtete Seite die Streichſeite genannt wird. Vom Kopf nach der Wurzel gibt man der Buhne in der Regel eine Steigung (1 : 200 bis 1 : 100), damit bei der Ueberflutung die relativ geringſte Waſſergeſchwindigkeit am Lande eintrete. Die Buhnenköpfe müſſen allſeits flach abfallen und ſehr ſolide konſtruiert ſowie gut unterhalten werden, da ſie den heftigſten Angriffen ausgeſetzt ſind [1]. In der Regel werden die Buhnen inklinant gegen den Waſſerlauf angeordnet [2]. Deklinante und auf dem Stromſtrich ſenkrecht ſtehende Buhnen finden weniger häufig [3] (bei Einmündungen von Nebenflüſſen, Anlage von Flußhäfen u. ſ. w.) Verwendung. Näheres ſ. Flußregulierung.

Literatur: [1] Deutſche Bauzeitung 1875, S. 222. — [2] Handb. d. Ingenieurwiſſenſchaften, Leipzig 1893, 3. Bd., 9. Kap. — [3] In Holland findet man vielfach ſenkrecht ſtehende Buhnen; vgl. Zeitſchrift für Bauweſen 1872, S. 55. *Lueger.*

Buhnenkammer, die an den feſten Ufern für Aufnahme der Wurzel einer Buhne hergeſtellte, bis zum zeitigen Waſſerſpiegel abreichende Baugrube, in der zum Anhalten der erſten Faſchinenlage Buhnenpfähle eingeſchlagen werden.

Buhnenkopf, -krone, ſ. Buhnen.

Buhnenpfahl, der zum Befeſtigen der Senkwürſte auf dem Packwerk, den Spreutlagen, Rauhwehren u. ſ. w. dienende, unten zugeſpitzte, oben glatte Pfahl von etwa 1,2—1,5 m Länge und 5—7 cm Durchmeſſer.

Bulbeiſen, ein aus Eiſen oder Stahl gefertigtes Faſſonſtück von nebenſtehendem Querſchnitt, das im Schiffbau für Deckbalken verwendet wird. *T. Schwarz.*

Buleine, ſ. Takelage.

Buleuterium oder Buleuterion, ein im alten Griechenland errichtetes Gebäude, das am meiſten unſerm Rathauſe entſpricht.

Bulgenkunſt, veraltete Einrichtung zur Waſſerhebung (ſ. Waſſerhaltung)

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

beim Bergbau, in der Anordnung dem Becherwerke (f. d.) ähnlich. Die Schöpfgefäße beſtanden aus Lederſäcken, Bulgen genannt.

Buliens, Takelagetaue, die den unteren Teil des Luvſeitenlieks von Raaſegeln bei ſcharf angebraßter Raa nach vorn ausholen und ſo ein beſſeres Stehen der Segel bewirken. *T. Schwarz.*

Bullentau, auch Baumſtopper, ein Tau oder eine Talje, um bei Windſtille oder vor dem Winde den Baum eines Gaffelſegels zu zurren bezw. feſtzuſetzen. *T. Schwarz.*

Bullivantnetz, ein aus Stahlringen und Maſchen gefertigtes Netz, das an horizontalen Spieren ausgebracht und hängend dazu dienen ſoll, beim Torpedoangriff den feindlichen Torpedo von der Schiffswand entfernt zur Exploſion zu bringen. *T. Schwarz.*

Bund, ein um mehrere Eiſenſtäbe gelegter eiſerner Reifen, der entweder den Zweck hat, dieſe einzelnen Beſtandteile zuſammenzuhalten (Fig. 1 und 2), oder aber als Verzierung und wohltuende Unterbrechung geradliniger Stäbe benutzt wird.

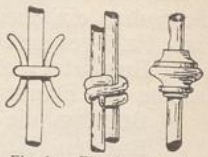


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3.

Der einfache Bund kann als Kettenglied angeſehen werden, deſſen Querſchnitt je nach Stil und Zweck verſchieden geſtaltet werden kann (Fig. 4—7). — Kleine und ſchwächere Bunde werden durch Umbiegen hergeſtellt und auf der Rückſeite ſtumpf zuſammengeſtoßen; große und ſchwere Bunde werden beſonders geſchmiedet und dann häufig aus zwei Stücken zuſammengeſetzt, die durch Ueberblattung, Verſchraubung oder Vernietung vereinigt werden. Um ein Verſchieben des Bundes zu verhindern, wird derſelbe unter Benutzung einer Roſette feſtgeſchraubt oder vernietet. — Die auf einzelne Stäbe aufgeſchobenen gegoſſenen oder geſchmiedeten Zierteile (Fig. 3) gehören zwar hierher, können aber eigentlich nur als falſcher Bund oder Scheinbund bezeichnet werden. *Hoch.*

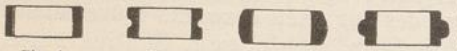


Fig. 4. Fig. 5. Fig. 6. Fig. 7.

Bundgatter, ſ. Sägemaſchinen.

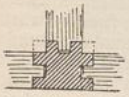
Bundgeſpärre, ſ. Dachſtuhl.

Bundholz, die einen Dachbinder bildenden oder hierzu beſtimmten Hölzer, wie Pfoſten, Streben, Zangen, Büge u. ſ. w.

Bundriegel, ſ. v. w. Wandriegel, ſ. Fachwand.

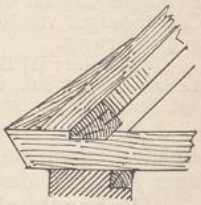
Bundring, ſ. Stellringe.

Bundſäule, 1. Bundſäulepfoſten, Bundſäuleſtiel oder Bundſäuleſtänder, unterſtützender Teil eines ſtehenden Dachſtuhls oder auch nur einer Pfette; 2. Wandpfoſten einer Riegelwand, die mit einer andern eine Ecke bildet, ſo daß die Bundſäule die Verbindung beider Wände bewirkt; wegen der Schwächung durch die Riegel der Anſchlußwand iſt es gut, dieſen Bundpfoſten ſtärker als die übrigen Wandpfoſten zu machen (ſ. die Figur); 3. Säule, mit einem Bunde verſehen. *Weinbrenner.*



Bundſcheibe, ſ. Weberei.

Bundſchwelle, wagerechtes, vier- oder fünfkantiges Holzſtück zum Tragen der liegenden Stuhlſäulen (Streben) ſowie der Sparren der alten verſchwellten Dachſtühle (ſ. die Figur). Auf dem Dachgebälke aufgekämmt, nahm ſie mit Verzapfung die Streben ſowie die Windverſtrebungen auf. *Weinbrenner.*



Bundſeite, diejenige Seite einer Holzverbindung, z. B. eines ganzen Dachbundes, bei der die verſchieden ſtarken Hölzer derſelben eine Ebene bilden. Beim Abbinden werden die Hölzer mit ihr auf dem Lehrgeſpärre aufgelegt.

Bundſparren, Hauptſparren, die mit dem Dachbinder in einer Ebene liegenden Sparren, die mit den Querhölzern des Bundes, den Spannriegeln, Zangen u. ſ. w. durch Verſchrauben in engeren Verband treten.

Bundſtiel, ſ. Holzwände.

Bundtram, ſ. Dachſtuhl.

Bundwand, Fach- oder Riegelwand, die im Innern eines Fachwerkgebäudes als Zwiſchenwand aufgeſtellt iſt und die Umfaſſungswände miteinander verbindet. Zu dieſem Zwecke ſind die Schwellen und Pfetten der Bundwand mit den entſprechenden

Hölzern der Hauptwand schwalbenschwanzförmig verblattet (s. die vorstehende Figur). Vgl. a. Aufblattung. *Weinbrenner.*

Bunker, der Raum an Bord eines Schiffes zum Verstauen der Kohlen zum Heizen der Schiffskessel. Die Größe und Verteilung der Bunker richtet sich nach der Kesselanordnung. Um einer Selbstentzündung der Kohlen vorzubeugen, sind in jedem Bunker Temperaturrohre vorzusehen, um von Deck aus die Temperatur in den Bunkern jederzeit messen zu können.

Literatur: Busley, Die Schiffsmaschine, Kiel 1898. *T. Schwarz.*

Bunkerde, die beim Abbau des Torfmoores sich ergebende oberste Moorschicht. Näheres s. Moorkultur.

Bunsenbrenner. Das von Bunsen eingeführte Prinzip der Gasfeuerung besteht darin, daß gleichzeitig mit der Gaszuführung eine wenn auch nicht für die vollkommene Verbrennung des betreffenden Gases ausreichende Luftmenge zugeführt wird. Die nach diesem Prinzip konstruierten Gasbrenner heißen „Bunsenbrenner" und finden, vielfach auch in teilweise abgeänderter Form, weitestgehende Anwendung. (So wird z. B. auch der Glühstrumpf des Auerlichtes durch einen Bunsenbrenner ins Glühen gebracht.)

Die einfachste Form besteht in der Hauptsache aus zwei Teilen, einem Sockel und dem Brennerrohr. Der Sockel ist so durchbohrt, daß das Gas in der Mitte desselben aus einer kleinen mit einer Oeffnung versehenen Spitze auszuströmen vermag; wird es entzündet, so brennt es mit leuchtender (rußender) Flamme. Wird aber über diese kleine Spitze das unten mit zwei sich gegenüberliegenden Oeffnungen versehene Brennerrohr gesteckt, so findet durch diese Oeffnungen ein starker Luftzutritt statt, so daß, wenn das dem Brenner entströmende Gas entzündet wird, das letztere mit blauer, nicht leuchtender, sehr heißer Flamme verbrennt. Die Luftzuführung liegt tiefer als die Oeffnung, aus der das Gas austritt, und ist so reguliert, daß ungefähr fünfmal mehr Luft zugeführt wird, als in derselben Zeit Gas ausströmt. *Mezger.*

Bunsenelement, s. Galvanismus.

Buntdruck, s. Farbendruck.

Buntfeuer wird erzeugt durch Abbrennen von Substanzen, die beim Verbrennen eine ruhige, stark leuchtende, bunt gefärbte Flamme liefern.

Zur Verhütung von Explosionen bei Bereitung der Gemische wird jeder Bestandteil einzeln für sich gepulvert, die Mischung auf einer weichen Unterlage vorsichtig mit den Fingern vorgenommen. Von den zahlreichen Vorschriften für die Herstellung von Buntfeuermischungen sind folgende die gebräuchlichsten:

Bestandteile	rot	gelb	blau	weiß	grün	Bestandteile	rot	gelb	blau	weiß	grün
Kaliumchlorat . .	29,7	—	54,5	—	32,7	Natriumnitrat . . .	—	9,8	—	—	—
Schwefel	17,2	23,6	—	20	9,8	Kupferammonsulfat .	—	—	27,4	—	—
Holzkohle	1,7	3,8	18,1	—	5,2	Kaliumnitrat . . .	—	62,8	—	60	—
Baryumnitrat . . .	—	—	—	—	52,3	Schwefelantimon .	5,7	—	—	5	—
Strontiumnitrat . .	45,7	—	—	—	—	Mehlpulver . . .	—	—	—	10	—

Das Blaufeuer (Blue Light) für Leuchttürme (s. Leuchtfeuer) besteht aus einem Gemisch von Baryumoxalat oder Kupferammoniumsulfat und Kaliumchlorat. Buntfeuer dient zu farbiger Beleuchtung in Theatern, in der Feuerwerkerei (s. d.), im Signalwesen.

Buntglasimitation, s. Glasmalereitechnik.

Buntkupfererz, Bornit, Buntkupferkies, Erubescit, Schwefelverbindung von Kupfer und Eisen Cu_3FeS_3 (55,6 *Cu*, 16,4 *Fe*, 28,0 *S*), kristallisiert (Würfel) oder auch derb; bricht muschelig bis uneben; wenig spröd. Härte 3, spez. Gew. 4,9—5,1; undurchsichtig, metallglänzend, tombakbraun, läuft bunt (blau und rot) an; Strich schwarz. Schmilzt vor dem Lötrohr zu grauer, magnetischer Kugel. Ist in Salz- und Salpetersäure unter Abscheidung von Schwefel löslich. Wird zur Gewinnung von Kupfer benutzt. *Leppla.*

Buntpapierfabrikation. Der Begriff Buntpapier ist nicht streng begrenzt; es sind einesteils von ihm ausgeschlossen die mit matten Farben, gewöhnlich im Papierstoff gefärbten Papiere, während anderseits ihm solche Papiere zugezählt werden, die weniger durch farbige als durch besonders behandelte Flächen wirken, wie das Damastpapier, das Erz-, Samt- und veloutierte Papier u. s. w. Im weitesten Sinne verstehen wir daher unter Buntpapier alle Papiere, die im Gegensatze zu den weißen oder mattgefärbten Papieren eine auffallende, durch Farben oder andre Mittel hervorgerufene Flächenansicht zeigen. — Die Bunt-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

papiere können eingeteilt werden: 1. in fchlichte, über die ganze Fläche ein gleichförmiges Ausfehen bietende, und 2. in gemufterte, deffinierte, figurierte Papiere. Die Buntpapierfabrikation ift ein Zweig jener Induftrien, die fich mit der Weiterverarbeitung des Papieres befaffen. Die dabei in Anwendung kommenden Arbeiten laffen fich einteilen: A. in Vorarbeiten, beftehend aus der Gewinnung und Vorbereitung der Rohmaterialien; B. in Hauptarbeiten, beftehend aus der Uebertragung und Befeftigung der entfprechenden Rohmaterialien auf der Oberfläche des Papiers, und C. in Nacharbeiten, beftehend aus Manipulationen, durch die eine Vollendung und Verfchönerung der Produkte bezweckt wird.

A. Vorarbeiten. Zur Buntpapierfabrikation foll nur forgfältig geleimtes, ungefärbtes, feftes, nicht zu glattes Velinpapier verwendet werden (f. Papierfabrikation). Das Papier darf daher nicht zu viel Füllftoff und Holzfchliff enthalten; Papier aus Natronzellftoff ift zweckmäßig. Die Vorbereitung des Papieres befteht in Anfeuchten, durch das die ficbere Aufnahme und gleichmäßige Verteilung der Farben bewirkt werden foll. Das Feuchten im Bogen wird in der Weife zur Ausführung gebracht, daß ein Stoß gebildet wird, in dem man auf je fechs bis acht Bogen einen naffen Bogen einfchaltet, deffen Feuchtigkeit fich allmählich den andern Bogen mitteilt. Für das Feuchten des fogenannten endlofen Papiers find befondere Apparate in Anwendung (die Feuchter), die das Feuchten entweder durch Auffpritzen oder durch Berührung mit einem feuchten Körper oder endlich durch Aufblafen von Dampf bewirken. — Die wichtigften auf die Oberfläche des Papiers zu übertragenden Rohmaterialien find die Farben. In der Buntpapierfabrikation kommen hauptfächlich in Betracht: 1. die Körper- oder Deckfarben, im Waffer unlösliche, farbige Pulver; 2. die Lafurfarben, im Waffer lösliche Farben; 3. die Lackfarben, im Waffer lösliche Farben, die jedoch durch Mifchung und Bindung mit gewiffen, im Waffer löslichen oder unlöslichen Subftanzen in unlösliche Farben verwandelt werden; zu letzterem Zwecke werden namentlich Erden (Tonerde, Infufor ienerde, Kalk u. f. w.), Metalloxyde (Eifen-, Kupfer-, Zinn-, Zinkoxyde u. f. w.) und auch indifferente Körper (Stärke) verwendet; 4. die Kriftallfarben, auch Brokatfarben, die durch Mifchung von Farblöfungen mit zerkleinertem Glimmer — daher auch Glimmerbrokat — entftehen und perlmutterglänzend find. Alle diefe Farben müffen vor ihrer Verwendung in gehöriger Konfiftenz vorbereitet werden, was durch Herftellung einer mehr oder weniger dicken wäfferigen Löfung oder durch Mifchen mit den Bindemitteln gefchieht. Diefes Mifchen wird durch Zufammenreiben der angefeuchteten Farbepulver mit Bindemitteln auf dem Reibftein, in den verfchieden konftruierten Farbmühlen und in Mifchmafchinen ausgeführt; fchließlich müffen die Farben durch Siebe hindurchgedrückt werden, wozu Farbefiebmafchinen in Anwendung kommen. Andre in der Buntpapierfabrikation verwendete, den Farben gleichgeftellte Rohmaterialien find die Metalle, namentlich Gold, Silber, Kupfer, Meffing, Aluminium u. f. w., die entweder in Form dünner Blätter (Blattgold, Blattfilber u. f. w.) oder in Form feiner Pulver, fogenannter Metallbronzen oder Bronzen in Anwendung kommen. — Ein weiteres hier zu erwähnendes Rohmaterial ift der Wollftaub (auch Scherwolle genannt), der als Abfall beim Scheren der Tuche auf den Schermafchinen (f. Tuchfabrikation) oder auch direkt aus der Wolle gewonnen wird. Im letzteren Falle wird die Wolle fortiert, mit Seifenlöfung gewafchen, getrocknet, gemahlen, das Pulver fortiert und fchließlich gefärbt. — Von den als Bindemittel verwendeten Rohmaterialien der Buntpapierfabrikation find zu erwähnen der tierifche Leim. Diefer muß vollkommen frei von Fett und mineralifchen Subftanzen und tunlichft farblos fein. Die Leimlöfung muß für zu glättende Papiere konzentrierter genommen werden. Um das Zerfetzen der Leimlöfung hintanzuhalten, wird ihr 1 Teil Alaun auf 5 Teile Leim zugefetzt, und um ihn dünnflüffiger und gleichmäßiger zu erhalten, werden 4 Teile Glyzerin auf 100 Teile Leimlöfung beigemifcht. — Gummiarabikum wird namentlich für Saftfarben verwendet und durch fchwefelfaure Tonerde verdickt. — Stärke wird in Form von Kleifter als Bindemittel verwendet und durch einen Zufatz von Alaun gegen Zerfetzung gefchützt. — Galle wird mittels Preffen durch einen Flanellbeutel und Filtrieren von Gewebeteilen befreit und durch einen Zufatz von Alkohol oder Karbolfäure in unzerfetztem Zuftande erhalten. — Leinölfirnis, Haufenblafe, auch als Verdickungsmittel verwendet. — Dextrin, das jedoch mit Säuren nicht verwendet werden darf, da es fonft ein Fließen der Farben herbeiführt.

B. Hauptarbeiten. Diefe beftehen aus dem Aufbringen und Befeftigen der Farben und fonftiger Stoffe.

I. Die Herftellung der fchlichten Buntpapiere durch Färben wird in der Weife zur Ausführung gebracht, daß man die entfprechende Farbe auf die Oberfläche des Papieres überträgt und dort gleichmäßig verteilt. Diefes Färben wird entweder durch Handarbeit (Handfärberei) oder durch Mafchinen (Mafchinenfärberei) bewirkt. Die Werkzeuge, die fowohl bei der Hand- als auch Mafchinenfärberei zum Auftragen und Verteilen der Farben in Anwendung kommen, find Bürften, Pinfel und Schwämme. Diefe letzteren werden für die Arbeit in hölzerne Kluppen gefpannt, fo daß der Schwamm nur als mäßig ftarker Wulft aus der Kluppe heraustritt. — Bei der Handarbeit legt der Arbeiter das angefeuchtete Papier bogenweife oder bei endlofem Papier in einer entfprechend langen Teilftrecke auf eine horizontale, tifchähnliche Fläche, den Streichtifch, und überfährt dasfelbe mit dem mit Farbe gefüllten Werkzeug, bis die ganze Oberfläche mit Farbe bedeckt ift, worauf eine gleichmäßige Verteilung der Farbe (Verfchlichten) durch Ueberfahren mit einer weichen Verfchlichtbürfte zur Ausführung kommt. Die Farben werden lauwarm verwendet. Hierauf wird das Trocknen dadurch bewirkt, daß der Bogen vom Tifche abgehoben, über das fogenannte Hängekreuz gelegt und mit Hilfe desfelben auf gefpannte Schnüre in der Weife gehängt wird, daß der Bogen die Schnur etwa in der Mitte

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

berührt und die farbige Fläche nach oben zu liegt. Endloſes Papier wird in entſprechenden Abſtänden auf runde Stäbe gelegt und dieſe mittels einer Gabel auf zwei parallel nahe der Decke des Raumes angeordnete Leiſten gehoben. Die Farbe muß dünn aufgetragen und das Streichen öfters wiederholt werden, wenn eine gleichmäßige Verteilung erreicht werden ſoll. Man nennt die ganze Arbeit das Färben im Blatt, auch dann, wenn ſie durch Maſchinen zur Ausführung kommt. Die zur Herſtellung des ſchlichten gefärbten Papieres verwendeten Maſchinen werden Grundier-, auch Fonciermaſchinen, auch Streichmaſchinen genannt und ſind in den fünfziger Jahren des vorigen Jahrhunderts in England erfunden und konſtruiert worden. — Die Färbmaſchinen für das Färben im Bogen beſtehen aus einem horizontalen Tiſch, über dem ſich ein Gummituch (Farbtuch) fortbewegt, auf dem die Bogen, durch einen Zuführapparat aufgelegt, zuerſt von einer mit Farbe getränkten Filzwalze geſtrichen, durch mehrere feſtſtehende und hin und her bewegte Bürſten verſchichtet, endlich an einen Bogentrockner abgeliefert werden (ſ. Papierfabrikation). — Die Färbemaſchinen zum Färben endloſen Papiers, auch bei der Tapetenfabrikation als Grundiermaſchinen in Anwendung, werden nach drei Hauptſyſtemen (dem engliſchen, franzöſiſchen und deutſchen) gebaut. Bei den beiden erſteren Syſtemen läuft das Papier mit Hilfe eines endloſen Filzes kontinuierlich über einen horizontal angeordneten glatten Tiſch in geſpanntem Zuſtande, erhält die Farbe aus einem Farbtroge entweder durch einen farbegetränkten Filz oder durch eine rotierende Bürſtenwalze, während das Verſchlichten durch hin und her gehende, rotierende oder kombiniert bewegte Bürſten oder Bürſtenwalzen zur Ausführung kommt. Die deutſche Grundiermaſchine wird in zwei Konſtruktionen verwendet. Bei der älteren, 1867 von Hummel in Berlin gebauten läuft das Papier (wie Fig. 1 zeigt) in ſenkrechter Richtung von unten nach oben über einen feſten Tiſch, indem es ſich unten von einer Rolle abwickelt, oben auf einer Rolle aufläuft, die das Papier weiter in den Trockenapparat liefert. Die Farbe wird aus einem Farbtrog durch eine in dieſen eintauchende Walze am unteren Ende des Tiſches auf das Papier übertragen und dann zuerſt durch die wagerecht hin und her gehende Bürſte *B*, darauf durch die gleichzeitig rotierenden und wagerecht hin und her geführten pinſelähnlichen Bürſten *bbbb* verſchlichtet. Die rotierende Bewegung geht von der Schnurrolle *R* aus, welche die Drehung durch die Schnüre *a* über die Leitrollen *f* auf die Bürſten überträgt, während die wagerechte Bewegung dadurch erreicht wird, daß alle dieſe Konſtruktionsteile auf einem eiſernen Rahmen angeordnet ſind, der feinerſeits durch einen Kurbelmechanismus auf einer wagerechten Bahn hin und her geſchoben wird. — Beſſer angeordnet iſt die von F. Flinſch in Offenbach gebaute Maſchine, deren Konſtruktion ſchematiſch aus Fig. 2 erſichtlich iſt. Bei dieſer läuft das endloſe Papier von der Rolle *A* ab, über die Führungs- und Spannwalzen *abc* an der Farbwalze *d* vorüber, die, in den Farbtrog tauchend, Farbe auf das Papier überträgt, das nun behufs Verſchlichtens über die Trommel *B* geführt wird, an deren Mantelfläche vier feſtſtehende Bürſten 1, 3, 5, 7 und vier hin und her bewegte Bürſten 2, 4, 6, 8 angeordnet ſind. — Das gefärbte Papier gelangt nun infolge des Zuges von ſeiten der Walze *e*, an die behufs ſicherer Bewegung das Papier angeſaugt wird, in die Trockenvorrichtung, die ſogenannte Accrocheuſe. Dieſe beſteht aus zwei ſchiefliegenden, endloſen, um zwei Rollen beweglichen Ketten *ff*, an denen in beſtimmten Abſtänden winkeleiſenförmige Mitnehmer *i* befeſtigt ſind, die bei jedem Paſſieren des Hängſtabbehälters *C* einen Hängſtab *n* mitnehmen, dieſen unter das von *e* gelieferte Papier und mit dieſem auf zwei parallel unter der Decke des Trockenraumes wagerecht geführte endloſe Ketten *m* bringen, ſo daß von dieſen kontinuierlich weiterbewegten Stäben das Papier frei herabhängt, langſam durch den Trockenraum bewegt und endlich durch die Walze *k* zur Aufwickelrolle befördert wird, wobei die Hängeſtäbe in den Kanal *E* und in das Sammelgefäß *H* fallen. Da das Trocknen geraume Zeit in Anſpruch nimmt, iſt der Trockenraum, wie die Fig. 3 und 4 zeigen, in die Länge gedehnt und dabei auch noch eine Umkehrung angeordnet, um den Weg des zu trocknenden Papiers zu verlängern. *A* iſt die

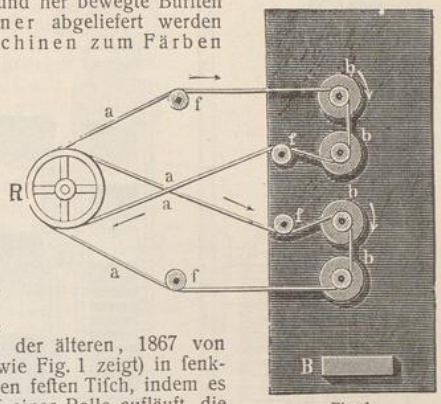


Fig. 1.

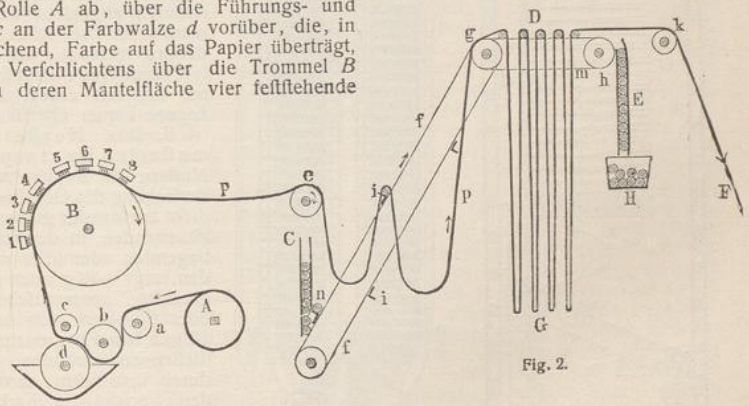


Fig. 2.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Färbemaſchine, *B* der Trocken-, *C* bezw. *G* der Aufrollapparat. Die Fig. 3 zeigt die erwähnte Umkehrung. Durch den Trockenraum wird erwärmte Luft mittels eines Exhauſtors durchgeſaugt. — In neuerer Zeit ſind verſchiedene anders konſtruierte Färbemaſchinen aufgetaucht, ſo eine kalanderartige Maſchine, bei der die Farbe aus darüber angeordneten Farbebehältern durch Rohre auf die Kalanderwalzen fließt und von dieſen auf das zwiſchen den Walzen hindurchgehende Papier übertragen wird; oder das Papier läuft zwiſchen einer gerifften, in Farbe tauchenden und einer mit elaſtiſchem Stoffe überzogenen und gegen die geriffte gepreßten Walze hindurch, wodurch ein gleichmäßiges Uebertragen der Farbe ermöglicht wird. Endlich bemüht man ſich auch, die Färbung unmittelbar nach dem Entſtehen des Papiers, alſo noch in der Papiermaſchine zur Ausführung zu bringen. Damit die Farbe das Papier nicht durchdringe, wird der Färbeapparat, wie Fig. 5 zeigt, am erſten Trockenzylinder der Papiermaſchine angeordnet und beſteht aus der im Farbtroge *g* laufenden Farbwalze *a*, von der die Walze *b* die Farbe abnimmt und auf das über die Trockentrommel *x* gehende Papier überträgt. Auch durch Aufſtäuben der Farbe mittels eines Zerſtäubers wird Papier gefärbt.

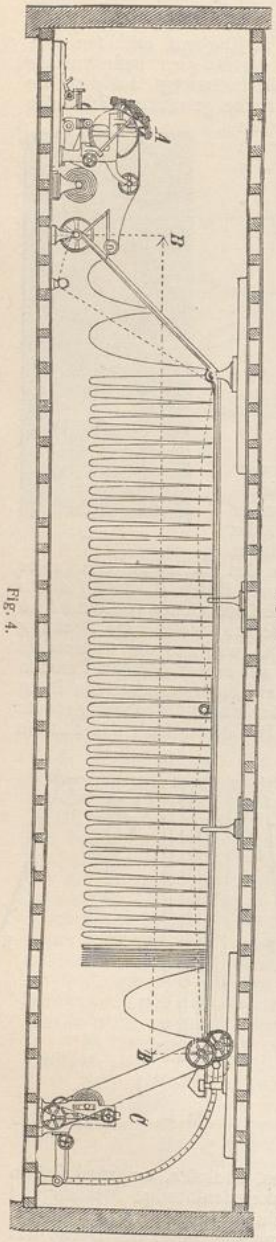


Fig. 4.

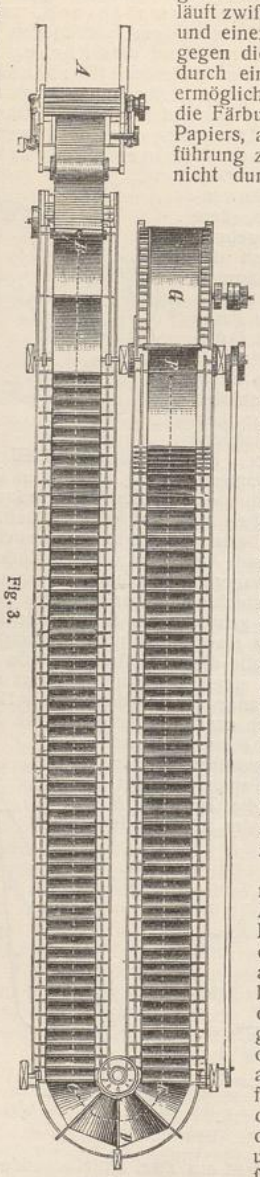


Fig. 3.

Die Herſtellung der ſchlichten Buntpapiere durch Streuen und Auflegen wird in der Weiſe zur Ausführung gebracht, daß Bogen- oder Rollenpapiere mit einem Klebſtoffe verſehen und darauf entſprechend gefärbte Pulver geſtreut oder dünne Metallblätter aufgelegt werden. Die Herſtellung ſchlichter Papiere durch Streuen findet nur in ſeltenen Fällen ſtatt; durch Auflegen werden viele ſchlichte Metallpapiere erzeugt, indem das durchaus glatte Papier zuerſt mit einer Grundfarbe überzogen wird, die mit klebriger Flüſſigkeit gemiſcht iſt, und auf dieſe Fläche nach einiger Zeit, wenn ſie noch etwas klebrig iſt, dünne, echte oder unechte Metallblätter ſorgfältig nebeneinander aufgelegt, angedrückt und dadurch angeklebt werden. Neueſtens werden ſolche ſchlichte Metallpapiere dadurch erzeugt, daß eine auf elektrolytiſchem Wege hergeſtellte Metallſchicht auf das mit einem Klebemittel überzogene Papier übertragen wird.

II. Die Herſtellung der gemuſterten Buntpapiere. Unter dem Muſtern der Papiere verſtehen wir die Bedeckung der Oberfläche derſelben mit dicht aneinander grenzenden oder weiter abſtehenden, in der Fläche des Papieres liegenden oder über dieſe heraustretenden, regelmäßig oder unregelmäßig begrenzten, geometriſchen, ornamentalen oder figuralen oder auch nur muſterartigen, ſcharf begrenzten oder ineinander fließenden Gebilden, die nicht nur durch ihre Form, ſondern auch durch den Wechſel der Farbe, durch Licht- und Schattenwirkung einen von dem ſchlichten Papier vollkommen verſchiedenen Eindruck auf das Auge üben. — Dieſer Eindruck wird hervorgebracht: a) durch das ſogenannte Sprengen, Abziehen und Streichen; b) durch Drucken; c) durch Preſſen, Prägen und Stanzen; d) durch Streuen und Auflegen; e) durch Kriſtalliſieren; f) durch eine Kombination mehrerer der vorſtehenden Methoden.

a) Die Herſtellung der gemuſterten Buntpapiere durch Sprengen, Abziehen und Streichen. Dieſe Methoden, die heutigentags zur Herſtellung der am meiſten verwendeten Buntpapiere in Anwendung kommen, beſtehen beim Sprengen darin, daß man den in eine entſprechende Lage gebrachten naturfarbigen, im Stoff gefärbten oder grundierten

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Papierbogen in trockenem oder noch feuchtem Zuſtande mittels eines Pinſels mit feinen oder gröberen Tropfen einer oder mehrerer Farben beſprengt oder betupft, beim Abziehen den Bogen mit der zu färbenden Seite auf eine durch aufgeſprengte Farben bedeckte Fläche legt und davon wieder abzieht. Beim Sprengen werden die nicht zu langen Borſten eines mit Farbe gefüllten, über dem Papierbogen gehaltenen und hin und her bewegten Pinſels mit dem Finger oder mit einem Holz oder Falzbein von unten nach aufwärts geſtrichen, oder der Pinſel ſelbſt in Bewegung geſetzt und auf die Hand oder ſonſt einen feſten Punkt aufgeſchlagen, wodurch die Farbetröpfchen auf das Papier geſchleudert, geſprengt werden. Eine ziemlich gleichmäßige Größe der Tröpfchen erreicht man durch Anwendung des Sprenggitters, eines feinmaſchigen, in einem Rahmen befeſtigten Drahtgewebes, das, über das Papier gehalten, an der oberen Fläche mit dem farbegefüllten Pinſel überſtrichen wird. — Durch das Aufſprengen verſchiedener richtig gewählter Farben, durch das Auflegen kleiner Kügelchen, Scheibchen, Fäden u. ſ. w., durch die Ausſparungen von verſchiedener Form erreicht werden können, laſſen ſich die mannigfaltigſten Wirkungen erzielen; ähnliche auch durch das Betupfen eines noch feuchten Papiers mit Farbtropfen, durch das Zuſammenfließenlaſſen der Tröpfchen u. ſ. w. — Zum Sprengen können Mineral- und Körperfarben genommen werden, wenn das Papier nicht geglättet wird; ſoll dies geſchehen, dann müſſen mehr flüſſige Farben zur Verwendung kommen. Die Herſtellung des Buntpapiers durch Abziehen kann man in der Weiſe zur Ausführung bringen, daß ein mit Wachstuch überzogenes Brett von etwas über Bogengröße mit verſchiedenen mit Kleiſter, Leim oder Ochſengalle verſetzten Farben auf die vorerwähnte Weiſe beſprengt wird, bis die Fläche gedeckt iſt, worauf das angefeuchtete Papier mit der zu färbenden Seite auf das Brett gelegt, ſanft angedrückt und dann abgezogen wird. — Eine Variation in den ſo entſtehenden muſterähnlichen Gebilden wird erreicht werden können durch ein welliges Ueberfahren des mit Farbe bedeckten Brettchens mit einem oder mehreren hölzernen Stiften, Stäbchen oder dadurch, daß zwei mit Farbe beſprengte Papierlagen aufeinander gelegt und wieder auseinander gezogen werden, endlich durch ein geradliniges oder ſchiefes, drehendes Abziehen u. ſ. w. — Eine andre, weit häufiger angewendete Methode beſteht darin, daß die Farbfläche nicht auf einem Brett, ſondern auf einer Flüſſigkeit, dem Marmorierwaſſer (weil gewöhnlich Marmorpapiere mit dem Verfahren erzeugt werden), hergeſtellt wird. Um ein Unterſinken der Farben in der Flüſſigkeit zu verhindern, muß dieſe bedeutende Konſiſtenz haben. Sie beſteht gewöhnlich aus einer Auflöſung von Tragantgummi in deſtilliertem Waſſer oder aus einer Miſchung von Waſſer mit einer Abkochung von Flohſamen oder Carragheenmoos, dem behufs Hintanhaltens der Zerſetzung in Alkohol gelöſte Salizylſäure zugeſetzt und die in den Marmorierkaſten, ein 3—4 cm tiefes, über Bogengröße dimenſioniertes, aus Holz, Zink-, Blei- oder Eiſenblech (dieſes emailliert) hergeſtelltes Gefäß gegoſſen wird. — Auf dieſe Flüſſigkeitsfläche werden nun die mit ſogenannten treibenden Mitteln verſetzten Farben in bekannter Weiſe aufgeſprengt, und zwar häufig zuerſt eine die ganze Fläche deckende Grundfarbe und hierauf die andern Farben in ſolcher Reihenfolge, daß gewöhnlich zuerſt die lichten und dann die dunkeln Farben an die Reihe kommen, jede folgende Farbe mit einem größeren Zuſatz von Treibmittel. — Als gute Treibmittel ſind namentlich Ochſengalle, außerdem aber auch Oelſeife und durch einen beſonderen Prozeß (namentlich plötzliche Abkühlung) in eine ſchwammige Maſſe verwandeltes Wachs in Verwendung, das mit der mit Waſſer verriebenen Farbe tropfenweiſe gemiſcht wird. Die Wirkung dieſer treibenden Mittel zeigt ſich darin, daß die ſpäter aufgeſprengten Farbtropfen die ſchon vorhandenen Farben zur Seite treiben und aus runden Flecken in Streifen, Adern, verwandeln, was durch die leichte Verſchiebbarkeit der Farben auf der Flüſſigkeit und durch den fettigen, ſeifigen Zuſatz ermöglicht wird. Durch Aufſprengen einer Miſchung von Galle und Waſſer werden die Farben verdrängt und es entſtehen ungefärbte Flecke. Hierdurch ſowie durch das Hindurchziehen hölzerner Stäbchen oder kammartig angeordneter Spitzen in verſchiedenen Bahnen durch dieſe Farbſchicht können die Tropfen und Adern in mannigfacher Weiſe verzogen und dadurch die verſchiedenſten Gemenge annähernd regelmäßiger oder auch ganz unregelmäßiger Gebilde und Figuren erreicht werden. — Auf dieſe ſo vorbereitete Farbſchicht wird das angefeuchtete Papier langſam ſo aufgelegt, daß zwiſchen beiden keine Luftblaſen zurückgehalten werden, worauf das Abziehen folgt, durch das je nach der Richtung und Art der Bewegung noch eine Aenderung der Farbenverteilung erreicht werden kann; eine Erſchütterung des Marmorierkaſtens während des Abziehens kann hierbei ebenfalls mitwirken. Das Papier wird hierauf zum Ablaufen auf einen Stab über ein Gefäß gehängt und endlich dem Trocknen zugeführt. — Bei der Erzeugung mehrfarbigen gemuſterten Buntpapiers durch Streichen wird in der Weiſe verfahren, daß man auf den auf einer feſten Unterlage liegenden Bogen gerade oder gewellte Streifen von verſchiedener Farbe mit Pinſel ſo nebeneinander zieht, daß dieſe entweder von ſelbſt ineinander verlaufen oder durch das Ueberfahren mit einer trockenen Pferdehaarbürſte hierzu veranlaßt werden. Das Auftragen dieſer Streifen wird häufig mit einer kammartigen Bürſte zur Ausführung gebracht, deren jedes Borſtenbüſchel mit einer andern Farbe getränkt iſt. Hierbei kommt ein in mehrere Abteilungen geteilter Blechkaſten in Anwendung, der die verſchiedenen Farben enthält.

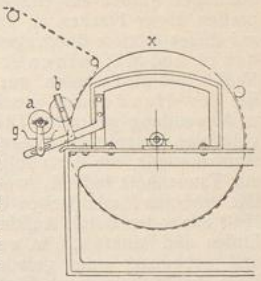


Fig. 5.

b) Herſtellung der gemuſterten Buntpapiere durch Bedrucken. In dieſem Falle werden gewöhnlich geometriſche, ornamentale oder figurale Gebilde, alſo Muſter im engeren Sinne, auf die Oberfläche des in den meiſten Fällen ſchon vorher mit einer einheitlichen Farbe

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

grundierten Papieres aufgetragen. — Die dabei zur Verwendung kommenden Farben müſſen durch entſprechende Verdickungsmittel ziemlich konſiſtent hergeſtellt werden. Das Uebertragen der aus farbigen Konturen, Flächen und Punkten beſtehenden Muſter auf die Papierfläche wird meiſt in der Weiſe zur Ausführung gebracht, daß dieſelben auf einer ebenen oder gekrümmten Holz- oder Metallfläche entweder erhöht oder vertieft hergeſtellt, im erſten Fall auf die Erhöhungen Farben aufgetragen, im letzteren die Vertiefungen mit Farben gefüllt und durch Anpreſſen dieſer Flächen an das Papier oder umgekehrt des Papieres an die Flächen die Farben auf dieſes letztere übertragen werden. Bei der Ausführung dieſer Arbeit müſſen wir den Handdruck und Maſchinendruck unterſcheiden; mit beiden können ſowohl ein- als mehrfarbige Muſter gedruckt werden, nur ſind die dabei in Anwendung ſtehenden Vorrichtungen verſchieden. Bei dem Handdruck werden aus Holz hergeſtellte Platten, ſogenannte Model oder Formen, in Anwendung gebracht. Dieſelben werden aus mehreren mit verſetztem Faſernlauf übereinander geleimten Holzplatten erzeugt, von denen diejenige, in der das Muſter ausgeſchnitten wird, aus Birnbaumholz, die darauffolgende, auch Futter genannt, aus Eichen- oder Buchenholz, die dritte aus Tannenholz beſteht, wodurch ein Werfen infolge des Feuchtwerdens verhütet werden ſoll. Die erhöhten Muſterflächen dieſer Form werden entweder durch Wegſchneiden der umgebenden Holzteile oder durch Aufkleben von entſprechend konturierten Filzplättchen erzeugt. Dünne Linien und Punkte u. ſ. w. werden durch Eintreiben entſprechend geſtalteter Meſſingdrahtſtiftchen und gebogener oder gerader Bleiſtreifchen hergeſtellt. In neuerer Zeit ſtellt man die feineren Teile des Muſters durch Einbrennen mittels eines dauernd glühend erhaltenen Stiftes im Holze vertieft her, ſchneidet die breiteren Teile aus und gießt in dieſe negative Form, die Matrize, eine aus Blei, Zinn und Antimon zuſammengeſetzte Legierung, wodurch eine Metallplatte erhalten wird, die das Muſter erhöht enthält und die man auf einer Holzplatte befeſtigt. Iſt das Muſter aus mehreren Farben, ſo müſſen ebenſo viele Druckmodel in Anwendung kommen, auf denen die Muſterflächen ſo angeordnet ſind, daß die betreffende Farbe beim Druck im Muſter genau auf die ihr beſtimmte Stelle trifft. Dies wird dadurch erreicht, daß bei der Herſtellung der zu einem Muſter gehörenden Model hierauf Rückſicht genommen wird und daß beim Drucken mit dem erſten Model auf dem Papiere gleichzeitig ein Zeichen entſteht, das dem Drucker beim Drucken mit dem folgenden Model als Richtſchnur für das Auflegen dieſes letzteren dienen kann. Hierzu verwendet man in die Model eingeſetzte Metallſpitzen, die Rapportſtifte oder Paßſpitzen, die auf dem Papier einen entſprechenden Eindruck hinterlaſſen. Zur Uebertragung der Farbe auf dieſe Form wird ein aus waſſerdichtem Wollſtoff oder Leder beſtehendes, mit einer breiigen Maſſe von Waſſer und Papierſchnitzeln gefülltes und in einen Rahmen (Chassis) gefetztes Kiſſen verwendet, das mit der betreffenden Farbe überzogen wird. Durch das Aufdrücken des Models auf dieſes Kiſſen wird die Farbe von demſelben auf die erhöhten Teile des Models übertragen. — Das Drucken ſelbſt wird auf dem in Fig. 6 dargeſtellten Drucktiſch zur Ausführung gebracht. Derſelbe beſteht aus der maſſiven Tiſchplatte *g*, die auf einem der Stabilität wegen ebenfalls ſchweren, aus vier Säulen und dem Querbalken *F* und *E* zuſammengezimmerten Geſtelle aufruht. In den rückwärtigen, nach oben verlängerten Säulen iſt ein ſtarker Drehbolzen *a'* gelagert, um den ſich der Hebel drehen kann, der feinerſeits durch einen um *a* drehbaren Hebel *e* und die beide Hebel verbindende Zugſtange *c* bewegt werden kann. Beide Hebel ſamt Zugſtange *c* laſſen ſich über die ganze Länge der Drehbolzen *a* und *a'* verſchieben und können daher an einer beliebigen Stelle des Tiſches zur Wirkung kommen. Zur Ausführung der Arbeit wird der zu bedruckende Papierbogen auf den Tiſch gelegt, der Model an das von einem Hilfsarbeiter mit Farbe beſtrichene Farbekiſſen aufgedrückt, dadurch mit Farbe verſehen, hierauf behutſam auf die entſprechende Stelle des Papiers gelegt, der Hebel *b* darüber geſchoben und durch Herabdrücken des Hebels *e* an das Papier angepreßt. Wird Rollenpapier bedruckt, ſo wird dasſelbe über den Stab 1 zugeführt und nach dem Drucken über den Stab 2 weitergeſchoben und auf Stangen gehängt, die ähnlich wie beim Grundieren das Papier in eine Trockenkammer bringen. Beſſer iſt es, in dieſem Falle den Drucktiſch lang zu dimenſionieren und ein größeres Stück des Rollenpapiers gleichzeitig zur Auflage auf denſelben zu bringen. — Bei dem Maſchinendruck werden, der kontinuierlichen Arbeit wegen, Formen in Geſtalt von Walzen in Anwendung gebracht, an deren Zylinderfläche die Muſter vertieft hergeſtellt ſind. Dieſe Walzen beſtehen entweder aus einem Kupfer- oder Bronze- oder Meſſingmantel, der auf einer Eiſen- oder Stahlwalze mit Stahlachſe oder Zapfen durch Nut und Keil befeſtigt wird. Die Herſtellung der vertieften Muſter auf dieſer Walze geſchieht bei einfacheren, ſich wiederholenden Muſtern durch das ſogenannte Molettieren (ſ. d.), bei ſchwierigeren, ſich über große Flächen verbreitenden Muſtern durch das Aetzverfahren. Im erſteren Falle wird zuerſt die Muttermolette aus einem Stahlzylinder von mäßigem, d. h. ſo großem Durchmeſſer hergeſtellt, daß der Rapport des Muſters, d. i. die ganze Breite desſelben, genau einmal oder mehreremal Platz findet. Das Muſter wird auf dem Zylinder abgepauſt, eingraviert, der Zylinder dann gehärtet und mit Hilfe desſelben die ſogenannte Patrize, d. h. das Muſter erhöht auf einer weicheren Stahl- oder auch Eiſenwalze von bedeutend größerem Durchmeſſer, in deren Umfang der Umfang der Muttermolette ohne Bruchteil enthalten ſein muß, dadurch hergeſtelll, daß beide gegeneinander gepreßt, gleichzeitig gedreht und mit einer

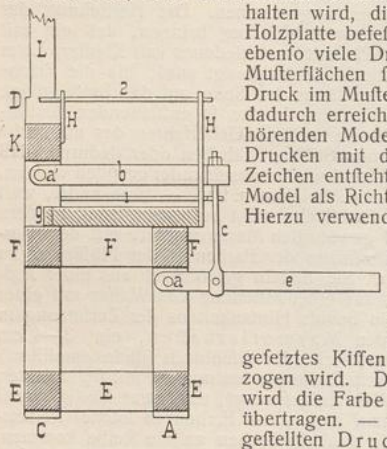


Fig. 6.

Maſſe aus Kolophonium, Wachs, Fett und Unſchlitt verſehen werden, welche die Vertiefungen der Muttermolette füllt und die entſprechenden Flächen der Patrize ſo viel deckt, daß dadurch eine Wirkung der Salpeterſäure, in welche dieſelbe getaucht wird, auf dieſe Flächen ausgeſchloſſen iſt, wodurch ein Vertiefen der den erhöhten Stellen der Muttermolette entſprechenden Flächen erreicht wird. Die ſo erzeugte Walze bildet gehärtet die eigentliche Molette, die in der Molettiermaſchine auf die Formwalze, durch einen bedeutenden Druck zur Wirkung gebracht, hier das Muſter wieder vertieft erzeugt. Bei dem Aetzverfahren wird die Formwalze mit einem Lack aus Aſphalt, Pech und Wachs überzogen, in dieſen mit Hilfe des Pantographen das vergrößert vorgezeichnete Muſter verkleinert eingeritzt und die Walze mit Salpeterſäure geätzt, wodurch den Ritzen entſprechende Vertiefungen entſtehen. In vielen Fällen werden die Muſter nicht direkt auf der Walze, ſondern auf beſonderen Platten erzeugt, die dann in beliebiger Anzahl auf der Mantelfläche der Walze befeſtigt werden. Die ſo hergeſtellten Formwalzen werden in die Walzendruckmaſchine gelegt, die Vertiefungen mit Farben gefüllt und durch ſtarkes Andrücken des Papiers bei gleichzeitiger Rotation auf dieſes letztere übertragen. Die Schwierigkeit beim Drucken mehrfarbiger Muſter, wobei ebenſo viele Walzen in Anwendung kommen müſſen, liegt namentlich in der übereinſtimmenden Anordnung der Bewegung dieſer Walzen, d. h. im Erreichen des ſogenannten Längen- und Breitenrapports, weshalb die Walzen auch während der Arbeit leicht ſtellbar ſein müſſen. Eine der neueſten Papierdruckmaſchinen iſt die von H. H. Möller für zwei Farben (D.R.P. Nr. 63979), worauf wir verweiſen. — Soll mehrfarbig gedruckt werden, ſo iſt für jede Farbe ein Farbkaſten, eine Muſterwalze und ein ſogenanntes Farbabſtreifmeſſer, beſtehend aus einer mit der Muſterwalze gleich langen, zu einer ſcharfen Schneide zugeſchliffenen und mit dieſer an die Oberfläche der Muſterwalze tangential angepreßten Stahlſchiene (Rakel, Doktor) nötig, welches die auf den erhabenen Stellen der Muſterwalze haftende Farbe vollſtändig abzuſtreifen hat, ſo daß nur in den Vertiefungen Farbe zurückbleibt und die Zwiſchenräume zwiſchen den Muſtern von Farbe nicht berührt werden. Sind nun eine größere Anzahl von Farben für das Muſter notwendig, ſo häufen ſich all dieſe Vorrichtungen und werden in dieſem Falle konzentriſch um die gemeinſchaftliche Gegendrucktrommel, den Preſſeur, angeordnet (ſ. Tapetenfabrikation); wobei es namentlich auf eine ſolche Bewegung der Farbwalzen ankommt, daß die verſchiedenen Farben in die durch das Muſter bedingte, richtige gegenſeitige Lage kommen, was durch mannigfache Einrichtungen erreicht wird. Von der Maſchine wird das bedruckte Papier mit dem darunter befindlichen Farbtuche einem Trockenraum zugeführt, in dem es, durch Walzen geleitet, mehrfach hin und her läuft, endlich vollſtändig getrocknet austritt und auf eine Rolle aufgewickelt wird. In manchen Fällen wird auch eine Kombination von Maſchinen- und Handdruck zur Anwendung gebracht, indem größere Flächen des Muſters, gewiſſermaßen der Grund desſelben, auf der Maſchine vorgedruckt und einzelne ſchwierigere Partien, Licht, Schatten u. ſ. w. durch Handdruck hergeſtellt werden.

c) Die Herſtellung der gemuſterten Buntpapiere durch Preſſen. Die das Papier bildenden Faſern haben namentlich im feuchten Zuſtande in hohem Grade die Eigenſchaft, ſich infolge der Einwirkung einer Kraft gegenſeitig zu verſchieben und in dieſer Lage nach dem Trocknen zu verbleiben, ohne hierbei eine Beſchädigung des Papiers herbeizuführen. Dieſe Eigenſchaft wird ausgenutzt, um die Oberfläche des Papiers mit wirklichen ornamentalen und figuralen Muſtern oder mit muſterähnlichen Gebilden zu bedecken, die reliefartig über die Oberfläche des Papiers hervortreten. Es wird dies ſowohl mit naturfarbigem als auch im Stoff oder auf der Maſchine gefärbtem und auch bedrucktem Papiere zur Ausführung gebracht. Die Methode, die dabei eingeſchlagen wird, beſteht hauptſächlich darin, daß man das angefeuchtete Papier an einer mit erhabenen oder vertieften Muſtern verſehenen Walze vorbeigehen und an dieſelbe elaſtiſch anpreſſen oder auf eine gravierte Metallplatte auflegen und mit einer elaſtiſchen Decke zwiſchen zwei gegeneinander gepreßten Walzen oder zwiſchen zwei als Matrize und Patrize gravierten Walzen ohne Decke hindurchgehen läßt; oder, wenn das Muſter nur an einer Stelle erſcheinen ſoll, dieſe Stelle auf eine elaſtiſche oder gravierte Platte auflegt und mittels eines durch eine Schraube oder einen Hebel bewegten, an der unteren Fläche ebenfalls gravierten Stempels das Muſter einpreßt, wobei die die Preſſung bewirkenden Metallteile erwärmt zur Wirkung kommen können. Der Fall, daß das Papier zwiſchen das vertieft hergeſtellte Muſter, die Matrize, und das erhaben hergeſtellte, in das erſtere paſſende Muſter, die Patrize, gelegt wird, iſt der ſeltenſte, weil koſtſpieligſte. Gewöhnlich wird nur der eine dieſer Teile verwendet und das Papier durch eine elaſtiſche Unter- oder Auflage ein- oder aufgepreßt. Als elaſtiſche Unterlagen werden Platten aus Pappe, Leder, Gewebe, Kautſchuk und Blei oder Papier-, Kautſchuk- und Bleiwalzen verwendet. Die Vorrichtungen, die dabei in Verwendung kommen, ſind teils kleine Handpreſſen mit Schrauben- oder Hebelbewegung, oder Maſchinen, durch die der Druck wie bei einem Walzwerk zur Ausführung kommt. Bei dem Preſſen im Bogen werden ſowohl Platten- als auch Walzenpreſſen, auch Walzenprägmaſchinen genannt, bei Rollenpapier nur letztere verwendet. Eine ſolche Walzenpreſſe von F. Flinſch in Offenbach iſt in Fig. 7 dargeſtellt. Sie beſteht aus der gravierten Metallwalze *a* und der aus Papier beſtehenden Gegenwalze *b*, die durch Schrauben gegeneinander gepreßt werden. Das Papier läuft von der oben angeordneten und gebremſten Rolle *d* über die Leitwalzen *m*, *n*, *o* der Walze *a* zu, zwiſchen *a* und *b* hindurch und wird auf der Walze *t* aufgerollt. Die Walze *b* hat genau den doppelten Umfang der Walze *a*, wodurch ſich das Muſter vertieft auf derſelben abdrückt. In neueſter Zeit wird dieſes Preſſen auch auf dem friſch erzeugten, noch feuchten Papiere durch Einſchalten eines geeigneten Apparates in die Papiermaſchine zur Ausführung gebracht. Ein ſolcher Apparat iſt aus Fig. 8 und 9 erſichtlich und beſteht aus den ſo, wie Fig. 9 zeigt, oder auch anders gravierten, zwiſchen dem zweiten und dritten Trockenzylinder angeordneten, geheizten Zierwalzen. Die die geheizten Flächen der Walze berührenden Papier-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

ſtellen werden ſchnell getrocknet, während die die Rinnen oder Vertiefungen berührenden feucht bleiben, wodurch ſich infolge der ungleichmäßigen Zuſammenziehung eine Art Muſterung ergibt. Auf ähnlicher phyſikaliſcher Grundlage beruht die Hervorrufung muſterähnlicher erhöhter Gebilde dadurch, daß man das trockene Papier wieder anfeuchtet und dann ohne Spannung über den Trockenzylinder gehen läßt, wodurch ſich dasſelbe mit einer Unzahl ganz unregelmäßiger

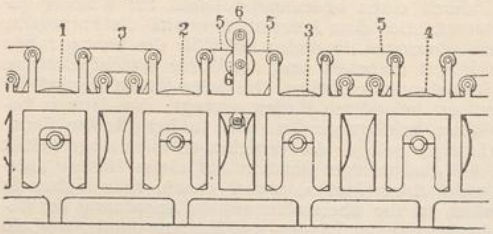
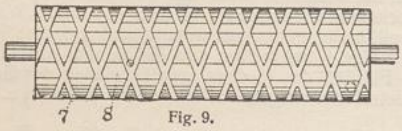


Fig. 8.

Wülſte bedeckt. Daß das eigentliche Preſſen durch Druck in ähnlicher Weiſe in der Papiermaſchine ausführbar iſt, iſt ſelbſtverſtändlich. Die Formwalze oder -platte kann auch durch irgend einen plattenförmigen Körper, z. B. Gaze, erſetzt werden, der zwiſchen Papier und harte Unterlage gelegt und mit dieſer und einer elaſtiſchen Oberlage einer Preſſung ausgeſetzt, ſeine Erhöhungen im Papier abdrückt. Je nach der Form der muſterähnlichen Gebilde wird dieſe Preſſung Gaufrieren, Moirieren, Guillochieren u. ſ. w., die betreffenden Maſchinen als Gaufrier-, Moirier-,



7 8 Fig. 9.

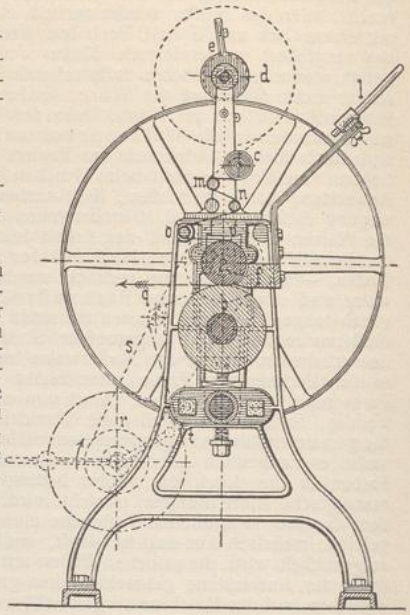


Fig. 7.

Guillochiermaſchinen bezeichnet. — Durch Stanzen werden gemuſterte Papiere in der Weiſe erzeugt, daß man dieſelben auf die aus hartem Metall hergeſtellte und mit den ſcharfen Kanten nach aufwärts gekehrte Form legt, mit einer Bleiplatte bedeckt und dieſe mit einem Hammer ſo lange bearbeitet, bis das Papier durchſchnitten iſt wie bei den Papierſpitzen. Es läßt ſich dies ſelbſtverſtändlich auch durch eine walzenförmige Form erreichen.

d) Die Herſtellung der gemuſterten Buntpapiere durch Streuen und Auflegen. Mit dieſer Methode werden Muſter oder Teile ſolcher auf der Oberfläche ſchon grundierter oder ſelbſt ſchon bedruckter Buntpapiere dadurch erzeugt, daß man auf die mit dem Muſter zu deckenden Flächen einen Klebſtoff aufdruckt, hierauf pulverförmige Farben, Wollſtaub oder Metallpulver aufſtreut und den Ueberſchuß dieſer Pulver entfernt. Das Bedrucken kann entweder durch Handarbeit oder mit Hilfe der ſchon beſprochenen Maſchinen zur Ausführung gebracht werden und unterſcheidet ſich von dem Farbendruck nur dadurch, daß ſtatt Farben Klebſtoffe auf Model und Muſterwalze oder Muſterplatte gebracht werden, wobei gewöhnlich dicker Leinölfirnis in Anwendung kommt. Die erwähnten Pulver werden mit einem Sieb aufgeſtreut und der Ueberſchuß nach dem Trocknen durch Abſchütteln entfernt. Um hierbei die oft wertvollen pulverförmigen Stoffe zu ſparen, wird der ganze Prozeß in einem geſchloſſenen Raum und ſelbſttätig durch Mechanismen ausgeführt, die als Bronziermaſchinen bezeichnet werden. Ebenſo können ähnliche Muſter dadurch erzeugt werden, daß auf die aufgedruckte Klebemaſſe ſehr dünne Metallplatten aufgelegt und durch Andrücken fixiert werden.

e) Die Herſtellung gemuſterter Buntpapiere durch Kriſtalliſieren. Dieſe Methode wird in der Weiſe zur Ausführung gebracht, daß man naturfarbige oder gefärbte Papiere mit einer Maſſenſchicht überzieht, welche die Eigenſchaft beſitzt, während des Abkühlens zu kriſtalliſieren und dadurch die Fläche mit den bekannten Kriſtalliſationsfiguren zu bedecken. Es wird hierzu gewöhnlich eine im erhitzten Zuſtande geſättigte Löſung von Bleizucker mit Leim, Gummi, Dextrin oder eine Löſung von Bitterſalz in Waſſer und Dextringummiſchleim, mit etwas Glyzerin verſetzt, verwendet. Die erſtere Löſung iſt giftig. Es können noch das kieſelſaure Kali, das Chlorbaryum, das Eiſenſulfür, das ſalpeterſaure Kali, in Löſung mit Schwefelkupfer, eſſigſaurem Baryt u. ſ. w. zur Anwendung kommen. Die Kriſtalliſation beginnt an mehreren Punkten zugleich, die man durch Berühren mit einem ſpitzen Stäbchen nach Belieben vermehren kann, wodurch ſich Kriſtalliſationszentren bilden, die ſich gegenſeitig ſcharf abgrenzen. — Ruft man die Kriſtalliſation auf einer Stahlplatte hervor und drückt eine Bleiplatte dagegen, ſo drücken ſich die Kriſtallformen in der letzteren ab und können nun auf galvanoplaſtiſchem Wege auf eine Kupferplatte übertragen und abgedruckt werden.

f) Die Herſtellung der gemuſterten Buntpapiere durch Kombination mehrerer Methoden, wobei namentlich eine Verbindung des Druckens mit dem Preſſen

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

und Prägen oder mit dem Streuen und Auflegen, sowie auch aller dieser Methoden, des Druckens, Pressens und Streuens, zur Ausführung gebracht wird.

C. Nacharbeiten. Als solche sind namentlich zu erwähnen: a) das Glätten und Glänzen; b) das Lackieren. Die ersteren Arbeiten bezwecken die Herstellung einer mehr oder weniger glatten und glänzenden Oberfläche; die letztere außerdem noch die Bedeckung des Papiers mit einem Ueberzug, der es gegen die Einwirkungen verschiedener Angriffe, namentlich gegen Feuchtigkeit, schützt.

a) Glätten und Glänzen stehen in unmittelbarer Verbindung, denn der Glanz ist nichts andres als der mehr oder weniger vollkommene Reflex des einfallenden Lichtes; dieser ist aber in höherem Grade nur auf einer geglätteten, ihrer Rauheiten entkleideten Fläche möglich. Die Unebenheiten können entweder dadurch beseitigt werden, daß die Erhöhungen durch einen entsprechend hohen Druck breitgedrückt und zur Ausfüllung der Vertiefungen gezwungen werden, oder dadurch, daß das Material der Erhöhungen in die Vertiefungen bei gleichzeitig hohem Drucke gewissermaßen hineingestrichen, oder endlich, indem die Vertiefungen durch irgend ein Material ausgefüllt werden, dessen feinste Teilchen leicht beweglich in die kleinsten Poren und Vertiefungen eingedrückt werden können. Die Arbeiten, die dabei in Anwendung kommen, bestehen entweder bloß in der Ausführung eines hohen Druckes oder in einem solchen kombiniert mit einer streichenden Bewegung oder in beiden unter gleichzeitiger Anwendung pulverförmiger Materialien. Die erste Arbeit wird gewöhnlich durch sogenannte Walzenkalander (s. Kalander und Papierfabrikation) zur Ausführung gebracht, bestehend aus zwei gußeisernen Gestellen, zwischen denen wagerecht mehrere Walzen übereinander angeordnet sind, von denen eine oder mehrere aus Hartguß, andre aus Papier (Papierwalzen) bestehen, die ersteren mit sehr glatter Oberfläche versehen sind und von denen die oberen durch einen entsprechenden Druckapparat gegen die unteren gepreßt werden. Zwischen diesen Walzen wird das Papier bogenweise oder auch in langer Bahn hindurchgeführt und dadurch einem hohen Druck ausgesetzt. Die Wirkung wird erhöht, wenn eine dieser Walzen, die hochpolierte Hartgußwalze, eine etwas größere Geschwindigkeit erhält als die andern Walzen, wodurch das erwähnte Streichen erreicht wird. — Eine ähnliche Wirkung, in geringerem Grade, erreicht man durch das Glätten mit dem Glättstein auf dem Glättisch, eine Handarbeit, bei der das mit der gefärbten Seite auf einen aus einer harten Steinplatte bestehenden Tisch gelegte Papier, mit einem niedergepreßten harten Steine — Feuerstein, Jaspis, Achat — wiederholt überfahren wird. Der Stein ist walzenförmig und drehbar oder er ist an seiner Arbeitsfläche breit oder kantig abgerundet und wirkt streichend. Der Druck wird gewöhnlich durch eine an der Decke der Werkstätte angeordnete federnde Latte oder durch ein Brett erzeugt, das seine Federkraft durch eine in Scharnieren bewegliche Stange, die Glättstange, auf den Stein überträgt. Die Bewegung des Steines wird manchmal auch durch einen Kurbelmechanismus zur Ausführung gebracht und der Apparat dann Steinglättemaschine genannt. — Zur Ausfüllung der Vertiefungen bei der zuletzt erwähnten Methode wird namentlich Talk, aus Kieselerde und Magnesia bestehend, auch Fasergips und Wachs verwendet, diese Stoffe entweder schon der Farbe selbst beigemengt oder pulverförmig auf die gefärbte Fläche des Papiers gestreut und dann durch Bearbeitung mit Bürsten ein atlasartiger Glanz erzeugt. Die Bewegung der Bürsten kann entweder durch die Hand oder durch einen Mechanismus erfolgen, welch letzterer dann als Bürstensatiniermaschine bezeichnet wird, da man diese Glätt- oder Glänzarbeit das Satinieren nennt.

b) Zum Lackieren resp. Ueberziehen der Flächen gegen äußere Einwirkungen werden Lacke, gelatinartige Massen verwendet (Gelatinieren), wobei namentlich die Spiritusfirnisse und Leimgelatine in Gebrauch kommen. Diese Flüssigkeiten werden mit breitem Pinsel in mehreren Schichten aufgestrichen und dann getrocknet. Auch das Lackieren und Firnissen wird nun schon durch Maschinen zur Ausführung gebracht, wobei das Papier zwischen einer glatten und geriffelten Walze hindurchläuft, von denen die letztere mit Lack aus einem Gefäß versehen wird. Beim Gelatinieren wird das Papier nach dem letzten Trocknen in kaltes Wasser gelegt, dadurch der Gelatinüberzug zum Quellen gebracht und dann mit der überzogenen Seite auf ein sehr glattes, etwas mit Vaseline eingefettetes Spiegelglas gelegt und so getrocknet, wodurch ein durchsichtiger, porzellanartiger Ueberzug erreicht wird.

Literatur: Hoyer, E., Die Fabrikation des Papiers, Braunschweig 1877; Weichelt, Buntpapierfabrikation, Papierzeitung 1902.

Maxim. Kraft.

Buntpapierfarben, s. En-pâte-Farben.

Buntpapierforten. Nach den Herstellungsmethoden unterscheidet man die schlichten, gefärbten, gesprengten, gemusterten, dessinierten, figurierten, gedruckten, gepreßten, gestreuten, geprägten, gestanzten, abgezogenen, gestrichenen und Kristallisationsbuntpapiere, und ist deren charakteristisches Aussehen durch diese Benennung unmittelbar gegeben.

Zu den Buntpapieren, die nach den zur Herstellung verwendeten Materialien benannt werden, gehören:

Das **Gold-, Silber-** und **Kupferpapier,** die in gleicher Weise — echt oder unecht — hergestellt werden. Das feine, reine, gut geleimte Papier wird zuerst grundiert, indem man bei Gold eine Mischung von Ocker oder Bolus oder Umbra mit Zinnober, bei Silber Zinkweiß mit einer Leimlösung aufträgt und das Papier hierauf nach dem Trocknen durch Abreiben mit Schachtelhalm oder in einem Kalander glättet; sodann wird dasselbe mit dünnem, mit Glyzerin versetztem Leimwasser überstrichen und auf diesem Ueberzug das Schlaggold, Schlagsilber oder Kupfer in den bekannten dünnen Plättchen so aufgetragen, daß die ganze Papierfläche damit

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

bedeckt ist, worauf abermals ein Glätten durch Reiben mit dem Glättzahn oder im Kalander erfolgt. Das hierbei verwendete Metall besteht entweder aus den aus echtem Gold oder Silber geschlagenen dünnen Blättchen oder für Gold Blattmessing, für Silber Blattzinn. — Neuerdings wird die Verbindung des Metalls mit dem Papier dadurch hergestellt, daß auf einer fein polierten Messing-, Nickel- oder vernickelten Metallplatte ein galvanischer Niederschlag von Kupfer oder Nickel gebildet und auf die so hergestellte dünne Metallschicht das mit einer Mischung von Stärkekleister und tierischem Leim bestrichene Papier aufgeklebt und schließlich von der Platte abgezogen und der so mit dem Papier verbundene Niederschlag im trockenen Zustande je nach der Vergoldung oder Versilberung mit einem Gemisch von Gold- bezw. Silbercyanat und kohlensaurem Kali abgerieben wird. Das Kupfer- und Nickelpapier bleibt unverändert. Damit der feine Niederschlag durch das Papier vollkommen von der Metallplatte abgezogen werden kann, wird auf derselben vorher eine Isolierschicht gebildet, indem die Platte mit einer Mischung aus einer Lösung von Mehrfachschwefelalkali und 1 % Spiritus überstrichen, dann mit Wasser abgewaschen und in das Metallbad gehängt wird. Dieses besteht bei Kupfer aus 1 Teil schwefelsaurem Kupferoxyd und 5 Teilen Wasser und soll neutral sein. Die Platten werden nach kurzer Zeit aus diesem Bade genommen, in das saure Kupferbad gehängt, passieren dann noch ein Bad von Zinkvitriol und werden hierauf noch mit einer Lösung von Ammoniumsulfhydrat überstrichen. — Diese Metallpapiere können ferner auch durch Aufstreuen von Metallpulvern auf das mit einer klebrigen Flüssigkeit bedeckte Papier oder durch Bestreichen mit Metallfarben erzeugt werden. Zu den Gold-, Silber-, Kupfer- und Nickelpapieren zählen auch diejenigen, die nur mit in Metall ausgeführten Mustern versehen sind oder auf Metallgrund aufgepreßte Muster zeigen, die sogenannten gemusterten Gold-, Silber- u. s. w. -papiere. Die Herstellung derselben wird durch Aufdrucken der Muster mit Metallfarben oder mit einer klebrigen Flüssigkeit und darauffolgendes Belegen mit Metallblättern oder Aufstreuen von Bronzepulver erreicht.

Das **Mineralpapier** wird in der Weise erzeugt, daß Feilspäne verschiedener Metalle zuerst gefärbt, dann in Lauge abgewaschen, auf einem über glühende Kohlen gelegten Bleche zum Anlaufen gebracht, in einer Walzmühle zerkleinert und endlich mit einem Kitt auf das Papier befestigt werden, welch letzteres eine entsprechende Festigkeit besitzen muß. Bei dem Aufbringen der Metallteilchen benutzt man das Streuverfahren. Das Erzpapier wird in gleicher Weise erzeugt, nur daß an Stelle des Metallpulvers Erzpulver verwendet wird. Das Bleizuckerpapier ist ein sogenanntes Kristallisationspapier (s. weiter unten). Nach der Herstellungsmethode benannt sind: Die gaufrierten Papiere, entweder einfarbige oder gemusterte Papiere, denen durch Pressen in der Gaufriermaschine gewöhnlich über die ganze Papierfläche hinweglaufende parallele Riffen erteilt werden. Die Maschine arbeitet entweder mit einer gerifften Walze und einer gewöhnlich aus Blei bestehenden Gegendruckplatte oder mit zwei gerifften Walzen. Das Gaufrieren kann sich aber auch nur auf die Flächen der Muster beschränken. Die guillochierten Papiere sind den vorher erwähnten nahezu gleich, nur daß die eingepreßten Riffe nicht geradlinig, sondern gewöhnlich in Krümmungen und Schlangenlinien verlaufen. Die Herstellung erfolgt auf der Presse, die der vorhin erwähnten vollkommen gleicht. Nach der Aehnlichkeit mit bekannten Gegenständen benannt sind folgende Buntpapiere: Das Kattunpapier, ein naturfarbiges oder grundiertes Papier, das mit Mustern bedruckt wird, die den beim Kattundruck gewöhnlich verwendeten Mustergattungen und Farben ähnlich sind. — Das Marmorpapier, ein die verschiedensten Gattungen des Marmors imitierendes Buntpapier, wird gewöhnlich durch Sprengen, Abziehen und Streichen, aber auch durch Druck hergestellt. Dasselbe weist verschiedene Unterforten auf, und zwar das Eggemarmorpapier, ein durch Abziehen hergestelltes Buntpapier, bei dem die verschiedenen Farben in regelmäßig abwechselnden Tropfen durch einen einer Egge ähnlichen Apparat auf das Marmorierwasser gebracht werden. Der Apparat besteht aus mehreren an einer Platte angebrachten Stäbchenreihen, deren jede zweite oder dritte in die gleiche Farbe eingetaucht wird. — Das Kammarmorpapier, ebenfalls durch Abziehen hergestellt, dem eine besondere Behandlung der auf das Marmorierwasser gesprengten Farben in der Weise vorangeht, daß die Farbtropfen durch das Durchziehen eines kammartigen Werkzeuges zu Streifen ausgezogen, die dann durch eine rechtwinklig zu den entstandenen Streifen ausgeführte Bewegung desselben Kammes in mondsichelartige Figuren (Lunetten) geteilt werden. — Das Kleistermarmorpapier, auch Herrnhuterpapier genannt, wird ebenfalls durch Abziehen in der Weise erzeugt, daß man auf ein mit Wachstuch überzogenes Brett mit Kleister verdickte Farben sprengt, das Papier darauf legt und dann, an einer Ecke beginnend, abzieht. An Stelle des Brettes kann auch ein zweiter Papierbogen verwendet werden. — Das Goldmarmorpapier entsteht dadurch, daß ein vorher marmoriertes Papier mit Gummiwasser übergossen und an einzelnen passenden Stellen mit Blattgoldadern oder Tupfen mittels eines Pinsels versehen wird.

Unter Türkischem Papier versteht man ein Marmorpapier, das durch Abziehen erzeugt wird, durch kleine charakteristische Merkmale aber vom übrigen Marmorpapier unterschieden ist. — Das Granit-, Porphyr- und Syenitpapier hat seinen Namen von der Aehnlichkeit mit diesen einzelnen Gesteinsgattungen. Es wird aus naturfarbigem, weißem oder auch grundiertem Papier durch die Sprengmethode erzeugt. Wenn das Papier später nicht geglättet wird, kommen Körperfarben zur Anwendung; im entgegengesetzten Falle sollen aber nur flüssige, mehr in das Papier eindringende Farben verwendet werden, da die ersteren sich im Kalander zu stark abreiben. — Das Maser- und Fladerpapier soll Holz imitieren und wird in der Weise erzeugt, daß man ein schon von Natur aus braunes oder braun grundiertes Papier, das glatt auf ein Brett gespannt ist, mit dunklerer brauner Farbe besprengt, durch Drehen und Wenden des Brettes ein verschiedenes Verlaufen der Farbtropfen und durch Aufsprengen von Wasser eine stellenweise Verdünnung der Farben und dadurch ein Bild hervorbringt, das annähernd dem Lauf der sogenannten Masern und Fladern im Holz gleichkommt. Dieses Papier wird in neuerer

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Zeit auch durch Druck mittels entſprechend gravierter Walzen zur Ausführung gebracht. Das Schildkrötenpapier wird hergeſtellt, indem man braunes Papier mit Leimwaſſer überſtreicht, dann mit ſchwarzer, ſpäter mit roter Farbe Flecken auf demſelben hervorbringt und dieſe auseinander bläſt. — Das Chagrin-, Maroquin- und Saffianpapier ſoll die entſprechenden Ledergattungen imitieren und wird aus einem verhältnismäßig ſtarken Papier dadurch erzeugt, daß dieſes zuerſt mit Leimwaſſer mehrmals überſtrichen, dann beliebig gefärbt und endlich gepreßt wird, um die Oberfläche des Papiers der Oberfläche des nachzuahmenden Leders gleich zu geſtalten. Das Muſter, gewöhnlich kleine, körnige oder wulſtähnliche Erhöhungen, wird entweder in eine Kupferplatte oder in eine Kupfer- oder Meſſingwalze eingraviert, je nachdem eine Platten- oder Walzenpreſſe in Anwendung ſteht, und das angefeuchtete Papier durch dieſe Preſſe hindurchgeführt. — Damaſtpapier wird durch Preſſen erzeugt, indem man in weißes, naturfarbiges oder gefärbtes Papier Muſter einpreßt, wie ſie an Damaſtgeweben üblich ſind. Das Papier wird in dieſem Falle immer nur einfarbig verwendet. — Das Samt- oder Velour-, auch veloutierte Papier erzeugt man durch Beſtreichen des gefärbten oder ungefärbten Papiers mit einem dicken, ſchnell trocknenden Leinölfirnis und Aufſtauben von Wollſtaub oder der ſogenannten Scherhaare, die beim Tuchſcheren abfallen. Soll das Papier eine Muſterung zeigen, ſo werden die Muſter in bekannter Weiſe mit Leinölfirnis aufgedruckt, dann mit Wollſtaub beſtreut und der überflüſſige Staub abgeſchüttelt (ſ. Buntpapierfabrikation). — Das Atlaspapier iſt ein gewöhnlich mit lichten Farben gefärbtes und auf derſelben Seite mit feingepulvertem Talk eingeriebenes Papier, das dadurch einen atlasähnlichen Glanz erhält. — Das Taftpapier, ebenfalls ein gefärbtes und auf derſelben Seite geglättetes, glänzendes Papier. — Das Moirépapier iſt ein ſtarkes, einfarbiges oder gemuſtertes und mit einer Preſſung verſehenes Papier, durch welch letztere Arbeit ähnliche Gebilde auf der Oberfläche des Papiers erzeugt werden, wie ſie bei den ſogenannten moirierten Geweben zur Erſcheinung kommen. Zum Preſſen wird gewöhnlich eine Walzenpreſſe verwendet, deren Muſterwalze mit der entſprechenden Gravierung verſehen iſt. — Unter Kriſtalliſationspapier verſtehen wir Papiere, deren Oberfläche Gebilde zeigt, wie ſie beim Kriſtalliſieren von Eis hervortreten. Sie werden dadurch erzeugt, daß man das Papier mit einer entſprechend zuſammengeſetzten flüchtigen warmen Subſtanz überzieht und dieſe dann beim Abkühlen kriſtalliſieren läßt. Hierher gehört das Eispapier, Alabaſter- und Perlmutterpapier. Bei der Herſtellung dieſer Papiere handelt es ſich namentlich um die kriſtalliſierende Flüſſigkeit. Dieſe beſteht aus einer heißgeſättigten Löſung von Bleizucker (eſſigſaurem Bleioxyd) mit Dextrin, Gummi oder Leim (giftige Miſchung) oder aus einer Löſung von Bitterſalz, die mit Dextringummiſchleim eingedickt und nicht giftig iſt. Mit dieſen Flüſſigkeiten wird das ſtarke, glatte, gefärbte oder ungefärbte Papier auf einer heißen Platte liegend beſtrichen und dann in einen kalten Raum, in dem die Flüſſigkeit durch Abkühlen zum Kriſtalliſieren gebracht wird, auf Tiſche aufgelegt. Einen beſonderen Effekt erreicht man, wenn die Flüſſigkeit mit Farben gemengt wird. Um die giftige Wirkung des Bleizuckers tunlichſt auszuſchließen, wendet man einen Lacküberzug an, der aus Dammarharz und Petroleumäther beſteht. Perlmutterpapier ſpeziell wird auch in der Weiſe hergeſtellt, daß man perlgrau grundiertes Papier nach dem Glätten mit Perleneſſenz — zerriebene, mit Salmiakgeiſt gemengte Weißfiſchſchuppen — überſtreicht und nach dem Trocknen wieder, jedoch ſorgfältig, glättet. Um dieſe Kriſtallformen durch Druck auf dem Papiere zu erzeugen, läßt man die erwähnten Flüſſigkeiten auf einer Stahlplatte kriſtalliſieren und dann, mit einer Bleiplatte bedeckt, durch eine Walzenpreſſe laufen, wobei ſich die Kriſtallfiguren in der Bleiplatte abdrücken. Von dieſer Bleiplatte wird ſodann auf galvanoplaſtiſchem Wege eine Kupferplatte erzeugt, die entweder direkt zum Drucke oder zur Erzeugung einer zweiten Kupferplatte mit vertieften Zeichnungen verwendet werden kann. Man hat ferner den Abdruck der Kriſtallfiguren direkt in einer weichen Kupferplatte oder auch in einer Kautſchukplatte zur Ausführung gebracht, von welch letzterer dann wieder zwei galvanoplaſtiſche Kopien gemacht werden.

Das **Tüllpapier** wird durch Preſſung erzeugt, indem man das angefeuchtete Papier mit einem durch Appretur ſteif gemachten Stück Tüll auf eine Bleiplatte bringt und mit dieſer einem bedeutenden Druck ausſetzt, wodurch ſich die Form des Tülls in das Papier einpreßt. Unter Reliefpapieren verſtehen wir alle diejenigen Papiere, die durch künſtlich hergeſtellte Erhöhungen, alſo durch Preſſung, ihr Anſehen erhalten, wobei häufig die Imitation beſtimmter Körper beabſichtigt wird, wie bei den Chagrin-, Maroquin-, Saffian-, guillochierten, gaufrierten, moirierten Papieren. Hierher gehören auch diejenigen Papiere, die Stroh- oder Rohrgeflecht imitieren ſollen, ſowie ſolche, die irgend welche ornamentale oder figurale, durch Preſſung erzeugte Gebilde vorweiſen. — Das Kreppapier, das namentlich zum Umhüllen der Blumentöpfe, zu Lampenſchirmen und als Blumenpapier verwendet wird, iſt ein gewöhnlich matt gefärbtes, neueſtens auch bedrucktes, mit einer Unzahl feiner, unregelmäßiger Falten bedecktes, feines Papier, das in der Weiſe hergeſtellt wird, daß man zwiſchen der Trockenpartie der Papiermaſchine und dem Rollapparat eine Vorrichtung einſchaltet, durch die das ſchon getrocknete Papier neuerdings befeuchtet und ohne Filz um eine Trockentrommel herumgeführt wird, in welchem Falle dasſelbe ſich ungleichmäßig zuſammenzieht, mit unzähligen Runzeln und Falten bedeckt. — Die Papierſpitzen ſollen wirkliche Spitzen imitieren und werden durch Stanzen erzeugt. Das gewöhnlich feine, weiße oder licht gefärbte Papier wird auf eine Bleiplatte gelegt, auf das Papier ſodann die aus Stahl hergeſtellte und mit entſprechend gebogenen Schneiden verſehene Stahlſtanze, die durch Hammerſchläge ſo lange gegen das Papier getrieben wird, bis dasſelbe vollkommen durchſchnitten iſt. — Nach dem äußeren Anſehen benannt iſt das Iris- oder Schillerpapier. Dasſelbe zeigt nebeneinander und gewöhnlich ineinander übergehend Streifen aus verſchiedenen Farben. Die Herſtellung wird gewöhnlich in der Weiſe zur Ausführung gebracht, daß man das Papier mit einer kammähnlichen Bürſte überfährt, deren einzelne Borſtengruppen mit verſchiedenen Farben getränkt ſind. Um ein Ineinanderlaufen dieſer Streifen zu erreichen, wird der Bogen

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

mit einer weichen Pferdehaarbürste überfahren. Eine andre Gattung dieses Papieres erhält man, wenn man Galläpfel, oxydfreien Eisenvitriol, Salmiak, schwefelsaure Indigoauflösung und arabisches Gummi in Wasser kocht, mit dieser Flüssigkeit das Papier bestreicht und sodann der Einwirkung von Ammoniakgas aussetzt. In wieder andrer Weise erhält man ein ähnliches Papier, wenn man den betreffenden Papierbogen in einem Blechkasten mit einer Schichte Wasser überschüttet, auf die Oberfläche dieses letzteren einige Tropfen schnell trocknenden Weingeistfirnisses und Lavendelöls schüttet, aus welchen Flüssigkeiten sich ein feines Häutchen auf der Oberfläche des Wassers bildet, das durch vorsichtiges Herausheben des Papieres aus dem Wasser auf das Papier übertragen wird und die verschiedensten Farbenwirkungen zeigt. Sollen irisierende Muster auf dem Papier erzeugt werden, so werden die verschiedenen Farben in Streifen auf das Farbkissen aufgetragen und vom Model gleichzeitig abgehoben. Die gedruckten Irispapiere werden in der Weise erzeugt, daß auf ein mit Farbstreifen versehenes Papier Kattunmuster aufgedruckt werden.

Das **Glanz-, Glacé-, Satin-, Satinépapier** erhält seinen Namen nur von der demselben eigentümlichen Glätte, die beim Glanzpapier einen starken, beim Glacé-, Satin- und Satinépapier einen matten Glanz erzeugt. Das erstere ist gewöhnlich durch Satinieren mit schleifender Glättwalze, die letzteren auf der Bürstensatiniermaschine durch Einreiben von Talk oder Wachsseife hergestellt. Nach der Verwendung benannt ist das Apothekerpapier, ein verschieden, hell oder dunkel gefärbtes, mit kleinen Mustern, Punkten, Sternchen, Blümchen, Linien bedrucktes, glänzendes Papier, das in Apotheken zum Einwickeln der verschiedenen Verkaufsartikel verwendet wird. Das Titelpapier wird von den Buchbindern zu Titelschildern auf dem Rücken der Büchereinbände verwendet und besteht aus einem einseitig mit Körperfarben bestrichenen, mit stark glänzendem Firnis überzogenen, gewöhnlich bloß einfarbigen Papier. Nach dem Namen des Erfinders werden die Kuhlmannpapiere bezeichnet; es sind dies die unter den Kristallisationspapieren angeführten Alabaster-, Eis- und Perlmutterpapiere, deren Herstellung von dem Fabrikanten chemischer Produkte, Herrn Kuhlmann in Lille, in den sechziger Jahren erfunden wurde. Endlich sind noch zu erwähnen die waschbaren Buntpapiere, die dadurch erzeugt werden, daß man den Farben in Petroläther oder Schwefelkohlenstoff gelöstes Paraffin zusetzt. Diese Papiere dürfen jedoch nicht heiß satiniert, sondern bloß der Steinglättung durch Handarbeit oder die Steinglättmaschine unterworfen werden.

Literatur f. Buntpapierfabrikation. *Maxim. Kraft.*

Buntsandsteinformation oder Buntsandstein nennt man in Zentraleuropa (besonders im außeralpinen Deutschland) die sandig und tonig entwickelte, älteste Schichtengruppe der Triasformation. In ihrer Gesteinsbeschaffenheit schließt sie sich aufs engste an die sandig-konglomeratische Ausbildung der unmittelbar vorhergehenden Permformation oder des Rotliegenden und der Zechsteinformation an, und in ihren höchsten Schichten zeigt sie durch Aufnahme von Kalk und Dolomit eine Annäherung an den hangenden Muschelkalk.

Der Buntsandstein füllt die durch die Störungen der Rotliegendenzeit gebildeten großen Becken aus und ebnet sie ein. In den meisten Fällen jedoch greift der Buntsandstein über die permischen Schichten auf deren Ufer hinaus und über diese über. Damit wird bewiesen, daß während der Buntsandsteinzeit noch größere Landmassen unter Wasser kamen. Was die Ueberreste von Tieren und Pflanzen aus der Zeit seiner Bildung angeht, so ist der Buntsandstein sehr arm daran, besonders die unteren Abteilungen. Die obere beherbergt einige Brachiopoden und Zweischaler, Saurierreste und Pflanzen. Die Entstehung des Buntsandsteins wird auf die Bildung in einem flachen, sehr seichten, unter dem Einfluß von Gezeiten (starker Wellenbewegung) stehenden Meer zurückgeführt, in das vom Ufer immer neues Material zugeführt wurde und dessen Ufer sich während der Bildung der beiden untersten Abteilungen immer nach außen, landeinwärts verschoben [1]. Mit dem Muschelkalk lagert der Buntsandstein durchaus gleichförmig.

Man gliedert die Formation in Deutschland in drei Hauptabteilungen [2]:

1. **Oberer Buntsandstein.** Im mittleren Deutschland „Röt" genannt, sind es vorwiegend braunrote, selten grünlichgraue, dünnschieferige Mergel und blätterige Schiefertone mit untergeordneten Bänken von rötlichgrauem, mittel- bis feinkörnigem, zuweilen quarzitischem Sandstein, auch wohl etwas Dolomit. Die Schichten enthalten stellenweise Gips und Steinsalz, sind im allgemeinen sehr wenig wasserdurchlässig und geben einen schweren, zähen Ackerboden. Sie werden gegen Westdeutschland, im Odenwald, Schwarzwald und in den Vogesen, meist viel sandiger, so daß hier an Stelle der Schiefertone vorwiegend rote, auch hellgraue und rötlichgraue, in den oberen Schichten mehr fein-, in den tieferen gröberkörnige, meist glimmerführende Sandsteine treten, die auf der linken Rheinseite, besonders in den obersten Schichten, dem sogenannten Voltziensandstein, sehr gute Werk- und Hausteine liefern (Sulzbad i. E., Forbach i. Lothr., Umgebung von Trier, Blieskastel, Zweibrücken i. Pfalz). Für ihre Wetterbeständigkeit und Güte spricht die Verwendung des Sulzbader Materials am Straßburger Münster. Die Schiefertone fehlen auch hier nicht, ebenso nicht dünne Dolomit- oder Kalkbänke. Mächtigkeit zwischen 50 und 300 m schwankend. An der unteren Grenze oft Dolomit- und Karneol- in Knollen, meist aber starke Konglomeratbildung.

2. **Mittlerer Buntsandstein**, Hauptbuntsandstein, Vogesensandstein. In Mitteldeutschland ein Wechsel von ziemlich mächtigen hellroten, rötlichgrauen, auch wohl gelben und weißen, mittelkörnigen, teils grobbankigen, teils dünngeschichteten und dann sehr mürben und lockeren, ziemlich glimmerarmen Sandsteinen mit roten, mehr oder minder sandigen, oft blätterigen Schiefertonen in ebenfalls bedeutender Mächtigkeit. Die höchsten Schichten sind oft weiß und hellgrau, auch kalkhaltig und werden, gewisser Fußspuren wegen, „Chirotheriensandsteine" genannt. Die grobbankigen, ziemlich feinkörnigen Sandsteine, mit kieseligem oder

kalkigem Bindemittel, werden viel zu rauhem Mauerwerk, Hau- und Werkſteinen verwendet und gelten als wetterfeſt. Im Schwarzwald und in den Vogeſen treten die Schiefertone im Hauptbuntſandſtein ſehr zurück, und die Abteilung beſteht hier faſt ausſchließlich nur aus mittelkörnigem, roſenrotem, gelbem und ſeltener weißem Sandſtein. Die obere Hälfte der Abteilung iſt ſehr dünnſchichtig und gibt nur wenige feſte Bänke, die zu Hau- und Schleifſteinen im großen Maße benutzt werden. Die untere Hälfte dagegen iſt im Vogeſengebiet [3] grobbankig und feſt und gibt ebenfalls einen weitverbreiteten, mittelkörnigen, meiſt hellroſenroten, auch gelbroten, ſelten geröllführenden Bauſandſtein von großer Wetterbeſtändigkeit, der ſich, wenn reich an kieſeligem Bindemittel und an Glimmer und Kaolin, beſonders zu Waſſerbauten eignet. Andre Verwendungsarten des Hauptbuntſandſteins ſind untergeordnet. Die Durchläſſigkeit desſelben für Waſſer iſt ziemlich beträchtlich, natürlich nur bei den ſandigen Schichten, gering dagegen bei den ſchiefertonigen Schichten des mitteldeutſchen Hauptbuntſandſteins. An der Sohle oft ſtarke Quellen. Die tonigen Schichten geben einen ſchweren, vielfach zu Ackerbau verwendeten, kalkfreien Boden. Der reinſandige Hauptbuntſandſtein der mittelrheiniſchen Länder gibt einen leichten Sandboden, iſt ziemlich unfruchtbar und trägt faſt ausſchließlich Wald an ſeinen Gehängen und auf den Hochflächen. Der Hauptbuntſandſtein greift in Südweſtdeutſchland über die noch ältere untere Abteilung über und legt ſich unmittelbar auf die paläolithiſchen Schichten, wobei er faſt ſtets in Konglomerate übergeht. Mächtigkeit 100—350 m.

3. **Unterer Buntſandſtein.** Meiſt braunrote, mehr oder minder ſandige Schiefertone (Rötelſchiefer, Leberſchiefer, Lettenſchiefer) und ebenſo gefärbte dünn- und dickbankige, faſt durchgängig feinkörnige Sandſteine. Untergeordnet ſind kalkige und dolomitiſche Lagen, Rogenſteine am Harzrande, Konglomerate u. ſ. w. Die techniſche Verwendung beſchränkt ſich auf die wenigen und geringmächtigen Bänke von feinkörnigem Sandſtein, die beſonders in Mitteldeutſchland noch untergeordneter ſind als im Rheingebiet. Uebrigens haben die Sandſteine des unteren Buntſandſteins überhaupt (wahrſcheinlich wegen ihres Glimmer- und Tongehaltes und geringen Bindemittels) keine große Wetterbeſtändigkeit, wie ihre ſtarke Verwitterung an Bauten des vorigen Jahrhunderts ſchon beweiſt. Die Waſſerfaſſung iſt im allgemeinen eine ziemlich geringe. Er bildet daher zunächſt für die im durchläſſigen mittleren Buntſandſtein niedergehenden Waſſer einen Träger, indem längs der Grenze beider Schichtenabteilungen zahlreiche und ſtarke Quellen zutage treten (Vogeſen, Schwarzwald) [4]. Da, wo ſich der untere Buntſandſtein in einen oberen feinkörnigen Sandſtein zu oberſt und rotbraune, ſandige, oft bröcklige Schiefertone (Bröckelſchiefer) zu unterſt gliedert, wie im Speſſart, entſteht bei der größeren Waſſerdurchläſſigkeit des Sandſteins an deſſen unterer Grenze gegen die Bröckelſchiefer ein deutlicher Quellhorizont (Speſſart) [5].

Literatur: [1] Frantzen, Jahrbuch der preuß. geol. Landesanſtalt für 1892, Bd. 13, S. 138. — [2] Neumayr, Erdgeſchichte, 2. Aufl., Leipzig 1890, Bd. 2. — [3] Leppla, Geognoſtiſche Jahreshefte, 1. Bd., Kaſſel 1888. — [4] Leppla, Zeitſchr. f. praktiſche Geologie, 1893, 1. Bd. — [5] Bücking, Abhandl. zur geol. Spezialkarte von Preußen, Berlin 1892, Neue Folge, 12. Heft; Lepſius, Geologie von Deutſchland, Stuttgart 1892, 1. Bd., S. 163 und 420. — v. Gümbel, Grundzüge der Geologie, Kaſſel 1888, S. 648.

Leppla.

Bunzen, in der Buchdruckerei und Schriftgießerei die an den weißen Stellen des Buchſtabenbildes befindlichen Vertiefungen der Lettern und die dieſen entſprechenden Erhöhungen der von einem Satze abgenommenen Matrize. S. a. Punzen.

Bunzlauer Geſchirr, geſintertes Irdengeſchirr, deſſen Maſſe aus feuerfeſtem Ton beſteht, der mit etwa 30—40% Quarzſand vermiſcht iſt.

Brand und Tongehalt müſſen ſo weit gehen, daß der unglaſierte Scherben vollſtändig geſchloſſen iſt und keine Feuchtigkeit aufnimmt oder durchgehen läßt. Der Scherben zeigt beim Bruch meiſt Poren und Höhlungen, die noch zur Widerſtandsfähigkeit des Geſchirrs gegen Temperaturwechſel beitragen. Dieſelbe, hauptſächlich auf der größeren Feſtigkeit des Scherbens und einer gewiſſen Elaſtizität beruhend, iſt aber nicht ſo groß, daß die Gefäße direkt über dem Feuer erhitzt werden können, ſie vertragen nur das Aufſtellen auf heiße Platten.

Literatur: Schumacher, Die keramiſchen Tonfabrikate, Weimar 1884.

Dümmler.

Bureau Veritas, ſ. Schiffsklaſſifikation.

Burg, im allgemeinen ein befeſtigter Wohnſitz des Adels.

Aus dem Altertume ſind derartige Gebäude bekannt in Babylonien, Aſſyrien, Griechenland (Akropolis), Rom. Der deutſche mittelalterliche Burgbau ſchließt einesteils an die römiſchen und anderenteils an die altgermaniſchen Traditionen an; der römiſche Einfluß wird zumeiſt überſchätzt, ſchon deshalb, weil die Römer in Deutſchland ihre befeſtigten Lager in die Ebene, die urſprünglichen Bewohner aber ſtets auf die Bergſpitzen und Felſen verlegten. Indeſſen wurden manchmal alte Römertürme mit zu Verteidigungszwecken benutzt. — Sehr häufig wurden zum Burgbau langgeſtreckte Bergrücken verwendet und dieſe mit einer Wallanlage verſehen, zumeiſt aus Erde und Steinen beſtehend. Der ausgehobene tiefe Graben lieferte das Material für den hohen Wall. Die eigentlichen Feſtungswerke wurden aus Stein errichtet, während die Wohngebäude im engeren Sinne in der älteſten Zeit durchweg aus Holz hergeſtellt waren. Die Verteidiger einer Feſte fanden bald, daß ſich quadratiſche und kreisrunde Burganlagen mit der geringſten Zahl von Mannſchaft verteidigen ließen; auf Grund dieſer Wahrnehmung entſtanden in Deutſchland im 10. und 11. Jahrhundert die aus Holz und Erde errichteten ſogenannten „Spitzwälle". Die gleiche Konſtruktion wurde in Frankreich Mottes (Erdhaufen) und in England Mounds genannt, während die mittelalterliche lateiniſche Bezeichnung Mota lautet [1]. Die Unzulänglichkeit des Materials führte ſpäter zur Errichtung feſter ſteinerner Türme und Mauern. Der Grundplan aber blieb dem der alten Motae-Anlagen treu, wie man dies beiſpielsweiſe an

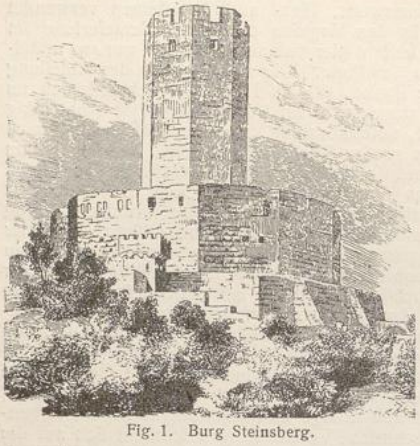


Fig. 1. Burg Steinsberg.

der Oberburg und Niederburg von Rüdesheim noch nachweifen kann. Auf diefen Grundlagen beruht der eigentliche Burgbau.

Die bedeutenderen Burgen des Mittelalters beftanden zumeift aus einem äußeren und einem inneren Hof oder aus einer Hoch- und Niederburg. Die Vorburg (Faubourg) oder Niederburg enthielt einen großen Hof, die Burgfreiheit, die von Stallungen, Wohngebäuden für die Reifigen, Küchen und Backräumen umgeben war und auch zuweilen eine Kirche einfchloß. Hinter diefem Hof, zumeift durch eine Zugbrücke verbunden, befand fich auf der Spitze des Berges die Hochburg, und wenn keine Spitze vorhanden war, erhob fie fich auf einer künftlichen Erhöhung, dem obenerwähnten Spitzwall oder Mota, auch Burgwall oder Burghalde genannt. An der Zugbrücke pflegt ein Turm zu ftehen, der das Tor enthält, das durch das Fallgatter gefchützt erfcheint. An dem Tore befanden fich erkerartige Ausbauten, aus denen fiedendes Pech auf die Angreifer gegoffen werden konnte (Pechnafen). Aus dem obenerwähnten Tor gelangte man zuerft in den Zwinger, den wohlbefeftigten Burghof, und hierauf durch ein zweites Tor in den ziemlich engen inneren Burghof (die Ballei), der zumeift von Gebäuden und hohen Mauern mit Wallgängen (Parcham) umgeben war. Alle Bauten weit überragend, erhob fich hier ein hoher, meift viereckiger Turm, der Bergfried. Ihm gegenüber pflegte fich das Herrenhaus zu befinden, auch Palas genannt; eine Freitreppe führte häufig in den erften Stock desfelben, und hier befand fich der große Feft- und Bankettfaal, mit einem mächtigen Kamine ausgerüftet. In der Nähe diefes Saales ftand zumeift die Burgkapelle. Das untere Gefchoß enthielt eine Halle für die Dienerfchaft, Küchen und Wirtfchaftsräume fowie geräumige Kelleranlagen und häufig auch das Burgverlies (einen Kerker), wenn fich dasfelbe nicht im Bergfried befand. Desgleichen fand fich häufig ein Brunnen innerhalb des Herrenhaufes oder wenigftens in deffen Nähe vor, der im Falle einer Belagerung die ganze Befatzung mit Waffer zu verfehen hatte. Die oben befchriebenen Räume des erften Stockwerkes können als Repräfentationsräume aufgefaßt werden; es gab aber bei großen Burganlagen auch noch häufig ein befonderes Wohnhaus für den Burgherrn. — Charakteriftifch für den Burgbau der romanifchen Periode ift der Umftand, daß die Ritter bei Anlage ihrer Burgen wefentlich auf Sicherheit und Feftigkeit derfelben und weniger auf Bequemlichkeit fahen.

In Deutfchland haben fich aus der älteften Zeit bedeutende Refte erhalten, insbefondere von der Burg St. Ulrich bei Colmar, von der Wartburg [2], von der Burg Dankwarderode (Sitz Heinrichs des Löwen) zu Braunfchweig [3], von dem Schloffe zu Münzenberg fowie von den Kaiferpaläften zu Goslar, Wimpfen und Gelnhaufen [4] u. a. m. Die Hauptftütze der Verteidigung liegt neben Wall und Mauer in dem Hauptturm (dem Bergfried); außerdem erfcheint der innere Hof durch eine Mauer in zwei Teile geteilt. Einen wohlerhaltenen polygonen Bergfried hat die Burg Steinsberg bei Sinsheim in Baden (Fig. 1). Sehr bemerkenswerte alte Burgen befitzt namentlich auch die Schweiz, fo die Kyburg bei Winterthur, die Habsburg im Aargau und die Burg Hohenrätien bei Thufis. Im 12. Jahrhundert kamen ausgedehntere und reichere Anlagen vor; das bedeutendfte Beifpiel bietet die auf einem kleinen Bergplateau gelegene, in neuerer Zeit mit großen Koften wiederhergeftellte Wartburg (Fig. 2). Der Befucher gelangte zunächft in einen kleinen, wohlbefeftigten Vorbau, durch diefen dann über eine Zugbrücke (5) in einen Tordurchgang, über den fich ein fefter Turm (6) erhob. Das Innere der Burg wurde durch einen mächtigen Turm in zwei Teile geteilt, die von den Angreifern jeder für fich genommen werden mußten. In der Nähe diefes Turmes befand fich das Landgrafenhaus, Palas (10), zu deffen erftem Stockwerk fich eine Freitreppe erhob; hier erfchienen die Wohn- und Schlafräume fowie die Kapelle angeordnet, während fich in dem oberen Stockwerke der große Ritterfaal erftreckte. Diefe beiden Gefchoffe öffneten fich durch Galerien auf gekuppelten Säulen nach dem Hofe zu. Ein tiefer Ziehbrunnen (14) fowie ein weiterer Turm (12) und mehrere Nebengebäude (13 und 15) vervollftändigten

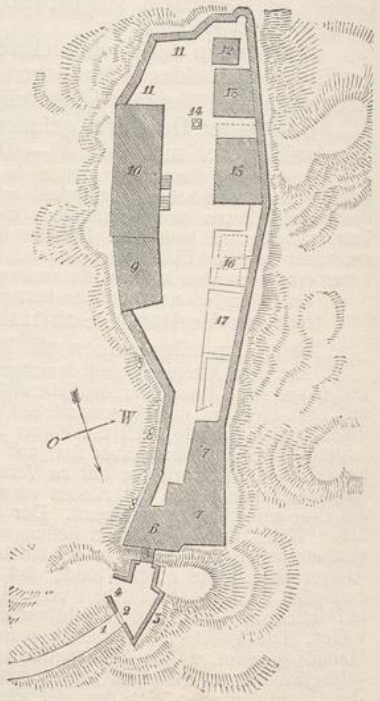


Fig. 2. Grundriß der Wartburg.

die Anlage. Aehnliche Burgbauten finden sich noch zu Eger in Böhmen, zu Seligenstadt, zu Lobdeburg bei Jena, ferner wäre zu erwähnen: der Trifels (Rheinpfalz), die Niederburg bei Rüdesheim, Burg Rechberg bei Gmünd, die Kästenburg in Rheinbayern u. s. w. [5]. In Frankreich stammen die ersten Anlagen von den kriegerischen Normannen und bestanden zumeist aus einem mächtigen viereckigen Turme (Donjon), der oft gegen 25 m breit war, sich in mehreren Stockwerken bis 30 m erhob und außerdem durch Gräben und Wallmauern gesichert wurde, oben durch einen Zinnenkranz und einen Umgang abgeschlossen, der, auf Konsolen ruhend, hervortrat. Im Erdgeschosse befanden sich zumeist die Vorratsräume und der Ziehbrunnen, im ersten Stockwerke der große Saal, in den oberen Geschossen die Wohn- und Schlafräume. Die Schlafstellen wurden häufig in die oft 4 m dicken Mauern gelegt und von den Fensternischen aus zugänglich gemacht. Einer der bedeutendsten Donjons befindet sich zu Beaugency, bei dem, wie gewöhnlich, der Eingang im ersten Stockwerke, die alle Stockwerke verbindende Treppe in der Dicke der Mauer liegt. Aehnlich ist der Donjon von Loches (Fig. 3) gestaltet, der jedoch einen besonderen Vorbau besitzt, in dem sich die Treppe zu dem ersten Stock und die Kapelle befindet. Im 12. Jahrhundert erfolgte neben einigen Neuerungen im Befestigungswesen auch bei größeren Anlagen das Bestreben nach einigem Komfort und größerer Prachtentfaltung; das bedeutendste Beispiel dieser Zeit bietet die imposante Burg zu Arques bei Dieppe. Auch nach England kamen die Normannen und legten ähnliche feste Turmbauten an, die hier Keep-tower genannt wurden. Interessant ist der Turm von Hedingham in Essex (Fig. 4). Der Zugang liegt hier ebenfalls im ersten Stockwerke; die 4,26 m dicken Mauern enthalten schmale Schlafstellen, die mit den Fensternischen in Verbindung stehen. Das zweite und dritte Stockwerk wurde von einem mittleren Gurtbogen überspannt, und bildeten beide Geschosse einen Saal (Fig. 5); es konnte jedoch zu Zeiten der Belagerung eine Zwischendecke eingezogen werden. Wohnlicher und von reicherer Ausstattung war der Keep-tower von Rochester sowie derjenige von Rising-Castle zu Norfolk.

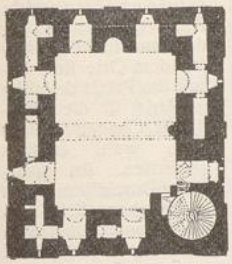


Fig. 4. Grundriß der Burg Hedingham.

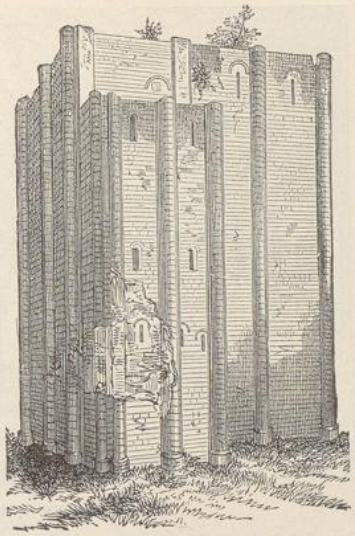


Fig. 3. Burg Loches.

Der Burgbau der sogenannten gotischen Periode charakterisiert sich durch fortifikatorische Verbesserungen und größere Prachtentfaltung. Von den bedeutenden Burganlagen frühgotischer Zeit in Deutschland ist namentlich Schloß Marburg zu nennen (Fig. 6), das 1311 vollendet wurde. Dasselbe liegt ebenfalls auf einem Bergrücken; an der Ostseite führt ein Fahrweg zu einer Zugbrücke, auf der man zunächst in den äußeren westlichen Hof *B* gelangt, dann kommt man zu dem sogenannten neuen Bau (1489). Westlich davon erhebt sich in einem schmalen Hofe der Hauptbau *C* mit einer frühgotischen Schloßkapelle und dem großen Rittersaal *D*. Wohl der bedeutendste Burgbau dieser Zeit ist das Schloß des Großmeisters des Johanniterordens zu Marienburg in Preußen [6]. Der älteste Teil bildet das Hochschloß mit der einschiffigen Kirche, einem hohen Glockenturm und einem großen Kapitelsaal; alle diese Räume gruppieren sich um einen von Kreuzgängen umschlossenen quadratischen Hof mit einem Brunnen in der Mitte. An diesen Bau reiht sich das weiträumige Mittelschloß, das die prachtvolle Wohnung des Großmeisters sowie die der Ritter enthält. Von den Räumen sind namentlich der Remter des Großmeisters sowie der Ordensremter (Fig. 7) hervorzuheben.

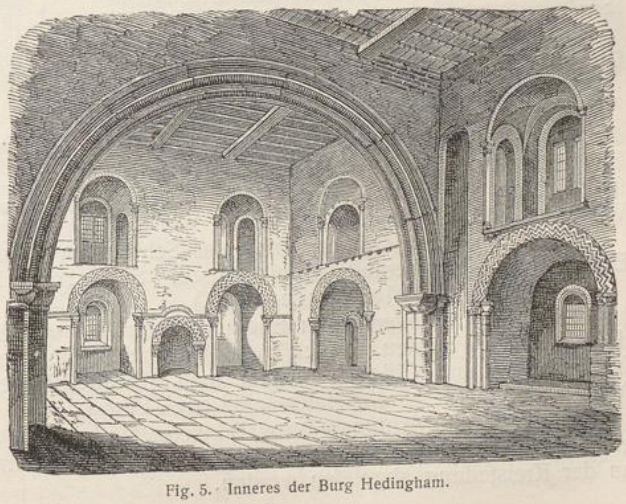


Fig. 5. Inneres der Burg Hedingham.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

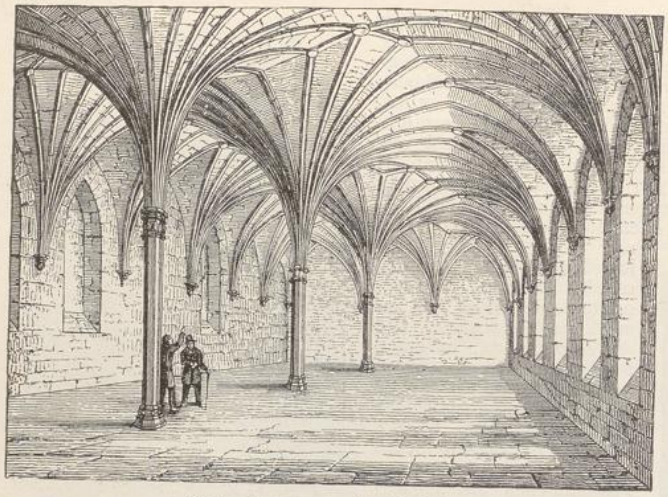


Fig. 7. Ordensremter der Marienburg.

Aehnliche Burgbauten der Spätzeit finden ſich namentlich in der Schweiz, z. B. das wohlerhaltene Schloß zu Neuenburg (Neuchâtel), ferner das maleriſche Schloß Eſtavayer am Neuenburger See, das Schloß Vufflens (Waadtland) und die Schlöſſer zu Lauſanne und Grandſon. Aus der älteſten Reſidenz der franzöſiſchen Könige (an dem Orte ſteht zurzeit das Palais de juſtice in Paris) iſt die prächtige St. Chapelle in Paris noch wohl erhalten geblieben. An glanzvoller Durchführung den königlichen Schlöſſern wohl noch überlegen war der päpſtliche Palaſt zu Avignon, an deſſen Bau ſich eine Reihe von Päpſten beteiligte. In England nahmen die Schlöſſer der gotiſchen Spätzeit, wenn ſie auch wohlbefeſtigt erſcheinen, doch vornehmlich einen wohnlichen Charakter an. Die große Halle, die alle Gäſte vereinigt, kann als der innere Mittelpunkt der ganzen Anlage betrachtet werden; die Decke dieſes Raumes wird zumeiſt durch einen offenen Dachſtuhl ausgezeichnet. Als bedeutendſte Bauten dieſer Art ſind die Schlöſſer von Kenilworth und Warwick-Caſtle zu bezeichnen. An dieſe reihen ſich Windſor-Caſtle, Hampton-Court bei London, mit ſchöner, wohlerhaltener Halle, u. a.

Literatur: [1] Handbuch der Architektur, II. Teil, Bd. 4, Die romaniſche und gotiſche Baukunſt, 1. Heft: Die Kriegsbaukunſt von Auguſt v. Eſſenwein, Darmſtadt 1889. — [2] Puttrich, L., Denkmäler der Baukunſt des Mittelalters in Sachſen, 1. Abt., Bd. 2, Leipzig 1847. — [3] Winter, L., Die Burg Dankwarderode zu Braunſchweig, Braunſchweig 1884. — [4] Krieg, G. H., v. Hochfelden, Geſchichte der Militärarchitektur in Deutſchland, Stuttgart 1859. — [5] Lübke, W., Geſchichte der Architektur, 6. Aufl., Leipzig 1884. — [6] Frick, F., Schloß Marienburg in Preußen, Berlin 1803. — S. a.: Piper, Otto, Burgenkunde, Forſchungen über geſamtes Bauweſen und Geſchichte der Burgen innerhalb des deutſchen Sprachgebiets, München 1895; Wibel, Ferd., Die alte Burg Wertheim a. M. und die ehemaligen Befeſtigungen der Stadt, Freiburg i. B. 1895.

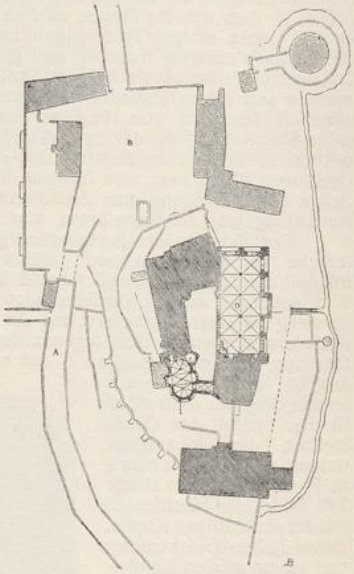


Fig. 6. Grundriß des Schloſſes Marburg.

Burgunderpech, ſ. v. w. Burgunderharz, ſ. Fichtenharz.

Burrſtein, ſ. Quarzit.

Buſchdeich, Deich, zu deſſen Schutz an der Außenböſchung Buſch verwendet iſt (vgl. Beſpreutung und Hürde). In gleicher Weiſe ſpricht man von Stroh-, Rohr-, Holz-, Stein-, Wier- und Raſendeichen.

Buſchen, beim Grubenbetrieb das Schwenken belaubter Zweige, um eine Bewegung der Grubenluft herbeizuführen. S. Wetterwirtſchaft.

Buſen, ſ. v. w. Mahlbuſen (ſ. d.).

Buſhel, Getreidemaß, in England, Auſtralien und Kapland = 36,349 l, in den Vereinigten Staaten, Britiſch Weſtindien und Britiſch Nordamerika = 35,2381 l. In New York und Chicago rechnet man 1 Buſhel Weizen = 60, Roggen und Mais = 56, Gerſte = 48, Hafer = 32 engl. Pfund.

Plato.

Buſſole, ein Richtungs- bezw. Winkelmeßinſtrument, bei dem die Stellungen einer über dem Mittelpunkte eines geteilten Kreiſes ſchwebenden Magnetnadel an der Kreisteilung abgeleſen werden.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Die Bezeichnung Buſſole (von Buxola, Bussola, Büchſe) iſt üblich bei Magnetnadelinſtrumenten, die mit geteilten (in einer Büchſe befindlichen) Kreiſen als Richtungsmeſſer dienen, die Bezeichnung Kompaß (Compassus) dagegen für die hauptſächlich als Richtungszeiger dienenden Inſtrumente (Schiffskompaß). Der Sprachgebrauch iſt aber nicht konſequent, z. B. Grubenkompaß, Orientierbuſſole. — Die Buſſole wird für geodätiſche Meſſungen in verſchiedener Anordnung und Größe benutzt; ihr Prinzip iſt das folgende: Die Achſe einer freiſchwebenden Magnetnadel ſtellt ſich infolge der magnetiſchen Richtkraft der Erde in eine jedem Orte eigentümliche Lage ein. Die Projektion dieſer Lage auf den Horizont iſt die magnetiſche Richtung, die einen beſtimmten Winkel mit dem aſtronomiſchen Meridian bildet und an einem Horizontalkreis ablesbar gemacht werden kann. Zur Vereinfachung dieſer Ableſung muß die Magnetnadel, deren Achſe infolge der magnetiſchen Inklination einen beſtimmten Winkel mit dem Horizont bildet, ſo balanciert werden, daß ihre Enden in einer Horizontalebene ſchweben; dies geſchieht durch Anbringung eines kleinen (eventuell verſchiebbaren) Uebergewichtes (an der Südhälfte der Nadel). Die Anordnung des Inſtruments erläutert Fig. 1. In einer Büchſe *B* trägt ein ſtählerner Stift *C* die Magnetnadel *NS*, die über einem zu *C* zentriſch angeordneten, geteilten Kreiſe *K* ſpielt. Die Nadel iſt aus dünnen, gehärteten Stahllamellen (Federſtahl) hergeſtellt und ſorgfältig magnetiſiert; ſie ſitzt mit einem zentriſch angebrachten koniſchen Lager aus hartem Stein (Achat) auf der Stahlſpitze *C* auf, und kann zur Schonung dieſer Spitze durch eine beſondere Vorrichtung *A* von der Spitze abgehoben und gegen den Glasdeckel *D* gedrückt werden. Dieſe Vorrichtung, die Arretiervorrichtung, iſt in der Regel ein Hebelwerk, das durch eine Schraube *s* oder einen Schieber bewegt wird (Fig. 1), oder in andrer Weiſe angeordnet [1]. — Der Kreis iſt in Grade (in der Regel alte Teilung) eingeteilt (bei Kompaſſen findet ſich zuweilen noch eine Teilung in 24 Stunden oder 32 Striche = Himmelsrichtungen vor). Die Teilung iſt linksläufig (entgegengeſetzt der Uhrzeigerbewegung) angeordnet, damit durch das Nordende der Nadel unmittelbar das Azimut der Nullinie der Teilung (Strich 0° bis 180°, *N*—*S*) angegeben wird und entweder durchlaufend von 0° bis 360° (Fig. 2) oder zweimal von 0° bis 180° beziffert. Der Durchmeſſer des Kreiſes und demgemäß auch die Länge der Nadel betragen je nach dem Zweck des Inſtrumentes 3—15 cm; dieſen Dimenſionen entſpricht auch die Teilungseinheit des Kreiſes, die bei den größeren Inſtrumenten 1°, eventuell ½°, ⅓°, bei den kleinſten Taſcheninſtrumenten 5° oder 10° iſt. Dieſer Anordnung der Teilung muß auch die Genauigkeit der Nadeleinſtellung entſprechen, die abhängig iſt von der Aufhängung der Nadel, den Dimenſionen derſelben (Länge, Oberfläche) und dem Gewicht (Trägheitsmoment). Die ſehr ſtörenden Schwingungen und das Zittern der Nadel können durch Anbringung von Glimmerblättchen rechtwinklig oder auch parallel zur Schwingungsebene gedämpft werden (Reibung in der Luft).

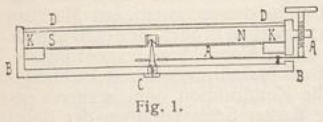



Fig. 1.

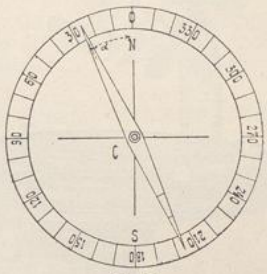


Fig. 2.

Als Abſehlinie zur Einſtellung der Richtung, deren Azimut beſtimmt werden ſoll, dient bei den einfachſten Inſtrumenten (Handbuſſole) die Nullinie der Kreisteilung ſelbſt; bei denjenigen Inſtrumenten, die ſpeziell für die Richtungsmeſſung beſtimmt ſind, iſt eine Abſehlinie durch ein Diopter oder ein Fernrohr vorgeſehen und ſo angeordnet, daß ſie in die Ebene der Nullinie 0—180° fällt (z. B. Fig. 3 und 5) oder parallel dazu iſt (exzentriſches Fernrohr, z. B. Fig. 4). Entſprechend der Genauigkeit der Nadeleinſtellung haben nur ſchwach vergrößernde Fernrohre (bis zehnfache Vergrößerung) praktiſche Bedeutung.

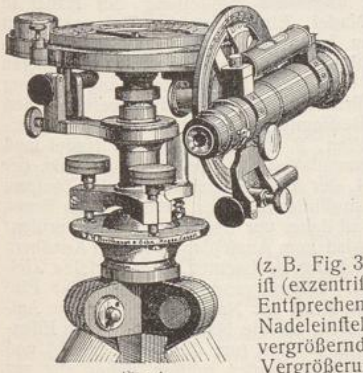


Fig. 4.

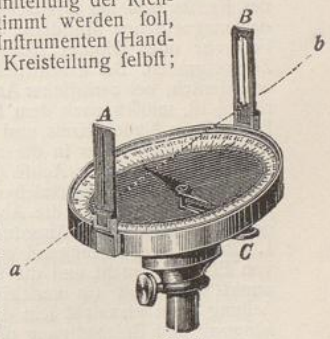


Fig. 3.

Buſſolen, die mit Zielfernrohren ausgerüſtet ſind, bezeichnet man als Fernrohrbuſſolen. Die bisher beſprochene Vorrichtung, Büchſe mit Magnetnadel und Abſehvorrichtung, kann nun entweder aus freier Hand gebraucht werden, als Handbuſſole (in Taſchenuhrform) oder mit Unterſtützung durch einen Stock als Stockbuſſole (Fig. 3) oder auch auf einem Stativ. Die Aufſtellung und Befeſtigung auf dem Stativ kann verſchiedener Art ſein; entweder eine einfache Befeſtigung mit Einſtellung durch ein Kugelgelenk oder bei größeren Buſſolen ein Dreifußunterbau mit vertikaler Drehachſe, analog demjenigen eines Theodolits (Fig. 5). Wegen der Aehnlichkeit des äußeren Baues ſolcher Inſtrumente mit dem Theodolit (ſ. d.) bezeichnet man dieſelben zuweilen als Theodolitbuſſolen, während man einen Theodolit, der durch Hinzufügen einer Buſſole, die über dem Horizontalkreis oder als Aufſatz-(Reiter-)Buſſole auf der Horizontalachſe angeordnet ſein kann, wohl als Buſſolentheodolit bezeichnet. Dieſe letztere Anordnung findet vielfach bei Tachymetern (ſ. Tachymetrie) Anwendung.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Neben der bisher beſprochenen Anordnung der Magnetnadel, d. h. frei ſchwingend im Zentrum eines feſtſtehenden Kreiſes, kommt noch bei kleineren Inſtrumenten eine der Kompaßroſe des Schiffskompaſſes nachgebildete Einrichtung vor, wobei die Nullinie der Teilung eines in ſeinem Zentrum unterſtützten Kreiſes durch einen (oder mehrere) Magneten in die magnetiſche Richtung eingeſtellt wird. Nach dieſem Prinzip (in England vielfach angewendet) iſt die als Freihand- und Stockbuſſole zu benutzende von Schmalkalder (Fig. 6) konſtruiert, wobei die Zielung durch ein Diopter, die Ableſung der Kreisſtellung mit der Zielung gleichzeitig durch ein Okularprisma (Zylinderprisma, Prismenlupe, ſ. Fig. 6 a) vorgenommen wird. Zur Orientierung von Abſehlinien oder Kreiſen in den magnetiſchen Meridianen findet man an Tachymetern zuweilen an Stelle einer vollſtändigen Buſſole eine Kompaßvorrichtung angebracht, d. h. eine in eine Röhre oder einen Kaſten eingeſchloſſene Magnetnadel, mit der eine in der Längsachſe der Röhre (oder des Kaſtens) vorhandene Abſehlinie (Objektiv- und Okulardiopter) unmittelbar in den magnetiſchen Meridian eingerichtet werden kann; zuweilen iſt auch eine einige Grade umfaſſende Teilung bei dieſer Vorrichtung angeordnet.

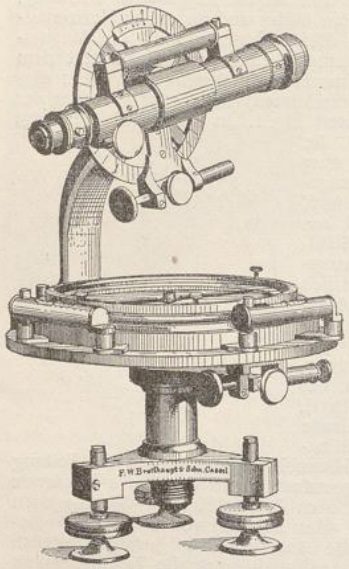


Fig. 5.

Der Gebrauch der Buſſoleninſtrumente zur Richtungsbeſtimmung iſt durch die Konſtruktion ohne weiteres gegeben. Zur Vermeidung ſtarker Schwingungen der Nadel wird die arretierte Nadel genähert in den magnetiſchen Meridian gebracht, die Arretierung gelöſt, die Abſehlinie auf den Zielpunkt eingeſtellt und die Nadelſtellung in der Gradteilung abgeleſen (oder aus den Schwingungslagen ihre Ruheſtellung abgeleitet). Der Kreis muß dabei in eine horizontale Lage gebracht werden. Dieſes ſowie die Einſtellung des Zielpunktes wird bei der Handbuſſole (Krokierkompaß u. ſ. w.) aus freier Hand vorgenommen, bei der Stockbuſſole durch den Stock unterſtützt. Bei den größeren Buſſolen iſt das Verfahren demnach: Aufſtellen des Stativs, Zentrieren des Stativs über dem Meſſungspunkte mit Hilfe des Senkels, Einrichtung des Kreiſes und der Drehachſe mit Hilfe einer Libelle, ungefähre Einſtellung der Nadel in den magnetiſchen Meridian, Löſen der Arretierung der Nadel, Einſtellung des Zielpunktes mit Fernrohr oder Diopter, Ableſung der Nadelſtellung am Index (an Nord- und Südende) in Zehntelgraden. Bei exzentriſchem Fernrohr (z. B. Fig 4) iſt eine Ableſung in zwei Fernrohrlagen erforderlich, bei zentriſcher Anordnung empfehlenswert. Damit eine ſo vorgenommene Ableſung richtig iſt, müſſen nach dem Konſtruktionsprinzip des Inſtrumentes für ſeine drei weſentlichſten Beſtandteile Nadel, Kreis und Abſehlinie die folgenden Bedingungen erfüllt ſein: 1. die Nadelachſe muß ſich ſicher in die magnetiſche Richtung einſtellen, 2. die Indexlinie der Nadel muß mit der magnetiſchen Achſe (Richtlinie) derſelben zuſammenfallen, 3. der Aufhängepunkt der Nadel muß in der Vertikalebene der Nadelachſe liegen, 4. der Aufhängepunkt muß im Zentrum des Kreiſes liegen, 5. die Abſehlinie muß mit der Kreisnullinie in einer Vertikalebene liegen oder bei exzentriſcher Anordnung dazu parallel ſein. Es iſt daher vor dem Gebrauch zu prüfen: 1. Ob die Nadel genügend empfindlich iſt. Die Nadel wird zum Ausſchlagen (durch Annähern von Eiſen) gebracht und die Genauigkeit der Wiedereinſtellung beobachtet, oder derſelbe Zielpunkt wiederholt (in verſchiedener Richtung) eingeſtellt. Ungenügende Sicherheit der Einſtellung kann veranlaßt ſein durch zu geringe magnetiſche Kraft der Nadel oder ſchlechte Aufhängung und Beſchädigung des Lagers. Ferner iſt zu prüfen, ob die Nadel nicht durch Eiſenteile des Inſtrumentes abgelenkt wird. Dies geſchieht durch Drehen (um die Vertikalachſe) und Beobachten der Nadelſtellung. Bei der Konſtruktion des Inſtrumentes müſſen daher alle zur Nadel exzentriſchen Eiſenteile vermieden werden (Achſen, Federn, Schrauben aus Meſſing u. ſ. w.). 2. Ob die zu 3. und 4. genannten Fehler vorliegen, wird feſtgeſtellt und für den praktiſchen Gebrauch des Inſtrumentes beſeitigt durch Ableſen an beiden Nadelenden. 3. Ob die zu 5. geforderte Stellung der Abſehlinie vorhanden iſt, wird geprüft und beim praktiſchen Gebrauch eine Abweichung davon unſchädlich gemacht durch Beobachten in zwei Lagen. Bei der Vornahme genauer Beobachtungen mit größeren Buſſoleninſtrumenten iſt die Ableſung an beiden Nadelenden ſowie in zwei Fernrohrlagen notwendig, dabei iſt dann eine eventuell noch vorhandene Abweichung (Forderung zu 2. und 5.) konſtant und ohne Einfluß, d. h. ſie braucht nicht von der magnetiſchen Mißweiſung getrennt zu werden (ſ. Buſſolenzug). Die einfachſte und rationellſte Prüfung iſt bei Buſſolentheodoliten möglich, indem die Nadelangaben mit den Richtungsangaben des Horizontalkreiſes verglichen werden.

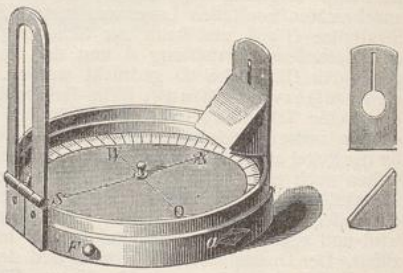


Fig. 6.

Fig. 6a.

Die praktiſche Verwendung der verſchiedenartigen Buſſoleninſtrumente entſpricht ihrer

Leiſtungsfähigkeit, d. h. der Genauigkeit der Richtungsangabe; dieſe iſt bei größeren Inſtrumenten etwa zu ſchätzen auf $^1/_{20}$—$^1/_{10}{}^0$, bei mittleren Inſtrumenten auf etwa $^1/_5$—$^1/_{10}{}^0$, bei Stockbuſſolen auf etwa $^1/_2$—$^1/_4{}^0$ und bei Freihandinſtrumenten je nach der Geſchicklichkeit des Beobachters auf 1—5°. Dazu kommt, daß die täglichen Schwankungen des magnetiſchen Meridians (ganz abgeſehen von magnetiſchen Störungen) bis zu etwa $^1/_6{}^0$ betragen können, da aber auf dieſe bei der Feldarbeit meiſtens keine Rückſicht genommen werden kann, iſt der Genauigkeit der Buſſolenmeſſung von vornherein eine Grenze geſteckt (ſ. Erdmagnetismus). Mit Rückſicht auf dieſe Genauigkeitsverhältniſſe finden bei den zurzeit an exakte Meſſungen zu ſtellenden Anforderungen die früher für die Feldmeſſung vielfach verwendeten größeren Buſſoleninſtrumente (Theodolit-, Feldmeſſerbuſſole) im allgemeinen keine Verwendung mehr; an ihre Stelle iſt der Theodolit (ſ. d.) getreten. Dagegen haben die kleineren Buſſoleninſtrumente und zwar als Buſſolen an Tachymetern (ſ. Tachymetrie) und als Stockbuſſolen (Fig. 3 und 6) eine ganz beſondere Bedeutung für tachymetriſche Polygonzüge (ſ. Buffolenzug). Wegen der Verwendung der Buſſole im Bergbau bei den Grubenmeſſungen ſ. Hängezeug, auch Grubenkompaß und Magnetometer.

Literatur: [1] Die Lehrbücher der Geodäſie, z. B. Jordan, Handbuch der Vermeſſungskunde, Bd. 2, 6. Aufl., Stuttgart 1904, § 177—180; Die Lehrbücher der Markſcheidekunde, z. B. Uhlich, Lehrbuch der Markſcheidekunde, Freiberg i. S. 1901, Abſchn. 5. *Reinhertz.*

Buſſolentheodolit, ſ. Buſſole.

Buſſolenzug, Polygonzug (ſ. Polygoniſieren), deſſen Streckenazimute mit Hilfe einer Buſſole gemeſſen werden.

Geht z. B. (Fig. 1) von einem Punkte ⊙ 1 aus ein Polygonzug bis zu ⊙ 5, ſo iſt das Punktſyſtem 1—5 geometriſch beſtimmt, ſobald die Azimute $\alpha_1\,\alpha_2\,\alpha_3\,\alpha_4$ und die Strecken $s_1\,s_2\,s_3\,s_4$ gemeſſen ſind (die Richtung des magnetiſchen Meridians für das Gebiet zwiſchen 1 und 5 als parallel vorausgeſetzt).

I. Die Azimutmeſſung kann erfolgen 1. indem, wie in Fig. 1 angedeutet iſt, auf einem Punkte jeder einzelnen Strecke das Azimut beſtimmt wird, oder 2. indem auf einem Punkte, z. B. ⊙ 2, die Azimute für zwei aufeinander folgende Strecken 1—2 und 2—3 beſtimmt werden, ſo daß dadurch die Inſtrumentaufſtellung je einen Punkt überſpringen kann (Methode der Azimutmeſſung nach „Springſtänden"), oder 3. indem an beiden Enden jeder Strecke, z. B. für 1—2 (Fig. 2) die Azimute α_{1-2} und α_{2-1} gemeſſen werden, wobei das Mittel $= [\alpha_{1-2} + (\alpha_{2-1} \pm 180^0)] : 2$ ſowohl eine Probe für die Richtigkeit als auch eine größere Genauigkeit für die Azimutbeſtimmung gewährt.

II. Die Ergebniſſe der Punktbeſtimmung im Buſſolenzuge können entweder 1. graphiſch oder 2. rechneriſch zum Ausdruck gebracht werden. 1. Bei der graphiſchen Methode wird der Zug durch Abſetzen der Azimute mit dem Transporteur (Strahlenzieher) und der Strecken mit dem Maßſtab aufgezeichnet. 2. Bei der rechneriſchen Methode erfolgt die Punktbeſtimmung in einem rechtwinkligen Koordinatenſyſtem, deſſen Abſziſſenachſe beſtimmt wird a) entweder unmittelbar durch die Richtung des magnetiſchen Meridians, oder b) durch die des aſtronomiſchen Meridians, oder c) durch die Abſziſſenachſe eines geodätiſchen Koordinatenſyſtems. Im Falle a) werden die beobachteten Azimute unmittelbar der Rechnung zugrunde gelegt. Im Falle b) iſt den direkt gemeſſenen Azimuten der Betrag der magnetiſchen Deklination beizulegen, die entweder direkt beſtimmt oder Karten oder Tabellen [1] entnommen werden kann (ſ. Erdmagnetismus). Im Falle c) iſt der Abweichungswinkel des magnetiſchen Syſtems gegen das geodätiſche durch Vergleichung des magnetiſchen und geodätiſchen Azimutes einer oder mehrerer Strecken zu ermitteln. Bei dem Polygonzuge von ⊙ 1 nach ⊙ 5 (Fig. 3) wären z. B. auf den beiden Endpunkten des Zuges ⊙ 1 und 5 die den bekannten geodätiſchen Richtungswinkeln γ_{1-6} und γ_{5-7} entſprechenden magnetiſchen Azimute α_{1-6} und α_{5-7} zu meſſen, ſo daß der mittlere Abweichungswinkel d_m ſich ergibt aus: $d_m = [d_1 + d_5] : 2$, worin $d_1 = \gamma_{1-6} - \alpha_{1-6}$, $d_2 = \gamma_{5-7} - \alpha_{5-7}$, und daraus ſich die Richtungen für die einzelnen Strecken im geodätiſchen Koordinatenſyſtem ergeben zu:

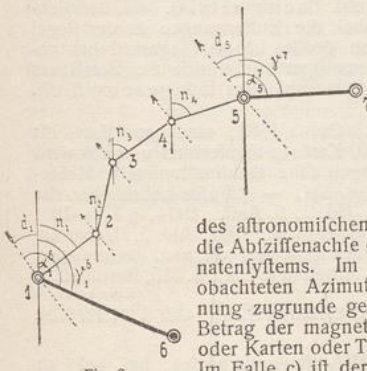


Fig. 3.

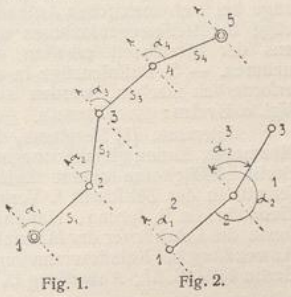


Fig. 1.

Fig. 2.

$$\alpha_1 + d_m = n_1, \quad \alpha_2 + d_m = n_2, \quad \alpha_3 + d_m = n_3, \quad \alpha_4 + d_m = n_4.$$

Mit den in jedem einzelnen Fall nach a), b) oder c) feſtgeſtellten Richtungen n ergeben ſich ſodann die Koordinaten $y\,x$ der einzelnen Punkte nach der allgemeinen Formel:

$$y_b = y_a + \Delta y_a^b \qquad x_b = x_a + \Delta x_a^b$$
$$\Delta y = s \sin n \qquad \Delta x = s \cos n.$$

Näheres ſ. Polygoniſierung. Die infolge der Meſſungsfehler auftretenden Abſchlußfehler gegen die feſtſtehenden Koordinaten der Endpunkte werden proportional den Streckenlängen s verteilt, ſ. [2]. Die Zahlenrechnung wird zweckmäßig durch Koordinatentafeln erleichtert (ſ. Koordinatentafeln).

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

III. Die Anwendung der Buſſolenzüge iſt eine ſehr vielſeitige und liefert, ſobald die eigenartigen Vorteile der Buſſolenmeſſung ausgenutzt werden, eine ſehr empfehlenswerte polygonometriſche Punktbeſtimmungsmethode. — Die Azimutmeſſung durch die Buſſole hat eine verhältnismäßig geringe Genauigkeit; da aber in einem Zuge die Meſſung des Azimuts einer Strecke unabhängig von dem der vorhergehenden und nachfolgenden Strecke iſt, ſo geſtaltet ſich die Fehlerfortpflanzung für einen Buſſolenzug ſehr günſtig, und zwar (ohne Rückſicht auf die Länge des Zuges) am günſtigſten, wenn die Strecken klein genommen werden.

Iſt nämlich L die Länge des Zuges, n die Anzahl der Strecken s, ſo daß $L = ns$, und iſt φ der Fehler einer Azimutmeſſung, ſo iſt die daraus entſtehende fehlerhafte Lage des Endpunktes einer Strecke s, d. h. der Querfehler, $= \varphi s$, und daraus nach dem Fehlerfortpflanzungsgeſetz der Querfehler für den ganzen Zug, d. h. für n Strecken,

$$s\varphi\sqrt{n} = s\varphi\sqrt{L/s} = \varphi\sqrt{Ls},$$

d. h. die Größe des genannten Fehlers iſt proportional der Quadratwurzel der Streckenlänge. Dieſer theoretiſchen Forderung, kleine Strecken zu benutzen, entſpricht beſonders die bequeme Aufſtellungsart der kleinen Stockbuſſolen. Buſſolenzüge mit kurzen Strecken ſind daher beſonders brauchbar, wenn die Verhältniſſe vielfach gebrochene Züge bedingen, eine ſchnelle Erledigung verlangen und die geringere Genauigkeit der Buſſolenazimute genügt, ſo daß die exaktere Reſultate ermöglichende, aber (beſonders bei vielfach gebrochenen Zügen) umſtändliche Theodolitmeſſung nicht in Anwendung zu kommen braucht. Demnach kommen für die Technik in Betracht: 1. Buſſolenzüge bei den Liniennetzen der Stückvermeſſung als untergeordnete Polygonzüge, und bei Waldvermeſſungen, wenn nicht die Ausdehnung der Meſſung oder die Eigentumsverhältniſſe die Theodolitmeſſung erforderlich machen. Die Berechnungsart iſt die unter II. zu c) gegebene (vgl. [2], [3]), das zu verwendende Inſtrument eine größere Buſſole (Theodolitbuſſole, Buſſolentheodolit). Die Behandlung der Züge entſpricht im übrigen derjenigen der Theodolitzüge (ſ. Polygonifieren). — 2. Buſſolenzüge bei topographiſchen oder tachymetriſchen Aufnahmen mit dem Tachymetertheodolit, wobei die Strecken in der Regel durch Diſtanzmeſſung beſtimmt werden (ſ. Tachymetrie). — 3. Buſſolenzüge zu tachymetriſchen Beſtimmungen (Einſchaltungen) mit der Stockbuſſole in Verbindung mit dem 20-m-Meßband. Die Buſſole wird auf die Meßbandziehſtäbe aufgeſetzt und liefert unmittelbar die Azimute der Bandlagen (von Ziehſtab zu Ziehſtab). Sollen dieſe Züge in eine Karte eingetragen werden, ſo werden ſie zunächſt mit dem Transporteur auf Pauspapier aufgezeichnet und dann im Anſchluß an gegebene Feſtpunkte (eventuell Zwiſchenpunkte, die vom Meßbandzug aus angemeſſen und auf der Pauſe dargeſtellt ſind) in die Karte, in möglichſter Uebereinſtimmung mit den End- und eventuellen Zwiſchenpunkten, eingepaßt (die Genauigkeit der Meſſung entſpricht derjenigen der Zeichnung). Werden gleichzeitig mit einem geeigneten Höhenwinkelmeſſer (ſ. Neigungsmeſſer) die Neigungswinkel der Bandlagen gemeſſen, ſo liefert die Aufnahme ebenfalls die Höhe der Brechpunkte. Derartige Meßbandzüge liefern ausgezeichnete Reſultate als Zwiſchenzüge bei tachymetriſchen Aufnahmen in ſchwierigem Gelände (ſ. Tachymetrie). — 4. Buſſolenzüge bei Reiſewegaufnahmen mit der Taſchenbuſſole, wobei die Entfernungen in der Regel aus der Marſchzeit erhalten werden und die Züge eine große Länge (Tagemärſche) annehmen. — 5. Buſſolenzüge in der Grube, welche die eigenartigen Verhältniſſe des Bergbaues erforderlich machen, werden ausgeführt mit der Grubenbuſſole und dem Hängezeug (ſ. d.). Vgl. a. Erdmagnetismus.

Literatur: [1] Berghaus, Phyſikaliſcher Atlas, 5. Abt., Gotha 1887; eine neue Karte iſt: Neumayer, Linien gleicher magnetiſcher Deklination für 1900, Karte in Kupferſtich und koloriert, Berlin 1900; eine neuere Zuſammenſtellung über die magnetiſche Deklination gibt Meſſerſchmitt in der Zeitſchrift f. Vermeſſungsweſen 1903, S. 339 u. 681. — [2] Die Lehrbücher der Geodäſie, z. B. Jordan, Handbuch der Vermeſſungskunde, Bd. 2, 6. Aufl., 1904, § 177—180; ſowie die Lehrbücher der Markſcheidekunde, z. B. Uhlich, Freiberg i. S., 1901, Abt. 5. Ueber die Anwendung bei Kataſtervermeſſungen z. B. [3] Gauß, F. G., Die trigon. und polygon. Rechnungen, Berlin 1893, S. 67; Anweiſung IX für die trigon. und polygon. Arbeiten u. ſ. w., S. 315, Berlin 1894.

Reinhertz.

Butane (Butylwaſſerſtoffe), gasförmige Kohlenwaſſerſtoffe der Grenzreihe von der Zuſammenſetzung C_4H_{10}.

Normales Butan von der Formel $CH_3—CH_2—CH_2—CH_3$ iſt ein farbloſes, bei $+1^0$ zu einer Flüſſigkeit kondenſierbares, im amerikaniſchen Petroleum vorkommendes Gas. Iſomer mit ihm iſt das Iſobutan $\begin{matrix}CH_3\\CH_3\end{matrix}\!\!>\!CH—CH_3$, ein bei -17^0 kondenſierbares farbloſes Gas. *Bujard.*

Buteagummi, ſ. Gerbſtoffe.

Butluv, ſ. Takelage.

Butt oder Pipe, engliſches Flüſſigkeitsmaß = 126 Gallons oder 5,675 hl.

Butte, ſ. Feuerſchutz und Feuerlöſchweſen.

Buttenſpritze, ſ. Feuerſchutz und Feuerlöſchweſen.

Butterfarbe. Natürliche wie Kunſtbutter haben eine nur ſehr ſchwach gelbliche Farbe, während der Konſument eine intenſivere gelbe Farbe verlangt, und dieſe wird der Butter — beſonders der Kunſtbutter — meiſtens durch Curcuma oder Orleansfarbſtoff (ſ. Farbſtoffe, pflanzliche) gegeben.

Butterfaß, ſ. Molkerei.

Butterine, ſ. Kunſtbutter.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Butterknetmaſchine, ſ. Molkerei.

Butterſäuregärung, ſ. Spiritusfabrikation.

Butterſäuren, zwei iſomere, zu den Fettſäuren gehörige Säuren der Zuſammenſetzung $C_4H_8O_2$ oder $C_3H_7 \cdot COOH$.

Die normale Butterſäure $CH_3 \cdot CH_2 \cdot CH_2 \cdot COOH$, Acidum butyricum, Syn. Propylkarbonſäure, Gärungsbutterſäure, von Chevreul als ein Beſtandteil der Kuhbutter 1814 aufgefunden. Sie findet ſich teils frei, teils in Form von Salzen in manchen pflanzlichen und tieriſchen Sekreten, ferner in den Fäulnisprodukten der Eiweißkörper, bei der trockenen Deſtillation des Holzes, Bernſteins und des Torfes (faulender Käſe, Holzeſſig). Durch Einwirkung von Spaltpilzen entſteht ſie ferner aus Zuckerarten. Letzterer Vorgang wird zu ihrer Darſtellung in größeren Mengen ausgenutzt, indem man eine Löſung von Rohr- oder Rübenzucker unter Zuſatz von Weinſäure, ſaurer Milch, gefaultem Käſe und Schlemmkreide vergären läßt, das gebildete Calciumſalz in das Natriumſalz überführt und letzteres mit verdünnter Schwefelſäure zerſetzt. Die normale Butterſäure iſt eine unangenehm ranzig riechende, ätzende Flüſſigkeit. Näheres ſ. in [2]. Mit der normalen Butterſäure iſomer iſt die Iſobutterſäure $\frac{CH_3}{CH_3}\!>\!CH \cdot COOH$, die ſich ebenfalls in pflanzlichen und tieriſchen Sekreten findet. Näheres ſ. in [2] oder andern Spezialwerken.

Literatur: [1] Berichte der deutſchen chem. Geſellſchaft, Bd. 11, 49, 53. — [2] Schmidt, Lehrbuch der pharmaz. Chemie, organ. Teil, Braunſchweig 1901. *Bujard.*

Butterſeparator, ſ. Molkerei.

Buttertransportwagen, ſ. Eiſenbahnwagen.

Butylalkohol, ſ. Alkohole.

Butylene nennt man drei iſomere, ungeſättigte Kohlenwaſſerſtoffe der Olefin- oder Aethylenreihe von der Zuſammenſetzung C_4H_8 (ſ. Aethylen).

Sie finden ſich im Leuchtgas und den Produkten der trockenen Deſtillation kohlenſtoffreicher organiſcher Verbindungen. Im Leuchtgas gehören ſie zu den ſogenannten ſchweren Kohlenwaſſerſtoffen (ſ. Leuchtgas). *Bujard.*

Butyrometer, ſ. Galaktoſkop.

Butzen, ſ. Erzlagerſtätten.

Butzenſcheiben, runde Fenſterſcheiben von 10—15 cm Durchmeſſer. In der Mitte derſelben ſitzt der ſogenannte Butzen, eine ſtarke Erhöhung, die von dem Blasrohr des Glasbläſers herrührt und den Scheiben den Namen gab.

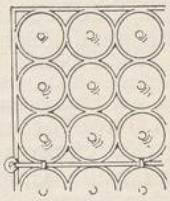


Fig. 1.

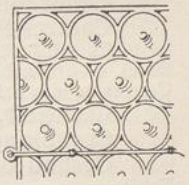


Fig. 2.

Sie wurden namentlich im 15. und 16. Jahrhundert verwendet und finden in der Neuzeit wieder mehrfach Nachahmung. Innerhalb eines Rahmens von Holz, Stein oder Eiſen ſitzen ſie in Nuten und in Bleifaſſung reihenweiſe geordnet nach dem geraden (Fig. 1) oder ſchrägen Steg (Fig. 2). Bei großen Feldern ſind zur Sicherung gegen den Winddruck ſogenannte Windſtangen aus 7—12 mm ſtarkem Rundeiſen nötig, die an den Enden mit Lappen in die obengenannten Nuten eingreifen oder feſtgeſchraubt ſind. Hieran ſind die Bleiſproſſen mit umgebogenen Haften angehängt. *Weinbrenner.*

Buys-Ballotſches Geſetz, ſ. Bariſches Geſetz.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

C

(Artikel, die unter C vermißt werden, ſ. unter K, Sch oder Z.)

C in der Chemie Zeichen für Kohlenſtoff (Carboneum); bei Temperaturangaben Abkürzung für Celſius (100teilige Skala des Thermometers; auf neueren Münzen: im Deutſchen Reich bezw. Preußen ſeit 1866 Zeichen für die Münzſtätte Frankfurt a. M., auf öſterreichiſchen Münzen für die von Prag, auf franzöſiſchen für die von Lille; als römiſches Zahlzeichen = 100 (centum), CC = 200; in den Vereinigten Staaten von Nordamerika ſo viel wie Cent = $^1/_{100}$ Dollar; im Militärweſen Abkürzung für Konſtruktion, z. B. C/71 = Konſtruktion aus dem Jahre 1871; in der Spinnerei ſ. AAAA und Kammgarnſpinnerei.

Ca, chemiſches Zeichen für Calcium.

Cabochon, ſ. Edelſteinſchleiferei.

Caceres-Phosphat, Rohmaterial zur Darſtellung von Superphosphaten. Es enthält in reinſter Qualität 70—72 % phosphorſauren Kalk (mit 32—33 % Phosphorſäure), 4—6 % kohlenſauren Kalk, wie 1—1½ % Eiſenoxyd und Tonerde. Es wurde 1865 bei Caceres an der Bahn von Eſtremadura nach Portugal aufgefunden. *Weitz.*

Cachemir, ſ. Tuchſorten.

Cacholong (Kaſcholong), ſ. Opal.

Cachou de Lavalle, Gruppe eigentümlicher Farbſtoffe, erhalten ſich durch Erhitzen organiſcher Körper (Sägeſpäne, Stärke u. ſ. w.) mit Natronlauge und Schwefel auf 200° C. Die ſo erhaltene Schmelze iſt in Waſſer leicht löslich und färbt Gewebe zwar wenig lebhaft, aber echt braun, wenn man ſie mit der Löſung imprägniert und ſodann in Kaliumbichromatlöſung taucht.

Cadmium, ſ. Kadmium.

Cäſium *Cs*, Atomgew. 133, ſpez. Gew. 1,85; Schmelzpunkt 26,5°, Siedepunkt 270°; von Bunſen und Kirchhoff mittels der Spektralanalyſe entdecktes Alkalimetall.

Das ſeltene Mineral Pollux, ein Aluminiumcäſiumſilikat, enthält Cäſium als weſentlichen Beſtandteil. Das metalliſche Cäſium wird durch Elektrolyſe eines Gemiſches von Baryumcyanid und Cäſiumcyanid annähernd rein dargeſtellt. Es iſt das am ſtärkſten baſiſche Element und ſo leicht oxydierbar, daß es ſich, an die Luft gebracht, bald von ſelbſt entzündet. Die Cäſiumſalze haben eine große Aehnlichkeit mit den Rubidium- und Kaliumſalzen. *Bujard.*

Caffein (Coffein), ſ. Alkaloide.

Cafiſſo, Oelmaß in Malta = 4½ Gallons oder 20,45 l, auch Getreidemaß in Tunis = 495,94 l.

Cagniardelle, veraltetes Schraubengebläſe, vgl. Weisbach-Herrmann, Ingenieur-Mechanik, Bd. 3, S. 1165, Braunſchweig 1851—60.

Cailcedraholz, ſ. Nutzhölzer.

Caiſſon hat im Grundbau zweifache Bedeutung. Man verſteht darunter: 1. Schwimmkaſten mit Boden, auch Senkkaſten oder Senkſchiff genannt; 2. die waſſerfreie Arbeitskammer, die bei mittels Preßluft zu ſenkendem Mauerwerk unter letzterem hergeſtellt und bisweilen gleichfalls Senkkaſten geheißen wird (ſ. Preßluftgründung). *Schmitt-Darmſtadt.*

Cajeputöl, das ätheriſche Oel der Blätter von Melaleuca minor *Smith* (M. Cajeputi *Roxb.*) und M. Leucodendron *Dec.*, die in Hinterindien, auf den Inſeln des Indiſchen Meeres und dem nördlichen Auſtralien heimiſch ſind.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Farbe gewöhnlich hellgrün, durch Rektifikation auch entfärbt (weiß). Spez. Gew. 0,920 bis 0,930. Geruch angenehm kampferartig, Geſchmack aromatiſch, etwas brennend, hinterher kühlend. Es iſt linksdrehend, wird leicht von Weingeiſt gelöſt und fand früher ausgedehnte Anwendung in der Medizin. Unterſuchungen über Zuſammenſetzung des Cajeputöls haben angeſtellt: Blanchet und Jell [1], M. Schmidt [2], J. H. Gladſtone [3], O. Wallach [4], R. Voiry [5] und Wallach und Gildemeiſter.

Literatur: [1] Liebigs Annalen, 7, 161. — [2] Chem. Soc. Qu. J. 14, 63; Journ. pract. Chem. 82, 185. — [3] Chem. News., 24, 283. — [4] Liebigs Ann., 225, 314. — [5] Bull. Soc. Chim. N. S. 50, 108. *Deite.*

Cajuela, mittelamerikaniſches Maß für Getreide, Kartoffeln u. ſ. w. = 2,22 l.

Cakesfabrikation, ſ. Biskuitfabrikation.

Calambac (Aloeholz), ſ. Nutzhölzer.

Calcaronen, ſ. Schwefel.

Calcedon (Chalcedon), ſ. Quarz.

Calceolaſchichten werden der unteren Abteilung der mittleren Devonformation angehörige Schichten genannt, die aus Mergeln, unreinen Kalken mit Zwiſchenlagen von Tonſchiefern, Grauwacken und Mergelſchiefern beſtehen und deren Leitfoſſil die Calceola sandalina, eine Deckelkoralle, iſt.

Der Schichtengruppe ſind die ſogenannten Lenneſchiefer Weſtfalens, die Dachſchiefer einſchließen, gleichalterig, ferner die Kalke (Calceolakalke) und Schiefer (Calceolaſchiefer) von Couvin in Belgien und bei Goslar (Harz). Ihre techniſche Verwendung in Deutſchland iſt kaum nennenswert. *Leppla.*

Calcinieren bedeutet in erſter Linie Entwäſſern waſſerhaltiger Stoffe durch Erhitzen, wird aber auch in vielen Fällen auf Arbeiten angewendet, die als verflüchtigendes oder oxydierendes Röſten (ſ. Röſten) oder Brennen bezeichnet werden. *Beckert.*

Calcium *Ca*, Atomgewicht 40, ſpez. Gew. 1,57; gelbes glänzendes Metall. Schmelzpunkt in der Nähe von 900°. In ſeinem chemiſchen Verhalten und auch bezüglich der Darſtellungsweiſe ſtimmt es ganz mit Baryum überein. Preis zurzeit für 1 kg 12 ℳ. (Elektrochemiſche Werke in Bitterfeld). Die Einführung in die Technik (Legierungen) und in Laboratorien iſt näher gerückt.

Literatur: Moiſſan, Compt. rend. 1898, 127, S. 584; Chem.-Ztg., Cöthen 1905, S. 218. *Bujard.*

Calciumchlorid (Chlorcalcium) $CaCl_2$, Mol.-Gew. 111, ſpez. Gew. des geſchmolzenen waſſerfreien Salzes 2,21. Schmelzpunkt 720—730°. Je nach der Darſtellung bildet es entweder eine weiße poröſe, zuſammengeſinterte oder eine glaſige, ſchwach durchſcheinende Maſſe.

In beiden Formen zieht es aus der Luft leicht Waſſer an, iſt auch im Waſſer ſehr leicht löslich (kalt 49 : 100, heiß 154 : 100). Bei der Löſung des waſſerfreien Salzes im Waſſer wird eine beträchtliche Wärmemenge frei (11 g $CaCl_2$ liefern 18,1 W.E.), indem ſich ein waſſerhaltiges Salz der Formel $CaCl_2 + 6H_2O$ bildet. Letzteres ſcheidet ſich auch aus der wäſſerigen Löſung ab, wenn man dieſelbe ſo lange eindampft, bis der Siedepunkt 129° erreicht iſt. Das kriſtalliſierte Salz löſt ſich im Waſſer unter ſtarker Wärmeaufnahme. Bei Miſchung des pulveriſierten Salzes mit Schnee finden Temperaturerniedrigungen bis um etwa 50° ſtatt; die niedrigſte bis jetzt erreichte Temperatur war —55°. — Das Chlorcalcium wird in der chemiſchen Induſtrie in ſo großen Mengen in Form von wäſſerigen Löſungen als Nebenprodukt erhalten (ſ. Ammoniakſodaprozeß unter Soda, Kohlenſäure, Mineralwaſſerfabrikation), daß es ſich nur darum handelt, ſolche Löſungen zu reinigen und zu konzentrieren oder vollſtändig zu entwäſſern, um entweder das kriſtalliſierte oder das waſſerfreie Salz zu erhalten. Die Reinigung beſteht in einer Ausfällung fremder Metalle aus der Löſung durch Calcium- oder Natriumſulfide als Sulfide (Blei) oder durch Oxydation mit darauffolgender oder gleichzeitiger vollſtändiger Neutraliſation als Oxydhydrate (Eiſen). Die geklärte Löſung wird dann in eiſernen oder mit Blei ausgelegten eiſernen, auch hölzernen Gefäßen eingedampft, durch Erkalten zur Kriſtalliſation gebracht oder in mit Blei ausgelegten eiſernen Keſſeln zu trockenem Pulver verdampft. Je nach Bedarf wird das Pulver auch noch in Tontiegeln geſchmolzen und in Platten, Stäbe oder Stengel gegoſſen. Die fertigen Produkte müſſen gut vor Feuchtigkeit geſchützt werden, da ſie aus der Luft ſchon begierig Waſſer anziehen. — Anwendungen: Zum Trocknen von Gaſen und Flüſſigkeiten (Alkohol) und unter Vermittlung der erſteren (Luft) auch von feſten Subſtanzen (Drogen) in geſchloſſenen Räumen (Exſikkatoren) wird das waſſerfreie Salz, zu Kältemiſchungen (ſ. Gefriergründung) das kriſtalliſierte Salz benutzt. *Bujard.*

Calciumcyanamid, ſ. Kalkſtickſtoff.

Calciumfluorid (Fluorcalcium) CaF_2, Mol.-Gew. 78, ſpez. Gew. 3,18; bildet entweder ein weißes amorphes, auch kriſtalliniſches Pulver oder große, ſchön ausgebildete reguläre Kriſtalle und derbe Maſſen kriſtalliniſcher Struktur.

In letzteren Formen findet ſich beſonders das natürlich vorkommende Fluorid, der Flußſpat (ſ. d.). Sein Schmelzpunkt liegt bei ſtarker Rotglut. In Waſſer iſt es faſt unlöslich. Im geſchmolzenen Zuſtande beſitzt es ein vorzügliches Löſungsvermögen für ſchwer ſchmelzbare

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Oxyde. Es kommt in großen Mengen natürlich vor und wird bei der Kryolithſodafabrikation (ſ. Soda) als Nebenprodukt erhalten. Es findet bei metallurgiſchen Prozeſſen als Flußmittel Anwendung, dient ferner zur Herſtellung des Milchglaſes und der Flußſäure (Fluorwaſſerſtoff), ſomit auch andrer Fluorverbindungen. *Bujard.*

Calciumhydroxyd, Calciumoxydhydrat (gelöſchter Kalk), ſ. Kalk.

Calciumhypochlorit, ſ. Chlorkalk.

Calciumkarbid CaC_2, Mol.-Gew. 64, ſpez. Gew. 2,22; harter kriſtalliniſcher ſchwarzgrauer Körper, abgeſonderte Kriſtalle ſind braunrot und undurchſichtig; unlöslich in allen bekannten Löſungsmitteln. Seine elektriſche Leitfähigkeit kommt derjenigen der Kohle nahe.

Beim Erhitzen im Sauerſtoff verbrennt es unter heftiger Lichtentwicklung zu kohlenſaurem Calcium. Chlor iſt bei gewöhnlicher Temperatur ohne Einwirkung, bei 245° C. dagegen bildet es mit dem Chlor Chlorcalcium und Kohlenſtoff. In trockenem Chlorwaſſerſtoffgas verbrennt es unter Waſſerſtoffentwicklung. Brom und Jod wirken ebenfalls in der Hitze auf das Karbid ein, ferner bei ca. 500° C. auch Schwefeldampf, mit welch letzterem Schwefelcalcium und Schwefelkohlenſtoff gebildet werden. Mit Phosphor bildet es Phosphorcalcium. Mit Eiſen verbindet es ſich bei einer höheren Temperatur als Rotglut, was für die Stahlinduſtrie von Bedeutung iſt. Die übrigen Metalle ſind ohne Einwirkung. Oxydationsmittel wie das Kaliumnitrat und das Kaliumchlorat oxydieren es in der Hitze zu kohlenſaurem Calcium. Bleiſuperoxyd oxydiert es bei einer unter Rotglut liegenden Temperatur unter Flammenerſcheinung. Bei Gegenwart von Waſſerdampf und bei nicht zu hoher Temperatur bildet es mit Stickſtoff Cyanmetall. Es reduziert die meiſten Metalloxyde unter Bildung von Calciumlegierungen. Beim Erhitzen mit Magneſium an der Luft entſtehen Calciumoxyd, Kohlenſäure und Stickſtoffmagneſium; der Rückſtand entwickelt mit Waſſer Ammoniak. So widerſtandsfähig das Karbid im allgemeinen gegen verſchiedene Einwirkungen ſich erweiſt, ſo zerſetzt es ſich doch ſchon an feuchter Luft unter Verfärbung und Ausſtoßung eines penetranten knoblauchartigen Geruches, und mit Waſſer entwickelt es Acetylengas: $CaC_2 + 2\,H_2O = Ca(OH)_2 + C_2H_2$. S. Acetylen.

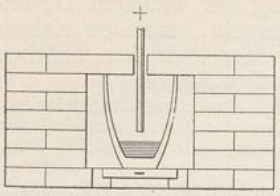


Fig. 1.

Darſtellung des Calciumkarbides. — Bullier beſchreibt die Herſtellung folgendermaßen: Schmilzt man im elektriſchen Ofen 56 Teile ungelöſchten Kalk mit 36 Teilen Kohle zuſammen, ſo erhält man einen Körper, der bei ſeiner Bildungstemperatur flüſſig iſt, bei der Abkühlung eine kriſtalliniſche Maſſe gibt und aus einer der Formel CaC_2 entſprechenden, mit Waſſer pro 1 kg 340 l reines Acetylen (ſ. d.) liefernden Subſtanz beſteht. Das Calciumkarbid entſteht ſomit als Schmelzprodukt eines Gemenges von Calciumoxyd und Kohlenſtoff durch den elektriſchen Flammenbogen. Die zu ſeiner Fabrikation in Gebrauch befindlichen Oefen ſind verſchiedenartig konſtruiert von Moiſſan, Siemens, Borchers, Bullier und andern. Im allgemeinen aber wird eine dem Héroultſchen Ofen ähnliche Konſtruktion benutzt, wie ſie bei der Gewinnung des Aluminiums gebraucht wird, Fig. 1 (ſ. Aluminium). Es gibt auch für kontinuierlichen Betrieb eingerichtete Oefen, wie z. B. den Bullier-Ofen (ſ. unten). Fig. 2 zeigt einen dem Héroult-Ofen ähnlichen Ofen, wie ihn Willſon benutzt hat: Das Mauerwerk *M* umgibt den aus Kohle beſtehenden Schmelztiegel *T*. In dieſen füllt man das Gemiſch von Kohle und Kalk. Durch den Deckel *D* geht der kräftige Kohlenſtab *K*. Der Tiegel *T* ruht auf der Metallplatte *P*, die mit der Elektrizitätsquelle verbunden iſt. Der Apparat erlaubt die Anwendung von 4000—5000 Ampère Stromſtärke. Fig. 3 iſt ein Siemens-Ofen. Der Bullier-Ofen

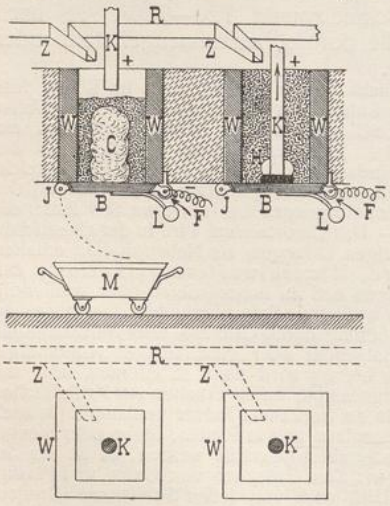


Fig. 4.

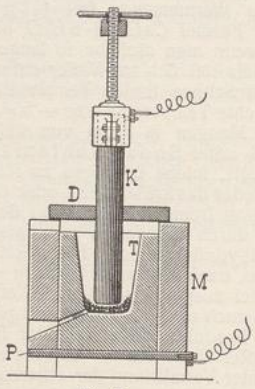


Fig. 2.

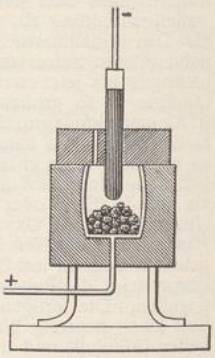


Fig. 3.

iſt folgendermaßen eingerichtet (Fig. 4): Die Wände *W* der Oefen beſtehen aus feuerfeſtem Material. Der aus Metall oder Kohle hergeſtellte Boden *B* bildet die negative Elektrode des Apparates und iſt bei *F* drehbar. Während des Schmelzprozeſſes wird er durch den Verſchluß *J* und durch das Gegengewicht *L* feſtgehalten. Der mit dem poſitiven Pol in Verbindung ſtehende Kohleſtab *K* taucht in die Kohlekalkmiſchung ein. Wenn der Strom eingeſchaltet iſt, bildet ſich um den Kohleſtab eine Höhlung (*H*), hier ſammelt ſich das geſchmolzene Karbid an. In dem Grad, wie die Schmelzung weitergeht, wird der Kohlezylinder in die Höhe gezogen, bis ſchließlich die gewünſchte Karbidmenge *C* gewonnen iſt. Letztere läßt man ſamt dem noch unzerſetzten Material durch den Boden *B* in den Karren *M* fallen. Alsdann beſchickt man die Oefen aufs neue, wozu man ſich der von einem Behälter *R* abzweigenden beweglichen Zuleitungsrinnen *Z* bedient. In den Karbidwerken zu Bitterfeld, Neuhauſen und Rheinfelden iſt ein Ofen im Gebrauch, der einen mit feuerfeſtem Material ausgekleideten Trichter führt, der unten durch eine Kohleplatte (Elektrode) abgeſchloſſen iſt. In dieſem Trichter ſitzt in mäßigem Abſtand ein zweiter Trichter, durch deſſen untere Oeffnung die zweite Elektrode (der Kohleſtab) geht. Dieſe iſt vom Schmelzgut umgeben. Bei der Reaktion bildet ſich Kohlenoxyd, das als Flamme aus dem Raum zwiſchen beiden Trichtern herausſchlägt, der weißglühende Teil des Elektroden iſt von der Luft abgeſchloſſen. Piktet erhitzt die Miſchung zuerſt durch Gebläſeflammen auf ca. 2400°, dann erſt wendet er den elektriſchen Flammenbogen an. Man hat aus dem Schmelzgut auch Briketts geformt und dieſe in einen von Feuerungszügen umgebenen, bis zur Weißglut erhitzten Schamottekanal geführt und ſchließlich das Gemenge vollends zuſammengeſchmolzen. Ob man Gleichſtrom oder Wechſelſtrom zum Betrieb der Oefen anwendet, iſt gleichgültig, weil es ſich nicht um eine Elektrolyſe, ſondern nur um die Erzeugung ſehr hoher Temperaturen handelt. Feſte Anhaltspunkte über die Rentabilität der Karbidwerke fehlen. Die Willſon-Aluminium-Compagnie macht zwar entſprechende Angaben. Dieſe ſind aber erſtens nicht auf deutſche Verhältniſſe zu übertragen, und zweitens iſt ihre Richtigkeit nicht leicht kontrollierbar. Intereſſenten müſſen auf die untenangegebene Spezialliteratur verwieſen werden.

Die größte Menge des dargeſtellten Karbids wird in der Beleuchtungsinduſtrie gebraucht. Von ganz untergeordneter Bedeutung iſt die Verwendung als Reduktionsmittel für Metallverbindungen. Der Karbidverbrauch in Deutſchland iſt nach Vogel [7]: Einfuhr: 1899 6374 t, 1900 7703 t, 1901 9526 t; Ausfuhr: 1899 636 t, 1900 224 t, 1901 274 t. Das Karbid des Handels iſt nie ganz rein, es beträgt daher die Ausbeute an Acetylen niemals die theoretiſche Leiſtung von 340 l pro 1 kg. Geringe Sorten liefern 220—280 l Acetylen, mittlere etwa 300 l, gute Sorten 310—320 l. Im Karbidhandel ſpielt daher die Beſtimmung der Acetylenausbeute der Handelsware eine Rolle. Hierüber finden ſich in [8] und [10] die gewünſchten Methoden. In [8] und [9] finden ſich ferner alle auf das Karbid und ſeine Verwendung und Lagerung erlaſſenen Vorſchriften und Verordnungen.

Geſchichtliches: 1836 Davy [1], 1862 Wöhler [2], 1882 gibt Beilſtein in ſeinem Handbuch der organiſchen Chemie die Formel CaC_2 an. 1892 beſchrieb Maquenne ein Metallkarbid [3]. In demſelben Jahre beſchreibt Moiſſan ſeinen elektriſchen Ofen und die Darſtellung des Calciumkarbids [4]. Travers (England) ſtellt 1893 ein unreines Calciumkarbid her [5]. 1892 meldete Willſon (Amerika) ein Patent an; das Produkt war unrein, die chemiſche Zuſammenſetzung ihm nicht klar. Die erſte Beſchreibung reinen Calciumkarbids ſtammt von Bullier 1894 [6]. Wer ſich für die geſchichtliche Entwicklung der Karbidinduſtrie, für die Streitigkeiten um die Priorität und für die Patente intereſſiert, findet alles für ihn Wiſſenswerte in [1]—[10].

Literatur: [1] Annalen der Chemie und Pharmazie 1836, Bd. 23, S. 144. — [2] Ebend. 1862, Bd. 124, S. 220. — [3] Comptes rendus, 1892, S. 361 u. 560. — [4] Ebend., Bd. 117, S. 679. — [5] Proceed. chem. Soc. 118, S. 15. — [6] D.R.P. Nr. 77168, Kl. 12 vom 20. Februar 1894. — [7] Acetylen in Wiſſenſchaft und Induſtrie, 1902, S. 61. — [8] Ebend. — [9] Liebetanz, Geſetzliche Vorſchriften über Herſtellung und Benutzung von Acetylen u. ſ. w., Leipzig. — [10] Methoden zur Beſtimmung der Gasausbeute aus Calciumkarbid, herausgegeben vom Deutſchen Acetylen-Verein, Halle a. S. — Ferner die bei dem Art. Acetylen angegebene Literatur und außerdem: Ahrens, Die Metallkarbide und ihre Verwendung, Stuttgart 1896; De Perrodit, Le carbure de calcium et l'acétylène, Paris 1897; Beſtimmungen des Deutſchen Acetylen-Vereins über den Karbidhandel 1900, Halle a. S.; Vogel, J. H., Caro, N., und Ludwig, A., Handbuch für Acetylen in techniſcher und wiſſenſchaftlicher Hinſicht, Braunſchweig 1904.

Bujard.

Calciumkarbonat (kohlenſaures Calcium, kohlenſaurer Kalk) $CaCO_3$, Mol.-Gew. 100, ſpez. Gew. 2,7—2,9; bildet je nach Darſtellungsweiſe oder Vorkommen ein weißes amorphes, auch kriſtalliniſches Pulver, erdige, dichte, derbe Maſſen oder farbloſe, hexagonale Kriſtalle.

Es iſt unter Druck ſchmelzbar. Chemiſch reines Waſſer löſt das Salz faſt gar nicht. Bei Gegenwart von Kohlenſäure werden aber beträchtliche Mengen davon gelöſt (etwa 1 : 1200). In Gefäßen oder Oefen erhitzt, aus denen die Kohlenſäure ungehindert entweichen kann, beginnt eine lebhafte Zerſetzung des Calciumkarbonats in Calciumoxyd (ſ. Kalk) und Kohlendioxyd (Kohlenſäure) zwiſchen 800 und 900°. Von den meiſten Säuren wird es unter Kohlenſäureentwicklung leicht gelöſt. In der Natur kommt das kohlenſaure Calcium in großen Mengen vor als: Kreide, Kalkſtein, Marmor, Kalkſpat, Aragonit und in den noch heute ſich bildenden Mineralien: Kalkſinter, Tropfſtein, Sprudelſtein, Rogenſtein, Kalktuff, ferner in nicht unbeträchtlichen Mengen beinahe in jedem Fluß- und Quellwaſſer (ſ. Waſſer).

Für die meiſten techniſchen Verbrauchszwecke genügen die natürlich vorkommenden Arten des kohlenſauren Calciums, ſo daß die künſtliche Darſtellung eine ziemlich beſchränkte iſt. Sie beſteht meiſt in einer Ausfällung der als Nebenprodukt bei vielen chemiſchen Prozeſſen abfallenden gereinigten Chlorcalciumlöſungen (ſ. Calciumchlorid) durch Löſungen der Alkalikarbonate

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

(Soda oder Ammoniumkarbonat), Waschen, Filtrieren und Trocknen des weißen Niederschlages (präzipitierter kohlensaurer Kalk, präzipitierte Kreide).

Anwendungen: Die natürlich vorkommenden Sorten zur Fabrikation von gebranntem Kalk, Soda, Pottasche, Glas, zum Verschlacken von Kieselsäure in metallurgischen Schmelzöfen, zur Kohlensäure-(Mineralwasser-)Fabrikation, als Farbe u. s. w.; das künstlich dargestellte Karbonat als Putz- und Poliermittel (Zahnpulver, Silberseife) und als Heilmittel. *Bujard.*

Calciumoxyd (Calciumoxydhydrat), s. Kalk.

Calciumphosphate, phosphorsaure Kalke.

Das neutrale oder tertiäre Calciumphosphat $Ca_3(PO_4)_2$ ist das wichtigste der drei eigentlichen Phosphate des Calciums. Es bildet entweder ein weißes amorphes Pulver oder dichte erdige und kristallinische Massen, in Wasser unlöslich, in Säuren unter Bildung des primären Salzes löslich. Das neutrale Phosphat kommt in mächtigen Minerallagern als Apatit und Phosphorit natürlich vor und bildet außerdem den Hauptbestandteil der Tierknochen und den Hauptanteil der mineralischen Bestandteile tierischer Abfälle (Faeces, Guano) u. s. w. Auch in Pflanzen ist es enthalten, wird daraus aber nicht gewonnen. Wohl aber liefert die Eisenindustrie große Mengen dieses Phosphates, die sogenannte Thomasschlacke, als Abfallprodukt bei der Entphosphorung des Roheisens. — Letztere findet in feinpulverisiertem Zustande direkt als Düngemittel Anwendung. Die übrigen Phosphate bilden den Rohstoff für die Superphosphate oder künstlichen Dünger und die Phosphorfabrikation.

Das sekundäre Phosphat $CaHPO_4$, ein weißes, in Wasser ebenfalls unlösliches Pulver, wird meist als Nebenprodukt bei der Reinigung der Knochenkohle dargestellt. Nach der Verkohlung der Knochen zum Zwecke der Gewinnung von Knochenkohle wird das ebenfalls mit in den Knochen vorhandene und in die Kohle übergegangene neutrale Calciumphosphat durch Salzsäure ausgelaugt; es geht hierbei in primäres, in Wasser lösliches Phosphat über (s. unten). Die so erhaltene Lösung wird nun dadurch wieder nutzbar gemacht, daß sie mit gelöschtem Kalk bis zur Bildung von sekundärem Phosphate versetzt wird:

$$Ca(H_2PO_4)_2 + Ca(HO)_2 = 2\,CaHPO_4 + 2\,H_2O.$$

Dieses fällt als weißes Pulver aus und dient nach dem Auswaschen, Filtrieren und Trocknen als Zusatz zum Viehfutter.

Das primäre Phosphat $Ca(H_2PO_4)_2$ ist ein in Wasser leicht lösliches, schwer als solches trocken zu erhaltendes Produkt. Es bildet sich bei der Behandlung des neutralen Phosphates mit Säuren $Ca_3(PO_4)_2 + 2\,H_2SO_4 = Ca(H_2PO_4) + 2\,CaSO_4$, ist der wesentlichste Bestandteil der als Superphosphate bekannten künstlichen Dünger und ein Zwischenprodukt bei der Phosphorfabrikation. *Bujard.*

Calciumphosphid (Phosphorcalcium) bildet den Hauptbestandteil eines unter diesem Namen in den Handel gebrachten Produktes, das dadurch entsteht, daß man über erhitzte, etwa haselnußgroße Stücke von gebranntem Kalk dampfförmigen Phosphor leitet. Es bildet sich dabei ein dunkelbraun bis schwarz aussehendes Produkt, aus Phosphiden, Phosphoreten, Hypophosphiten und unzersetztem Kalk bestehend. Mit Wasser in Berührung gebracht, entwickelt es selbstentzündlichen Phosphorwasserstoff; an der Luft oxydiert es sich leicht unter Selbstentzündung. Es findet in der Feuerwerkerei und zu Signalisierungszwecken Verwendung. *Bujard.*

Calciumsilikate, s. Mörtel, Zement, Glas, Schlacken.

Calciumsulfat, schwefelsaures Calcium $CaSO_4$, Mol.-Gew. 136, spez. Gew. 2,9 bis 3,1; weißes amorphes Pulver oder dichte kristallinische Massen; bei Rotglut, leichter bei Gegenwart von Flußspat, schmelzbar. In Wasser etwas löslich (1:500). Aus wässerigen Lösungen sich abscheidend, kristallisiert es mit $2\,H_2O$.

Das wasserhaltige Salz, der Gips (s. d.), verliert beim Erhitzen auf 120° fein Kristallwasser. Sowohl in wasserfreiem wie in wasserhaltigem Zustande kommt das Calciumsulfat natürlich vor (s. Anhydrit $CaSO_4$ und Gips $CaSO_4 + 2\,H_2O$). Gips findet sich ferner in vielen Quellwassern und im Flußwasser. In letzterem bedingt er die bleibende Härte des Wassers (s. d.). Durch Fällung von Chlorcalciumlaugen mit Schwefelsäure erhält man Calciumsulfat als weißes Pulver, das ausgewaschen und getrocknet unter dem Namen Pearl hardening im Handel bekannt ist. Apparate für die Herstellung dieser verschiedenen Produkte finden sich in der untenangeführten Literatur beschrieben und skizziert.

Literatur: [1] Heusinger v. Waldeck, Gipsbrenner, Leipzig 1867. — [2] Knapp, Chem. Technologie, 3. Aufl., Braunschweig 1865. — [3] Loeff, Entwürfe zum Bau von Kalk-, Zement-, Gips- und Ziegelbrennereien, Leipzig 1873. — [4] Stohmann und Kerl, Encyklop. Handbuch der techn. Chemie, 4. Aufl., Braunschweig 1889; Die neuen Lehrbücher der anorganischen Chemie, z. B. u. a. Hollemann, 2. Aufl., Leipzig 1903. *Bujard.*

Calciumsulfide, Verbindungen von Calcium mit Schwefel, bilden weiße, graue und gelb gefärbte amorphe und kristallinische Massen.

Das einfache, in Wasser schwer lösliche Sulfid CaS bildet sich bei Reduktion des Sulfates mit Kohle; durch Umsetzung von Natriumsulfid mit Kalkstein beim Leblanc-Sodaverfahren und beim Erhitzen von Calciumkarbonat (Muschelschalen) mit Schwefel. Nach den zwei letzten Methoden erhält man ein oxydhaltiges Präparat. Das letzte Verfahren wird zur Herstellung der Leuchtfarben oder Leuchtmassen angewendet; dasselbe liefert ein Präparat, das nach

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

der Belichtung durch Sonnenlicht im Dunkeln leuchtet. — Die mehrfachen Sulfide des Calciums, die leicht in Waſſer löslich ſind, entſtehen beim Erhitzen von gelöſchtem Kalk mit Schwefel für ſich oder in Waſſer. — Das einfache Sulfid dient zur Erzeugung von Schwefelwaſſerſtoff; die Oxyſulfide der Sodainduſtrie werden auf Schwefel, Natriumſulfid und Natriumhypoſulfit, die aus Auſtern- und andern Muſchelſchalen erzeugten Oxyſulfide auf Leuchtfarben (ſ. Phosphore) verarbeitet; die Polyſulfide dienen zur Herſtellung des gefällten Schwefels und zur Darſtellung von Calciumſulfantimoniaten für die Goldſchwefelgewinnung. *Bujard.*

Calciumſulfit, ſchwefligſaurer Kalk.

Von chemiſchen Fabriken wird eine Reihe von Präparaten in den Handel gebracht, die gewiſſermaßen als Transportmittel für ſchweflige Säure bezw. Schwefeldioxyd dienen ſollen. — Die trockenen, als ſchwefligſaurer Kalk verkauften Produkte enthalten meiſt das neutrale Sulfit $CaSO_3$ mit mehr oder weniger Waſſer und meiſt auch mit mehr oder weniger oxydiertem Sulfit, alſo wertloſem Gips, während die flüſſigen Produkte aus dünnen, wäſſerigen Löſungen des ſauren Sulfites $Ca(HSO_3)_2$ beſtehen. Beide werden erhalten durch Einwirkung von Schwefeldioxyd (ſchweflige Säure) auf gelöſchten Kalk, in Waſſer verteilten oder von Waſſer beriefelten Kalkſtein. Sie dienen zum Bleichen, Desinfizieren, Konſervieren; das Flüſſige auch zur Cellulofefabrikation nach Mitſcherlich. Man verwendet jedoch beſſer die direkt erhältliche haltbare, flüſſige ſchweflige Säure. *Bujard.*

Calcuttahanf (Sunnhanf), ſ. Spinnfaſern.

Caliaturholz, ſ. Farbhölzer, Farbſtoffe, pflanzliche (Rothölzer).

Caliche heißt der im nördlichſten Teile von Chile und zwar in der Provinz Tarapaca ſich findende Rohſalpeter. Er enthält je nach Reinheit 17—50% Natronſalpeter und wird zu dem in den Handel gebrachten Chiliſalpeter (ſ. d.) verarbeitet.

Literatur: [1] Weitz, Der landwirtſchaftliche Raubbau, 3. Aufl., Berlin 1894. — [2] Derſ., Vorkommen und Gewinnung des Chiliſalpeters, 1900. *Weitz.*

Calomel, ſ. Queckſilberchloride.

Camera lucida (Camera clara), ein von Wollaſton 1811 erfundener Zeichnungsapparat, der ſeinen Namen dem Gegenſatz zu dem ähnlichem Gebrauche dienenden Apparate verdankt, der Camera obscura (ſ. d.) heißt.

Ein Prisma von deltoidiſchem Querſchnitte *abcd* (Fig. 1) ſteht mit ſeiner horizontalen Kante *a* dicht vor dem nach unten blickenden Auge. Auf der Netzhaut des Auges entſtehen zweierlei Bilder, die zum Teil ineinander übergreifen: 1. Das Bild eines in Sehweite befindlichen Zeichenblattes auf dem horizontalen Tiſche ſamt der Spitze des Zeichenſtiftes; 2. das Bild eines abzuzeichnenden Objektes, deſſen Licht von vorne (Richtung von *x* her) in das Prisma eintritt und durch zweimalige Totalreflexion an den ſchiefen Prismenflächen eine Ablenkung nach oben erfährt. Die Spitze des Bleiſtiftes hat den Umriſſen des auf die Zeichenebene projizierten Bildes zu folgen.

Das Wollaſtonſche Prisma kann in weniger vollkommener Weiſe auch erſetzt werden durch eine geſchliffene ebene Glasplatte (Terquem und Hofmann geben derſelben eine ſchwache Verſilberung), die unter 45° ſo gegen die vertikale Sehrichtung geſtellt wird, daß die vom Objekt kommenden Strahlen an der Platte reflektiert nach oben zum Auge gehen und das von der Zeichenebene kommende Licht die Platte durchdringt. Sömmering empfahl einfach einen kleinen Metallſpiegel in derſelben Stellung, deſſen Reflexion das Bild des Objekts auf der Zeichenebene entwirft, deren Bild gleichzeitig durch die am Spiegelchen vorbeigehenden Strahlen ſichtbar wird. Beim Gebrauche der Camera lucida iſt darauf zu achten, daß die Gegenſtände ebenfalls in Sehweite vom Auge ſich befinden, weil ſonſt die Zeichenebene nicht der Ort ihres durch Reflexion erzeugten Bildes iſt. Sind die abzubildenden Gegenſtände weiter entfernt, ſo kann man mit Hilfe einer paſſenden Konkavlinſe von etwa 20—25 cm Zerſtreuungsweite, die man in den Gang der horizontal ankommenden Strahlen ſtellt, ein richtig entferntes Bild des Objektes erzeugen; für zu nahe Gegenſtände iſt eine Sammellinſe zu verwenden. Eine ſolche Korrektion der Objektweite iſt nicht nötig, wenn die Camera lucida vor das Objektiv eines Fernrohrs oder eines Mikroſkops gebracht wird, weil die Bilder dieſer Inſtrumente ſich ſchon in Sehweite befinden. Für das ſtehende Mikroſkop können die beſchriebenen Apparate nur gebraucht werden, wenn man eine vertikal geſtellte Zeichenebene anwendet. Um die Zeichenebene horizontal neben das Mikroſkop legen zu können, ſind andre Apparate notwendig, durch welche die vom Objekt kommenden Strahlen nicht eine Ablenkung um 90°, ſondern eine ſeitliche Verſchiebung erfahren. Fig. 2 erklärt das Prinzip der Camera lucida von Nachet. Das in *O* befindliche Auge erhält gleichzeitig Licht von der Zeichenebene in der Richtung von *x* her durch zweimalige Totalreflexion an den ſchiefen Prismenflächen *a b* und *d c* und vom Mikroſkop *M* her mittels des kleinen, an das Prisma angekitteten Glaszylinders, der ſich in der Verlängerung der Mikroſkopachſe befindet. Dieſer und ein ähnlicher Apparat von Nobert ſowie der Sömmeringſche Apparat ſind näher beſchrieben und abgebildet in [1]. Ueber eine ſehr zweckmäßige Konſtruktion der Camera lucida von Abbe zum Gebrauche beim Mikroſkop (zu beziehen von Zeiß in Jena) vgl. [2].

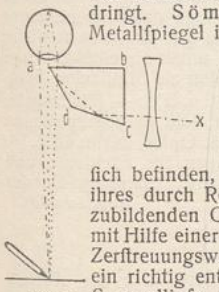


Fig. 1.

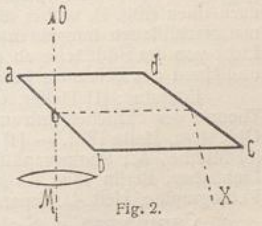


Fig. 2.

Literatur: [1] Müller-Pfaundler, Lehrbuch d. Phyſik u. Meteorologie, 8. Aufl., Braunſchweig 1879, II, S. 347. — [2] Fricks phyſikal. Technik, Braunſchweig 1895, II, S. 770. *Aug. Schmidt.*

Camera obscura, optiſche Kammer, Dunkelkammer, eine von Leonardo da Vinci [1] (1500) erfundene, von Erasmus Reinhold (1540) und beſonders von Giambattiſta della Porta (1553) vervollkommnete Vorrichtung zur Projektion reeller Bilder von Naturgegenſtänden auf die Fläche eines ebenen Schirms.

Sie dient als Projektionsapparat teils für den Zeichner, der die auf die Zeichenebene entworfenen Bilder durch Umfahren ihrer Umriſſe ſkizziert, teils für den Photographen, der die Bilder auf einer lichtempfindlichen Platte als Schirm entſtehen läßt. Die einfachſte Form der Dunkelkammer iſt ein Hohlraum, in dem einer ebenen Wand eine kleine Lichtöffnung gegenüberſteht. Jeder leuchtende Punkt außerhalb der Kammer, deſſen Licht durch die Oeffnung dringt, bildet die Spitze eines Lichtſtrahlenkegels, deſſen Baſis ein um ſo kleineres Lichtbildchen auf der auffangenden Wand bildet, je kleiner die Lichtöffnung iſt. Auf der Wand entſteht daher ein umgekehrtes Bild der Außenwelt, um ſo ſchärfer, aber auch um ſo lichtſchwächer, je kleiner die Lichtöffnung iſt, um ſo größer und lichtſchwächer, je größer die Entfernung der Wand von der Lichtöffnung iſt. Bei genügend feiner Oeffnung und genügend langer Expoſition gelingen mit dieſer primitivſten Kammer brauchbare photographiſche Aufnahmen. Die wichtigſte Vervollkommnung beſteht in der Einfügung einer Konvexlinſe in die Lichtöffnung. Dieſe entwirft bei paſſender Entfernung der abzubildenden Gegenſtände auf dem auffangenden Schirme ſcharfe reelle Bilder (ſ. Linſe). Die weitere Verbeſſerung der Camera beruht nun hauptſächlich in der Vervollkommnung der photographiſchen Objektive, indem man die einfache Glaslinſe durch eine achromatiſche und aplanatiſche Doppellinſe erſetzte, indem man die Fehler der Verzerrung der Bilder und des Aſtigmatismus durch Einführung ſogenannter ſymmetriſcher Doublets, beſonders der ſogenannten Steinheilſchen Aplanaten, ſymmetriſch geſtellter achromatiſcher Linſenpaare, verbeſſerte. Die neueſte Stufe der Vervollkommnung bilden die Zeiß-Anaſtigmaten (vgl. Anaſtigmate und Aplanatiſch). In betreff des weiteren ſei verwieſen auf [2] und die Spezialwerke [3]—[6].

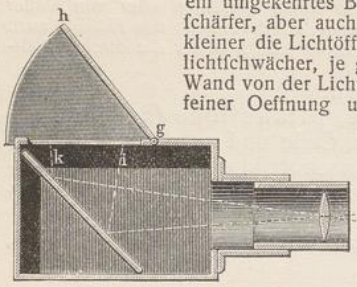


Fig. 1.

Fig. 2.

Während bei der photographiſchen Camera die Bilder auf einer vertikalen Bildfläche entworfen werden, iſt bei den Zeichnungsapparaten die Bildfläche horizontal. Ein unter 45° gegen die horizontale Richtung geneigter Spiegel bewirkt entweder die Ablenkung der Strahlen nach oben (Fig. 1), wobei für das außerhalb des Apparates befindliche Auge das Bild auf einer mattgeſchliffenen transparenten Glastafel *ik* entworfen wird; der Deckel *gh* hält das ſeitliche Licht von der Bildfläche ab oder aber (Fig. 2) werden die Strahlen nach unten abgelenkt. Auge und Hand des Zeichners befinden ſich in der Kammer, wo das Zeichenblatt als Bildfläche dient.

Literatur: [1] Heller, Geſchichte der Phyſik, Stuttgart 1882, I, S. 246 u. 308. — [2] Czapski, Theorie der optiſchen Inſtrumente, Breslau 1893, S. 195—205. — [3] Eder, Die photographiſchen Objektive, Halle 1891. — [4] Schröder, Die Elemente der photographiſchen Optik, Berlin 1891. — [5] Miethe, A., Photographiſche Optik ohne mathematiſche Entwicklungen für Fachleute und Liebhaber, Berlin 1893. — [6] Scheffler, H., Das photographiſche Objektiv, Encyklopädie der Photographie, Heft 41, ſeparat Halle a. S. 1902. *Aug. Schmidt.*

Campagne, ſ. Schiffbau.

Campaignacſche Formel, ſ. Schiffswiderſtand.

Campanile, ſ. v. w. Glockenturm (ſ. d.), insbeſondere die in Italien errichteten Bauten dieſer Art. Sie ſind zumeiſt freiſtehend, von rundem oder quadratiſchem Grundriß, mit dem Kirchenbau nicht verbunden, und beſitzen zahlreiche Schallöffnungen.

Campecheholz, ſ. Farbſtoffe, pflanzliche (Blauholz).

Campo santo, Bezeichnung der Friedhöfe in Italien; ſ. Friedhof.

Campylometer, ſ. Rektifizierinſtrumente.

Camwood, ſ. Farbſtoffe, pflanzliche (Rothölzer).

Cana (Elle), ſpaniſches Längenmaß = 8 Palmos = 1,564 m auf Malorca, 1,604 m auf Menorca; Cana de rey, früher Feldmaß von Tarragona.

Canada, portugieſiſches Flüſſigkeitsmaß = 1,365 l, in Bahia = 7,2 l; 12 Canada = 1 Almude, 360 Canada = 1 Tonelada.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Canadol (Petroläther), ſ. Petroleum.

Canangaöl, ſ. Ylang-Ylang-Oel.

Candagang, dem Gambohanf (ſ. Spinnfaſern) verwandte Baſtfaſer von Hibiscus eriocarpus *D.C.* (Indien), kommt mit dem Gambohanf zuweilen unter gleichem Namen (Brown hemp), ſonſt als Indian hemp auf den engliſchen Markt.

Caneelſtein (Heſſonit), ſ. Granat.

Canephora, ſ. Karyatide.

Canevas, ſ. Weberei.

Canna, italieniſches Längenmaß im ehemaligen Kirchenſtaat; Canna architectonica = 10 Palmen oder 2,23 m; Canna mercantilica = 8 Palmen oder 1,99 m.

Cannelkohle, engliſche, an flüchtigen Beſtandteilen ſehr reiche und für Bereitung von Leuchtgas vorteilhafte Steinkohle (ſ. Brennſtoffe, S. 289).

Cannelure, ſ. Kannelierung.

Cannetillen (Kantillen), ſ. Leoniſche Waren.

Cannette, ſ. Seidenſpinnerei.

Cantaro, in Nordafrika, Italien und der Türkei früher gebräuchliches Handelsgewicht, in Konſtantinopel früher 56,61, in Rom 33,91, auf Malta 79,38 kg. Als Flüſſigkeitsmaß in Spanien gleich Arroba mayor (16,133 l). In Chile ſ. v. w. Arroba (ſ. d.). Jetzt noch allgemein im Großhandel benutzt auf den Malteſer Inſeln (Quintal, Zentner), als Gewicht = 100 Rottoli (79,38 kg). S. a. Kantar. *Plato.*

Cantharus (Kantharos), griechiſch = Trinkgefäß (Humpen) oder Schmuckgegenſtand, bezeichnet in der altchriſtlichen Architektur einen in der Baſilika (vgl. Bd. 1, S. 557) befindlichen, zur Reinigung benutzten Brunnen; auch für Kirchenleuchter und für die beim katholiſchen Gottesdienſte gebräuchlichen Meßkannen wird dieſe Bezeichnung angewendet.

Cantileverbrücken, ſ. Auslegerbrücken.

Capellſcher Ventilator, ſ. Schleudergebläſe.

Capillairſirup, -zucker, ſ. Stärkezuckerfabrikation.

Capitolium (italieniſch Campidoglio) bedeutet im allgemeinen bei den Römern die Burg mit dem Nebenbegriff des Regierungsſitzes; im ſpeziellen wird häufig die Burganlage zu Rom darunter verſtanden.

Caprubin, ſ. Granat.

Caput mortuum, ſ. Eiſenrot und Roteiſenerz.

Caragate, ſ. Polſtermaterialien.

Carapafett, Carapa-, Andiroba-, Kundah-, Coondi-, Talicunah-, Toulucunaöl, engliſch Craboil, wird aus den Samen verſchiedener, im tropiſchen Amerika, auch in Weſtafrika, auf Ceylon und dem ſüdoſtaſiatiſchen Archipel vorkommender Meliaceen durch Auskochen und Preſſen gewonnen.

Vorzugsweiſe liefern die Samen des Crabbaumes Carapa guyanensis *Aubl.* und Carapa procera *D.C.* (= C. Touloucouna *Guill.* et *Perr.*) das Carapafett. Auf den europäiſchen Markt iſt das Carapafett nur von Guyana und Braſilien [1] gekommen. Je nach der bei der Preſſung angewandten Temperatur und dem Grade der Preſſung erhält man verſchiedene Produkte. Es iſt butterartig, dickflüſſig-breiig bei 18° C., gelblich, ſtellenweiſe bräunlich, von ſchwachem, eigentümlichem Geruche und ſtark bitterem Geſchmacke. Produkte erſter Preſſung geben ein ſchon bei 10°, die gewöhnlichen Handelsſorten ein bei 18—23,6° C. ſchmelzendes Fett [1], [4], [5]. Hauptbeſtandteile des Carapafettes ſind Olein und Palmitin; der Bitterſtoff wurde von Cadet und Meyer als Strychnin angeſehen. Petroz und Bobinet haben in der Rinde ein neues Alkaloid, das Carapin, nachgewieſen [3], das wahrſcheinlich mit dem Bitterſtoff des Samens identiſch iſt; letzterer kann aus dem Fett durch anhaltendes Kochen mit Waſſer entfernt werden. Aether löſt das Fett vollſtändig, Alkohol nur wenig, Alkalien verſeifen es raſch [1], [4], [5]. Indianer beſtreichen damit ihre Haut, um ſie vor Inſekten zu ſchützen; auch Holz, damit beſtrichen, bleibt von Inſektenfraß verſchont. Sowohl in den Heimatländern als auch in England und Frankreich dient Carapafett ſeit längerer Zeit als ein billiger Rohſtoff zur Fabrikation von Seifen [1], [2], [4], [5]. Es ſcheint die Forderung nicht unberechtigt zu ſein, ſtark bitter ſchmeckende Seifen auf Strychnin zu prüfen; denn die giftige Wirkung des Carapafetts iſt nicht nur aus dem Inſektenſchutz, den das Carapafett bietet, zu erſehen, ſondern auch daraus, daß es im tropiſchen Amerika gegen bösartige Hautausſchläge und Geſchwülſte mit Erfolg angewendet wurde.

Literatur: [1] Wiesner, Rohſtoffe, 2. Aufl., Leipzig 1900, Bd. 1, S. 501—502. — [2] Benedikt, in Realencyklopädie der geſamten Pharmacie, Wien 1887, Bd. 2, S. 541. — [3] Gawalowski, A., Pharmac. Poſt, Wien 1890, Bd. 23, S. 257. — [4] Schädler, C., Die Technologie der Fette und Oele des Pflanzen- und Tierreiches, 2. Aufl., bearbeitet von P. Lohmann, Leipzig 1892. — [5] Benedikt-Ulzer, Analyſe der Fette u. Wachsarten, 4. Aufl., Berlin 1903, S. 770. *T. F. Hanauſek.*

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Carbazol, s. Farbstoffe, künstliche organische.

Carbolineum, Destillationsprodukt des Steinkohlenteers, dünnflüssig, von lasierend brauner Farbe, zum Konservieren von Holzobjekten, die der Einwirkung der Witterung ausgesetzt sind, angewendet.

Die Angaben über die Herstellung des Carbolineums sind verschieden. Berger untersuchte Carbolineum Avenarius und äußert sich, daß solches, wenn auch die in demselben vorhandenen Bestandteile des Steinkohlenteeres eine gewisse konservierende Wirkung besitzen, dieselbe doch im Vergleiche mit Steinkohlenteer bedeutend geringer ist, da eben die Teersäuren (Karbolsäure) zum größten Teile entzogen sind, also gerade die für die Konservierung wichtigsten Bestandteile fehlen. Dieser Uebelstand ist durch den Zusatz von Chlorzink nicht ausgeglichen. Die mit Carbolineum gemachten Anstriche verblassen nach einiger Zeit; Oelfarbenanstriche dürfen auf denselben nicht gemacht werden, da das Carbolineum durchschlägt. Farbige Carbolineumsorten, die jetzt im Handel vorkommen, sind Teeröle (auch Lösungen von Kolophonium mit Körperfarben gemischt) von sehr geringer Widerstandsfähigkeit gegen Witterungseinflüsse. Die Preise schwanken zwischen 14 und 30 *M*, je nach dem Ursprungsorte.

Literatur: Zeitschr. für Berg-, Hütten- u. Salinenwesen, Bd. 38, S. 265. *Andés.*

Carbonado, s. Kohlenstoff.

Carbon Black, aus Amerika kommender, durch Verbrennen von natürlichen Gasen unter vermindertem Luftzutritt hergestellter Ruß von tiefer Schwärze, aber mitunter etwas körniger Beschaffenheit. *Andés.*

Carbonit, s. Sprengstoffe.

Carborundum (Carborund, Siliciumkarbid), chemische Verbindung von Silicium und Kohlenstoff (Silicid des Kohlenstoffs) *SiC*, spez. Gew. bei 15° = 3,125 nach Richard [1], nach Fitz-Gerald 3,171—3,214; zeigt hexagonale Kristalle von verschiedener Färbung, dunkelbraunschwarz bis schwarz, infolge einer Spur beigemischten Kohlenstoffs. Die an der Oberfläche der Kristalle häufig zu bemerkenden Regenbogenfarben rühren von oxydischen Verunreinigungen her. Nur ganz reines Carborund ist ungefärbt. Härte groß, nach Mohrs Härteskala zwischen 9 und 10, nahe bei 10. Rubin, Korund und manche Arten Diamanten werden von ihm geritzt [2].

Carborund ist bei gewöhnlichem Druck unschmelzbar, zersetzt sich im elektrischen Ofen (s. Schmelzöfen, elektrische, Karbide und Calciumkarbid) bei sehr hoher Temperatur in wegdampfendes Silicium und in den in der Form der scharfkantigen Carborundumkristalle zurückbleibenden Kohlenstoff. Im Knallgasgebläse mit Sauerstoff im Ueberschuß auf Weißglut erhitzt, verbrennt es langsam zu Kohlen- und Kieselsäure. Chlor zersetzt es erst bei einer Temperatur von 1200° vollständig (Moissan [3]). Säuren, auch Flußsäure, greifen es nicht an, auch gegenüber vielen stark oxydierenden Mitteln bleibt es indifferent. Dagegen zersetzt es sich, mit Bisulfat und Fluornatrium gemischt, beim Erhitzen in einer Gebläseflamme. Aehnlich wirken Aetzalkalien und einige Metalle unter denselben Bedingungen. Auf Verunreinigungen zurückzuführen ist das Entstehen einer geringen Menge brennbaren Gases beim Erhitzen von Carborundpulver des Handels mit einer konzentrierten Lösung von Aetzalkali. Mit Natriumsuperoxyd erhitzt zersetzt es sich. Hierauf gründet sich eine Methode zu seiner Analyse [2]: Das sehr fein gepulverte abgewogene Carborundum wird mit einem Gemenge von gebrannter Magnesia und Natriumsuperoxyd in einem bedeckten Nickeltiegel mit einer Wasserstoffflamme erhitzt (gewöhnliche Gasflamme wegen Kohlensäureabgabe an die Schmelze zu vermeiden). In der Schmelze wird der Kohlensäuregehalt nach den Regeln der chemischen Analyse ermittelt. Auf der Schmelzung mit Alkalikarbonat und Abscheidung der Kieselsäure beruht eine die erste ergänzende Methode. Hat man das Carborund von andern Substanzen zu trennen, so führt die Schmelzung mit Bisulfat und Entfernung der gebildeten Kieselsäure durch Flußsäure zum Ziel. Verfälschungen mit Schmirgel oder Korund entdeckt man durch Ermittlung des spezifischen Gewichtes. (Näheres in [2], S. 28.)

Die Darstellung erfolgt durch Reduktion von Quarz mit elektrisch erhitzter Kohle. Bei allen Arbeiten mit dem elektrischen Ofen, bei denen Silicium anwesend ist, erhält man es als ein nicht gewolltes und nicht zu vermeidendes Nebenprodukt. Die Carborundwerke an den Niagarafällen arbeiten nach Fitz-Gerald [2] folgendermaßen: Als Ausgangsmaterialien dienen zerkleinerter, gewaschener und getrockneter Quarzsand von 99,5% Kieselsäuregehalt, gepulverter Koks von hohem, möglichst gleichmäßigem Kohlenstoffgehalt, ferner Sägmehl zum Porösmachen der Mischung und Kochsalz als Flußmittel. Von diesen Materialien werden 500 kg zusammengemischt: 261 kg Sand, 177 kg Koks, 53 kg Sägmehl und 9 kg Salz. Das Ofenhaus der Carborundum Company enthält 15 Oefen für je 746 Kilowatt. Die Spannung des Stromes beträgt 2200 Volt. Im Carborundumhaus wird sie auf 150 Volt umgeformt. Etwa 20 Minuten nach dem Beginn des Betriebes tritt Kohlenoxyd auf, das zu seiner sofortigen Beseitigung in Brand gesetzt wird. Im Verlauf desselben sinkt die über dem Ofenhaus bis zu Meterhöhe angehäufte Mischung zusammen. Ferner drücken sich mit gelber Flamme brennende Feuergase unter lebhaftem Geräusch durch das Schmelzgut. Man nennt diese Erscheinung „Blasen". Nach Beendigung der Schmelzung bricht man die Ofenwände zur Hälfte ab, entfernt die unverändert gebliebene Mischung sowie die das gebildete Carborundum umgebende sogenannte „Weißmasse", holt ersteres heraus und richtet den Ofen für eine neue Beschickung her. Jeder Ofen erzeugt zirka

3150 kg Carborund. In eiſernen Flammenmühlen wird es gemahlen, zur Entfernung von Verunreinigungen mit Schwefelſäure behandelt, ſodann ausgewaſchen, getrocknet und durch Abſieben in verſchiedene Korngrößen getrennt. Oefen für die Carborundumfabrikation wurden konſtruiert von Acheſon [4] und von Cowles [5].

Anwendung: Als feuerfeſtes Material. Fitz-Gerald preßt die Carborundumkörner mit wäſſerigem Leim in Formen, erhitzt ſie im elektriſchen Ofen bis zum Eintritt des Umkriſtalliſierens, wobei die feſte und dichte Maſſe die Form beibehält. Etwas weniger feſt und poröſer ſind die auf ähnliche Weiſe aus der obengenannten Weißmaſſe (White-stuff) hergeſtellten Steine. Acheſon [6] bindet die Carborundumkörner durch Einwirkung von Eiſenverbindungen bei ſehr hohen Temperaturen. Talbot benutzt flüſſigen Teer und darauffolgende hohe Hitze und empfiehlt die Briketts beſonders zur Verwendung als Ofenfutter [7]. Ein weiteres Patent nahm Engels [8]. Die Anwendung des Siliciumkarbids zur Stahlfabrikation wurde F. E. Parks und A. E. Hunt patentiert [9]. Verſuche über dieſe Verwendung wurden von Darley in England, Hunt in Amerika und Luermann in Deutſchland gemacht. Das Carborund läßt ſich ferner zur Herſtellung von Silicium verwenden: $2\,SiC + SiO2 = 3\,Si + 2\,CO$ (ſ. Silicium). Ausgedehnte Verwendung findet das Carborundum als Polier- und Schleifmittel, als Erſatz des Diamantpulvers (Ritz- und Schleifmittel für Edelſteine). Ferner als Kryptol, ein Gemenge von Kohle, Carborundum und Silikaten, das beim Heizen mit elektriſchen Oefen die Metallwiderſtandsheizung vertritt (ſ. Schmelzöfen, elektriſche, und [13]).

Geſchichtliches: Deſpretz ſtellt 1847 Siliciumkarbid dar [10]. 1880 veröffentlicht Marsden Verſuche über die Kriſtalliſation von Kieſelſäure in geſchmolzenen Metallen [11]. 1886 demonſtriert Cowles einen hexagonal kriſtalliſierten Körper, aus Quarz und Kohlenſtoff hergeſtellt, den er mit dem 1893 von Acheſon hergeſtellten Carborund ähnlich fand (Patentſtreit zwiſchen Acheſon und Cowles). 1892 ſtellt Schützenberger [12] einen Körper *SiC* in einem Gebläſeofen dar, Moiſſans Verſuche fallen ebenfalls ins Jahr 1893 [13]. Als Carborundum ſtellte den Körper zuerſt Acheſon dar, der auch als Begründer der Carborundumindustrie anzuſehen iſt [2].

Literatur: [1] Journal of the Franklin Institute, September 1893. — [2] Francis J. Fitz-Gerald, Carborundum, deutſch von Max Huth, Halle a. S. 1904. — [3] Le Four électrique, Paris 1897, S. 354. — [4] Amerikan. Patent Nr. 560291 von 1896. — [5] Borchers, Elektrometallurgie, Braunſchweig 1896. — [6] Amerikan. Patent Nr. 615648 vom Dezember 1898. — [7] Amerikan. Patent Nr. 656708 von 1899. — [8] Amerikan. Patent Nr. 65004 von 1900. — [9] Amerikan. Patent Nr. 564219 von 1896; Nr. 585636 von 1897. — [10] Comptes rendus, 1849, II, p. 720. — [11] Proceedings of the Royal Society, 1880—81. — [12] Comptes rendus, t. CXIV, S. 1089. — [13] Moiſſan, Le Four électrique, Paris 1897; Wedding in „Stahl und Eiſen" 1893, S. 800. — [14] Zeitſchrift für angewandte Chemie 1905, S. 239.

Bujard.

Cardaniſche Formel, die von Nicolo Tartaglia 1535 gefundene, von Cardano 1545 [1] gegen ſein Verſprechen veröffentlichte Formel für die Löſung kubiſcher Gleichungen von der Form $x^3 + mx + n = o$, nämlich:

$$x = \sqrt[3]{-\frac{n}{2} + \sqrt{\frac{n^2}{4} + \frac{m^3}{27}}} + \sqrt[3]{-\frac{n}{2} - \sqrt{\frac{n^2}{4} + \frac{m^3}{27}}}.$$

Die in der Formel vorkommende Quadratwurzel $\sqrt{\frac{n^2}{4} + \frac{m^3}{27}}$ wird in vielen Fällen imaginär (Casus irreducibilis), obwohl gerade dann alle drei Wurzeln der Gleichung reell ſind. Näheres hierüber ſ. unter Gleichungen, über das Geſchichtliche in [2].

Literatur; [1] Cardano, Artis magnae sive de regulis algebraicis liber unus, Nürnberg 1545. — [2] Cantor, M., Vorleſungen üb. d. Geſch. d. Mathematik, Bd. 2, 2. Aufl., Leipzig 1900. *Mehmke.*

Cardaniſche Kreiſe. In Fig. 1 rollt ein Kreis p innerhalb an einem doppelt ſo großen feſten Kreiſe π. Gelangt der rollende Kreis p aus ſeiner Lage, in der er den Kreis π im Punkt $\mathfrak{P}$ berührt, nach p_1 und der Berührungspunkt nach $\mathfrak{P}_1$, ſo iſt, wenn man im Kreiſe π den Radius $\Omega\mathfrak{P}_1$ zieht, der den Kreis p in Punkt $\mathfrak{P}'$ trifft, der Bogen $\mathfrak{P}\mathfrak{P}'$ auf dem gleich langen Bogen $\mathfrak{P}\mathfrak{P}_1$ entlang gerollt. Zieht man ferner im Kreiſe π einen Durchmeſſer $\mathfrak{P}_0\mathfrak{P}_2$, der die Kreiſe p, p_1 in den Punkten A, A_1 ſchneidet, dann iſt der Bogen $A\mathfrak{P}'$ gleich dem Bogen $A_1\mathfrak{P}_1$. Hieraus folgt, daß der Punkt A des rollenden Kreiſes p ſich auf dem Durchmeſſer $\mathfrak{P}_0\mathfrak{P}_2$ nach A_1 bewegt hat und daß jeder Punkt des rollenden Kreiſes p ſich auf einem entſprechenden Durchmeſſer des feſten Kreiſes π bewegt. Befindet ſich der Berührungspunkt des rollenden Kreiſes p in $\mathfrak{P}_0$, dann koinzidiert der Punkt A mit $\mathfrak{P}_0$. Während der Kreis p von $\mathfrak{P}_0$ bis $\mathfrak{P}_2$ und ferner von $\mathfrak{P}_2$ bis $\mathfrak{P}_0$ rollt, durchläuft demnach der Punkt A des rollenden Kreiſes p den Durchmeſſer $\mathfrak{P}_0\mathfrak{P}_2$ hin und her gehend. Dasſelbe gilt von allen Punkten des rollenden Kreiſes. Dieſem von Cardano [1] mitgeteilten Bewegungsvorgang entſprechend, hat man dieſe beiden Kreiſe Cardaniſche Kreiſe [2] genannt.

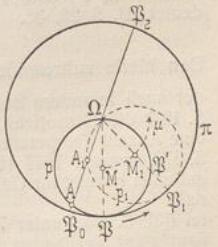


Fig. 1.

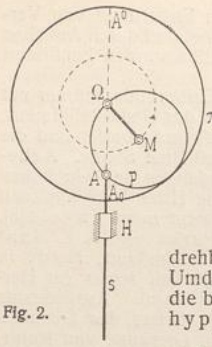


Fig. 2.

Von De la Hire [3] wurde nachgewieſen, daß jeder mit dem rollenden Kreiſe verbundene Punkt, der nicht auf der Peripherie dieſes Kreiſes liegt, eine Ellipſe beſchreibt, deren Mittelpunkt Ω iſt [4] (ſ. Bewegung). Für den Mittelpunkt M des rollenden Kreiſes p geht die Ellipſe in den um Ω beſchriebenen Kreis p über. Betrachten wir in Fig. 2 den Kreis π als Teilkreis eines innen verzahnten, feſten Radkranzes, ferner den rollenden Kreis p als Teilkreis eines Zahnrades p, das in den feſten Radkranz eingreift; iſt ΩM ein um die feſte Achſe Ω rotierender Arm, in dem die Achſe M des Zahnrades p gelagert iſt, dann wird bei Umdrehung des Armes der Punkt A des Zahnrades p auf dem Durchmeſſer $A_0 A^0$ des Kreiſes π hin und her gehen. Eine Stange s, die auf einem in A an dem Zahnrade p befeſtigten Zapfen drehbar gehängt iſt und in einer feſten Hülſe H gleitet, wird während der Umdrehung des Armes ΩM hin und her bewegt. Dieſe geradlinige Bewegung, die bei der König & Bauerſchen Buchdruckſchnellpreſſe [5] angewendet iſt, wird hypocykloidiſche Geradführung genannt.

Literatur: [1] Cardanus, Opus novum de proportionibus numerorum, motuum etc., Basil. 1570, prop. 173, p. 186. — [2] Reuleaux, Kinematik, Braunſchweig 1875, S. 124. — [3] Mémoires de l'Académie, Paris 1706, p. 351. — [4] Burmeſter, Lehrbuch der Kinematik, Leipzig 1888, Bd. 1, S. 37. — [5] Hülße, Allgem. Maſchinenencyklopädie, Leipzig 1844, Bd. 2, S. 772.

Burmeſter.

Carga, altes Wein-, Oel- und Getreidemaß in Spanien von wechſelnder Größe; Handelsgewicht im ſpaniſchen Amerika (in Peru und Chile) = 69,014 kg; in Peru für Reis = 172,535 kg. *Plato.*

Carnallit, natürliches waſſerhaltiges Chlormagneſiumkalium $Cl_3MgK+6H_2O$ (26,8 % KCl, 34,2 % $MgCl_2$, 39,0 % H_2O) nebſt wenig $NaCl$; kriſtalliſiert rhombiſch; meiſt derb und großkörnig; in reinem Zuſtand farblos, ſonſt grau oder durch Eiſenglanzſchüppchen rot gefärbt; durchſcheinend bis durchſichtig; Bruch muſchelig. Härte 1—2, ſpez. Gew. 1,6.

Schmilzt vor dem Lötrohr leicht; zerfließt an der Luft; löſt ſich leicht in Waſſer, indem er ſich in Chlorkalium und Chlormagneſium zerſetzt. Bildet einen Hauptbeſtandteil der ſogenannten Kalifalze (Staßfurt, Leopoldshall bei Magdeburg, Kalufz in Galizien), wird in großen Mengen gewonnen und als Düngemittel und in der chemiſchen Induſtrie (Kalipräparate) verwendet. Aehnlich beſchaffen iſt der Tachyhydrit, waſſerhaltiges Chlormagneſiumcalcium $Cl_6Mg_2Ca+12H_2O$ (36,8 % Cl_2Mg, 21,4 % Cl_2Ca, 41,8 % H_2O), kriſtalliſiert rhomboedriſch, bildet Knollen in Anhydritlagern, zerfließt ſehr leicht an der Luft. *Leppla.*

Carnat, ſ. v. w. rotes Steinmark, ſ. Kaolin.

Carnaubafirnis, zur Herſtellung mattglänzender Ueberzüge für verſchiedene Materialien, namentlich Papier, wird bereitet indem man Carnaubawachs mit Kalilauge verſeift, dann die Löſung eines Metallſalzes (Eiſen- oder Kupfervitriol) hinzuſetzt, den gebildeten Niederſchlag auswäſcht, trocknet und nun in Benzin, Terpentinöl oder einem ähnlichen Löſungsmittel löſt. *Andés.*

Carne pura, ſ. Konſervierung (Nahrungsmittel).

Carnot-Clauſiusſches Theorem, ſ. Clauſiusſcher Grundſatz.

Carnotſche Funktion. Ein Begriff der Wärmetheorie.

Sadi Carnot ſchloß 1824 aus der Unmöglichkeit eines Perpetuum mobile (ſ. d.), daß das Maximum der aus einer Wärmemenge Q zwiſchen der höchſten Temperatur t und der tiefſten Temperatur t' zu gewinnenden äußeren Arbeit (ſ. d. und Kreisprozeß) den Wert habe:

$$L = QF(t, t'), \qquad 1.$$

worin $F(t, t')$ eine von der Körperart unabhängige Funktion der Grenztemperaturen t, t' bedeutet [1], S. 28, 38. Für den Fall $t - t' = dt$ folgt aus 1.:

$$dL = Qf(t)\,dt. \qquad 2.$$

Den hierin auftretenden Wert

$$C = \frac{1}{f(t)}, \qquad 3.$$

der auch in andern Beziehungen vorkam, hat man in der Folge häufig (nach W. Thomſon [5], S. 187) die Carnotſche Funktion genannt. Clapeyron berechnete ihren Zahlenwert 1834 für eine Anzahl Temperaturen aus den Eigenſchaften der atmoſphäriſchen Luft und einiger Dämpfe [2], S. 576, worauf 1847 Helmholtz durch Vergleichung einer von Clapeyron ([2], S. 463) gegebenen Formel für Gaſe mit einer 1845 von Holtzmann erhaltenen Beziehung ([3], S. 9) ſchloß, daß

$$C = AT \qquad 4.$$

ſei ([3], S. 36), unter $T = a + t$ die abſolute Temperatur, unter $1 : A$ das mechaniſche Wärmeäquivalent verſtanden. Vgl. Clapeyronſche Gleichung. Die Gleichung 1. läßt ſich jetzt, wie zuerſt 1851 W. Thomſon zeigte ([5], S. 200), in der Form ſchreiben:

$$L = \frac{Q}{AT}(T - T'), \qquad 5.$$

worin an Stelle von $T - T'$ auch $t - t'$ geſetzt werden kann.

Literatur: [1] Carnot, Réflexions sur la puissance motrice du feu, Paris 1824. — [2] Clapeyron, Ueber die bewegende Kraft der Wärme, Annalen der Phyſik und Chemie 1843, IL,

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

S. 446, 566 (nach dem Journal de l'école polytechnique 1834, XIV, p. 170). — [3] Holtzmann, Ueber die Wärme und Elaſtizität der Gaſe und Dämpfe, Mannheim 1845. — [5] Helmholtz, Die Erhaltung der Kraft, Berlin 1847. — [5] Thomſon, W., Mathematical and physical papers, I, Cambridge 1882, p. 174 (On the dynamical theory of heat etc., nach Transactions of the Royal Society of Edinburgh, March 1851). — [6] Weyrauch, Grundriß der Wärmetheorie, I, Stuttgart 1905, S. 97.

Weyrauch.

Carnotſcher Kreisprozeß, ſ. Kreisprozeß.

Carobinkaffee, ſ. Kaffeeſurrogate.

Carpenterbremſe, ſ. Bremſen, S. 268.

Carragheenmoos, -ſchlichte, ſ. Appretmittel, Bd. 1, S. 253.

Carrara, eine Art unglaſiertes Porzellan (Biskuit), das zur Herſtellung von Kunſtwerken benutzt wird; ſ. Tonwaren.

Carrariſcher Marmor, ſ. Kalkſtein.

Carreaugraphie (Tangiermanier), ein Verfahren zur Herſtellung gemuſterter Tonflächen auf Stein- oder Metallplatten durch Abpreſſen des mit Farbe eingewalzten Punkt- oder Linienreliefs, das in Folien (Tangierplatten, -felle) ausgehärteter Gelatine oder Celluloid gegoſſen oder geprägt iſt; die Uebertragung wird ſodann in üblicher Weiſe geätzt (ſ. Aetzen).

Dieſe Methode erſetzt bei gewöhnlichen Arbeiten die koſtſpielige Handarbeit des Zeichners oder das Gravieren mittels des Linier- oder Guillochierapparates und bewirkt, auf Strichzeichnungen aufgebracht, ein halbtonartiges Ausſehen. *A. W. Unger.*

Carrés Abſorptionsmaſchine, ſ. Kälteerzeugungsmaſchinen.

Carrs Desintegrator, ſ. Mühlen.

Carteſiſche Koordinaten, ſ. Koordinaten.

Carthamin, ſ. Farbſtoffe, pflanzliche.

Carthaminextrakt (Carthamintinktur), Auflöſung reinen Safflorrots in ſehr wenig kohlenſaurem Ammoniak, der man in geringer Menge Schwefelammonium hinzufügt; muß in gut verſchloſſenen Flaſchen im Dunkeln aufbewahrt werden. Dient zur Herſtellung von Schminke. *Andés.*

Carvacrol, zu den Phenolen gehörige organiſche Verbindung der Zuſammenſetzung $C_{10}H_{14}O$, bildet ein dickes, in ſtarker Kälte erſtarrendes, bei 236° ſiedendes Oel von eigentümlichem, beim Erhitzen ſtechendem Geruch und kommt im Quendelöl, Pfefferkrautöl, Spaniſchhopfenöl u. a. m. vor, aus denen es leicht abgeſchieden werden kann [1].

Iſomer mit dem Carvacrol ſind Thymol und Carvol, Verbindungen, wegen ihres Vorkommens in ätheriſchen Oelen ebenfalls von Bedeutung. Während das Thymol das iſomere Phenol (mit der *OH*-Gruppe in 3-Stellung) darſtellt, iſt das im Kümmelöl enthaltene Carvol ein Keton, das in ſeinem Verhalten an den Kampfer $C_{10}H_{16}O$ erinnert und unter geeigneten Bedingungen in Carvacrol übergeht. Aus dem Carvol entſteht Carvacrol beim Erhitzen mit glaſiger Phosphorſäure [2] oder durch Erhitzen des Carvolchlorhydrates mit Chlorzink oder ähnlich wirkenden Chloriden [3]. Auch auf ſynthetiſchem Weg iſt das Carvacrol erhalten worden [4]. Es kann als Antiſeptikum Anwendung finden; auch läßt ſich daraus durch Ueberführung in die Monoſulfoſäure und entſprechende weitere Umformung derſelben leicht der Hydrothymochinondimethyläther gewinnen, der den Hauptbeſtandteil des bekannten Arnikaöles ausmacht [5].

Literatur: Jahns, Berichte der deutſchen chem. Geſellſch., 15, 816; Haller, Comptes rendus, 94, 132. — [2] Kekulé und Fleiſcher, ebend., 6, 1087; Luſtig, ebend., 19, 11. — [3] Reychler, A., Brüſſel, D.R.P. Nr. 64426; Bull. Soc. chim. de Paris [3], 7, 31—34. — [4] Jacobſen, Berichte der deutſchen chem. Geſellſch., 11, 1060. — [5] Reychler, Bulletin Soc. chim. de Paris [3], 7, 34—36. — Vollſtändiges über Carvacrol ſ. Schmidt, E., Pharmazeut. Chemie, Bd. 2, Braunſchweig. *Bujard.*

Caſoidinpapier, ein lichtempfindliches Papier, bei dem Chlorſilber- und andre Silberſalze unter Verwendung von Kaſein oder kaſeinähnlichen Subſtanzen als Bindemittel auf Papier aufgetragen werden. Es dient zum photographiſchen Kopierprozeß. *J. M. Eder.*

Caſſelerblau, ſ. Mineralblau.

Caſſelerbraun, Keſſelbraun, braune laſierende, in Oel und Waſſer gleich vorteilhaft verwendbare Farbe, zerfallene, feinerdige Braunkohle.

Wo das Material ſchon feinerdig vorkommt, iſt eine Mahlung überflüſſig; iſt es aber mit größeren oder kleineren Stücken vermengt oder finden ſich unzerſetzte Holzteile in demſelben, ſo muß es geſiebt, gemahlen und geſchlämmt werden. Die Farbe löſt ſich beim Kochen mit kohlenſauren und ätzenden Alkalien mehr oder weniger vollſtändig auf und liefert dann ſchön braune, lichtbeſtändige Holzbeizen; wird die Löſung bis zum Trocknen eingedampft und dann grob gemahlen, ſo erhält man die Körnerbeize des Handels. *Andés.*

Caſſelergelb (Mengel, Montpelliergelb, Turnersgelb, Turneſergelb, Mineralgelb), rein zitrongelbe Farbe, ſ. Bleifarben.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Caffelergrün, f. Schweinfurtergrün.

Caffelerfchwarz, f. Rebenfchwarz.

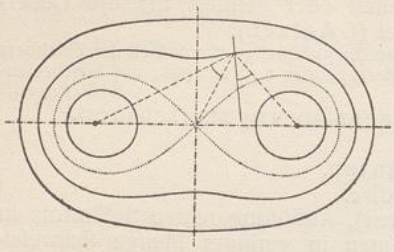
Caffelmanns Grün, an Feuer dem Schweinfurtergrün am nächften kommend, Verbindung von fchwefelfaurem Kupferoxyd mit Kupferoxydhydrat und Waffer, $CuSO_4 + 3\,Cu(H_2O_2) + 4\,H_2O_1$, wird am einfachften durch Fällen einer Löfung von 4 Aequivalent Kupfervitriol und 3 Aequivalent Natriumacetat erhalten. Die Farbe fällt am fchönften aus, wenn die Löfungen bei etwa 100° C. zufammengebracht werden und man den Niederfchlag noch mit fehr fchwacher Natronlauge behandelt. *Andés.*

Caffiaöl, f. Zimtöl.

Caffiarinde, f. Zimt.

Caffinet, f. Weberei.

Caffinifche Kurven (Caffinifche Ovale). Eine folche ift der Ort eines Punktes, deffen Entfernungen von zwei gegebenen feften Punkten, den fogenannten Brennpunkten der Kurve, ein konftantes Produkt liefern.



Nimmt man die Mitte zwifchen den Brennpunkten, deren Entfernung $2a$ fein möge, zum Urfprung, ihre Verbindungslinie zur x-Achfe eines rechtwinkligen Koordinatenfyftems und bezeichnet man mit c^2 jenes konftante Produkt, fo wird die Gleichung der Kurve

$$(x^2 + y^2)^2 - 2a^2(x^2 - y^2) + a^4 - c^4 = 0,$$

oder in Polarkoordinaten r, φ

$$r^4 - 2a^2 r^2 \cos 2\varphi + a^4 - c^4 = 0.$$

Die Kurve ift zu beiden Achfen fymmetrifch (hat alfo einen Mittelpunkt im Urfprung) und befteht entweder aus zwei getrennten Ovalen oder einem einzigen gefchloffenen Zuge, je nachdem $c < a$ oder $c > a$ ift. In dem Uebergangsfall (in der Figur punktiert) $c = a$ heißt fie Lemniskate. Die Normale der Kurve in irgend einem Punkt bildet mit einem der beiden Brennftrahlen denfelben Winkel, wie der andre Brennftrahl mit der Linie von jenem Punkt nach dem Mittelpunkt der Kurve. — Weitere Eigenfchaften und Literatur in: G. Loria, Spezielle algebraifche und tranfzendente ebene Kurven, deutfche Ausgabe von Fr. Schütte, Leipzig 1902, S. 193. *Mehmke.*

Caftelfches Wehr, f. Waffermeffung.

Caftorgarne, f. Kammgarnfpinnerei.

Caftorine, f. Weberei.

Casus irreducibilis, f. Gleichungen.

Cathedra (Kathedra), der bifchöfliche Stuhl; daher heißt eine Kirche, in der eine Cathedra fteht (die Hauptkirche eines Bistums), Kathedrale.

Cattakelage, f. Befegelung.

Cavalier, in der Befeftigungskunft, f. Feftungsbau.

Cavitation heißt nach Barnaby [1] die Bildung von Hohlräumen im Waffer an der Vorderfläche fchnell rotierender Schiffsfchrauben, hervorgerufen durch Abreißen des vom Propeller erzeugten Waffertromes.

Die Theorie der Cavitation bei Schiffsfchrauben, die von Barnaby aus den Probefahrtsergebniffen des Torpedobootszerftörers „Daring" hergeleitet wurde, hat für die Schiffsfchrauben mit Antrieb durch Dampfturbinen befondere Beachtung gefunden und wurde von Parfons durch eingehende Verfuche weiter ausgebaut.

Literatur: [1] Barnaby, S. W., Marinepropellers, London 1900. — [2] Bauer, G., Berechnung und Konftruktion der Schiffsmafchinen und Keffel, München und Berlin 1904. *T. Schwarz.*

Cayleyfche Kurve einer ebenen algebraifchen Kurve beliebiger Ordnung wird die Enveloppe der gemeinfchaftlichen Tangenten von je zwei fich berührenden erften Polaren der gegebenen Kurve oder, was dasfelbe ift, die Enveloppe der Verbindungslinien je zweier entfprechenden Punkte ihrer Heffefchen und Steinerfchen Kurve genannt.

Literatur: Salmon, G., und Fiedler, W., Analyt. Geometrie der höheren ebenen Kurven, 2. Aufl., Leipzig 1882, Art. 178 ff., S. 382; Hagen, J. G., Synopfis der höheren Mathematik, Berlin 1894, Bd. 2, S. 201. *Mehmke.*

cbm, amtliche Abkürzung für Kubikmeter.

ccm, amtliche Abkürzung für Kubikzentimeter (in der chemifchen Literatur ift cc gebräuchlicher), cdm für Kubikdezimeter.

Cd, chemifches Zeichen für Kadmium.

C/D, f. AAAA und Kammgarnfpinnerei.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Ce, chemiſches Zeichen für Cerium (ſ. Cer).

Cedrelaholz, ſ. Nutzhölzer.

Cedriret, ſ. Coerulignon.

Ceibawolle, ſ. Polſtermaterialien.

Celerimenſura, ſ. Tachymetrie.

Cella, in der griechiſchen Baukunſt der Hauptraum des Tempels, auch Naos genannt; er iſt das Allerheiligſte und enthält das verehrte Götterbild. Zumeiſt hat er noch einen Vorraum, den Pronaos (ſ. Tempel).

Celloidin, eine gute Handelsſorte von Kollodium, welche die chemiſche Fabrik auf Aktien vormals G. Schering in Berlin erzeugt.

Um die Exploſionsfähigkeit der Kollodiumwolle aufzuheben, wird dieſelbe in Aetheralkohol quellen gelaſſen und gepreßt, ſo daß kompakte Tafeln einer halbfeſten Gallerte gebildet werden, die durchaus nicht exploſiv ſind und anſtandslos transportiert werden können. Durch Löſen in Aetheralkohol erhält man ſogenanntes Celloidinkollodium, das 2—4% Pyroxylin enthält und vielfach in der Photographie verwendet wird. — Vgl. Celloidinpapier. *J. M. Eder.*

Celloidinpapier, ein photographiſches Papier, das mit einer Emulſion von Chlorſilber und andern Silberſalzen in Kollodium überzogen iſt.

Die empfindliche Schicht wird in der Regel durch Miſchen von Kollodium, in dem Chloride (Chlorcalcium, -lithium, -magneſium u. ſ. w.) aufgelöſt ſind, mit einer alkoholiſchen Löſung von überſchüſſigem Silbernitrat unter Zuſatz von Zitronenſäure hergeſtellt; derartiges Chlorſilberkollodium wird auf mattes oder glänzendes barytiertes Rollenpapier (ſ. Barytpapier) mittels eigner Gießmaſchinen aufgegoſſen; dieſer Ueberguß trocknet an der Luft raſch, wonach das Papier in Rollen lichtdicht verpackt oder in kleinere Formate zerſchnitten wird. Gutes Celloidinpapier ſoll ſich mehrere Monate bis über ein Jahr unzerſetzt aufbewahren laſſen. Die Haltbarkeit der Papiere, ihre Empfindlichkeit, der Farbenton und die Gradation der Kopien hängen von den Miſchungsverhältniſſen zwiſchen Silbernitrat, Chlorid, Zitronenſäure und eventuell andern Beimengungen ſowie von der Zuſammenſetzung der Barytpapierunterlage ab. Man nennt alle derartigen photographiſchen Chlorſilberpapiere, die für den Kopierprozeß dienen, Chlorſilberkollodiumpapiere oder meiſtens Celloidinpapiere. Allerdings bezeichnete man mit letzterem Namen anfangs nur eine gewiſſe Sorte eines mittels Celloidinkollodiums hergeſtellten Chlorſilberpapieres. Später kam jedoch die Bezeichnung Celloidinpapier als allgemeiner Name für alle Arten von Auskopierpapieren mit Chlorſilberkollodium in Gebrauch und hat ſich eingebürgert. Es kommen Celloidinpapiere mit matten und glänzenden Oberflächen in den Handel. Vgl. a. Chlorſilbergelatine und Photographie. *J. M. Eder.*

Celluloid, eine harte, homogene und transparente Maſſe von ca. 1,37 ſpez. Gew., die bei gewöhnlicher Temperatur eine gewiſſe Elaſtizität beſitzt, beim Erwärmen auf 90° plaſtiſch wird und ſich bei höherer Temperatur zerſetzt. Bei 240° entzündet ſich das Celluloid und verbrennt mit lebhafter rußender Flamme, ohne zu explodieren. Es leitet die Wärme ſowie die Elektrizität ſehr ſchlecht und iſt gegen die meiſten chemiſchen Agentien in der Kälte ziemlich widerſtandsfähig.

Seit ſeiner im Jahre 1869 erfolgten Erfindung durch die Gebrüder Hyatt in New York hat das Celluloid wegen ſeines gefälligen Ausſehens, ſeiner leichten Formbarkeit, ſeiner großen Dauerhaftigkeit und ſeines niedrigen Preiſes eine ſtetig wachſende Bedeutung erlangt, indem es als Surrogat für Elfenbein, Schildpatt, Hartgummi, Bernſtein u. ſ. w. in immer größeren Mengen zur Herſtellung von kunſtgewerblichen und Gebrauchsgegenſtänden der verſchiedenſten Art benutzt wird. Die Subſtanz des Celluloids beſteht aus einem phyſikaliſchen Gemenge von Nitrocelluloſe und Kampfer, in dem beide Beſtandteile ſehr innig miteinander verbunden ſind. Trotzdem die Verbindung von Nitrocelluloſe und Kampfer nicht auf ſtöchiometriſcher Grundlage vor ſich geht, verhält ſich das Celluloid doch ähnlich wie eine chemiſche Verbindung, indem es andre Eigenſchaften als ein einfaches Gemenge der Komponenten beſitzt und ſich in dieſe durch mechaniſche Mittel nur ſehr ſchwer zerlegen läßt. Eine weſentliche Rolle bei der Bildung des Celluloids ſpielt außer der innigen Vermengung die unter ſtarkem Druck erfolgende Verdichtung der Rohſtoffmiſchung.

Behufs Erzeugung von Celluloidmaſſe werden 10 Teile nitriertes und in beſtimmter Weiſe behandeltes Seidenpapier mit einer methyl- oder äthylalkoholiſchen Löſung von 4—5 Teilen Kampfer, der eventuell noch Mineral- oder Teerfarbſtoffe ſowie kleine Mengen von Rizinusöl zugeſetzt ſind, gleichförmig durchgemengt, worauf man die Miſchung bei einer Temperatur von ca. 90° in geſchloſſenen Gefäßen durchknetet und dann zu Platten oder Blättern auswalzt. Dieſe Platten werden dann bei mäßiger Wärme vollkommen ausgetrocknet und eventuell zu Blöcken vereinigt. Die Formgebung erfolgt entweder durch Hobeln, Stanzen, Fräſen, Drehen, Bohren u. ſ. w. oder im erwärmten Zuſtand durch Prägen mittels Matrize und Stempel. Stäbe und Röhren laſſen ſich am vorteilhafteſten vermittelſt einer mit entſprechend geformten Mundſtücken verſehenen Strangpreſſe erhalten. Manche Gegenſtände werden aus einzelnen eventuell verſchieden gefärbten Stücken in der Weiſe zuſammengeſetzt, daß man die betreffenden Flächen mit Amylacetat, das löſend wirkt, beſtreicht und dann durch Andrücken vereinigt. Beſtimmte Artikel werden ſchließlich noch mit Bimsſtein geſchliffen, poliert oder lackiert.

Der Umſtand, daß das Celluloid beim Reiben oder Erwärmen einen wenn auch ſchwachen Geruch nach Kampfer entwickelt, und noch mehr der ſteigende Preis dieſes Produkts hat zur

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Folge gehabt, daß im Verlauf der letzten Jahre zahlreiche Verſuche gemacht worden ſind, den Kampfer ganz oder teilweiſe durch andre Subſtanzen zu erſetzen. Wenn es auch keinem Zweifel unterliegt, daß die Nitrocelluloſe als Kolloidalgebilde nicht nur mit Kampfer, ſondern auch mit vielen andern Stoffen phyſikaliſche Gemenge oder ſtarre Löſungen nach Art des Celluloids zu liefern vermag, ſo ſcheint doch ein völlig gleichwertiger Erſatz für den Kampfer noch nicht gefunden worden zu ſein. Am nächſten kommt dem Kampfer das Naphthalin, deſſen Verwendung für Zwecke der Celluloidfabrikation durch das D.R.P. Nr. 117542 vom 29. Juni 1899 geſchützt iſt. Seitdem ſind vorgeſchlagen worden: Naphthylacetate (D.R.P. Nr. 118052), Phenoxyleſſigſäuren (D.R.P. Nr. 119636), Methylnaphthylketon (D.R.P. Nr. 122166), aromatiſche Sulfoſäurederivate, die ſich von Chloriden, Eſtern und Amiden ableiten (D.R.P. Nr. 122272), Acetochlorhydrine (D.R.P. Nr. 125315), Phthalſäurealkyl- und -alphyleſter (D.R.P. Nr. 127816), Oxanilſäureeſter (D.R.P. Nr. 128119), Triphenylphosphat (D.R.P. Nr. 128120), Halogenderivate der aromatiſchen Kohlenwaſſerſtoffe (D.R.P. Nr. 128956), Acetylderivate ſekundärer aromatiſcher Amine (D.R.P. Nr. 132371), Kaſein (D.R.P. Nr. 138783), Kohlenſäureeſter der Phenole (D.R.P. Nr. 139589), Eſter der Sebacinſäure (D.R.P. Nr. 139738), Kaſeinverbindungen der Schwermetalle (D.R.P. Nr. 139905), Triphenylthiophosphat (D.R.P. Nr. 140164), Eſter der Zuckerarten mit organiſchen Säuren (D.R.P. Nr. 140263), Phenylierte u. ſ. w. Naphthaline (D.R.P. Nr. 140480), Glykoſe, Lävuloſe und Laktoſe (D.R.P. Nr. 140855), gelatiniertes Dextrin (D.R.P. Nr. 141310), Halogenſubſtitutionsprodukte des Triphenylphosphats (D.R.P. Nr. 142832), Diphenylphosphorſäureäthyleſter (D.R.P. Nr. 142971), Phenylphosphorſäuredianilide (D.R.P. Nr. 144648).

Literatur: Böckmann, Das Celluloid, Wien; Voigt, Zeitſchrift des Vereins deutſcher Ingenieure 1899, 524; Haller, A., Les Industries Chimiques et Pharmaceutiques, Paris 1903, 2. Teil, S. 415; Andés, Chemiker-Zeitung 1902, S. 471; 1903, S. 218; Neuere Verfahren zum Formen von Celluloid (D.R.P. Nr. 146432, 142923, 138571, 138572, 138006, 137891, 136153, 120938, 125620, 124863, 119363, 112770, 108955). *Häußermann.*

Celluloidlacke, Löſungen von Nitrocelluloſe und Kampfer oder von Celluloid in Aceton, Amylacetat, Aether, abſolutem Alkohol, bilden farbloſe, klare Flüſſigkeiten, die, auf nicht auffaugende Flächen gegoſſen, ein äußerſt dünnes Häutchen von Celluloid zurücklaſſen, die behandelten Gegenſtände vor äußeren Einflüſſen, Metalle aber namentlich vor dem Anlaufen und Oxydieren ſchützen.

Celluloidlacke, die ausgedehntere Anwendung auf alle Materialien geſtatten, weil ſie den Charakter derſelben in keiner Weiſe verändern — auffaugende Stoffe, wie Holz, Leder, Leinwand u. ſ. w. bleiben matt oder in ihrem urſprünglichen Zuſtande, der Glanz der Metalle wird in keiner Weiſe beeinträchtigt, wie das bei allen andern Lacken infolge der dicken Schicht der Fall iſt —, finden unter dem Namen Braſſoline, Kriſtalline, Viktorialack, Zaponlack heute faſt ausſchließlich Anwendung auf blanke Metalle, weil ſie die einzigen Lacke ſind, die kein Farbenſpiel hervorrufen. Unter der Benennung Galvanolack kommt ein Celluloidlack mit Metallpulver gemiſcht in Verkehr, der ſich durch hohe Widerſtandsfähigkeit gegen atmoſphäriſche Einflüſſe auszeichnet und in vielen Fällen galvaniſche Niederſchläge zu erſetzen vermag. In jüngſter Zeit wird Nitrocelluloſe oder Celluloidlöſung auch mit Harzen kombiniert, mit Teerfarbſtoffen gefärbt, und dadurch erhält man namentlich für Glas geeignete Lacke. *Andés.*

Celluloidſchmirgelſteine, ſ. Schmirgel.

Celluloſe (Pflanzenzellſtoff, Zellmembranſtoff der Phyſiologen, Holzfaſer, Rohfaſer der Chemiker) iſt der Hauptbeſtandteil der pflanzlichen Zellwand — alſo gewiſſermaßen der Bauſtoff für das Gerüſte der Pflanzen; außerdem läßt ſich noch eine ſogenannte Reſervecelluloſe unterſcheiden, die meiſtens mächtige Verdickungsſchichten der Zellwand bildet und im Gewebe vieler Palmenſamen (Arekanuß, vegetabiliſches Elfenbein, Tahitinuß, Dattelkern), der Kaffeebohne, der Brechnuß beobachtet werden kann. Die Membranen der Pilzzellen ſind hingegen von einer beſonderen Modifikation, der Pilzcelluloſe, gebildet. Celluloſe oder ein höchſt naheſtehender Körper iſt auch im Tierreich gefunden worden. Der Mantel der Tunicaten und das Ectoſkelett der Arthropoden enthalten (letzteres neben Chitin) Celluloſe.

Es ſcheint, daß das chemiſche Individuum Celluloſe, das durch die Formel $C_6H_{10}O_5$ (gleich der Stärkeformel, nach Payen) oder $C_{12}H_{20}O_{10}$ (nach Mitſcherlich und Gerhardt) [28] oder $(C_6H_{10}O_5)x$ (nach E. Schulze) [29], mit dem ſpez. Gew. 1,63 (nach Henze [20]) oder 1,56—1,57 (nach Sachs und Hartig), ausgedrückt wird, überhaupt niemals für ſich allein die Pflanzenzellmembran bildet, ſondern daß die Zellwand (nach Wieſner [3], Tſchirch [1], [2], E. Schulze, Gilſon) viel komplizierter gebaut iſt, als man früher angenommen hat. Selbſt jugendliche Zellmembranen enthalten organiſche Beimengungen oder ſind von einem Veränderungsprodukt der Celluloſe gebildet; in älteren ſind nebſt organiſchen auch anorganiſche Einlagerungen vorhanden, und außer der typiſchen Celluloſe, die ſich direkt bei der Hydrolyſe in Traubenzucker überführen läßt [14], wurden ſogenannte Hemicelluloſen nachgewieſen, deren Umwandlungsprodukte andre als die der Celluloſe ſind. Nach E. Schulze [29] kann man alſo annehmen, daß die vegetabiliſche Zellmembran neben den Anhydriden des Traubenzuckers (die der typiſchen Celluloſe angehören) noch andre Subſtanzen enthält, die bei der Hydrolyſe verſchiedene Glykoſen (Arabinoſe, Xyloſe, Galaktoſe) ergeben. Inſofern als die Beimengungen

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

und Veränderungen der Celluloſe deren chemiſche und phyſikaliſche Eigenſchaften anders geſtalten, müſſen ſie auch eine beſondere Beſprechung erfahren.

Die typiſche Celluloſe iſt unlöslich in Waſſer, Alkohol, Aether, Diaſtafelöſung (im Gegenſatz zur Reſervecelluloſe, die durch Diaſtaſe gelöſt wird [31]), in kalter, verdünnter Kalilauge und in verdünnten Säuren. Durch Kupferoxydammoniak (Schweizers Reagens) wird ſie zu einer blaßblauen gallertigen Maſſe gelöſt (Baumwolle, Flachsfaſer), aus der ſie durch Säuren als ein farbloſer, nach dem Trocknen hornig-feſter Niederſchlag gewonnen werden kann; Gilſon [15] konnte daraus Sphärokriſtalle darſtellen. Gelöſt wird ſie ferner durch konzentrierte Säuren, z. B. Schwefelſäure, oder durch eine Löſung von Salzſäure und Zinkchlorid, wobei aber in der Regel die chemiſche Konſtitution zerſtört wird und als ſchließliche Zerſetzungsprodukte Dextrin, Zucker oder Humuskörper auftreten. In Jodlöſungen färben ſich Celluloſemembranen meiſt gelb, durch Hinzufügung von Schwefelſäure oder Phosphorſäure entſteht eine tiefblaue Färbung, die bekannteſte Celluloſereaktion; auch alte wäſſerige Jodlöſung (Jodjodkalium), in der gewöhnlich Jodwaſſerſtoffſäure ſich gebildet hat, ruft die Blaufärbung hervor. Chlorzinkjod iſt ebenfalls ein viel gebrauchtes Reagens auf Celluloſe und färbt dieſe violett.

Für die Färbetechnik iſt das Verhalten der Celluloſe gegen Farbſtoffe wichtig: dieſe werden faſt gar nicht aufgenommen, und um Celluloſemembranen zu färben, „benutzt man die Eigenſchaft der Celluloſe, durch mechaniſche Flächenattraktion Salze der Tonerde, des Eiſen-, Chrom- und Zinnoxyds, wenn dieſelben ſchwache Säuren enthalten, aus den Löſungen auf ſich niederzuſchlagen, und bringt ſo vorbereitet (gebeizt) die Stoffe in die Farbſtoffküpe. Es entſtehen dann unlösliche Verbindungen der Farbſtoffe mit den Metalloxyden zwiſchen den Mizellen bezw. Molekülen der Faſer ſelbſt“ (Tſchirch [1], [2], [32]). Mit kauſtiſchen Alkalien behandelt, z.B. mit Natronlauge, und hierauf raſch mit Waſſer und verdünnter Schwefelſäure ausgewaſchen, wird die Celluloſe beſſer färbbar; dieſes in der Färberei ſchon lange geübte Verfahren iſt unter dem Namen Mercerifieren bekannt und dient jetzt vornehmlich zum „Seidigmachen“, der „Seide ähnlich machen“ von Baumwollgeweben; läßt man die Alkalien länger einwirken, ſo quillt die Celluloſe zu einer durchſcheinenden Maſſe auf, die, mit Schwefelkohlenſtoff zuſammengebracht, nach mehreren Stunden in Waſſer löslich, äußerſt ſchleimig-klebrig (viskos) wird und ein Thiokarbonat darſtellt, das Croß und Bevan Viskoid genannt haben; durch Kochſalz koaguliert, auf 100° erhitzt, ſcheidet ſich Celluloſe wieder in unlöslicher Form aus; in dieſer Form eignet ſie ſich beſonders zur Füllung baumwollener, leinener Stoffe und des Papieres und kann mineraliſche Füllſtoffe erſetzen; ſie läßt ſich auch in eine hornartige, feſte ſchneid- und färbbare Maſſe überführen, aus der verſchiedene Gegenſtände, unzerbrechliche Gefäße u. ſ. w. verfertigt werden können [3]—[8]. Behandlung mit Kampfer ergibt das Celluloid (ſ. d.), einen gegenwärtig außerordentlich vielſeitig verwendeten techniſchen Rohſtoff.

Mit ſehr ſchwacher Natronlauge behandelt, entſteht aus der Zellmembran Metarabinſäure [21]; ſtärkere Natronlauge erzeugt das ſogenannte Holzgummi $C_6H_{10}O_5$ [22], das wohl nur eine lösliche Form der Celluloſe darſtellt [23], nach Praël (1888) aber ein Beſtandteil der Zellwand iſt. Konzentrierte Schwefelſäure löſt die Celluloſe und wandelt ſie zunächſt in Hydrocelluloſe oder Amyloid um, das direkt von Jod blau gefärbt wird und den Hauptbeſtandteil des vegetabiliſchen Pergaments ausmacht. Die Reſervecelluloſe (z. B. aus der Steinnuß) geht, mit Schwefelſäure behandelt, nach Reiß [24] in eine beſondere Zuckerart, Seminoſe genannt, über, die aber nach E. Fiſcher und J. Hirſchberger [26] mit Mannoſe identiſch iſt. Ganz andrer Anſicht über dieſen Umwandlungsprozeß ſind aber E. Schulze, E. Steiger und W. Maxwell [25], [27], die annehmen, daß die angeführten Zuckerarten nicht aus der Celluloſe, ſondern aus einer in der Zellmembran (insbeſondere der Kotyledonen der Lupinenſamen) beſonders vorkommenden Subſtanz entſtehen; ſie nennen dieſelbe Paragalaktan. — Daraus würde nun folgen, daß die Reſervecelluloſe ſich nicht durch beſondere Reaktionen von der Zellmembrancelluloſe unterſcheide. Die paragalaktonartigen Körper ſeien innig mit der Celluloſe vermengt, könnten durch verdünnte Säuren entfernt werden, worauf der Rückſtand die Eigenſchaften der Celluloſe zeige, alſo (nebſt den bekannten Farbreaktionen) durch ſtarke Schwefelſäure in Dextroſe verwandelt werde. Nach Tollens gehören dieſe Körper zu den Saccharokolloiden, und E. Schulze [14], [25], [29] nennt ſie Hemicelluloſen. „Die Menge Hemicelluloſe in den Samen ſcheint nach approximativen Beſtimmungen nicht gering zu ſein; ſie beträgt in Prozenten der ſchalenhaltigen Samentrockenſubſtanz bei Erbſen etwa 18,66%, Ackerbohnen 6,82%, Wicken 7,36%, gelben Lupinen (entſchält) 8,76%. Es iſt anzunehmen, daß dieſe Subſtanzen wegen ihrer leichten Löslichkeit in verdünnten Säuren ſowohl bei der Pflanzenernährung als Reſerveſtoff wie bei der tieriſchen Ernährung als Nährſtoff eine wichtigere Rolle ſpielen als die eigentliche Celluloſe“ (König [4]).

Läßt man auf Celluloſe kochende Salpeterſäure einwirken, ſo entſteht durch Aufnahme von Sauerſtoff Oxycelluloſe $C_{18}H_{26}O_{16}$; ſie ſoll nach Naſtjukoff [18] Aldehyd- oder Ketongruppen enthalten und ein Hydrazon oder ein Osazon bilden. Croß und Bevan [30] ſehen die Celluloſe der Gräſer als Oxycelluloſe an, wonach auch dieſe ein Beſtandteil der Zellwand ſein müßte (ſ. a. [19]). Von beſonderer Wichtigkeit für die Technik iſt die Einwirkung von rauchender Salpeterſäure oder einem Gemiſch von konzentrierter Salpeterſäure und Schwefelſäure auf Celluloſe; die auf dieſe Weiſe erhaltenen Produkte, fälſchlich Nitrocelluloſen genannt, ſind Di- oder Trinitrate, unter dem Namen Kollodiumwolle, Schießbaumwolle (Pyroxylin), künſtliche Seide bekannt; die in Aetheralkohol löslichen Produkte bilden das Kollodium. Wird Celluloſe mit Kaliumhydrat zuſammengeſchmolzen, ſo erhält man Kaliumoxalat. Auch durch andauernde Einwirkung von Chlor und Chlorkalk oder dem Schulzeſchen Gemiſche ($HNO_3 + KClO_3$) entſtehen Oxalſäureverbindungen, worauf ſich die übliche Methode der Oxalſäurefabrikation gründet. Reine Celluloſe erhält man durch Behandlung mit Kupferoxydammoniak oder durch Reinigung von Pflanzengeweben, die größtenteils aus Celluloſe

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

beſtehen, wie Holundermark, Baumwolle, Flachs; auch Leinwand, gutes Filtrierpapier kann dazu dienen. Dieſe Stoffe werden mit Waſſer, verdünntem Kali, verdünnter Salzſäure, Alkohol, Aether ausgezogen und bei 150° getrocknet. Die verſchiedenen Methoden der quantitativen Beſtimmung der Celluloſe ſtellt Tſchirch folgendermaßen zuſammen: Die fragliche Subſtanz wird ſukzeſſive mit Waſſer, Alkohol und Aether extrahiert und dann 1 Teil der Subſtanz mit 0,8 Teilen chlorſaurem Kali und 12 Teilen Salpeterſäure (ſpez. Gew. 1,10) bei 15° maceriert, mit ſiedendem Waſſer ausgewaſchen (Schulze und Henneberg); beſonders bei gefärbten Subſtanzen zu empfehlen. Oder man kocht 3—5 g ½ Stunde lang mit 200 ccm einer 1,25prozentigen Schwefelſäure, dann nach dem Dekantieren mit 200 ccm 1,25prozentiger Kalilauge und wiederholt mit Waſſer. Der auf dem Filter geſammelte Rückſtand wird mit Alkohol und Aether gewaſchen. Oder aber man digeriert mit Chlorwaſſer, behandelt mit verdünnter Kalilauge, verdünnter Säure und ſiedendem Waſſer (Fremy und Terreil). Oder man digeriert mit konzentriertem Bromwaſſer und wäſcht mit Ammoniak und heißem Waſſer aus (Hugo Müller). Ueber die Bedeutung und den Wert dieſer Methoden ſind die Arbeiten von E. Schulze [29] und Croß und Bevan [30] einzuſehen.

Daß die Celluloſe, wie ſie die Zellmembran zuſammenſetzt, kein einheitlicher Körper iſt, zeigt auch ſchon die mikroſkopiſche Betrachtung nach Behandlung mit Kupferoxydammoniak (mitunter auch mit Jod und Schwefelſäure). An vielen Faſern, die aus Celluloſe beſtehen, z. B. an der Ramie (Boehmeria nivea), an den Apocynumfaſern, ſelbſt am Baumwollhaar können verſchieden gefärbte und nach ihrem Löslichkeitsgrade verſchieden ſich verhaltende Schichten unterſchieden werden. Für die induſtrielle Verwendbarkeit haben dieſe Erſcheinungen wohl wenig Bedeutung, hingegen aber ſind jene Veränderungen, welche die Celluloſe durch Einlagerung andrer Subſtanzen oder in ſchwachen Verbindungen erfährt, auch techniſch von großer Wichtigkeit. Solche Einlagerungen können durch anorganiſche Materien verurſacht werden, z. B. durch die Kieſelſäure. Die Diatomazeen, Kieſelalgen oder Stückeltange beſitzen einen Kieſelſäurepanzer, der nach Zerſtörung aller organiſchen Subſtanz unverändert zurückbleibt und bei der ungeheuern Vermehrung dieſer Pflanzen in gewaltigen Maſſen als höchſt feiner Sand ſich anhäufen kann; deſſen Verwendung als „Kieſelguhr“ oder (fälſchlich) „Infuſorienerde“ zu Dynamit, zu Iſolierſchichten, als Putz- und Poliermittel (Tripel) iſt bekannt. Viel wichtiger ſind die organiſchen Veränderungen, welche die ſogenannte verholzte [9]—[11] und verkorkte Zellmembran erzeugen, wozu auch noch die verſchleimte Membran und die Pilzcelluloſe zu rechnen ſind. Durch Einlagerung (oder Verbindung?) eines Gemiſches ſehr verſchiedener Körper, unter denen ſich Vanillin (nicht in allen Hölzern [35]), Gummi, aromatiſche Körper, wie Hadromal, befinden und welches Gemiſch den Namen Lignin oder Holzſubſtanz erhalten hat, wird die Celluloſe eigentümlich verändert; Jod und Schwefelſäure färben ſie nur braun (nicht blau), in Kupferoxydammoniak tritt keine Löſung ein, dünne, verholzte Lamellen verfallen an der Luft ſehr leicht einem Humifikationsprozeß, gewinnen an Härte, aber in der Regel nicht an Feſtigkeit. Verholzte Celluloſe wies man bisher mit der bekannten Anilinſulfat- oder Phlorogluzin-Salzſäure-Reaktion u. ſ. w. nach; erſteres färbt zitronengelb, letzteres rotviolett, Thymol und Kaliumchlorat blau (Moliſch), ſalzſaures Naphthylamin orange. Dieſe Reaktionen ſind nur Gruppenreaktionen, und die Phlorogluzinreaktion gibt nur die Anweſenheit des Hadromals in der Celluloſe kund, zeigt aber nach Faber [34] nicht die Verholzung an. Die Verholzung wird am beſten und ſicherſten mit der Probe nach Mäule nachgewieſen [33]. Etwa fünf Minuten in Kaliumpermanganatlöſung (1 : 100) eingelegte Schnitte werden mit Waſſer gewaſchen, in verdünnte Salzſäure 2—3 Minuten eingelegt und mit Ammoniak behandelt; alle verholzten Teile färben ſich rot. Verholzte Membranen, die nach Seliwanoff [35] mit Hydroxylamin behandelt worden ſind, geben die Phlorogluzinreaktion nicht. Farbſtoffe werden von der verholzten Lamelle begierig aufgenommen. Längere Behandlung mit ätzenden Alkalien oder mit Schultzeſcher Mazerationsflüſſigkeit vermag dieſe Stoffe zu entfernen, und der Rückſtand zeigt die Reaktionen und das Verhalten der Celluloſe, iſt aber nach E. Schulze [29] keine einheitliche Subſtanz, ſondern aus dem Anhydrid, aus dem Traubenzucker entſteht, und aus den Hemicelluloſen zuſammengeſetzt. Die verkorkte Celluloſemembran enthält Suberin eingelagert. Dieſe Korkſubſtanz macht die Membran undurchläſſig für Flüſſigkeiten (und Luft), ſehr widerſtandsfähig gegen ſaure Körper und unlöslich in Schwefelſäure. Das Schultzeſche Gemiſch weiſt das Cerinvorkommen nach. — Die Verſchleimung der Celluloſe kommt im Pflanzenreich häufig vor, ſo in der Samenſchale der Senfſamen, im Leinſamen, Quittenſamen; hierher gehört auch die Gummibildung der Mandelbaumgewächſe, der Akazien (Gummiarabikum), der Tragantpflanze (Tragant). Ein ganz beſonderes Verhalten zeigt die Pilzcelluloſe. Mit Aether und Alkohol extrahierte Pilze ergeben, mit verdünnten Säuren behandelt, Hemicelluloſen und ein ſchleimbildendes, Paradextroſe genanntes Kohlehydrat. Als Rückſtand verbleibt die eigentliche Pilzcelluloſe, die von Kupferoxydammoniak nur ſpurweiſe gelöſt und von Jod und Schwefelſäure nur ſtellenweiſe gebläut, bei einigen Pilzen nur gerötet wird; hingegen löſt ſie ſich in Kalilauge und in Schwefelſäure raſcher als gewöhnliche Celluloſe. Die Pilzmembran ſchließt aber noch einen ſtickſtoffhaltigen, dem Chitin höchſt naheſtehenden Körper ein, der beim Kochen mit Salzſäure gleich dem Chitin ſalzſaures Glukoſamin und Eſſigſäure liefert (Winterſtein [17]). Nach Richter [12] und Dreyfuß aber enthalten alle Pilze echte Celluloſe.

Unter Celluloſe im techniſchen Sinne [16] verſteht man die aus Holz mittels chemiſcher und phyſikaliſcher Prozeſſe gewonnene Celluloſe, die hauptſächlich zur Papierfabrikation verwendet wird. Nachdem die urſprünglich angewendeten Papierrohſtoffe (Hadern, Stroh) dem ungeheuern Bedarf nicht mehr genügten, kam zuerſt das Holz ſelbſt in Verwendung, das als Holzſtoff (oder beſſer als Holzſchliff bezeichnet) ein Papier von nur ephemerer Dauer liefert. Da die Haltbarkeit eines ſolchen Holzſchliffpapieres gerade durch die „Inkruſtationskörper“ am meiſten beeinträchtigt wird, ſo ſuchte man folgerichtig den „Holzſtoff“ von dieſen

zu befreien, um die organiſche Grundlage jeder verholzten Zellmembran zu gewinnen, und nannte die auf dieſe Weiſe von dem Lignin befreite Materie Celluloſe. — Hierbei ließ ſich auch das Verfahren, das Holz in ſeine Faſern zu zerlegen, ohne ſie durch Raffinieren (Feinmahlen) an Länge und Haltbarkeit zu ſchädigen, weſentlich vereinfachen. Man hat nun zwei Hauptmethoden in Anwendung gebracht, um Celluloſe zu erzeugen, die je nach der Verwendung des chemiſchen Agens, der Natronlauge oder der Sulfitverbindungen Natron- oder Sulfitcelluloſe ergeben.

Natroncelluloſe. Sowohl Nadelhölzer wie Laubhölzer eignen ſich zur Gewinnung derſelben: von erſteren iſt es namentlich das Kiefernholz, dann Fichten- und Tannenholz, von letzteren Linden-, Birken-, Zitterpappel- (Aſpen-) und Buchenholz, die auf Celluloſe gut verarbeitet werden können. Bei der Verarbeitung iſt auf genügende mechaniſche Zerkleinerung des Holzes, auf hinlängliche Konzentration der Natronlauge, hohe Temperatur und hohen Druck (bei dem Ungerſchen Verfahren 6, ſonſt 10—14 Atmoſphären) zu achten. Das unter dem nötigen Druck mit Natronlauge gekochte Holz gibt ſeine „Inkruſten“ an die Lauge ab und bleibt als eine (gebleicht) weiße, faſerige Maſſe zurück, die nur noch aus den Holzfaſern beſteht, während die (parenchymatiſchen) Markſtrahlzellen vernichtet ſind; die Holzfaſern ſind iſoliert, erſcheinen gequetſcht, oft gewunden, ſehr durchſichtig und reagieren auf Celluloſe; mitunter läßt ſich durch Phlorogluzin und Salzſäure noch eine ſchwache Verholzung nachweiſen. Zur Herſtellung der Natroncelluloſe ſind vier verſchiedene Verfahren in der Praxis eingeführt: 1. direkte Heizung liegender Kochkeſſel mit 10 Atmoſphären Ueberdruck (Lee, Dreffel); 2. direkte Heizung oder Dampfheizung ſtehender Kochkeſſel bei 11—14 Atmoſphären Dampfdruck (Sinclair, Nickol, Behrend); 3. Dampfheizung mit rotierenden Keſſeln mit 12 Atmoſphären Ueberdruck (Hahn); 4. Laugungsverfahren mit auf 6 Atmoſphären erhitzten, durch ein zuſammenhängendes Syſtem von kleineren Apparaten getriebenen Laugen und nachfolgendem Auswaſchen im Apparate ſelbſt (Meyer). Letzteres Verfahren ſcheint ſich beſonders zu empfehlen (Mierzinski [13]). Man hat auch Schwefelnatrium und Schwefelſtrontium zur Herſtellung einer Natroncelluloſe angewendet, wobei weniger Celluloſe als bei der Anwendung der Natronlauge verloren geht.

Sulfitcelluloſe. Die Verwendung des Calciumſulfits (doppeltſchwefligſauren Kalkes) zur Celluloſegewinnung iſt von Mitſcherlich in Freiburg empfohlen worden, der auch ein rationelles Verfahren ausfindig machte; Modifikationen des Mitſcherlichſchen Verfahrens wurden von Eckmann, Franke, Graham, Ritter-Kellner, Flodquiſt, Archbold, Raoul Pierre Pictet und Georg Brélacz angegeben. Nach Mitſcherlich wird das entrindete Holz zuerſt gedämpft, dann in der Sulfitlöſung zuerſt auf 108° und ſchließlich auf 118° erwärmt. Hierbei nimmt die ſchweflige Säure aus den Inkruſtationskörpern den Sauerſtoff auf und wird zu Schwefelſäure oxydiert; die desoxydierten Subſtanzen gehen eine Verbindung mit der Gerbſäure ein. Zum Gelingen des Kochprozeſſes iſt die Abweſenheit von polythionſauren Salzen unbedingt nötig, da dieſe die Holzſubſtanz nicht zerlegen können. Beſondere Aufmerkſamkeit iſt daher der Beſchaffung einer richtigen Kochlöſung zuzuwenden. Ein Turm wird mit Kalktuff gefüllt, über dieſen wird Waſſer in feiner Verteilung, dem Waſſer entgegen ein Strom ſchwefliger Säure geleitet. Tritt freier Schwefeldampf hierbei auf, ſo iſt die Bedingung der Bildung von Polythionſäuren gegeben. Eckmann verwendet Magneſiumſulfit ſtatt des Calciumſulfits, das den Vorteil bietet, nach der Oxydation zu Magneſiumſulfat ſich leicht zu löſen. Fellner empfiehlt die Anwendung des Dolomits oder des Dolomits in Verbindung mit dem Magneſit. Franke nimmt kleine zylindriſche, in langſamer Drehung befindliche Keſſel und behandelt das Holz mit einer Löſung von Calcium-, Magneſium- oder Natriumſulfit 12—15 Stunden lang unter 4—5 Atmoſphären Druck. Nach Graham wird das Holz zuerſt mit dem einfachen Sulfit, dann mit dem Biſulfit gekocht. — Flodquiſt läßt die ſchweflige Säure über mit Waſſer benetzte, vorher entfettete Knochen und dann über kohlenſauren Kalk leiten, ſo daß in der Löſung auch Calciumphosphat enthalten iſt. Archbold unterwirft das Holz einer Art Mazeration mit dünner Kalkmilch, worauf es in einem paſſenden Apparat der Einwirkung der ſchwefligen Säure bei 4—5 Atmoſphären Druck ausgeſetzt wird. Nach dem Auswaſchen mit Waſſer und weiterem Behandeln mit Chlorcalcium und Aluminiumſulfat unter Druck erhält man ein der Baumwolle gleichendes Material.

Aus allen mitgeteilten Verfahren ergibt ſich, daß die ſchweflige Säure das wichtigſte Agens zur Befreiung der Celluloſe von den Fremdſtoffen iſt. Ob ſie wirklich eine Desoxydation bewirkt, wird von Croß [7], [30] bezweifelt, der vielmehr eine Verbindung des Sulfits mit den Nichtzellſtoffen annimmt. Je nach der Art des verwendeten Holzes iſt die Ausbeute an Celluloſe verſchieden; im allgemeinen geben weiche, ligninärmere Hölzer mehr Celluloſe als harte Hölzer. So liefern Schwarzpappel 63, Tanne 57, Weide 56, Birke 55,5, Erle 54,5, Kiefer 53,3, Linde 53, Buche 45,5, Eiche 39,5 % Celluloſe. Ueber das maſchinelle Verfahren ſ. Holzzeug.

In der Sprengkörpertechnik iſt auch von einer ſogenannten amorphen Celluloſe die Rede. Behufs Herſtellung dieſes Produktes werden Baumwolle, Hanf- oder Flachsfaſer, Sulfit- oder Natroncelluloſe zerkleinert, in eine 10prozentige wäſſerige Löſung von Kaliumpermanganat eingetragen und gut umgerührt; nach Abziehen der Flüſſigkeit wird der Rückſtand mit Waſſer ausgewaſchen und, um das noch vorhandene Manganhyperoxyd zu entfernen, mit verdünnter Salpeterſäure ausgelaugt. Das auf dieſe Weiſe gereinigte Produkt ſtellt amorphe Celluloſe vor, die ſich beſonders gut zur Nitrierung (Herſtellung rauchfreien Schießpulvers) eignen ſoll.

Literatur: [1] Tſchirch, Artikel „Celluloſe“ in Moeller-Geißlers Realencyklopädie der geſamten Pharmazie, Wien 1887, Bd. 2, S. 606—612, und Hanauſek, T. F., Lehrbuch der techn. Mikroſkopie, Stuttgart 1901, S. 48, Artikel „Celluloſe“. — [2] Tſchirch, Angew. Pflanzenanatomie, Wien 1889, Bd. 1, S. 170—173. — [3] Wieſner, Elemente der Botanik, Wien 1890, Bd. 1, S. 38. — [4] König, Die menſchlichen Nahrungs- und Genußmittel, Berlin 1893, Bd. 2, S. 450—453. — [5] Huſemann-Hilger, Pflanzenſtoffe, Berlin 1884, Bd. 1, S. 106. — [6] Béchamp, Compt. rend., 1884, S. 99. —

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

[7] Croß und Bevan, Chem. News 1882, p. 49; Journ. Chem. soc. p. 43; Pharm. Journ., Transact., 1884. — [8] Fremy und Urbain, Ann. scienc. natur., botan., t. 13, in Compt. rend., 1859. — [9] Schuppe, Beiträge zur Chemie des Holzgewebes, Differt., Dorpat 1882. — [10] Singer, Max, Wiener Akad. Sitzungsber., 1885, Bd. 1. — [11] Pringsheim, Bericht d. deutschen botan. Gesellsch., 1883, Bd. 1, S. 288. — [12] Richter, Pilzcellulose in Wiener Akad. Sitzungsber., 1881, Maiheft. — [13] St. Mierzinski, Handbuch der prakt. Papierfabrikation, Wien 1886, Bd. 2, Ersatzmittel der Hadern (Cellulose). — [14] Schulze, E., Berichte d. deutschen chem. Gesellsch., 1891, Bd. 24, S. 2277; Chemie der pflanzl. Zellmembranen, Zeitschr. f. phys. Chemie, 1894, Bd. 70. — [15] Gilson, Kristallisation d. Cellulose, Chem.-Ztg., Repert. 1893, Bd. 280. — [16] Ganswindt, Artikel „Cellulose technisch" in Moeller-Geißlers Realencyklopädie, 1887, Bd. 2, S. 612. — [17] Winterstein, E., Zur Kenntnis der in den Membranen der Pilze enthaltenen Bestandteile, Zeitschr. f. phys. Chemie, Bd. 19, S. 521; Berichte d. deutschen botan. Gesellsch., 1893, Bd. 11, S. 441, und Berichte d. deutschen chem. Gesellsch., 1895, Bd. 28, S. 167. — [18] Nastjukoff, Ueber die Veränderung der physikalischen und chemischen Eigenschaften der Baumwollcellulose bei ihrer Umwandlung in Oxycellulose, Bull. Soc. ind. de Mulhouse, 1892, S. 493. — [19] Schmith, C., Ueber natürliche Oxycellulosen, Chem.-Ztg. 1894, S. 674. — [20] Henze, Untersuchungen über das spezifische Gewicht der verholzten Zellwand und der Cellulose, Differt., Göttingen 1883. — [21] Wieler, Landwirtsch. Versuchsstationen, Bd. 32, S. 307. — [22] Thomson, Journ. f. prakt. Chemie, Bd. 42, S. 25. — [23] Hoffmeister, W., Landwirtschaftl. Jahresbericht, 1888, Bd. 17, S. 239. — [24] Reiß, Berichte d. deutschen chem. Gesellsch., Bd. 22, S. 609. — [25] Schulze, E., und Steiger, Berichte d. deutschen chem. Gesellsch., 1887, Bd. 20, S. 290. — [26] Fischer, E., und Hirschberger, J., Berichte d. deutschen chem. Gesellsch., 1889, Bd. 22, S. 1155. — [27] Maxwell, W., Zeitschr. f. phys. Chemie, Bd. 14, S. 227. — [28] Gmelin, Handbuch der Chemie, Bd. 7, S. 578—581. — [29] Schulze, E., Ueber die Cellulose, Chem.-Ztg. 1895, Bd. 19, S. 1465—1467. — [30] Croß und Bevan (Croß, C. F., Bevan, E. J., und Beadle, C.), Cellulose; An outline of the Chemistry of the structural elements of plants etc., London 1895, das neueste und vollständigste chemische Werk über Cellulose. — [31] Grüß, J., Berichte d. deutschen botan. Gesellsch., 1894, Bd. 12, Generalversammlungsheft, S. 60. — [32] Michaelis, L., Beiträge zur Theorie des Färbeprozesses; die Färbungseigenschaften der Cellulose, Pflügers Archiv f. d. gesamte Physiol., 1903, Bd. 97, S. 634—640. — [33] Mäule, C., Das Verhalten verholzter Membranen gegen Kaliumpermanganat, Fünfstücks Beitr. z. wissensch. Botanik, 1900, Bd. 4, S. 166. — [34] Faber, F. C. v., Zur Verholzungsfrage, Berichte d. botan. Gesellsch., 1904, Bd. 22, S. 177. — [35] Seliwanof, Ueber Holzstoff und seine Reaktionen, nach Ref. Botan. Zentralbl. 1891, Bd. 45, S. 279. *T. F. Hanausek.*

Cellulotypie, ein Tiefdruckverfahren, bei dem mittels Nadel und Roulette die Zeichnung in eine Celluloidplatte graviert wird.

Die Platte wird sodann mit Farbe eintamponiert, gewischt und in der Kupferdruckpresse abgezogen. Die Cellulotypie ist wohl mehr für den Amateur als für den Praktiker von Bedeutung. Cellutypie nannte man das Verfahren der Herstellung von Hochdruckplatten aus Celluloid durch Stichelarbeit, ähnlich der beim Holzschnitte. (Vgl. a. Klischee und Bayard, E., Cellulotypie, Paris 1902.) *A. W. Unger.*

Celsius-Grad, s. Thermometer.

Cendres vertes, grüne Asche, als Wasserfarbe verwendbar, besteht aus einem Gemisch von schwefelsaurem Kalk und arsenigsaurem Kupferoxyd.

Cent, kleinere Rechen- oder geprägte Münze. Ein niederländischer Cent = $^1/_{100}$ Gulden = 1,69 ₰; in den Vereinigten Staaten 1 Cent (früher in Kupfer, jetzt in Bronze geprägt) = $^1/_{100}$ Dollar = 4,2 ₰.

Cental (Zentner), in den Vereinigten Staaten an Stelle des englischen Hundredweight zu 112 Pounds (Cwt.) eingeführtes Handelsgewicht; 1 Cental = 100 Pounds.

Centesimo, Scheidemünze, in Italien = $^1/_{100}$ Lire = 0,8 ₰, in Spanien = $^1/_{100}$ Peseta = 0,8 ₰.

Centi-, in der Bezeichnungsweise des metrischen Systems Vorsilbe für den 100. Teil der Einheit. Zentimeter (cm) = 0,01 m, Zentiliter (cl) = 0,01 l, Zentigramm (cg) = 0,01 g.

Centime, Scheidemünze in Frankreich, Belgien und der Schweiz = $^1/_{100}$ Frank = 0,81 ₰. *Plato.*

Centweight (abgekürzt Cwt.), s. Hundredweight.

Cer *Ce*, Atomgewicht 140, spez. Gew. 6,72; im Cerit vorkommendes Erdmetall.

Es ist etwas härter als Blei, aber von ähnlicher Farbe, schon unter Rotglut schmelzbar, mit andern Metallen leicht legierbar. Feilspäne des Metalles entzünden sich von selbst an der Luft. Man kann es wie das Magnesium (s. d.) durch Elektrolyse geschmolzener Doppelchloride erhalten. Das Metall ist von geringer technischer Bedeutung; um so bedeutender ist aber die Verwendung seiner Oxyde bezw. des Nitrates zur Herstellung der Beleuchtungszwecken dienenden Glühstrümpfe (Auerlicht, s. Gasglühlicht). *Bujard.*

Cerachat, s. v. w. wachsgelber Calcedon (s. Quarz).

Ceresin, ein aus dem Erdwachs oder Ozokerit dargestelltes Produkt, das

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

anfänglich nur zur Erhöhung des Schmelzpunktes weicher Paraffinsorten benutzt wurde, gegenwärtig aber in der Wachswarenfabrikation und Kerzeninduſtrie eine große Bedeutung erlangt hat.

Das rohe Erdwachs oder Ozokerit findet ſich, Spaltungen und Höhlungen ausfüllend, in der Nähe größerer Kohlenlager und Salzmaſſen oder unter mit Bitumen durchſetztem Sandſtein. Es muß regelrecht erbohrt werden, erfordert bergmänniſche Gewinnung und findet ſich in allen Erdteilen; doch ſcheint es nur in Galizien und im Kaukaſus in größeren Mengen vorhanden zu ſein. In erſterem Lande ſind als Hauptfundorte Boryslav, Drohobycz, Starunia und Soloswina zu bezeichnen. Das meiſte Erdwachs wird in Boryslav gewonnen. Das geförderte Erdwachs iſt meiſt noch kein Handelsprodukt, ſondern muß zuvor von dem anhaftenden Schmutze befreit werden. Behufs deſſen werden die größeren Stücke ausgeſucht, die kleineren durch eine Art Schlämmen von Schutt und Erde getrennt. Dieſe Verunreinigungen, denen man den Namen „Waſchlep“ beigelegt hat, enthalten noch 2—3 % Wachs und werden deshalb an vielen Orten einer Extraktion unterworfen. Man ſchmilzt das ausgeſuchte und das durch Waſchen gereinigte Wachs in einem eiſernen Keſſel über wenig Waſſer und läßt es abſetzen. Das reine Erdwachs wird dann abgeſchöpft und in zuckerhutähnliche Formen gegoſſen, die zuvor mit Kalkmilch beſtrichen werden, um ein Anhaften zu vermeiden. Der im Keſſel verbleibende Rückſtand enthält bis zu 15 % Wachs und wird in der Regel zuſammen mit dem Waſchlep der Extraktion unterworfen. — Die ſo gewonnenen Ozokeritblöcke bilden die eigentliche Handelsware, deren Preis ſich nach der Höhe des Schmelzpunktes und nach der mehr oder weniger lichten Farbe richtet. Gewöhnlich ſtellt der Ozokerit eine halbfeſte Maſſe von 54—78° C. Schmelzpunkt dar, deren Konſiſtenz an weiches Bienenwachs erinnert. Er hat einen eigentümlich bituminöſen Geruch und eine Farbe, die von dunkelgrün bis blaulchwarz variieren kann. Angebrochen ſoll ein Wachsblock einen muſcheligen Bruch zeigen, wenngleich das Erdwachs bei längerem Kneten plaſtiſch wird und erweicht. Schneidet man es mit einem Meſſer, ſo darf die Schnittfläche nicht käſeartig ausſehen, ſondern die Maſſe ſoll am Meſſer haften bleiben. — Häufig wird ein Produkt, das zwiſchen Erdwachs und Petroleum ſteht, der ſogenannte Cinderball, zur Verfälſchung der beſſeren Sorten Ozokerit benutzt, ein Betrug, den man nur durch eine genaue Schmelzpunktbeſtimmung feſtſtellen kann. Bisweilen zeigt auch ein Block von rohem Erdwachs an der Oberfläche ein ſolches Ausſehen, daß man es als erſte Qualität bezeichnen muß; zerſchlägt man jedoch einen ſolchen Block, ſo findet man, daß das Innere desſelben von ganz andrer Beſchaffenheit iſt und aus Cinderball, vermiſcht mit Ton u. ſ. w. beſteht. Dieſe Ware wird in der Weiſe hergeſtellt, daß man die Formen mit prima Ozokerit ungefähr bis zu einem Drittel der Höhe füllt und umſchwenkt, damit eine oberflächliche Erſtarrung (Kruſtenbildung) eintritt. Hierauf wird die Ware aus geringerer Qualität eingegoſſen und zum Schluß nochmals ein Aufguß von gutem Erdwachs gemacht. Ein gutes Probenehmen iſt natürlich bei derartigen Produkten von Wichtigkeit.

Seiner chemiſchen Zuſammenſetzung nach iſt das Erdwachs, ebenſo wie Petroleum und Paraffin, ein Gemenge der verſchiedenſten Kohlenwaſſerſtoffe; es beſteht durchſchnittlich aus 15 % Waſſerſtoff und 85 % Kohlenſtoff. In den Ceresinfabriken wird zur Unterſuchung des Ozokerits meiſt folgende Methode von B. Lach [2] angewendet: In einer tarierten Schale werden 100 oder 200 g Erdwachs langſam geſchmolzen und unter fortwährendem Umrühren bis auf 150° C. erhitzt. Durch Zurückwägen erhält man den Gehalt an flüchtigen Subſtanzen (Benzin, Waſſer u. ſ. w.). Jetzt werden 10 %, 15 % oder 20 % rauchender Schwefelſäure (je nachdem in der betreffenden Fabrik gearbeitet wird) eingerührt und die Maſſe ſo lange in tüchtiger Bewegung gehalten, bis keine Spuren ſchwefliger Säure mehr entweichen. In die heiße Maſſe werden nun 10 oder mehr Prozent ihres Gewichtes Entfärbungspulver gerührt. Dasſelbe muß zuvor bei 120° C. getrocknet werden, da ſonſt ein Ueberſteigen infolge Verdampfung des darin enthaltenen Waſſers eintritt. Nun läßt man die geſamte Maſſe erkalten, zerkleinert ſie, wägt ca. 15 g ab und extrahiert dieſe Menge in einem Soxlethſchen Extraktionsapparate mit einem Benzin, deſſen Siedepunkt bei ungefähr 80° C. liegt. Durch Abtreiben des Löſungsmittels erhält man dann das gebleichte Ceresin, aus deſſen Gewicht man die Geſamtausbeute berechnen kann.

Das Erdwachs wurde urſprünglich nur auf Paraffin verarbeitet; erſt 1873 fing man an, daraus Ceresin herzuſtellen. Um aus Erdwachs Paraffin zu gewinnen, muß es der Deſtillation unterworfen werden, während zur Herſtellung von Ceresin nur eine Reinigung mit Schwefelſäure und Entfärbungspulver erforderlich iſt. Das Verfahren beſteht in folgendem: Nachdem das Erdwachs in geräumigen Eiſenkeſſeln geſchmolzen, wird bei einer Temperatur, die ca. 10° höher als der Schmelzpunkt des Materials iſt, Schwefelſäure unter ſtetem Umrühren zugegeben. Da die Keſſel direkte Feuerung haben, iſt es gut, die nötigen Vorſichtsmaßregeln gegen Feuersgefahr zu beobachten [3]. Die Menge der angewendeten Säure richtet ſich nach der Beſchaffenheit der zu verarbeitenden Ware und ſchwankt zwiſchen 10 und 20 %. Die Wirkung der Säure iſt eine zweifache: einmal bildet ſie mit den im Ozokerit enthaltenen organiſchen Verbindungen Sulfoſäuren, und zweitens wirkt ſie auf die Brandharze oxydierend. Die geringſten Spuren Waſſer beeinträchtigen natürlich die Wirkung der Schwefelſäure. Die Einwirkung der Schwefelſäure, die in der Regel 6—8 Stunden dauert, kann ſo lange fortgeſetzt werden, bis keine ſchweflige Säure mehr entweicht, oder man kann den Keſſel ſchon vorher der Ruhe überlaſſen. Der ſogenannte Aſphalt, beſtehend aus Sulfoſäuren, Brandharzen u. ſ. w., hat ſich dann am Boden in zuſammengeballten Klumpen ausgeſchieden, und kann das darüber ſtehende halbgereinigte Wachs durch Abſchöpfen von demſelben getrennt werden. Ob man zu dieſer Säuerung Schwefelſäure von 66° Bé oder rauchende verwendet, hängt lediglich von der Güte des Rohmaterials ab. Je mehr Säure, deſto geringer die Ausbeute, aber um ſo beſſer das

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

erhaltene Ceresin. Das nach dem Säuern resultierende Produkt ist von hellroter Farbe, die man durch Aufkochen mit Sodalösung behufs Entfernung der letzten Säurespuren noch heller erhalten kann. Um weißes Ceresin zu erhalten, muß man das von der Säure abgeschöpfte Wachs mit Entfärbungspulver, das aus den Rückständen der Blutlaugensalzschmelze gewonnen wird, behandeln. Das Pulver wird in Mengen von 10—25 % in das auf 120° C. erhitzte halbgereinigte Ceresin nach und nach eingetragen. Hierauf läßt man absetzen, schöpft dann das Ceresin oben ab und filtriert durch Papier oder Filz. Häufig wird das Erdwachs vor der Reinigung einer Extraktion unterworfen, und zwar dann, wenn es mit Ton verunreinigt ist. Auf diese Weise erzielt man eine bedeutend hellere Farbe desselben, da der Ton entfärbend wirkt. Das so gewonnene Rohwachs bedarf zur Reinigung bedeutend weniger Schwefelsäure als durch Ausschmelzen erhaltenes. — Sehr beachtenswerte Beiträge zur Ceresinfabrikation veröffentlichte Edgar v. Boyen [3]. — Friedr. Redl [4] hat ein Verfahren zur Reinigung des Ozokerits empfohlen, das die Schwefelsäure ganz umgeht: er behandelt geschmolzenes Erdwachs mit der dreifachen Gewichtsmenge Tierkohle bei bestimmter Temperatur 6 Stunden und extrahiert die Masse dann in geeigneten Extraktionsapparaten mit Benzin. Das so erhaltene schneeweiße Produkt ist als Kerzenmaterial unbrauchbar, weil es noch viel schweres Oel enthält. Ein ähnliches Verfahren ist auch von H. Ujhely [5] angegeben.

Reines Ceresin hat mit dem Bienenwachs große Aehnlichkeit; sein spez. Gew. ist aber bedeutend niedriger und schwankt von 0,915 bis 0,925, während Bienenwachs eine Dichte von 0,963 bis 0,970 hat. Es kommt in mehreren Sorten auf den Markt, die nach ihrer Farbe unterschieden werden. Vollkommen weißes Ceresin dient als Ersatz für gebleichtes Bienenwachs, während als Surrogat für Naturbienenwachs das Ceresin mit Curcuma oder Teerfarbstoffen gefärbt wird. Der Billigkeit halber setzt man dem Ceresin häufig Harz (Kolophonium) zu, das sich mit demselben in allen Verhältnissen mischt und für gewisse Zwecke von keinem Nachteile ist. Steigt der Harzgehalt bis zu 50 %, so wird das Gemisch hart und der Harzgeruch tritt deutlich hervor. Die Menge einer solchen Beimischung läßt sich durch die Verseifbarkeit des Harzes ermitteln. Paraffin und Ceresin unterscheiden sich in ihrer chemischen Zusammensetzung nicht, indem beide Gemenge von Kohlenwasserstoffen sind. Physikalisch sind sie insofern verschieden, als der Schmelzpunkt des Paraffins um 10—20° niedriger liegt und das Aussehen des Ceresins amorph, undurchsichtig, am Bruche muschelig ist, während Paraffin blätterig, kristallinisch, alabasterartig und durchscheinend ist. Die Verwendung des Ceresins ist eine äußerst mannigfaltige; seine Hauptverwendung ist aber als Ersatz und zur Fälschung von Bienenwachs. Ferner wird es benutzt zu Glanzwachs, Fußbodenwachs, Nähwachs, Bettwachs, Schuhmacherwachs, für farbige Bleistifte, in der Wäschemanufaktur u. s. w. Seine große Plastizität hat weiter bewirkt, daß es als Matrizenmasse Verwendung findet; in ihm ist dem Guttapercha ein gefährlicher Konkurrent entstanden, da es viel geschmeidiger ist als dieses und die Umrisse und Zeichnungen mit ungemeiner Schärfe wiedergibt. — Gut brennende Kerzen aus Ceresin herzustellen, hielt man lange Zeit für unmöglich, da dieselben mit rußender Flamme brannten. Durch Beizen des Dochtes mit oxydierenden Substanzen, wie Salpeter, wird jedoch der Uebelstand größtenteils beseitigt, und heute sind die Ceresinkerzen, die in der Regel 80—90 % Ceresin, das übrige Stearin enthalten, sehr beliebt. — Die Bienenzüchter suchten das Ceresin für ihre Zwecke nutzbar zu machen, indem sie Waben aus demselben herstellten; die Bienen ließen sich jedoch nicht bewegen, den Honig in diese Zellen abzugeben, und erst als man darauf kam, durch Zusammenschmelzen von Honig mit Ceresin dem letzteren den Bienenwachsgeruch zu erteilen, konnten selbst die Bienen ihr eignes Produkt von dem künstlichen nicht mehr unterscheiden. — Hauptfabrikationsorte sind Stockerau bei Wien und Frankfurt a. O. — Näheres in [1].

Literatur: [1] Perutz, Die Industrie der Mineralöle, Wien 1879. — [2] Lach, Die Feuergefährlichkeit der Ceresinfabrikation, Seifenfabrikant 1893, S. 628. — [3] Zeitschr. f. angew. Chemie 1893, S. 414, 448, 581, 601. — [4] Hübners Zeitschr. 1879, S. 57. — [5] Chem.-Ztg. 1880, S. 5. *Deite.*

Cerit (Cerinstein), wasserhaltiges, kieselsaures Ceroxydul mit Beimengung von Lanthan- und Didymoxydul, $(Ce, La, Di)_2 SiO_4 + H_2O$ (wenn frei von Lanthan und Didym 73,47 % CeO, 20,41 % SiO_2, 6,12 % H_2O, etwa 8 % des CeO sind durch Lanthan und Didym ersetzt). Selten kristallisiert, meist derb, feinkörnig; ohne deutliche Spaltbarkeit; Bruch splitterig; braunrot; Strich weiß, stark glänzend, Kanten durchscheinend; Härte 5,5, spez. Gew. 4,9—5,0.

Schmilzt nicht vor dem Lötrohr, gibt im Kolben Wasser, wird von Salzsäure vollkommen zersetzt unter Abscheidung von Kieselgallert. Auf Erzgängen im Gneis bei Riddarhyttan in Westmanland (Schweden). Wird zur Darstellung des Cers benutzt. *Leppla.*

Cerithienkalkstein, hellgelbe und hellgraue, meist mächtige, zuweilen oolithische und dolomitische Kalksteine, die im Mainzer Becken die tiefsten Schichten des Miozän (s. Tertiärformation) bilden.

Meist ganz erfüllt von vorweltlichen Muscheln und Schnecken, von denen Cerithium die charakteristischste ist. Vielfach zeigen die Kalke keine Schichtung, sind plump und massig, stark zerklüftet und teils hart und knollig, teils weich und mehlig. Ihre Unterlage bilden die Cyrenenmergel, ihr Hangendes die Corbiculakalksteine. Ihrer Entstehung nach können sie nur in einem sehr wenig salzigen, in der Aussüßung befindlichen Meere (Brackwasser) gebildet worden sein. Mitunter treten an Stelle der massigen grauen Kalke oder aus zerbrochenen Konchylienschalen bestehenden Kalkbreccien sandige Schichten und Kies. In den Steinbrüchen der Umgebung von Mainz (Oppenheim, Hochheim u. s. w.) werden sie mit den auflagernden Corbiculakalksteinen gewonnen und zu Bauzwecken und zur Düngung verwendet. *Leppla.*

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Ceritmetalle, eine Reihe neben Cer in dem Cerit vorkommender Metalle, von deren Verbindungen einige zur Herſtellung von Beleuchtungsglühkörpern Verwendung finden (ſ. Didym, Lanthan, Thorium, Yttrium). *Bujard.*

Cerographie, ein zur Herſtellung von Hochdruckformen für raſch und billig zu reproduzierende Landkarten, Pläne u. dergl. beſonders in Amerika ausgeübtes Wachsgravierverfahren.

Eine mit einer Wachsſchicht überzogene Metallplatte wird durch Ritzen mit Nadeln bezw. durch Einpreſſen der aus Buchdrucklettern zuſammengeſetzten Ortsnamen an den Druckſtellen freigelegt, mit Graphit leitend gemacht und auf galvanoplaſtiſchem Wege abgeformt. *A. W. Unger.*

Certoſa, ſ. v. w. Karthauſe.

Certoſamoſaik, Holzarbeiten mit in kleinen geometriſchen Muſtern eingelegtem Elfenbein, beſonders in Mailand in großer Menge hergeſtellt.

Ceruſſit, ſ. v. w. Weißbleierz (ſ. d. und Blei, S. 63).

Ceva, Satz des. Schneiden ſich drei durch die Ecken eines beliebigen Dreiecks gehende Gerade in einem Punkt, ſo geben von den durch dieſelben gebildeten Abſchnitten der Seiten des Dreiecks je drei nicht aneinander ſtoßende dasſelbe Produkt wie die drei übrigen. Wenn umgekehrt letzteres zutrifft, ſo müſſen jene Geraden durch einen und denſelben Punkt gehen. Der Satz gilt nebſt ſeiner Umkehrung auch für ſphäriſche Dreiecke, wofern man Großkreiſe ſtatt der Geraden und nicht die Seitenabſchnitte ſelbſt, ſondern ihre Sinuſſe nimmt. *Mehmke.*

Ceylonit, ſ. Spinell.

Ceylonöl, ſ. Kokosnußöl.

Ceylonrubin, ſ. Granat.

Ceylonzimtöl, ſ. Zimtöl.

Chabaſit, ſ. Zeolithe.

Chabotte, ſ. Dampfhämmer, Schabotte.

Chagrin bezeichnet körnige Beſchaffenheit der Narbenſeite des Leders und diejenige Lederart, die eine ſolche Narbenſeite beſitzt; ſ. a. Weberei.

Chagrinieren, diejenige Operation, durch welche die Narbenſeite des Leders eine körnige Beſchaffenheit, den ſogenannten Chagrin, erhält (ſ. Leder).

Chagrinpapier, ſ. Buntpapierſorten, S. 403.

Chairfärberei, in der Glacélederfärberei diejenigen Verfahren, nach denen die broſchierten Felle auf der Fleiſchſeite gefärbt werden.

Chalcedon (Calcedon), ſ. Quarz.

Chalkanthit, ſ. v. w. Kupfervitriol (ſ. d.).

Chalkochemigraphie, Aetzverfahren, bei dem eine ſauber polierte Zinkplatte zunächſt mit weißer Farbe grundiert wird, in die man dann die Zeichnung, Schrift oder dergl. radiert, doch ſo, daß man nur die Platte bloßlegt, ohne ſie einzuſchneiden. Iſt dies geſchehen, ſo übergießt man die ganze Platte mit lichtempfindlichem Aſphalt, ſetzt ſie dem Lichte aus und legt ſie hierauf in Waſſer, wo ſich die lösliche Grundfarbe abheben und die Zeichnung nur im Aſphalt zurücklaſſen wird. Die Platte wird dann ſo lange geätzt, bis die nicht durch Aſphalt geſchützten Schichten und Stellen hinreichend tief ſind, um beim Druck in der Buchdruckpreſſe nicht abzuſchmieren, d. h. nicht als etwa geſchloſſene ſchwarze Flächen zu erſcheinen. *J. M. Eder.*

Literatur: Toifl, Handbuch der Chemigraphie, Wien 1883.

Chalkographie, die dem Griechiſchen entlehnte Bezeichnung für Kupferſtecherkunſt (ſ. d.).

Chalkographiſche Verfahren werden in neuerer Zeit auch jene photographiſchen Druckverfahren in Halbtonmanier genannt, bei denen auf photographiſchem Wege und mittels des Hochätzverfahrens Buchdruckklifchees auf Kupfer oder Meſſing hergeſtellt werden. Klič hatte z. B. verſucht, die Heliogravüre (ſ. d.) auch zur Erzeugung von Buchdruckklifchees in Kornmanier zu verwenden, jedoch verdrängte die Autotypie (ſ. d.) dieſes Verfahren. *J. M. Eder.*

Chalkopyrit, ſ. v. w. Kupferkies (ſ. d.).

Chalkoſin, ſ. v. w. Kupferglanz (ſ. d.).

Chalkotrichit, ſ. v. w. Kupferblüte, ſ. Rotkupfererz.

Chalkotypie (Erzdruck), Benennung mehrerer Verfahren, welche die Herſtellung von Buchdruckklifchees durch Aetzen verſchiedenartig mit dem Druckbilde verſehener (Bemalen mit ſäurebeſtändigen Subſtanzen, photomechaniſche Methoden u. ſ. w.) Kupfer- oder Meſſingplatten bezweckten. *A. W. Unger.*

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Chamaeleon minerale, ſ. v. w. manganſaures Kali, ſ. Manganſäuren.

Chameroys Apparate, ſ. Telegraphie.

Chamois, ſ. Eiſenchamois.

Chamoſit, ein waſſerhaltiges Eiſenoxydultonerdeſilikat (mit 14,3% SiO_2, 60,5% FeO, 7,8% Al_2O_3, 17,4% H_2O) von derber, körniger oder oolithiſcher Beſchaffenheit; grünlichſchwarz, grünlichgrauer Strich, undurchſichtig; Härte 3; ſpez. Gew. 3—3,4. Gibt beim Erhitzen im Kolben Waſſer ab, wird vor dem Lötrohr rot und von Säuren leicht zerſetzt unter Ausſcheidung von Kieſelgallert. Mit Kalk vermengt im Eiſenerz des Chamoſontales (Wallis), wo er zur Eiſengewinnung benutzt wird. *Leppla.*

Chamotte, ſ. Tonwaren.

Chamottemörtel, ſ. Mörtel.

Chamotteſteine, ſ. Steine, feuerfeſte.

Champagnerflaſchenlacke, ſ. Siegellack.

Champagnerkreide, ſ. Kreide.

Chaoſtypie, die Herſtellung von farbigen, ein wirres, regelloſes Muſter zeigenden Druckflächen, hauptſächlich mittels Buchdrucks.

Hierher gehören die Selenotypie (Hallauska), bei der die Druckplatten durch Aufgießen von Schriftmetall auf kalte, glatte Flächen erhalten werden, wobei ſich ein den Mondkarten ähnliches Druckbild ergibt, die Owltypie (Johnſton), die Verfahren von Earhardt u. a., bei denen die Druckformen durch plaſtiſches Bemalen mit verſchiedenen Subſtanzen und nachherigem Abformen, durch Aetzen von Metallplatten, auf die das Muſter mittels Schwammes und fetter, harzhaltiger Farbe oder durch Ueberdrucken geeigneter Gewebe aufgebracht wurde, durch direktes Abformen ſolcher und geprägten Papiers u. ſ. w. verfertigt werden. Durch wiederholten, unter geringer Verſchiebung erfolgenden Druck derſelben Platte in mehreren Farben laſſen ſich hübſche, eigenartige Effekte erzielen. *A. W. Unger.*

Chappe, ſ. Garn.

Charakteriſtik, ſ. Dynamomaſchine.

Charakteriſtik. 1. Wenig gebrauchte Bezeichnung des gewöhnlich Kennziffer genannten ganzzahligen Teiles eines Logarithmus; 2. bei einer Flächenſchar mit Hüllfläche (Enveloppe) die Berührungskurve irgend einer der Schar angehörigen Fläche mit der Hüllfläche. Das Wort wird noch in ſehr vielen andern Bedeutungen benutzt, namentlich in den höheren Teilen der Mathematik, z. B. Charakteriſtik einer Kollineation (ſ. d.), eines Syſtems algebraiſcher Kurven [1] oder Flächen [2], einer Thetafunktion (ſ. d.) mit mehreren Veränderlichen u. ſ. w.

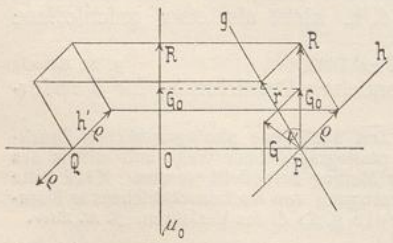
Literatur: [1] Salmon, G., und Fiedler, W., Analytiſche Geometrie der höheren ebenen Kurven, 2. Aufl., Leipzig 1882, Art. 390 ff. — [2] Dieſ., Analytiſche Geometrie des Raumes, 2. Teil, 3. Aufl., Leipzig 1880, Art. 460 ff. *Mehmke.*

Charnier, ſ. Scharnier.

Charpie, ſ. Spinnfaſern.

Charriereiſen, ſ. Breiteiſen.

Chasles Satz über das Kräftetetraeder. Ein Kräfteſyſtem, das an einem unveränderlichen Punktſyſtem angreift, iſt nicht in allen Fällen durch eine einzelne Kraft erſetzbar, wohl aber durch eine Einzelkraft in Verbindung mit einem Kräftepaar, und zwar iſt dieſe Erſetzung auf unzählig viele Arten möglich. Dagegen iſt es ſtets durch zwei Kräfte, deren Richtungslinien ſich kreuzen, erſetzbar, und zwar ebenfalls auf unendlich viele Arten. Für alle dieſe Erſetzungen iſt das Tetraeder, das aus den beiden Strecken, die dieſe Kräfte darſtellen, als Gegenkanten gebildet werden kann, von konſtantem Volumen. Die Richtungslinie einer der beiden Kräfte iſt willkürlich wählbar.



Zum Beweiſe dieſes Satzes gehen wir von der Reduktion (R, G_0) des Kräfteſyſtems für die Zentralachſe μ_0 aus (ſ. Aequivalenz der Kräfte). — Es ſei PO der kürzeſte Abſtand irgend einer Geraden g, die wir zur Richtungslinie einer der beiden Kräfte wählen wollen, die zuſammen dem Kräfteſyſtem äquivalent ſein ſollen. Wir übertragen die Reduktion auf den Fußpunkt P des kürzeſten Abſtandes PO und bilden die Reduktion der Kräfte (R, G) für P, wofür

$G \cos \psi = G_0$ iſt, wenn ψ den Winkel bedeutet, den das Achſenmoment G für P mit der Richtung des Reduktionsreſultanten bildet und die Ebene von ψ zu PO ſenkrecht iſt, alſo die drei Linien G, g, R in eine zu PO ſenkrechte Ebene fallen. Senkrecht zu G legen wir durch PO eine Ebene, welche die Ebene des Winkels ψ in der Geraden h ſcheiden wird. Die Reſultante R zerfällen wir in die beiden Komponenten r und ϱ längs g und h und benutzen die Rechtwinkligkeit des Achſenmomentes G und der Komponente ϱ zur Parallelverlegung von ϱ in jener Ebene in die Linie h', die durch den Punkt Q auf PO ſo zu ziehen iſt, daß $\varrho \cdot PQ = G$, d. h. G durch das bei der Verlegung entſtehende Paar $\varrho \cdot PQ$ getilgt wird. Hierdurch ergibt ſich, daß die Reduktion (R, G) des Kräfteſyſtems und alſo dieſes ſelbſt der Verbindung (r, ϱ) der ſich kreuzenden Kräfte r, ϱ äquivalent iſt, wobei r in der Linie g, ϱ in der Linie h' wirkt. Die Richtungslinie g von r iſt hierbei willkürlich, nicht aber die Größe von r, die vielmehr aus der Zerlegung von R ſich ergab.

Die Vollendung des rechtwinkligen Parallelepipeds zeigt, daß deſſen Volumen das Produkt aus dem Zerlegungsparallelogramm $r\varrho \sin(r\varrho)$ der Reſultanten R und der Strecke PQ iſt. Es iſt aber $r \sin(r\varrho) = R \sin(R\varrho) = R \cos\psi$, da G zu ϱ ſenkrecht ſteht. Daher iſt das Volumen $PQ \cdot r\varrho \sin(r\varrho) = PQ \cdot \varrho R \cos\psi$, oder weil $PQ \cdot \varrho = G$ iſt, $GR \cos\psi = G_0 R$, weil $G \cos\psi = G_0$. Es iſt aber G_0 das Paar der Reduktion für die Zentralachſe und ſo wie die Reduktionsreſultante R konſtant für jede Wahl von g, d. h. für alle Reduktionen des Kräfteſyſtems auf zwei ſich kreuzende Kräfte $r \cdot \varrho$. Das Volumen des genannten Parallelepipeds iſt aber das ſechsfache Volumen des Tetraeders aus den beiden Kräften r an P und ϱ an Q.

Man ſieht, daß der Beweis des Satzes darauf beruht, daß $GR \cos\psi$ bei allen Reduktionen eine Invariante des Kräfteſyſtems iſt. — Das Volumen des Tetraeders verſchwindet ſowohl, wenn eine der beiden Gegenkanten r, ϱ verſchwindet, als auch wenn beide verſchwinden, als auch wenn beide in eine Ebene fallen. Daher gibt das Verſchwinden des Kräftetedraeders kein Kennzeichen für die Sonderfälle der Reduktion des Kräfteſyſtems auf eine Einzelkraft oder des Gleichgewichts derſelben. Der Satz gilt in gleicher Weiſe in der Theorie der Bewegungen, der Winkelgeſchwindigkeiten, der Beſchleunigungen u. ſ. w. wie der Kräfte (ſ. die Art. Geometrie der Bewegung, Winkelgeſchwindigkeit und Winkelbeſchleunigung).

Der Satz wurde von Chasles gefunden und zuerſt mitgeteilt in der Correspondance mathém. von Quetelet, t. VI (1828), ſodann von Gergonne in den Annales de Mathém., t. XVIII, S. 372 ff. analytiſch bewieſen. Möbius gab in Crelles Journ. für reine und angew. Mathematik, Bd. 4, S. 179 ff. einen weiteren Beweis und verallgemeinerte den Satz zu folgendem: In einem Syſtem von n Kräften iſt die Summe der Volumina des $\frac{1}{2} n (n-1)$ Tetraeder, die man erhält, indem man die Kräfte paarweiſe als Gegenkanten von ſolchen verbindet, gleich dem Volumen des Tetraeders, das aus der Verbindung zweier, dem Syſtem äquivalenten Kräfte als Gegenkanten hervorgeht. Vgl. a. Möbius, Lehrbuch d. Statik, Bd. 1, S. 121 u. ff. *(Schell) Finſterwalder.*

Chaslesſches Prinzip der Umkehrung der Bewegung.

Bei einer beſtimmten allgemeinen Bewegung eines Körpers S in bezug auf einen ruhenden Körper Σ gleitet und rollt eine mit dem bewegten Körper S verbunden gedachte Regelfläche P auf einer mit dem ruhenden Körper Σ verbunden gedachten Regelfläche Π (ſ. Axoide); ein Punkt A des bewegten Körpers S beſchreibt eine Kurve α in bezug auf den ruhenden Körper Σ, und ein im ruhenden Körper Σ befindlicher Punkt A, mit dem der Punkt A in einer Lage koinzidiert, beſchreibt in bezug auf den bewegten Körper S eine Kurve a. Wird nun dieſer Bewegungsvorgang umgekehrt, der Körper S als in Ruhe befindlich betrachtet und der Körper Σ in bezug auf den Körper S bewegt, dann rollt und gleitet die mit dem Körper Σ verbunden gedachte Regelfläche Π auf der mit dem Körper S verbunden gedachten Regelfläche P; der Punkt A des bewegten Körpers Σ beſchreibt im ruhenden Körper S die Kurve a, und der Punkt A des ruhenden Körpers S beſchreibt im bewegten Körper Σ die Kurve α. — Im Fall einer beſtimmten allgemeinen Bewegung eines ebenen Gebildes S in der Ebene eines ruhenden ebenen Gebildes Σ rollt eine Kurve p des bewegten Gebildes S auf einer Kurve π des ruhenden Gebildes Σ; ein Punkt A von S beſchreibt eine Kurve α in Σ, und ein im ruhenden Gebilde Σ befindlicher Punkt A, mit dem Punkt A in einer Lage koinzidiert, beſchreibt im bewegten Gebilde S eine Kurve a. Bei der Umkehrung dieſes Bewegungsvorganges iſt das Gebilde S in Ruhe und das Gebilde Σ in Bewegung; die Kurve π des bewegten Gebildes Σ rollt auf der Kurve p des ruhenden Gebildes S, der bewegte Punkt A von Σ beſchreibt in S die Kurve a, und der ruhende Punkt A von S beſchreibt in Σ die Kurve α. Das Geſetz dieſer Wechſelbeziehung bei einer Bewegung und deren Umkehrung hat man das Chaslesſche Prinzip der Umkehrung der Bewegung genannt, weil Chasles [1] auf dieſe allgemeine Wechſelbeziehung und die hierbei auftretende Dualität zuerſt hingewieſen hat.

Literatur: [1] Chasles, Geſchichte der Geometrie, deutſch von Sohncke, Halle a. S. 1839, Note 34, S. 447. *Burmeſter.*

Chaſſe marée, ein franzöſiſches Segelſchiff mit Groß-, Fock- und Treibermaſt und Luggerſegeln an allen drei Maſten (ſ. Beſegelung, Segelſchiffstypen).

Chaſſis, ein beim Bedrucken von Papier oder Gewebe in der Buntpapierfabrikation und im Zeugdruck verwendeter Rahmen, der das mit Farbe überzogene Kiſſen aufzunehmen hat; ſ. Buntpapierfabrikation, S. 398, und Zeugdruck.

Chattak (Chittak), britiſch-indiſches Handelsgewicht = 5 Tolas = 58,3 g.

Chatterton compound, ſ. Telegraphie.

Chauſſeen, Kunſtſtraßen, deren Oberfläche im Gegenſatz zu den natürlichen Erdwegen und zu den ſchon früher bekannten gepflaſterten ſtädtiſchen

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Straßen durch eine Verſteinung (Beſchotterung, ſ. d.) befeſtigt iſt und deren Urſprung wie der Name aus Frankreich ſtammt (ſ. Kleinpflaſter und Straßenbau). *L. v. Willmann.*

Chauſſierung, ſ. Beſchotterung.

Chaux métallique, ſ. Kobaltroſa.

Chemiglyphie, ſ. Glyphographie.

Chemigraphie wird mitunter der Zinkflachdruck (ſ. d.) genannt. In der Regel verſteht man unter Chemigraphie die Methode der Zinkotypie (Zinkhochätzung, die wohl richtiger als Chemitypie bezeichnet wird. *J. M. Eder.*

Chemiſch-Blaſengrün, ſ. Lackfarben.

Chemiſchbraun, ſ. Hatchetts Braun.

Chemitypie, von Piil erfundenes Zinkhochätzverfahren.

Eine feinpolierte Zinkplatte wird mit einem Aetzgrund aus Kolophonium, Aſphalt und Wachs leicht und gleichmäßig überzogen; auf dieſen wird die Zeichnung gepauſt und ſodann in denſelben radiert, indes nur ſo weit, als zum Bloßlegen der Zinkplatte erforderlich iſt. Das Aetzen geſchieht entweder mit verdünnter Salpeterſäure oder mit einer aus Regenwaſſer, Salpeterſäure, Holzeſſig und Salmiak zuſammengeſetzten Aetzflüſſigkeit; zum Ausfüllen der geätzten Zeichnung wird ein leichtflüſſiges, aus 13 Teilen Blei, 16 Teilen Zinn und 7 Teilen Wismut zuſammengeſetztes Metall genommen, das man in dünne Stäbchen formt, mit denen die über einer Spiritusflamme erhitzte Zinkplatte überfahren wird, ſie wiederholt in Lötwaſſer tauchend, um ein feſtes Einſchmelzen des Metalles in die Zeichnung zu erzielen. Iſt dieſe vollkommen und gleichmäßig gefüllt, ſo werden alle überſchießenden Metallteile abgeſchliffen oder abgeſchabt, und es wird alsdann zum Aetzen geſchritten, was in der gewöhnlichen Weiſe ſo lange fortgeſetzt wird, bis die Platte das nötige Druckrelief erlangt hat und damit druckfertig geworden iſt. Die Erwartung, daß die Chemitypie den Holzſchnitt erſetzen werde, hat ſich nicht erfüllt, da die Zeichnung ſchon wegen der überall gleichen Höhe der Linien — denn ein Ausflachen wie beim Holzſchnitt iſt unmöglich — beim Druck ſtets eine gewiſſe Härte zeigen muß in den fein auslaufenden Partien, überdies aber auch das Metall der Chemitypie weder die Druckfarbe ſo gut annimmt, noch ſo gut an das Papier abgibt wie der Holzſchnitt. Zum Druck von Landkarten iſt ſie jedoch vielfach mit Nutzen verwendet worden, da das Verfahren billiger iſt als Lithographie oder Kupferſtich. Seit Vervollkommnung der Zinkographie (ſ. d.) wird die Chemitypie aber auch für die Kartenherſtellung nur noch ſelten angewendet. — Mitunter bezeichnet man auch die gewöhnliche Zinkhochätzung (ſ. d.) als Chemitypie. *J. M. Eder.*

Chenille, zu Stickereien, als Putz, zur Herſtellung ganzer Tücher (Chenilletücher) verwendete Schnur vom Ausſehen einer behaarten Raupe. Die Kette beſteht aus drei bis ſieben mit leinenen Fäden abwechſelnden Seidenfäden, der Einſchlag aus bunter Seide u. ſ. w. Ein 9—15 cm breit gewebtes Band wird mit der Chenilleſchneidemaſchine in Längsſtreifen geſchnitten, die Leinwandfäden herausgezogen und ſodann die Kettenfäden mit dem ausgefranſten Schuſſe ähnlich wie Seilerwaren zu einer Schnur zuſammengedreht. Hauptſitz der Fabrikation in Deutſchland iſt Chemnitz. *Ernſt Müller.*

Cheſſylith, ſ. v. w. Kupferlaſur (ſ. d.).

Chevillieren der Seide, in der Seidenfärberei Operation zur Steigerung des Glanzes der gefärbten Faſer.

Die Arbeit wird nach dem Färben der Strangſeide vorgenommen; beſonders wichtig iſt ſie bei der Souplеſeide. Ausführung ſo, daß die Seidenſträhne mehrmals abwechſelnd nach links und nach rechts um ſich ſelbſt aufgedreht werden, wodurch ſich die einzelnen Fäden durch die gegenſeitige Reibung und den großen Druck glätten. In größeren Färbereien wird jetzt das Chevillieren faſt ausſchließlich auf den Chevilliermaſchinen ausgeführt, denen das Prinzip der Handarbeit zugrunde liegt. Die Strähne werden an zwei Zapfen gehängt, wovon der untere ſich nach rechts und dann nach links dreht, gleichzeitig eine Bewegung nach oben ausführend, die der Verkürzung der Strähne durch die Umwicklung entſpricht. *A. Singer.*

Cheviot, ſ. Weberei und Tuchſorten.

Chevreaux, ſumachgare Ziegenfelle, die hauptſächlich für Schuhmacherzwecke Verwendung finden. Seit Einführung der Chromgerbung werden auch chromgare Ziegenleder unter der Bezeichnung Chromchevreaux hergeſtellt.

Chiaroscuro, ſ. Holzſchneidekunſt.

Chiaſtolith, ſ. Andaluſit.

Chiaſtolithſchiefer, ſ. Fleckſchiefer.

Chica (Carajuru), ſ. Farbſtoffe, pflanzliche.

Chiliſalpeter, Natronſalpeter, Natriumnitrat, ſalpeterſaures Natrium oder Natron, $NaNo_3$; Mol.-Gew. 85, ſpez. Gew. 2,26. In reinem Zuſtande bildet er farbloſe, durchſichtige Rhomboeder; im Waſſer leicht löslich (kalt 8 : 10, heiß 20 : 10), an der Luft zerfließend, bei 310° ſchmelzbar.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Wie alle Salze der Stickſtoffſäuren gibt er ſeinen Sauerſtoff zum größten Teile leicht ab. Der Rohſalpeter, der in Chile und Peru in Neſtern oder ausgedehnteren Ablagerungen vorkommt und nur von dünnen Erd- oder Felstrümmerkruſten bedeckt iſt, wird durch ſehr einfachen Tagebau (mit Sprengarbeit) gewonnen, um dann in den Salpeterwerken gröblich zerkleinert, durch Löſe-, Klärungs- und Kriſtalliſationsarbeiten gereinigt zu werden. Zur Löſung benutzt man jetzt Apparate, die nach dem Prinzip der Shankſchen Apparate (ſ. Soda) angeordnet ſind. In derartigen, durch Dampf heizbaren Auslaugebatterien gewinnt man eine Löſung von etwa 1,54 ſpez. Gew., die nach der Klärung in die Kriſtalliſiergefäße läuft. Nach beendigter Kriſtalliſation wird die Mutterlauge abgezogen. Die Kriſtalle werden auf geneigte Pritſchen geſchaufelt. Nachdem dort die Mutterlauge hinreichend abgetropft iſt, wird der Salpeter auf eine niedriger angelegte Arbeitsbühne geworfen, wo ſich die Vorrichtungen zum Einſacken befinden. In Säcke verpackt, iſt er dann zum Verſande fertig. Aus den Mutterlaugen wird in den meiſten Werken zunächſt das Jod ausgefällt (ſ. Jod), worauf ſie in die Laugerei zurückgeſchickt werden. Die minderwertige Ware wird für Düngezwecke (vgl. unten) benutzt, die reinere dient zur Fabrikation von Salpeterſäure, Kaliſalpeter (ſ. Salpeter), Natriumnitrit, Bleioxyd u. ſ. w.

Literatur: [1] Stohmann und Kerl, Encyklop. Handbuch der techn. Chemie, 4. Aufl., Braunſchweig 1889. — [2] Hunter, in Industries and Iron, t. 14, p. 544, und t. 15, p. 89, London 1893 (hierbei zahlreiche photographiſche Abbildungen).

Chiliſalpeter iſt das wichtigſte der käuflichen Stickſtoffdüngemittel. Wenn man die Wirkung ſeines Stickſtoffs = 100 ſetzt, ſo iſt die des Stickſtoffs des ſchwefelſauren Ammoniaks nach Paul Wagner [1] = 90 und die des organiſchen Stickſtoffs = 65. Dieſe höhere Wirkung erklärt ſich aus dem Umſtande, daß die Pflanze den Stickſtoff faſt nur in Geſtalt von ſalpeterſauren Salzen aufnimmt, und der Chiliſalpeter — ſalpeterſaures Natron — den Stickſtoff in dieſer für die Pflanzen fertigen Form enthält, während der Stickſtoff der andern Stickſtoffdüngemittel erſt nitrifiziert werden muß und der Nitrifizierungsprozeß mehr oder weniger große Verluſte an Stickſtoff zur Folge hat. Als Rohmaterial dient der Rohſalpeter, „Caliche“ genannt. Der Natronſalpetergehalt des Rohſalpeters ſchwankt zwiſchen 17 und 50 %, der in den Handel gebrachte, an der Gewinnungsſtelle gereinigte Chiliſalpeter enthält hingegen 95 % Natronſalpeter. Der Konſum iſt im ſteten Wachſen begriffen, und war die Geſamtverſchiffung an Salpeter von allen Häfen der Weſtküſte Südamerikas im Jahre 1903 in Tons (à 1016 kg) 1428500; die in den Konſum gegangenen Ablieferungen von Hamburg allein 432000 Tons, woraus erſichtlich iſt, daß Deutſchland faſt ein Drittel der Geſamtproduktion konſumiert.

Literatur: [1] Wagner, Die Stickſtoffdüngung der landwirtſchaftlichen Kulturpflanzen, Berlin 1892; Derſ., Der Arbeiter der D. L.-G., Heft 80, Berlin 1903. — [2] Weitz, Der landwirtſchaftliche Raubbau, 3. Aufl., Berlin 1894. — [3] Derſ., Vorkommen und Gewinnung des Chiliſalpeters, 1900.

Weitz.

Chilly, ſ. Pfeffer.

China-clay, ſ. v. w. Ton, ſ. Kaolin und Appretmittel.

Chinagelb (Raufchgelb), ſ. Arſenſulfide, Auripigment.

Chinagras (Ramie), ſ. Spinnfaſern.

Chinaſilber, ſ. Neuſilber.

Chiné, Bezeichnung für mit flammigen Muſtern gewebtes Zeug. Daher Chinage, Chinierung, in der Weberei das Verfahren, durch welches bunte Stoffe ein flammiertes Ausſehen erhalten. Vgl. Weberei.

Chineſergelb, ſ. Ocker.

Chineſiſchgrün (grüner oder chineſiſcher Indigo, Lokao), aus dem Safte der Rinde von Rhamnus chlorophorus und Rh. utilis (China) gewonnener grüner Farbſtoff, der auch bei künſtlichem Licht rein grün erſcheint.

Chineſiſchrot, ſ. Zinnober.

Chinidin, ſ. Alkaloide.

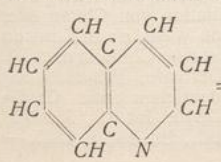
Chinieren, ſ. Flammieren, vgl. Chiné.

Chinin, ſ. Alkaloide.

Chiningrün, ſ. Chinin unter Alkaloide.

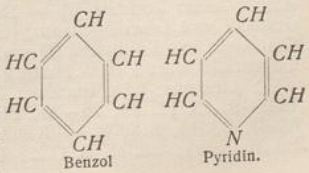
Chinolin, eine organiſche, baſiſche Verbindung, in geringer Menge im Knochenöl und Steinkohlenteer vorkommend, die ſchon darum ein beſonderes Intereſſe beanſprucht, weil ſie neben dem Pyridin als Stammſubſtanz vieler Alkaloide (ſ. d.) erkannt worden iſt.

In ſeinem ganzen Verhalten den Benzolkörpern analog, findet die Konſtitution des Chinolins in der folgenden Formulierung ihren Ausdruck:

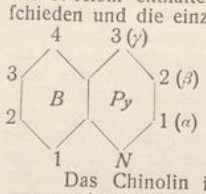


$= C_9H_7N.$

Danach erſcheint das Chinolin als ein Naphthalin, in dem eine *CH*-Gruppe durch ein Stickſtoff-(*N*-) Atom erſetzt iſt, gleichwie ſich das Pyridin vom Benzol durch Erſatz einer *CH*-Gruppe durch *N* ableitet:



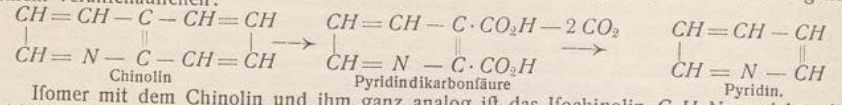
Und gleichwie das Naphthalin aus zwei ſymmetriſch kondenſierten Benzolkernen beſteht, ſo findet ſich im Chinolin ein Benzolring mit einem Pyridinring verbunden vor. Demgemäß wird der das *N*-Atom enthaltende Ring als *Py*-Ring von dem Benzolring — dem *B*-Ring — unterſchieden und die einzelnen Waſſerſtoffatome, wie aus folgenden Schema erſichtlich, bezeichnet:



Durch Erſatz der Waſſerſtoffatome durch die mannigfachſten Gruppen — Alkyle, Halogene, die *OH*-, NH_2-, *COOH*-Gruppe u. ſ. w. — leiten ſich nun vom Chinolin zahlreiche Subſtitutionsprodukte ab, die in derſelben Weiſe in Stellungsiſomeren auftreten, wie dies beim Benzol entwickelt wurde (ſ. a. Aromatiſche Verbindungen). Wie ein Blick auf nebenſtehendes Schema lehrt, ſind von Monoſubſtitutionsprodukten allein ſieben Iſomere möglich.

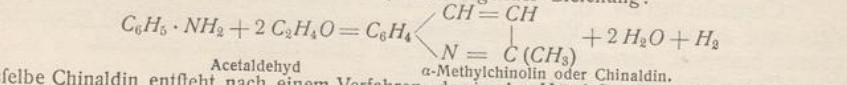
Das Chinolin iſt eine farbloſe, ſtark lichtbrechende Flüſſigkeit von eigentümlichem, unangenehmem Geruch (in Waſſer unlöslich, in Alkohol löslich), ſiedet bei 236° und beſitzt bei 0° ein ſpez. Gew. von 1,1081. Es beſitzt den Charakter einer tertiären Baſe, enthält alſo an den Stickſtoff keinen Waſſerſtoff gebunden. Mit Säuren bildet das Chinolin Salze; das Bichromat $(C_9H_7N)_2\ H_2Cr_2O_7$ iſt in Waſſer ſchwer löslich. Durch Erſatz eines oder mehrerer Waſſerſtoffatome durch die Alkylreſte entſtehen die ſogenannten Chinolinbaſen — z. B. die Methylchinoline oder Chinaldine — in Waſſer ſchwer, in Alkohol und Aether leicht lösliche Flüſſigkeiten von durchdringendem Geruch. Durch Oxydation mit Kaliumpermanganat wird beim Chinolin und ſeinen Derivaten der Benzolkern zerſtört, und es entſtehen Karbonſäuren des Pyridins.

Auf dieſe Weiſe kann man vom Chinolin zum Pyridin ſelbſt gelangen, wie dies folgende Formeln veranſchaulichen:

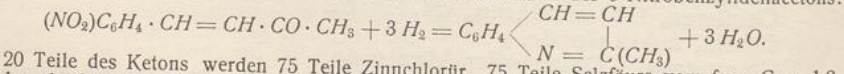


Iſomer mit dem Chinolin und ihm ganz analog iſt das Iſochinolin C_9H_7N, welches das Stickſtoffatom zu einem der beiden Ringen gemeinſamen *C*-Atome in Metaſtellung enthält. Es kommt ebenfalls im Steinkohlenteer vor und iſt daraus von Hoogewerff und van Dorp mit Hilfe ſeines ſchwer löslichen Sulfates iſoliert worden. Es iſt eine farbloſe Flüſſigkeit von chinolinartigem Geruch, ſiedet bei 237° und ſchmilzt, wenn einmal feſt, bei 21°. — Das Chinolin entſteht durch Deſtillation vieler Alkaloide mit Aetzkali. Dargeſtellt wird es auf ſynthetiſchem Wege. Von den zahlreichen Methoden, die zur Darſtellung des Chinolins und ſeiner Derivate aufgefunden worden ſind, mögen hier nur die angeführt werden, die eine techniſche Verwendung gefunden haben. — Nach der Methode von Skraupp [2] wird Anilin mit Glyzerin, Schwefelſäure und Nitrobenzol mehrere Stunden auf 130—140° erhitzt. Durch den waſſerentziehenden Einfluß der Schwefelſäure bildet ſich aus dem Glyzerin Akrolein, das ſich mit Anilin zu Akroleinanilin vereinigt. Dieſes wird dann durch die überſchüſſige Schwefelſäure und das zugeſetzte Nitrobenzol, das hier als Oxydationsmittel dient, unter Abſpaltung von 2 Atomen Waſſerſtoff zu Chinolin oxydiert. Nach beendeter Reaktion wird mit Waſſer verdünnt, das Nitrobenzol mit Waſſerdampf abgeblaſen, der Rückſtand dann mit Natronlauge überſättigt und das Chinolin mit Waſſerdampf abdeſtilliert. Zu ſeiner Reinigung wird es in das ſaure Sulfat übergeführt.

Das Verfahren iſt von allgemeinſter Geltung, da die homologen Aniline, die Toluidine u. ſ. w., die Naphthylamine, Chlor-, Brom-, Nitroaniline, Amidophenole, Amidoſulfoſäuren u. ſ. w. in der gleichen Weiſe reagieren. — Eine analoge Reaktion beſteht in der Kondenſation von Anilinen mit Aldehyden unter dem Einfluß von ſtarker Schwefel oder Salzſäure [3]. Hierbei kondenſieren ſich 2 Moleküle des angewendeten Aldehdys zum ungeſättigten Aldehyd, der dann mit dem Anilin die Chinolinbaſe bildet, nach folgender Gleichung:



Daſſelbe Chinaldin entſteht nach einem Verfahren, das in den Höchſter Farbwerken (vormals Meiſter, Lucius & Brüning) in Anwendung iſt [4], durch Reduktion des *o*-Nitrobenzylidenacetons:



Auf 20 Teile des Ketons werden 75 Teile Zinnchlorür, 75 Teile Salzſäure vom ſpez. Gew. 1,2, mit der gleichen Menge Waſſer verdünnt, angewendet. Die Bildung des Methylchinolins erfolgt unter ſtarker Wärmeentwicklung; nach deren Beendigung wird das Reaktionsprodukt mit Kalkmilch im Ueberſchuß verſetzt und die Baſe im Dampfſtrom abdeſtilliert.

Weiteres über Chinolin ſ. [1]. Das Chinolin findet Anwendung in der Farbenfabrikation (ſ. Farbſtoffe, künſtliche organiſche) ſowie neuerdings in der Medizin als energiſches Antiſeptikum und Antipyretikum, und zwar nicht nur das Chinolin allein, ſondern auch eine große Anzahl ſeiner Derivate [5]. — Das Chinolin wurde 1834 im Steinkohlenteeröl von Runge [6] entdeckt und Leucol genannt; Gerhardt erhielt es 1842 durch Deſtillation von Chinin oder Cinchonin mit Kalihydrat [7] und nannte es Quinoleine, welcher Name von Wöhler in Chinolin umgeändert wurde. A. W. Hofmann wies dann die Identität des Leucols mit dem Chinolin nach [8].

Literatur: [1] v. Buchka, Die Chemie des Pyridins und ſeiner Derivate, Braunſchweig 1889—91, S. 17, 19, 26—30, 246—251, 441—447. — [2] Berichte der deutſchen chem. Geſellſchaft, Bd. 14, S. 1002. — [3] Döbner und v. Miller, ebend., Bd. 14, S. 2816; Bd. 15, S. 3075; Bd. 16, 1664; Bd. 17, S. 1712; Bd. 18, S. 3360. — [4] Friedländer, ebend., Bd. 16, S. 1833. —

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

[5] Dahl & Co., Barmen, D.R.P. Nr. 65102, 60308, 65111. — [6] Poggendorffs Annalen, Bd. 31, S. 68. — [7] Annalen der Chemie, Bd. 42, S. 310; Bd. 44, S. 279. — [8] Ebend., Bd. 47, S. 31; Bd. 74, S. 15. *Mezger.*

Chinolinfarbſtoffe, Chinonfarbſtoffe, ſ. Farbſtoffe, künſtliche organiſche.

Chiolith, ſ. Kryolith.

Chipolin, Anſtrich mit Waſſerfarbe, auf den ein Lacküberzug (nur auf Holz) gemacht und fein geſchliffen und poliert wird, erteilt dem Gegenſtand ein porzellanartiges Ausſehen.

Chirotherienſandſtein, ſ. Buntſandſteinformation.

Chladnis Klangfiguren, ſ. Klangfiguren.

Chloanthit, Arſennickelerz As_2Ni (28,2% *Ni*, 71,8% *As*), kriſtalliſiert regulär, meiſt derb, feinkörnig bis dicht, mitunter ſtänglich; ſpröd; zinnweiß, leicht grau und ſchwarz anlaufend oder im verwitterten Zuſtand einen grünen Beſchlag von Nickelblüte zeigend. Härte 5,5, ſpez. Gew. 6,4—6,8.

Gibt im Kolben Arſen unter Rotfärbung ab; ſchmilzt leicht auf Kohle vor dem Lötrohr unter Abgabe von Arſenrauch. Löslich in Salpeterſäure mit grüner Farbe. Wird zur Gewinnung von Arſen und Nickel benutzt. Ihm nahe ſteht der Weißnickelkies, der bei gleicher chemiſcher Zuſammenſetzung rhombiſch kriſtalliſiert und ebenfalls zur Arſen- und Nickelgewinnung benutzt wird. *Leppla.*

Chlor *Cl*, Atomgew. 35,5, ſpez. Gew. (Luft = 1) 2,45, bei gewöhnlicher Temperatur und normalem Drucke ein gelbgrünes Gas von eigenartigem Geruche, durch einen Druck von 4 Atmoſphären bei gewöhnlicher Temperatur oder durch Abkühlung auf unter —40° bei gewöhnlichem Drucke zu einer gelben, durchſichtigen Flüſſigkeit verdichtbar; bei —102° wird es feſt und kriſtalliſiert. Seine kritiſche Temperatur iſt 146°. Es löſt ſich leicht in Waſſer; die geſättigte wäſſerige Löſung (das Chlorwaſſer) erſtarrt in einer Kältemiſchung zu einer Kriſtallmaſſe der Zuſammenſetzung $Cl_2 + 8\,H_2O$, dem ſogenannten Chlorhydrat. Das Chlorwaſſer zerſetzt ſich, beſonders unter Einwirkung auch des zerſtreuten Sonnenlichts, unter Sauerſtoffabgabe: $H_2O + Cl_2 = 2\,HCl + O$; unter Lichtabſchluß in kühlen Räumen aufbewahrt, hält es ſich lange unverändert.

Chlor geht mit allen Grundſtoffen, mit den meiſten unter bedeutender Energieentwicklung, chemiſche Verbindungen ein. In vielen Punkten gleicht es dem Sauerſtoffe, ſo beſonders darin, daß es ſelbſt nicht brennt, aber die Verbrennung faſt aller in Sauerſtoff brennbaren Körper unter Bildung von Chloriden ebenfalls unterhält. Es übertrifft den Sauerſtoff an Energie inſofern, als es ſchon bei gewöhnlicher Temperatur ſtark chlorierend und bei Gegenwart von Waſſer auch oxydierend wirkt. So greift es ſchon in verdünntem Zuſtande, als Gas ſowie als Flüſſigkeit alle organiſchen Stoffe, tieriſche und pflanzliche Gewebe, Farbſtoffe u. ſ. w. energiſch an; es iſt daher ein ſtarkes Gift, beſonders für niedere Tiere und Pflanzen. In der Natur kommt es in freiem Zuſtande nicht vor, findet ſich aber in den zahlreichen, in mächtigen Lagern auftretenden Chloriden, von denen für die techniſche Chlorgewinnung hauptſächlich die des Natriums (ſ. Salz) und des Magneſiums in Betracht kommen. Das erſtere dient zwar zunächſt zur Sodafabrikation; doch werden bei dieſer Verarbeitung andre Chloride, wie Salzſäure (*HCl*), Calciumchlorid ($CaCl_2$) und Magneſiumchlorid ($MgCl_2$) erhalten, deren Verwertung für die meiſten Sodafabriken eine Lebensfrage iſt. Dazu tritt ferner das Bedürfnis der Verwertung der großen Mengen von Magneſiumſalzen, die in Staßfurt und andern Kaliſalinen der Provinzen Sachſen und Hannover neben den Kaliſalzen gewonnen werden. Schließlich kommt noch für die Chlorgewinnung die Zerſetzung von Alkalichloriden durch die Elektrolyſe in Betracht. Mit Ausnahme der letzten Arbeitsweiſe beruhen alle übrigen Prozeſſe der Chlorgewinnung auf einer Oxydation der in den Chloriden an Chlor gebundenen Stoffe: $2\,HCl + O = H_2O + Cl_2$ und $MgCl_2 + O = MgO + Cl_2$. Für dieſe Oxydationsprozeſſe wurde anfangs nur der Sauerſtoff des Manganſuperoxydes (Braunſtein, Pyroluſit) MnO_2, ſpäter der Sauerſtoff der Luft benutzt. Die älteſte Arbeitsweiſe entſprach alſo dem durch folgende Formel dargeſtellten Vorgange: $4\,HCl + MnO_2 = MnCl_2 + 2\,H_2O + Cl_2$. Daß anfangs auch ſtatt der Salzſäure ein Gemiſch von Kochſalz und Schwefelſäure benutzt wurde, ändert an dem durch dieſe Formel ausgedrückten Prinzipe nichts, denn durch die Schwefelſäure wird ja aus dem Kochſalze Salzſäure entwickelt. Als Apparate dienten je nach dem Umfange des Betriebes entweder Steinzeuggefäße, gußeiſerne Keſſel mit Bleihauben oder aus dichtem Sandſteine mit Teertonkitt gemauerte Behälter. Eine Zuſammenſtellung und kritiſche Beſprechung der Apparate und Arbeitsmethoden findet ſich in [1].

Die erſte Abweichung von dieſem bereits von Scheele 1774 angegebenen Verfahren beſtand in der Wiedergewinnung des Mangandioxydes aus den Manganchlorürlaugen, ſo daß jenes wieder zur Chlorentwicklung tauglich wurde — der erſte Schritt zur Nutzbarmachung des Sauerſtoffs der Luft —, durch Weldon: die Manganchlorürlaugen wurden gleichzeitig mit einem Ueberſchuſſe von gelöſchtem Kalk und Luft behandelt. Ein Teil des Calciumoxydhydrates wird dabei zur Abſcheidung von Manganoxydulhydrat verbraucht, letzteres wird durch den Sauerſtoff der Luft zu Mangandioxyd oxydiert und bildet mit dem andern Teile Kalk ein manganigſaures Salz (Manganſchlamm, Weldonſchlamm, Chlorbereitungsrückſtände), ein Vereinigungsprodukt von

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Mangandioxyd und Kalk, das nun wieder bei der Behandlung mit Säuren Chlor liefern kann. Folgende Formeln erklären die Vorgänge:

$$MnCl_2 + Ca(OH)_2 = CaCl_2 + Mn(OH)_2;\ Mn(OH)_2 + O = MnO_2 + H_2O;$$
$$MnO_2 + Ca(OH)_2 = CaMnO_3 + H_2O;\ CaMnO_3 + 6\,HCl = CaCl_2 + MnCl_2 + 6\,H_2O + Cl_2.$$

Nach Einführung der Braunſteinregeneration nach Weldon beſtand der Chlorgewinnungsprozeß alſo ſchon in einer Oxydation der Salzſäure durch den Sauerſtoff der Luft unter Vermittlung von Manganverbindungen. Aber bei dieſem ſogenannten Weldon-Prozeß mußte man auf jedes Molekül Chlor Cl_2 eine gleich große Menge Chlor als wertloſes Chlorid $CaCl_2$ verloren geben. Dies möglichſt zu vermeiden, iſt das Kennzeichen der neueren Chlorgewinnungsprozeſſe. Zu denſelben gehört zunächſt der Deacon-Prozeß, nach dem Salzſäure durch Luftſauerſtoff unter Vermittlung von Kupferverbindungen oxydiert wird. Zu dieſem Zwecke wird über mit Kupferchloridlöſung getränkte Ziegelſteinbrocken ein erhitztes Gemiſch von Salzſäure und Luft geleitet. Durch wiederholte Zerſetzung und Rückbildung des Kupferchlorides erhält man Chlor und Waſſer. Das Verfahren hat nur beſchränkte Anwendung gefunden. Von den weiteren Verfahren dieſer Art, unter deren Erfindern die mit der Soda- und Chlorinduſtrie ſchon lange eng verknüpften Namen Weldon, Solvay, Mond u. a. hervorragen, ſei noch auf das Weldon-Pechiney-Verfahren hingewieſen, das die Chlordarſtellung aus Chlormagneſiumlaugen ermöglicht. Die Bemühungen, aus dieſen bei vielen anorganiſchen Betrieben als Abfallprodukte auftretenden Laugen Chlor herzuſtellen, ſind außerordentlich zahlreich geweſen. Von großem Erfolge war bis jetzt noch keines dieſer Verfahren begleitet.

Das nach dem einen oder andern Verfahren erhaltene Chlor wird nun entweder in Chlorate (ſ. Kaliumchlorat u. a.), Hypochloride (ſ. Chlorkalk, Chlornatron u. a.) oder durch Druck und Abkühlung in flüſſiges Chlor übergeführt und in dieſen Formen in den Handel gebracht. Es findet als Bleich- und Desinfektionsmittel die ausgedehnteſte Anwendung; in der chemiſchen Induſtrie dient es als Chlorierungs- und kräftiges Oxydationsmittel. Als Bezugsquellen für dieſe Chlorprodukte ſind in erſter Linie die Sodafabriken zu nennen, auch Ammoniaksodafabriken beteiligen ſich ſchon an der Konkurrenz. Flüſſiges Chlor wird in den Preisliſten vieler chemiſchen Fabriken zu 1,50—2 ℳ pro Kilogramm (in eiſernen Flaſchen) geführt. — Das Chlor wurde 1774 durch Scheele entdeckt, ſeine Natur als Grundſtoff aber erſt 1810 von Davy feſtgeſtellt.

Literatur: [1] Lunge, Handbuch der Sodainduſtrie, 2. Aufl., 3 Bde., Braunſchweig 1893/96 (Chlor beſonders in Bd. 3). — [2] Stohmann und Kerl, Encyklop. Handbuch der techn. Chemie, 4. Aufl., Braunſchweig 1889. — [3] Wagner-Fiſcher, Handbuch der chem. Technologie, 14. Aufl., Leipzig 1893. — [4] Schultz, G., Lehrbuch der chem. Technologie, Stuttgart 1903. *Bujard.*

Chloräthyl, ſ. Aethylchlorid.

Chloral, ſ. Chloralhydrat.

Chloralhydrat (Chloralum hydratum, Trichloracetaldehydhydrat), eine aus dem Chloral (ſ. unten) durch Addition von 1 Molekül Waſſer entſtehende organiſche Verbindung von der Konſtitution $CCl_3—CH\langle^{OH}_{OH}$, bildet große monokline Kriſtalle, iſt leicht in Waſſer löslich, ſchmilzt bei 57° und ſiedet bei 96—98° unter Zerfall in Chloral und Waſſer. Auch beim Miſchen von Chloralhydrat mit konzentrierter Schwefelſäure wird Chloral zurückgebildet.

Die Vereinigung des Chlorals mit Waſſer — durch Schütteln molekularer Mengen der beiden Komponenten — geſchieht unter Wärmeentwicklung. Beim Erkalten erſtarrt das Reaktionsprodukt zu einem Kriſtallbrei. Gießt man dasſelbe noch vor dem Erſtarren in flache Schalen, ſo bildet das Chloralhydrat Platten, die zerſchlagen in den Handel kommen. In wohlausgebildeten Kriſtallen wird es erhalten, wenn man die geſchmolzene Maſſe langſam abkühlen läßt und vor dem völligen Feſtwerden den noch flüſſigen Anteil abgießt. Das Chloralhydrat iſt ein bekanntes Schlafmittel; außerdem dient es zur Darſtellung eines ſehr reinen Chloroforms (ſ. d.). In konzentrierter Löſung findet es Anwendung zum Aufhellen mikroſkopiſcher Präparate. — Die phyſiologiſchen Wirkungen werden nun nicht erſt durch die Vereinigung des Chlorals mit Waſſer hervorgerufen, ſondern ſie ſind vielmehr dem Chloral eigentümlich, und man gibt in der praktiſchen Verwendung dieſer Verbindung dem Hydrat nur deshalb den Vorzug, weil es äußerſt handlich und bei weitem haltbarer als die Mutterſubſtanz iſt.

Chloral beſitzt die Zuſammenſetzung $CCl_3 \cdot CHO$ und ſtellt alſo den dreifach chlorierten Acetaldehyd (ſ. d.) dar. Dementſprechend zeigt das Chloral die für die Aldehyde (ſ. d.) charakteriſtiſchen Reaktionen. Es iſt eine ölige Flüſſigkeit von ſcharfem, durchdringendem Geruch, ſiedet bei 97,7° und beſitzt bei 20° das ſpez. Gew. 1,512. Mit Waſſer an ſich nicht miſchbar, vereinigt es ſich mit demſelben unter den obengeſchilderten Erſcheinungen zu Chloralhydrat. Mit Alkohol tritt das Chloral zu einer ganz analogen Verbindung, dem Chloralalkoholat $CCl_3 \cdot CH\langle^{OH}_{OC_2H_5}$, zuſammen, Additionsreaktionen, welche die eigentlichen Aldehyde nicht zeigen und für das Chloral charakteriſtiſch ſind. Beim Aufbewahren, namentlich bei Gegenwart geringer Mengen Schwefelſäure geht das Chloral in ein feſtes polymeres (das Metachloral) über. Ammoniakaliſche Silberlöſung wird unter Spiegelbildung reduziert, rauchende Salpeterſäure oxydiert zu Trichloreſſigſäure; wäſſerige Alkalien ſpalten ſchon in der Kälte in Chloroform und ameiſenſaures Alkali: $CCl_3 \cdot CHO + KOH = CCl_3H + HCOOK$. Das Chloral wird dargeſtellt durch Chlorieren von Alkohol, indem man einen langſamen Strom von ſorgſam gewaſchenem und dann

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

getrocknetem Chlor zunächſt unter Kühlung, ſpäter unter Erwärmung mit Dampf in Alkohol leitet, ſo lange, als noch Chlor abſorbiert wird, wozu im Durchſchnitt 6—10 Tage erforderlich ſind. Hierbei werden die erſten Abſorptionsgefäße mit ſchon teilweiſe mit Chlor geſättigtem, „angechlortem", Alkohol beſchickt. Nach Beendigung der Operation, während der fortwährend Salzſäure entweicht, wird das Reaktionsprodukt, das nach dem Erkalten eine kriſtalliniſche Maſſe von weſentlich Chloralalkoholat (ſ. oben) darſtellt, zur Zerſetzung desſelben in mit Rückflußkühler verſehenen Apparaten mit konzentrierter Schwefelſäure ſo lange erwärmt, als noch Salzſäure entweicht, und das ölförmig abgeſchiedene, oben ſchwimmende Chloral entweder abgezogen oder abdeſtilliert. Bei dieſer letzteren Operation darf die Temperatur der Flüſſigkeit 100° nicht überſchreiten, da ſonſt ein Teil der entſtandenen Nebenprodukte mit übergehen und das Chloral verunreinigen würde. Das Deſtillat wird durch Schütteln mit etwas Waſſer und kohlenſaurem Kalk von Salzſäure befreit und dann rektifiziert. Der Reaktionsverlauf der Bildung von Chloral aus Alkohol läßt ſich einfach ausdrücken durch die zwei Gleichungen:

$$CH_3 \cdot CH_2(OH) + Cl_2 = CH_3 \cdot CHO + 2\,HCl$$
$$CH_3 \cdot CHO + 3\,Cl_2 = CCl_3 \cdot CHO + 3\,HCl.$$

Doch deuten die in bedeutenden Mengen entſtehenden Nebenprodukte darauf hin, daß die Reaktion komplizierter verläuft.

Das Chloral wird zur Darſtellung von Chloralhydrat verwendet. Zuerſt von Liebig 1832 durch Chlorieren von Alkohol gewonnen, wurde es in ſeiner Zuſammenſetzung von Dumas richtig erkannt. 1869 entdeckte Liebreich die bekannten phyſiologiſchen Wirkungen [2]. Weiteres über Chloral ſ. unter [1].

Literatur: [1] Beilſtein, Handbuch der organiſchen Chemie, 3. Aufl., Hamburg und Leipzig 1893, Bd. 1, S. 929. — [2] v. Mering und Musculus, Berichte der deutſchen chem. Geſellſchaft, 8, 662. — [3] Schmidt, Lehrbuch der pharm. Chemie, organ. Teil, Braunſchweig 1901. *Bujard.*

Chloralum (Chloralium), Handelsname einer unreinen, beſonders arſen- und bleihaltigen Löſung von Aluminiumchlorid. Die Löſung wird aus ſchwefelſaurer Tonerde und Chlorcalcium dargeſtellt, dient zum Karboniſieren der Wolle, wohl auch als Desinfektionsmittel. *Bujard.*

Chloraluminium, ſ. v. w. Aluminiumchlorid (ſ. d.).

Chlorammonium, ſ. v. w. Salmiak (ſ. d.).

Chlorate ſind Salze der nur in verdünnter, wäſſeriger Löſung darſtellbaren, leicht zerſetzlichen, als ſolche alſo techniſch unwichtigen Chlorſäure $HClO_3$; ſ. beſonders Kaliumchlorat. *Bujard.*

Chloration (Plattners), ſ. Goldproben.

Chlorbaryum, ſ. v. w. Baryumchlorid (ſ. d.).

Chlorblei, ſ. v. w. Bleichlorid (ſ. d.).

Chlorbromſilber, ſ. Bromſilber.

Chlorcalcium, ſ. v. w. Calciumchlorid (ſ. d.).

Chloren der Wolle. Behandelt man die Wollfaſer nach dem Entfetten und Bleichen mit verdünnten Chlorkalklöſungen, ſo wird dieſe aufnahmefähiger für Farbſtoffe. Von dieſer Tatſache macht man in der Färberei weniger Gebrauch als im Wollmuſſelindruck. Die meiſten Anilinfarbſtoffe, auf unchlorierte Wolle gedruckt, ſehen unegal aus und werden durch das Dämpfen teilweiſe reduziert, was beſonders beim Fonddruck ſtark zum Ausdruck kommt. Auf gechlorter Wolle hingegen erhält man brillante und egale Drucke.

Die chemiſche Wirkung des Chlorkalkes auf die Wollfaſer iſt noch nicht genau bekannt, ſie iſt jedoch ganz verſchieden von der Wirkung des Chlorkalkes auf die vegetabiliſche Faſer. Während die Wirkung bei der Baumwolle eine langſame iſt, iſt ſie bei der Wolle eine ſehr raſche. In einer, höchſtens zwei Minuten iſt das ganze im Bade befindliche Chlor von der Wollfaſer abſorbiert und kann man ſogar mit Indigokarminlöſung kein Chlor mehr nachweiſen. Hieraus folgt, daß man, um eine rationelle Chlorierung der zum Druck beſtimmten Wollſtücke herbeizuführen, die gut angenetzten Stücke auf einmal in die Chlorkalkflotte geben muß, die von vornherein die für die Stückwaren berechnete Chlorkalkmenge enthält (für helle und mittlere Nuancen 3% Chlorkalk vom Gewicht der Wolle, für dunkle Töne und Schwarz 5%). Dieſe Operation wird nun entweder ſo ausgeführt, daß man den Chlorkalk mit der entſprechenden Menge Salzſäure verſetzt oder nach dem Chloren die Stücke durch Salzſäure nimmt; die erſtere Methode wird in der Praxis bevorzugt. Es ſind auch ſchon Chlorierungsmaſchinen im Gebrauch, bei denen eine fortwährende Speiſung der Chlorkalkflotte während des Durchganges der Stücke ſtattfindet. — Behandelt man die Wolle in zu ſtarken Chlorbädern, ſo erleidet die Textur dieſer Faſer eine Veränderung; das ſchuppenartige Ausſehen (unterm Mikroſkop) verſchwindet und die Wolle wird hart und brüchig.

Vor einiger Zeit brachte man auch ſogenannte Seidenwolle in den Handel, die den Griff und Glanz der Kokonſeide zeigte. Das Verfahren blieb nicht lange Geheimnis, und heute dürfte wohl die Herſtellung der Seidenwolle jedem Färber bekannt ſein. — Harte Wollgarne werden nach gründlichem Entfetten in einer dünnen Chlorkalklöſung kalt behandelt, abgeſäuert, hierauf bei 70° C. geſeift und dann nochmals abgeſäuert. Das Chloren ruft den Glanz hervor (dasſelbe kann übrigens auch durch eine Behandlung mit Salpeterſäure erreicht werden), die

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

auf der Faſer ausgeſchiedene Fettſäure verurſacht das „Krachen". Der Artikel hat die anfängliche Beachtung verloren, jedenfalls auch aus dem Grunde, weil ſich der Griff mit der Zeit verliert und die Garne einen fettigen Geruch annehmen.

Verwebt man chlorierte mit gewöhnlicher Wolle zu Stücken und färbt letztere mit geeigneten Farbſtoffen, ſo erhält man leicht zweifarbige Effekte, indem die chlorierte Wolle ſich weſentlich dunkler anfärbt als die gewöhnliche. Bei Einhaltung gewiſſer Vorſchriften gelingt es ſogar, die nichtchlorierte Wolle in ſolchen Stücken nahezu weiß zu erhalten.

Eine andre Verwendung findet das Chloren der Wolle bei der Herſtellung von wollenen Wirkwaren, die durch Wäſche nicht einſchrumpfen ſollen. Man behandelt zu dieſem Zwecke die entfettete Wolle zuerſt mit verdünnter Salzſäure, hierauf in einem Bade, das 10—15% Chlorkalk vom Gewichte der Ware enthält, ſäuert dann wieder ab und ſpült zum Schluſſe ſorgfältig in reinem Waſſer. Allerdings haben ſo behandelte Waren eine ſchwach gelbliche Färbung angenommen und etwas von ihrem weichen Griff und ihrer Elaſtizität verloren. *A. Singer.*

Chloride nennt man die Verbindungen des Chlors mit den Grundſtoffen und verſchiedenen, beſonders organiſchen Radikalen. Als Chloride im engeren Sinne bezeichnet man die in ihrer Zuſammenſetzung von den Oxyden ſich ableitenden Chlorverbindungen, während die Chlorüre den Oxydulen entſprechen. Die wichtigſten Chloride ſind die der Metalle, die mit wenigen Ausnahmen (z. B. Kochſalz) unter dem von dem betreffenden Metalle abgeleiteten Stichworte (z. B. Bleichchlorid) zu finden ſind. *Bujard.*

Chlorieren, ſ. Gold, Röſten und Schmelzen.

Chlorimetrie (Chlorometrie), quantitative Beſtimmung der im Chlorkalk und in ähnlichen Bleichmitteln enthaltenen Menge Chlor.

Die Methoden der Chlorimetrie ſind ſehr zahlreich; ſie beruhen jedoch ſämtlich auf der Eigenſchaft des Chlors und der unterchlorigen Säure, bei Gegenwart von Waſſer oxydierend zu wirken. Entweder wird die Menge einer oxydierbaren Subſtanz beſtimmt, die durch eine abgewogene Menge Chlorkalk oxydiert wird, oder umgekehrt die Menge Chlorkalk, die zur Oxydation einer bekannten Menge der oxydierbaren Subſtanz erforderlich iſt. Am häufigſten dienen arſenige Säure und ſchwefelſaures Eiſenoxydul als oxydierbare Körper. Der Chlorgehalt wird entweder in Gewichtsprozenten (Deutſchland, England, Amerika, Rußland) oder in Graden (Frankreich) angegeben. Letztere drücken aus, wie viel Liter Chlorgas aus 1 kg Chlorkalk entwickelt werden können (bei 0° und 760 mm Barometerſtand). Multipliziert man die franzöſiſchen Grade mit 0,318, ſo erhält man die Gewichtsprozente.

Literatur: Wagner-Fiſcher, Chemiſche Technologie, 14. Aufl., Leipzig 1893.

Chlorite, waſſerhaltige Magneſiatonerdeſilikate, in denen MgO auch durch FeO, Al_2O_3 durch Fe_2O_3 vertreten ſein kann.

Sie ſind ſehr leicht ſpaltbar, beinahe wie Glimmer, aber die einzelnen Blättchen ſind nicht ſo elaſtiſch wie dieſer. Die Farbe iſt meiſt grün in verſchiedenen Tönen, ſelten gelb und rot. Sie ſind ſchwer ſchmelzbar, beſonders wenn arm an Eiſen, blättern ſich vor dem Lötrohr auf und werden von Säuren teilweiſe angegriffen und zerſetzt. Ihren Waſſergehalt geben ſie erſt beim Glühen ab. Man unterſcheidet: 1. Pennin, kriſtalliſiert rhomboedriſch. Bläulichgrün, durchſichtig bis durchſcheinend. Härte 2,5, ſpez. Gew. 2,6—2,8. Vor dem Lötrohr ſich aufblätternd und zu Email ſchmelzbar. Wird von Salzſäure unter Ausſcheidung von flockiger Kieſelſäure zerſetzt. — 2. Klinochlor, Ripidolit, kriſtalliſiert monoklin. Bläulich- bis ſchwärzlichgrün. Härte 2, ſpez. Gew. 2,55—2,8. — 3. Chlorit, lauch- bis ſchwärzlichgrün, durchſcheinend, ſchwach glänzend, mitunter perlmutterartig, ſehr mild und weich. Härte 1, biegſam aber nicht elaſtiſch, ſpez. Gew. 2,78—2,95. Schwer ſchmelzbar; wird von konzentrierter Schwefelſäure zerſetzt. Viel verbreitet als ſogenannte chloritiſche Subſtanz, Chlorit, Chloritoid u. ä. in älteren kriſtallinen Schiefern, dann als Umwandlungsprodukte von Augit, Hornblende, Biotit u. ſ. w. in Eruptivgeſteinen, dieſen bei körniger Beſchaffenheit und feiner Verteilung eine gewiſſe Zähigkeit verleihend. *Leppla.*

Chloritgneis wird ein Gneis genannt, der ſtatt des Glimmers Chlorit (ſ. d.) neben Quarz und Feldſpat führt. Seltene, meiſt grobfaſerige Einlagerung in der Gneisformation; techniſch bedeutungslos. *Leppla.*

Chloritſchiefer, ein vorwiegend aus Chloritſchuppen beſtehender kriſtalliner Schiefer, der außerdem noch Quarz, Hornblende, Granat, auch wohl Glimmer, Epidot und Magneteiſen enthält. Führt häufig noch als ſpätere Umwandlungsprodukte auf Klüften Serpentin, Magneſit, Dolomit u. ſ. w. Untergeordnet und techniſch ohne Bedeutung. *Leppla.*

Chlorittopfſtein, eine Abart der Topfſteine (Magneſiaſilikate), beſteht faſt vollſtändig aus Chlorit, deſſen Lamellen bald mikroſkopiſch klein, bald mehrere Millimeter lang ſind; er wird immer beträchtlich von Säuren angegriffen.

Chlorittopfſteine kommen vor zu Menteſchens in der Gemeinde Offola, in der Umgegend von Pignerolles, zu Campri in der Gemeinde Camandona bei Bielle, zu Balma della Vessce in der Gemeinde Ala in Piemont, zu Trondhjem in Norwegen, Patten in Unterkanada, Gya und Dajpoor in Indien und dienen als Schleif- und Putzmittel. *Leppla.*

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Chlorkadmium, f. v. w. Kadmiumchlorid (f. d.).

Chlorkalium, f. v. w. Kaliumchlorid (f. d.).

Chlorkalk (Bleichkalk, Bleichpulver, Bleaching powder) enthält als wirkſamen Beſtandteil das unterchlorigſaure Calcium oder Calciumhypochlorit $Ca(OCl)_2$, gemiſcht mit Calciumchlorid und Kalkhydrat. Die beiden Salze, das Hypochlorit und das Chlorid, ſind wahrſcheinlich chemiſch vereinigt: $Ca(OCl)_2 + CaCl_2 = 2\,CaOCl_2$. Der Chlorkalk bildet ein weißes, mehr oder weniger lockeres, oft mit zuſammengeballten Klumpen durchſetztes Pulver, das bis auf einen Rückſtand von unzerſetztem Calciumoxydhydrat in Waſſer löslich iſt.

Es zerſetzt ſich leicht beim Erwärmen oder bei der Berührung mit oxydierbaren Subſtanzen unter Abgabe von Chlor. Auch durch Säuren wird es leicht unter Chlorentwicklung zerlegt:

$$Ca(OCl)_2 + 4\,HCl = CaCl_2 + 2\,H_2O + 2\,Cl_2$$

$$Ca(OCl)_2 + CaCl_2 + 2\,H_2SO_4 = 2\,CaSO_4 + 2\,H_2O + 2\,Cl_2.$$

Chlorkalk iſt ein ſtarkes Gift, beſonders für niedere tieriſche und pflanzliche Organismen. Die Wirkung des Chlorkalks beruht hauptſächlich auf der leichten Chlorabgabe. — Zur Darſtellung des Chlorkalks läßt man in gemauerten, eiſernen oder bleiernen Kammern Chlor bei niedriger Temperatur mit dünn aufgeſchichtetem, nach einiger Zeit umzuarbeitendem, zu trockenem Pulver gelöſchtem Kalk in Berührung kommen. Hierbei findet folgende Umſetzung ſtatt:

$$2\,Ca(HO)_2 + 2\,Cl_2 = Ca(OCl)_2 + CaCl_2 + 2\,H_2O.$$

Nach erfolgter Abſättigung des Kalkpulvers mit Chlor wird es, nötigenfalls nach vorherigem Sieben, direkt verpackt. Der fertige Chlorkalk ſollte etwa 36% wirkſames (durch Säuren abſcheidbares) Chlor enthalten. Aus 64 Teilen Kalkpulver erhält man 100 Teile 36gradigen Chlorkalk. Die theoretiſche Chlormenge ſollte 49% betragen. Auf dieſe Zahl kommt die Praxis nicht. Die wirkſame Chlormenge kann man durch Titrieren oder mit dem Lungeſchen Gasvolumeter beſtimmen nach den Regeln der Analyſe. In Frankreich drückt man den Gehalt des Chlorkalkes an wirkſamem Chlor nach „Gay-Luſſacs“ Graden aus, welche die Anzahl Liter Chlorgas, entwickelt aus 1 kg Chlorkalk, angeben. Auf elektrolytiſchem Wege wird Chlorkalk ebenfalls dargeſtellt. Die Herſtellung beſteht darin, daß man bei der Elektrolyſe wäſſeriger Löſungen der Alkalichloride das an der Anode auftretende Chlor mit Calciumoxydhydrat vereinigt. — Sehr eingehend iſt die Chlorkalkgewinnung als Nebenzweig der Sodainduſtrie, aber auch in Vergleich mit andern Chlorkalkverfahren in [1] geſchildert. Anwendungen: als Bleichmittel in der Baumwoll-, Leinen- und Papierinduſtrie, als Desinfektionsmittel und in zahlreichen Zweigen der chemiſchen Induſtrie als Chlorierungs- und Oxydationsmittel. — Vorläufig ſind die wichtigſten Bezugsquellen für Chlorkalk noch die Leblanc-Sodafabriken.

Literatur: [1] Lunge, Sodainduſtrie, 2. Aufl., 3 Bde., Braunſchweig 1893/96. — [2] Stohmann und Kerl, Encyklop. Handbuch der techniſchen Chemie, 4. Aufl., Braunſchweig 1889. — [3] Wagner-Fiſcher, Chemiſche Technologie, 14. Aufl., Leipzig 1893. *Bujard.*

Chlorkalkauflöſer, f. Bleichen.

Chlorkalkbleiche, die in der Papierfabrikation jetzt am häufigſten zur Entfärbung des Halbzeuges verwendete Bleichmethode, bei der das Halbzeug mit in Waſſer vermengtem Chlorkalk gemiſcht und das Chlor durch Zerſetzung mittels Säure frei wird; ſ. Papierfabrikation. *M. Kraft.*

Chlorkohlenoxyd, Kohlenoxychlorid, Karbonylchlorid oder gewöhnlich Phosgen, das dem hypothetiſchen Kohlenſäurehydrat entſprechende Säurechlorid, beſitzt die Konſtitution $CO\langle^{Cl}_{Cl}$.

Es iſt ein farbloſes, erſtickend riechendes Gas von heftiger Wirkung auf die Atmungsorgane, das ſich in einer Kältemiſchung leicht zu einer farbloſen Flüſſigkeit kondenſiert. Dieſe ſiedet bei $+8{,}2^\circ$, beſitzt bei 0° das ſpez. Gew. 1,432 und erſtarrt noch nicht bei -75°. In Benzol iſt das Phosgen ſehr leicht löslich. Es iſt eine äußerſt reaktionsfähige Verbindung. Von Wichtigkeit iſt ſeine Fähigkeit, mit Benzolkohlenwaſſerſtoffen und deren Derivaten unter Verkettung der Karbonylgruppe $-CO-$ mit zwei aromatiſchen Reſten zu reagieren, eine Reaktion, die für die Technik ſich nutzbringend erwieſen hat (ſ. unten), z. B.

$$COCl_2 + 2\,C_6H_5 \cdot N(CH_3)_2 = CO\langle^{C_6H_5 \cdot N(CH_3)_2}_{C_6H_5 \cdot N(CH_3)_2} + 2\,HCl$$

Dimethylanilin — Tetramethyldiamidobenzophenon.

Das Phosgen entſteht durch direkte Vereinigung von Kohlenoxyd und Chlor, beſonders unter Wirkung des Sonnenlichts. Auch zur Darſtellung im großen Maßſtab in den Fabriken bedient man ſich dieſer Reaktion; jedoch hat ſich bei den großen Maſſen der aufeinander einwirkenden Gaſe eine Beſtrahlung durch das Sonnenlicht als unnötig erwieſen. Es kommt nur darauf an, möglichſt reines Kohlenoxydgas in Anwendung zu bringen. Dasſelbe ſtellt man am beſten durch Ueberleiten von reiner Kohlenſäure über geglühten Zinkſtaub dar [2]. Die beiden Gaſe läßt man dann in Gefäßen, die mit gepulverter Knochenkohle gefüllt ſind, zuſammentreten, leitet das entſtandene gasförmige Phosgen, um es von überſchüſſigem Chlor zu befreien, über erwärmtes Antimon und gewinnt es nun, indem man es entweder durch Abkühlen kondenſiert oder indem man es in abgekühltem Benzol auffängt. Solche Benzollöſungen, die in Glasröhren eingeſchmolzen verſendet werden, ſind auch im Handel zu haben; doch werden die eiſernen

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Druckflaschen mit kondensiertem Phosgen nicht mehr angetroffen, da die Farbenfabriken sich die Verbindung selbst darstellen. Das Phosgen dient namentlich zur Herstellung von Kristallviolett und des Tetramethyldiamidobenzophenons (s. oben), des Ausgangsmaterials zur Darstellung von Viktoriablau, Auramin u. s. w. [3]. Weiteres über Phosgen s. unter [1].

Literatur: [1] Beilstein, Handbuch der organ. Chemie, 3. Aufl., Hamburg und Leipzig 1893, Bd. 1, S. 546. — [2] Meyer und Jacobson, Lehrbuch der organ. Chemie, Leipzig 1893, Bd. 1, S. 1040, Anm. 2. — [3] Caro, Ueber die Entwicklung der Teerfarbenindustrie, Vortrag, Berichte der deutschen chem. Gesellschaft, Bd. 25, Referate, S. 1062. *Bujard.*

Chlormagnesia oder Magnesiableichflüssigkeit entspricht in ihren Eigenschaften den aus Chlorkalk hergestellten Bleichflüssigkeiten (s. Chlorkalk). Man erhält sie durch Umsetzung einer Chlorkalklösung mit Magnesiumsulfat (Bittersalz) oder durch Einleiten von Chlor in Wasser, in dem gebrannte Magnesia verteilt ist. Sie dient als Bleich- und als Desinfektionsmittel. *Bujard.*

Chlormetalle, s. Chloride.

Chlormethyl, Methylchlorid, Monochlormethan, Mol.-Gew. 50,5, eine organische Verbindung der Zusammensetzung CH_3Cl.

In dem Methan oder Sumpfgas CH_4 läßt sich ein Wasserstoffatom um das andre durch Chlor substituieren. Man erhält so folgende substituierte Methane: 1. das Chlormethyl oder Monochlormethan CH_3Cl; 2. das Methylenchlorid oder Dichlormethan CH_2Cl_2; 3. das Chloroform oder Trichlormethan $CHCl_3$; 4. den Tetrachlorkohlenstoff oder Tetrachlormethan CCl_4. Für die organische Synthese sind dieselben von hervorragender Bedeutung, weil das Halogen in ihnen nur leicht gebunden ist und es somit gelingt, durch doppelten Austausch den Alkylrest (s. Aethyl) in andre organische Verbindungen einzuführen (s. z. B. Aceteffigesterfynthesen). Weiteres über Halogensubstitutionsprodukte s. unter [1].

Das Chlormethyl ist ein süßlich riechendes Gas — die übrigen Halogensubstitutionsprodukte sind meist flüssig, die niedrigmolekularen sind Gase, die hochmolekularen fest —, das sich jedoch durch Einwirkung starker Kälte zu einer farblosen Flüssigkeit verdichtet, die bei -22^0 siedet. In Wasser sind 4 Volumen, in Alkohol 35 Volumen Chlormethyl löslich. — Im Laboratorium gewinnt man das Gas durch Erhitzen eines Gemenges von 1 Teil Methylalkohol, 2 Teilen Chlornatrium und 3 Teilen Schwefelsäure (Dumas-Peligot), oder durch Einleiten von gasförmiger Salzsäure in kochenden Methylalkohol unter Zusatz von 1 Teil Chlorzink auf 2 Teile Methylalkohol (Groves). Das entweichende Chlormethyl wird dann mit Kalilauge gewaschen und mit Schwefelsäure getrocknet. — Das komprimierte und in Metallzylindern in den Handel gebrachte flüssige Chlormethyl wird in Frankreich fabrikmäßig aus der Schlempe der Rübenzuckermelassen nach dem Verfahren von Vincent gewonnen, indem man den Abdampfungsrückstand derselben trocken destilliert. Man erhält so ein wässeriges Destillat, das neben Methylalkohol und Ammoniaksalzen Salze des Trimethylamins und andrer methylierter Amine enthält, die aus dem in den Rüben enthaltenen Betaïn (s. d.) entstanden sind. Durch Erhitzen des salzsauren Trimethylamins mit Salzsäure werden die Methylgruppen nach folgender Gleichung als Chlormethyl abgespalten:

$$\underset{\text{Trimethylamin}}{N(CH_3)_3} + \underset{\text{Salzsäure}}{4HCl} = 3\underset{\text{Chlormethyl.}}{CH_3Cl} + NH_4Cl$$

Das entweichende Gas wird dann, wie oben angegeben, gereinigt, getrocknet und zur Flüssigkeit komprimiert. Das Chlormethyl fand zeitweilig Verwendung zur Herstellung methylierter Teerfarben und zur Eisfabrikation, doch ist dieselbe jetzt wohl bedeutend eingeschränkt worden. Es dient ferner zur Herstellung von reinem Chloroform. Auch in der Medizin benutzt man es als lokales Anästhetikum, indem es durch seine Verdunstungskälte Empfindungslosigkeit der behandelten Stelle hervorruft. Das Anästhetikum „Compound liquid-Richardson" ist eine gesättigte Lösung von Chlormethyl in Chloroform.

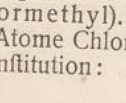
Literatur: [1] Beilstein, Handbuch der organ. Chemie, 3. Aufl., Hamburg und Leipzig 1893, Bd. 1, S. 141—200; Schmidt, Pharm. Chemie, organ. Teil, Braunschweig 1901. *Bujard.*

Chlornatrium, s. v. w. Kochsalz (s. Salz).

Chlornatron, Natronbleichflüssigkeit, Eau de Labarraque, auch als Eau de Javelle oder Javellesche Lauge verkauft, besteht aus einer Lösung von unterchlorigsaurem Natrium in Wasser.

In ihrer Wirkung ist sie einer Chlorkalklösung (s. Chlorkalk) ganz gleich. Man erhält die Flüssigkeit durch Umsetzung von Chlorkalklösungen mit Soda $Ca(OCl)_2 + Na_2CO_3 = CaCO_3 + 2NaOCl$, kann sie auch durch Einleiten von Chlor in wässerige Lösungen von Natriumhydrat oder Soda darstellen. — Sie wird in Haushaltungen und Wäschereien sehr viel als Bleichmittel (vgl. Bleichen) und Fleckwasser angewendet. — Durch Ueberleiten von Chlor über schwach wasserhaltige calcinierte oder über kristallisierte Soda werden auch feste Bleichsalze erhalten, die aber der Hauptmenge nach unzersetzte Soda mit nur geringen Mengen Natriumhypochlorit enthalten, und unter den verschiedensten Namen: Bleichsoda, Chlorozon, Essence de Boulogne in den Handel gebracht. *Bujard.*

Chloroform, Trichlormethan, Formyltrichlorid, Mol.-Gew. 119,5, eine organische Verbindung, gehört zu den Halogensubstitutionsprodukten der Fettkohlenwasserstoffe (s. Chlormethyl). Es ist ein Methan, in dem 3 *H*-Atome durch 3 Atome Chlor ersetzt sind, und demgemäß besitzt es die Konstitution:



oder $CHCl_3$.

Die entſprechenden Brom- bezw. Jodverbindungen ſind das Bromoform $CHBr_3$ und das Jodoform CHJ_3. Das Chloroform iſt eine farbloſe, leicht bewegliche neutrale Flüſſigkeit von ſüßlichem Geruch und Geſchmack, in einer Kältemiſchung von Kohlenſäure und Aether erſtarrt es, ſchmilzt dann bei — 70°, ſiedet bei + 62,05° (Normalluftdruck 760 mm) und beſitzt bei 15° das ſpez. Gew. 1,502. Das Chloroform iſt wenig in Waſſer löslich, mit Alkohol, Aether, Fetten und ätheriſchen Oelen in allen Verhältniſſen miſchbar. Seine Dämpfe ſind nicht brennbar. Beim Einatmen derſelben erzeugt das Chloroform Bewußt- und Gefühlloſigkeit und iſt daher unter den anäſthetiſchen Mitteln (ſ. Anaesthetica) bei weitem das wertvollſte. Jedoch hält ſich das Chloroform beim Aufbewahren nicht; es entſtehen unter dem Einfluß von Licht und feuchter Luft Chlor und Salzſäure, Chlorkohlenoxyd (ſ. d.) und Chlorkohlenſtoff. Da die Gegenwart geringer Mengen Alkohol die Haltbarkeit erhöht, ſo enthält auch das offizinelle Chloroform (das Chloroform der Apotheken) bis zu 1% Alkohol (ſ. unten). Chlor wirkt auf Chloroform ſubſtituierend und bildet Tetrachlorkohlenſtoff; mit alkoholiſchem Kali entſteht beim Erhitzen ameiſenſaures Kali. Mit alkoholiſchem Ammoniak bildet das Chloroform beim Erwärmen oder bei Gegenwart von Kalilauge ſchon bei gewöhnlicher Temperatur und unter energiſcher Reaktion Cyanammonium bezw. Cyankalium. Charakteriſtiſch für das Chloroform und gleichzeitig die primären Amine (ſ. Aethylamin und Anilin) und daher auch zu ihrem Nachweis dienend iſt die von A. W. Hofmann entdeckte äußerſt empfindliche Reaktion, wonach dieſe Subſtanzen bei Gegenwart von alkoholiſchem Kali nach folgender Gleichung aufeinander einwirken. Z. B.:

$$\underset{\text{Chloroform}}{CHCl_3} + \underset{\text{Anilin}}{C_6H_5NH_2} + 3KOH = \underset{\text{Iſobenzonitril.}}{C_6H_5NC} + 3KCl + 3H_2O$$

Es entſtehen hierbei die durch ihren fürchterlichen Geruch gekennzeichneten Iſonitrile. Das Chloroform entſteht bei der Einwirkung von Chlor auf Methane, auf Methylalkohol, bei der Deſtillation von Aethylalkohol, Aceton, eſſigſauren Salzen, Terpentinöl und einigen andern organiſchen Verbindungen, z. B. bei der Zerſetzung von Chloral mit Aetzalkalilauge.

Techniſch wird das Chloroform durch Deſtillation von Alkohol mit Chlorkalk gewonnen [2]. In gefchloſſenen eiſernen Gefäßen von etwa 1,4 m Höhe und 2 m Durchmeſſer, die ein Rührwerk, je ein Einleitungsrohr für Dampf und für Waſſer, das Ableitungsrohr für das abdeſtillierende Chloroform und das Einfülloch für den Chlorkalk enthalten, wird eine Miſchung von verdünntem Alkohol und Chlorkalk in den geeigneten Verhältniſſen mittels Dampfes unter Umrühren auf 40° erwärmt. Durch die eingetretene Reaktion ſteigt die Temperatur; bei 45° wird das Rühren eingeſtellt; bei 60° iſt der Höhepunkt der Reaktion erreicht. Das gebildete Chloroform geht als feiner Sprühregen durch das Kühlrohr. Unter Umſtänden kann die Reaktion ſehr heftig werden, ja ſogar zu Exploſionen Veranlaſſung geben. Dies ſucht man zu verhindern, indem man den Apparat durch überfließendes kaltes Waſſer kühlt. Das Deſtillat iſt ein Gemenge von verdünntem Alkohol und Chloroform und wird ſo lange in derſelben Vorlage aufgefangen, als es mit Waſſer noch Chloroform abſcheidet. Bleibt das Deſtillat beim Verdünnen mit Waſſer klar, ſo läßt man nunmehr wieder das Rührwerk gehen und deſtilliert ſo lange, als noch nennenswerte Mengen Alkohol übergehen. Dieſes zweite Deſtillat wird in Druckgefäßen aufgefangen, in denen es zunächſt wieder auf die geeignete Konzentration gebracht wird, um nach Reinigung der Keſſel von der Kalkmilch in dieſelben zur Wiederholung der Operation zurückgepumpt zu werden. Das erſte Deſtillat, welches das Chloroform enthält, trennt ſich in zwei Schichten. Die obere, aus ſehr verdünntem Alkohol beſtehend, wird abgezogen, die untere, das Rohchloroform, zunächſt mit Waſſer gewaſchen und zur Zerſtörung andrer Chlorverbindungen mit konzentrierter Schwefelſäure geſchüttelt. Das ſo gereinigte Chloroform wird rektifiziert, wobei die zuerſt übergehenden, trüben (weingeiſthaltigen) Anteile geſondert aufgefangen, nochmals gewaſchen und rektifiziert werden. Zu 100 kg Chloroform ſind etwa 1300 kg Chlorkalk und 100 kg Alkohol erforderlich.

Zur Entſtehung des Chloroforms aus Alkohol und Chlorkalk iſt anzunehmen, daß der Alkohol zunächſt zum Aldehyd oxydiert, dieſer dann chloriert und das entſtandene Chloral durch den nun vorhandenen Aetzkalk in Ameiſenſäure und Chloroform geſpalten wird:

1. $$\underset{\text{Aethylalkohol}}{4C_2H_5OH} + \underset{\substack{\text{Calciumhypo-}\\\text{chlorit}}}{2Ca(OCl)_2} = \underset{\text{Aldehyd}}{4C_2H_4O} + \underset{\substack{\text{Chlor-}\\\text{calcium}}}{2CaCl_2} + \underset{\text{Waſſer.}}{4H_2O}$$

2. $$4C_2H_4O + 6Ca(OCl)_2 = \underset{\text{Chloral}}{4C_2HCl_3O} + \underset{\text{Calciumhydroxyd}}{6Ca(OH)_2}$$

3. $$\underset{\text{Chloral}}{4C_2HCl_3O} + 2Ca(OH)_2 = \underset{\text{Chloroform}}{4CHCl_3} + \underset{\text{Calciumformiat (ameiſenſaures Calcium).}}{2Ca(CHO^2)_2}$$

Die durch die letzte Gleichung ausgedrückte Reaktion liegt ebenfalls einer ſchon beim Chloralhydrat erwähnten Darſtellungsmethode zugrunde; das durch Erwärmung von Chloralhydrat mit Kalilauge gewonnene Chloroform iſt wegen ſeiner Reinheit beſonders geſchätzt. — Nach Orndorffs Vorſchlag [2] kann der Alkohol ferner durch Aceton erſetzt werden. — Die Ausbeute ſoll 108% des angewendeten Acetons betragen. Auch hier muß man annehmen, daß das Aceton erſt in Trichloraceton übergeführt und dieſes dann in Chloroform und Eſſigſäure geſpalten wird. — In Frankreich wird Chloroform durch weiteres Chlorieren von Chlormethyl (ſ. d.) gewonnen. Verſuche, das Chloroform elektrolytiſch darzuſtellen, ſind ſchon gemacht worden, indem man eine ſiedende Kochſalzlöſung, in die Acetondämpfe eingeleitet wurden, der Elektrolyſe unterworfen hat. — Der Verwendung des Chloroforms als Anäſthetikum wurde oben ſchon gedacht. Die Grundbedingung eines normalen Verlaufs der Chloroformnarkoſe iſt die völlige Reinheit des verwendeten Chloroforms, eine Bedingung, der wegen der Empfindlichkeit der Subſtanz gegen die Luftfeuchtigkeit nicht leicht entſprochen werden kann.

Das ſogenannte Chloroform-Pictet, das dieſe Bedingung erfüllen ſoll, wird dargeſtellt durch Gefrierenlaſſen des offizinellen Chloroforms bei — 70—80°, wobei das Chloroform ſich in langen Kriſtallen abſcheidet, und Abſchleudern der flüſſig gebliebenen Anteile, welche die

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Fremdkörper enthalten. Das wieder verflüſſigte Chloroform wird durch Alkoholzuſatz auf das vom Arzneibuch für das Deutſche Reich vorgeſchriebene ſpez. Gew. 1,485—1,489 (ſo niedrig infolge des beigemiſchten Alkohols) gebracht und ſtellt dann das zum Anäſthetieren gebrauchte Präparat dar. Aber geſetzt auch, daß es völlig gelänge, alle Fremdſtoffe durch Gefrierenlaſſen zu entfernen, ſo erhebt ſich dennoch die Frage, ob ſolche beim Aufbewahren nicht wieder in das Präparat gelangen. Von dieſer Erwägung geleitet, hat R. Anſchütz [3] vorgeſchlagen, das von ihm durch Erhitzen von Salizylid mit überſchüſſigem Chloroform gewonnene und prachtvoll kriſtalliſierende Salizylidchloroform zur Bereitung von reinem Chloroform zu benutzen, indem man, da die Verbindung beim Erhitzen für ſich das Chloroform wieder abſpaltet, ſo in den Stand geſetzt iſt, ſich die gerade nötige Menge Chloroform mit Leichtigkeit jedesmal friſch darzuſtellen. Aber auch hier iſt es fraglich, ob das Salizylidchloroform nun ſeinerſeits gegen den Einfluß von Licht und Luft haltbar iſt. — Je nach der Darſtellungsmethode unterſcheidet man im Handel Alkoholchloroform, Acetonchloroform und Chloralchloroform, die aber, chemiſch rein dargeſtellt, ſich in jeder Beziehung, auch in phyſiologiſcher, vollſtändig gleichwertig ſind. — Ueber den Nachweis von Chloroform in toxikologiſchen Fällen ſ. die einſchlägigen Spezialwerke [7]. — Fernerhin dient das Chloroform als Löſungsmittel für eine ganze Reihe von Subſtanzen, wie Harze, Kampfer, Guttapercha, Kautſchuk, Alkaloide, Jod, Brom u. ſ. w. Schließlich iſt es neuerdings als wertvolles Antiſeptikum und zur Desinfektion der Leibwäſche empfohlen worden [4]. Das Chloroform wurde 1831 gleichzeitig von Liebig [5] und Soubeiran [6] entdeckt.

Literatur: [1] Beilſtein, Handbuch der organ. Chemie, 3. Aufl., Hamburg und Leipzig 1893, Bd. 1, S. 144. — [2] Fiſcher, F., Handbuch der chem. Technologie, Leipzig 1893, S. 620. — [3] Annalen der Chemie, Bd. 273, S. 94. — [4] Kirchner, Zentralblatt für Agrikulturchemie, Bd. 21, S. 860. — [5] Annalen der Chemie, Bd. 1, S. 198. — [6] Annales de chimie et de physique [2], Bd. 48, S. 131. — [7] Autenrieth, Kurze Anleitung zur Auffindung der Gifte u. ſ. w., Freiburg i. B. 1892; Bujard-Baier, Hilfsbuch für Nahrungsmittelchemiker, 2. Aufl., Berlin 1900. *Bujard.*

Chloropal wird entweder ein grüner Opal (ſ. d.) aus Ungarn oder auch ein mit einem waſſerhaltigen Eiſenoxydſilikat ($Fe_2Si_3O_9 + 3H_2O$) von der Beſchaffenheit des Nontronit innig vermengter Opal genannt. *Leppla.*

Chlorophan (Pyroſmaragd), grüne Varietät des Flußſpates von Nertſchinsk, ausgezeichnet durch ſtarkes Phosphoreszieren beim Erhitzen.

Chlorophyll, Blattgrün, Pflanzengrün (ſ. Farbſtoffe, pflanzliche), grüner Farbſtoff, zum Färben von künſtlichen Blumen, von Spielwaren, von Konditorwaren, auch von fetten und ſpirituöſen Lacken, wird fabrikmäßig aus Blättern, Gras u. ſ. w. dargeſtellt. Es iſt ziemlich lichtbeſtändig, verſchwindet aber bei Temperaturen über 30° C. vollſtändig. *Andés.*

Chloroſpinell, ſ. Spinell.

Chlorozon, ſ. Chlornatron.

Chlorplatin, ſ. Platinchloride.

Chlorqueckſilber, Kalomel oder Queckſilberhornerz, natürliches Queckſilberchlorür $HgCl$ (15% Cl, 85% Hg), kriſtalliſiert tetragonal. Graulich- bis gelblichweiß, diamantglänzend, ſehr mild; Härte 1—2, ſpez. Gew. 6,5. Vor dem Lötrohr auf Kohle flüchtig und ſublimierend; gibt mit Soda reines Queckſilber. Iſt in Salpeterſalzſäure vollſtändig, in Salzſäure teilweiſe löslich. Dient als pharmazeutiſches Präparat. *Leppla.*

Chlorſäure, eine der Formel $HClO_3$ entſprechende, nur als verdünnte, wäſſerige Löſung darſtellbare, leicht zerſetzliche, daher als ſolche techniſch unwichtige Säure. Große Bedeutung beſitzen einige ihrer Salze, beſonders das chlorſaure Kalium (ſ. Kaliumchlorat). *Bujard.*

Chlorſaures Kalium, ſ. Kaliumchlorat.

Chlorſaures Natrium, ſ. Natriumchlorat.

Chlorſchwefel, ſ. Schwefelchloride.

Chlorſilber, Kerargyrit, Hornſilber, Silberhornerz, Kerat, natürliches Silberchlorid $AgCl$ (73% Ag, 27% Cl), kriſtalliſiert regulär, meiſt derb; wenn rein, farblos, jedoch gewöhnlich grau und gelb, auch grünlich, violett und braun gefärbt; durchſcheinend bis durchſichtig; Fett- bis Diamantglanz; ſchneidbar und geſchmeidig. Härte 1—1,5, ſpez. Gew. 5,58—5,6. Vor dem Lötrohr ſchmelzbar und auf Kohle mit Soda zu Silber reduzierbar. Löſt ſich nur in Ammoniak, nicht in Säuren. In großer Menge vorkommend, iſt es für Silbergewinnung ſehr wichtig. Vgl. a. Silberchlorid. *Leppla.*

Chlorſilbergelatine, ein lichtempfindliches Präparat, das zur Herſtellung photographiſcher Diapoſitive und Kopierpapiere dient.

Löſt man Chlornatrium und Gelatine in Waſſer und fügt gelöſtes Silbernitrat hinzu, ſo entſteht ein äußerſt fein verteilter Niederſchlag von Chlorſilber, welcher in der Gelatine in Form einer Emulſion verteilt bleibt. Läßt man in ſolchen Chlorſilberemulſionen einen Ueberſchuß

von Silbernitrat, -zitrat oder -tartrat vorwalten und fügt zur Erhöhung der Haltbarkeit der ſenſiblen Schicht freie Zitronenſäure zu, ſo erhält man lichtempfindliche Schichten, die ſich im Lichte raſch und kräftig ſchwärzen und zur Herſtellung photographiſcher Auskopierpapiere (ſogenannter Ariſtopapiere) verwendet werden. Läßt man aber das lösliche Chlorid beim Miſchen der Emulſion vorwalten, wäſcht die Emulſionsgallerte mit Waſſer, um alle vorhandenen fremden löslichen Salze (Chloride, Nitrate) zu beſeitigen, und überzieht dann damit Glasplatten oder Papiere, ſo erhält man photographiſche Schichten, die ſich zwar nicht kräftig im Licht ſchwärzen, aber ſchon nach kurzer Belichtung ein nicht oder kaum ſichtbares Lichtbild geben, das ſich jedoch ſehr gut mit alkaliſchem Hydrochinonentwickler oder andern photographiſchen Entwicklern hervorrufen läßt. Dieſe Chlorſilbergelatine mit Entwicklung oder Hervorrufung findet vielfach Verwendung zur Herſtellung von photographiſchen Diapoſitiven (Laternbilder, Projektionsbilder); ſie beſitzt wohl geringere Lichtempfindlichkeit als Bromſilber, liefert aber einen wärmeren Farbenton und ein feineres Korn der Bildſchicht als Bromſilbergelatinebilder; Chlorſilbergelatinepapier mit Entwicklung wird auch Panpapier u. ſ. w. genannt. Chlorſilbergelatine auf Papier findet zur Herſtellung von photographiſchen Kopien Verwendung.

Chlorbromgelatine enthält ein Gemiſch von Chlorſilber und Bromſilber; es ſteht an Lichtempfindlichkeit zwiſchen beiden und gibt mit geeigneten Entwicklern ſchöne braune Bilder, die ſowohl zu Laternbildern als für photographiſche Papierbilder Verwendung finden. Die Chlorbrompapiere ſind mäßig empfindlich gegen Gaslicht, ſo daß man mit ihnen bei ſehr gedämpftem Gaslichte manipulieren kann; bei ſtark genähertem Gaslichte genügt jedoch für normale Negative eine Belichtung von mehreren Minuten, um ein entwicklungsfähiges latentes Lichtbild zu bekommen. Man nennt ſolche Papiere Gaslichtpapiere; hierher gehören das „Lentapapier“ der Neuen Photographiſchen Geſellſchaft in Steglitz-Berlin, das „Tardopapier“ von Riebenſahm & Poſſeldt in Berlin, „Tulapapier“ der Farbenfabriken vorm. Friedrich Bayer & Co. in Elberfeld, „Veloxpapier“ der Nepera Chemical Co., „Melapapier“ von H. Bauer und Chlorbromſilbergelatinepapier von E. A. Juſt in Wien u. a. Vgl. a. Ariſtopapier und Photographie.

Literatur: Eder, Ausführl. Handbuch der Photographie, 5. Aufl., Bd. 3, Halle a. S. 1903; Eder und Pizzighelli, Die Photographie mit Chlorſilbergelatine, Wien 1881; Juſt, Poſitivprozeß mit Gelatineemulſionspapier und Leitfaden für den Poſitiventwicklungsprozeß für Gelatineemulſionspapier, Wien 1890; Schnauß, H., Diapoſitive, 2. Aufl., Dresden 1897; Mercator, G., Die Diapoſitivverfahren, Halle 1897; Coulthurſt, How to make lantern slides, London 1898; Liesegang, Chlorſilberſchnelldruckpapier, 1901. *J. M. Eder.*

Chlorſilberkollodium, ein durch Miſchen von Kollodiumchlorſilber und Silbernitrat hergeſtelltes lichtempfindliches Gemiſch, das insbeſondere zur Herſtellung von Celloidinpapieren (ſ. d.) dient.

Chlorſtickſtoff NCl_3, eine Verbindung von Chlor mit Stickſtoff.

Er ſtellt ein gelbliches Oel (Dulongs exploſives Oel) von unangenehmem, ſtechendem Geruch und dem ſpez. Gew. 1,65 dar und iſt einer der gefährlichſten Körper, weil er häufig von ſelbſt, ſtets aber bei Berührung mit vielen organiſchen Körpern heftig explodiert. Weniger gefährlich ſind feine Löſungen in Schwefelkohlenſtoff, Benzol u. ſ. w. Er wird erhalten durch Einwirkung von Chlor auf eine konzentrierte Salmiaklöſung. *Bujard.*

Chlorſtrontium, ſ. v. w. Strontiumchlorid (ſ. d.).

Chlorüre, ſ. Chloride.

Chlorwaſſer, ſ. Chlor.

Chlorwaſſerbleiche, ſ. Papierfabrikation.

Chlorwaſſerſtoff, -ſäure, ſ. Salzſäure.

Chlorwismut, ſ. v. w. Wismutchlorid (ſ. d.).

Chlorzink, ſ. v. w. Zinkchlorid (ſ. d.).

Chörlein, ſ. Erker.

Chokolade, ſ. Schokoladefabrikation.

Chondrin (Knorpelleim), der bei anhaltendem Kochen mit Waſſer aus den nicht verhärtenden Knorpeln entſtehende Leim, der — im übrigen dem Knochenleim ſehr ähnlich — ſich von dieſem dadurch unterſcheidet, daß er aus ſeiner wäſſerigen Löſung durch Alaun, Bleiacetat und die meiſten Metallſalze gefällt wird. Dagegen liefert Queckſilberchlorid, das den Knochenleim fällt, keinen Niederſchlag. Beim Kochen mit verdünnter Schwefelſäure bildet das Chondrin nur Leucin, kein Glykokoll. Findet nur beſchränkte Anwendung. *Bujard.*

Choorie, ſ. Baſſiafett.

Chor, im allgemeinen der öſtliche Teil der chriſtlichen Kirchen. Der Name ſtammt aus altchriſtlicher Zeit, und zwar aus dem Gebrauch, während der Meſſe den Chorgeſang anzuſtimmen.

Dies geſchah durch die niedere Geiſtlichkeit, die ſich in der Mitte des Querſchiffes befand und zwar von Marmorſchranken umgeben, die an beiden Seiten Ambonen (Kanzeln) zum Ableſen der Evangelien und Epiſteln beſaßen (Fig. 1), deshalb hieß zunächſt dieſer Teil der Chor. Als dann in der romaniſchen Periode der Grundplan der Kirche eine Umgeſtaltung erfuhr, nannte man die Apſis mit dem unmittelbar daran anſtoßenden Quadrate den Chor (Fig. 2); die großen rheiniſchen und andern Biſchofskirchen erhielten Doppelchore, d. h. einen Oſt- und Weſtchor,

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

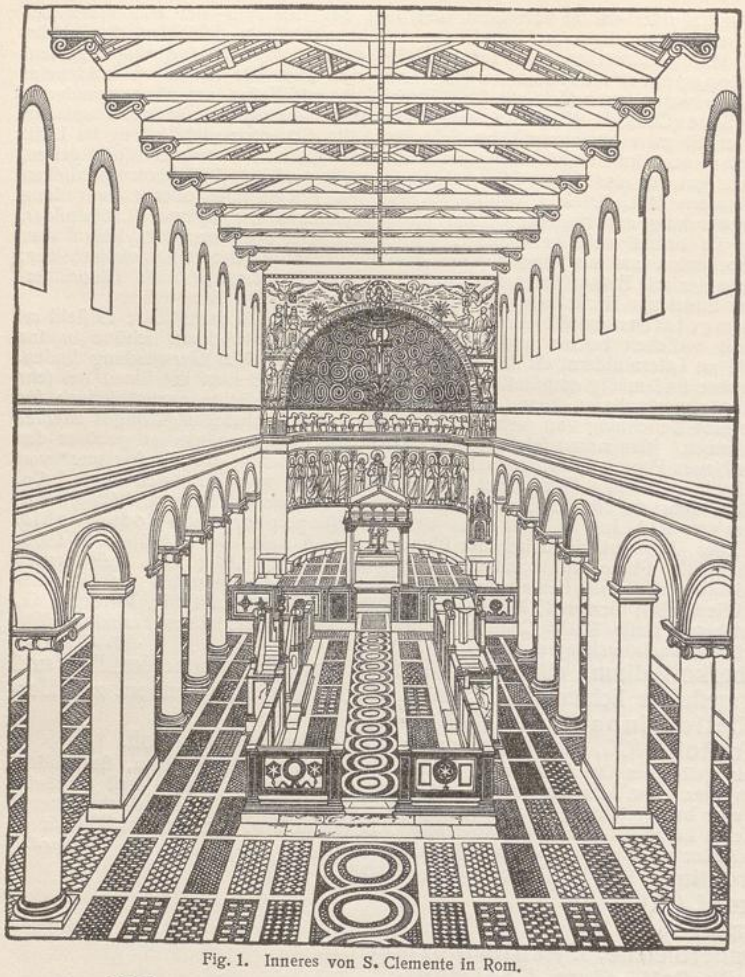


Fig. 1. Inneres von S. Clemente in Rom.

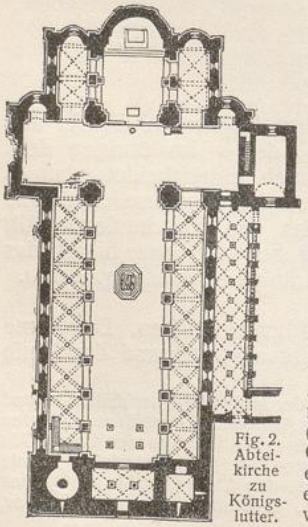


Fig. 2. Abteikirche zu Königslutter.

die erhöht über einer Krypta (f. d.) lagen (vgl. Baſilika, Fig. 6). In gotiſcher Zeit erhielt der Grundriß der Kirche zwar weſentliche Bereicherungen, aber die Lage des Chores änderte ſich wenig; immer hieß der Teil, der ſich in öſtlicher Richtung an das Querſchiff anlegte und den Hauptaltar, Hochaltar oder Choraltar enthielt, der Chor. Selbſt als ſpäter zum Teil der Chorgeſang und die Kirchenmuſik an das entgegengeſetzte Ende der Kirche verlegt wurde, und zwar an die Stelle, die ſich über dem Hauptportal befindet, behielt der obenerwähnte öſtliche Teil bis auf unſre Zeit den Namen Chor, während die weſtlich gelegene Galerie, welche die Orgel enthält, auch heute noch der Orgelchor genannt wird. Der Chor pflegte um einige Stufen höher zu liegen als der übrige Teil der Kirche und durch Chorſchranken (Cancelli) von dieſem getrennt zu ſein, zuweilen erfolgte die Trennung durch einen förmlichen Querbau mit einem Leſepult (Chorpult), der Chorbühne oder dem Lettner (ſ. d.). Außerdem enthielt der Chor, auch Chorhaus oder Altarhaus genannt, an den beiden Langſeiten der Wände Sitze für die Geiſtlichkeit. Dieſe hießen Chorſtühle oder das Chorgeſtühl. Im hohen Chor hing die Chorglocke, welche die nötigen Signale für den Chordienſt zu geben hatte; ſie war zuweilen auch in einem beſonderen Türmchen untergebracht, das als Dachreiter (ſ. d.) konſtruiert erſchien. Nach Oſten zu endete der Chor ſtets in eine Chorniſche oder Apſis, die in romaniſcher Zeit die Form eines Vierteiles einer hohlen Kugel annahm und Chorgewölbe, Niſchengewölbe oder Halbkuppel genannt wurde (vgl. Fig. 2). In der gotiſchen Periode wurde die Chorniſche ſtets polygon gebildet und mit einem Gewölbe verſehen, das aus Rippen beſtand, die ſich in einen gemeinſchaftlichen Schlußſtein vereinigten, und aus dazwiſchen eingewölbten Kappen (Fig. 3). Die Geſtaltung und namentlich die Endigung des Chores heißt der Chorſchluß. Im romaniſchen Stile erhält er die in Fig. 2 angegebene Geſtalt; die Apſis nimmt die Form eines Halbkreiſes an, und häufig iſt bloß eine einzige Niſche vorhanden. In der gotiſchen Periode haben wir den deutſchen

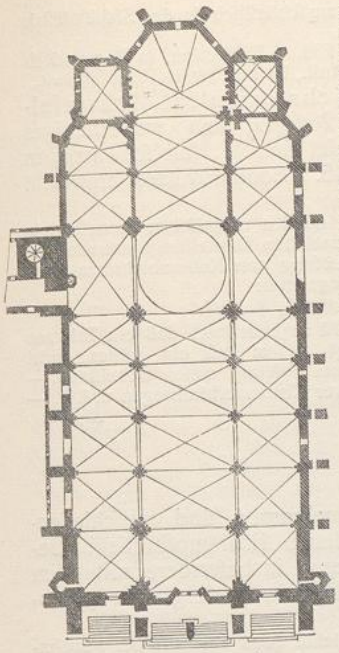


Fig. 3. Dom zu Regensburg.

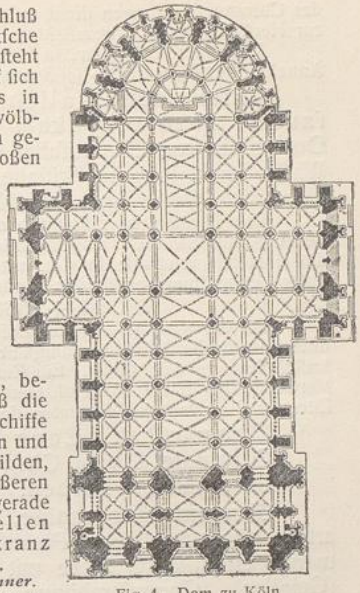


Fig. 4. Dom zu Köln.

und franzöſiſchen Chorſchluß zu verzeichnen. Die deutſche einfachere Chorbildung beſteht darin, daß das Hauptſchiff ſich jenſeits des Querſchiffes in zwei oder mehreren Gewölbjochen fortſetzt und dann gerade oder mit einer großen polygonen Apſis ſchließt; eine ähnliche Fortſetzung und Endigung zeigen die beiden Seitenſchiffe (vgl. Fig. 3). Der franzöſiſche Chorſchluß, der namentlich bei den großen fünfſchiffigen Kathedralen in Frankreich, aber ſpäter auch in Deutſchland vielfach angewendet wurde, beſteht zunächſt darin, daß die beiden inneren Seitenſchiffe um den Chor herumlaufen und den Chorumgang bilden, während ſich die äußeren Seitenſchiffe in eine ungerade Zahl von Chorkapellen auflöſen, die Kapellenkranz genannt werden (Fig. 4).

Weinbrenner.

Choragiſches Monument. In Griechenland erhielten die Choragen (Chorführer bei den muſiſchen Wettkämpfen) für ausgezeichnete Leiſtungen einen Dreifuß geſchenkt, den ſie an einem beſtimmten Orte aufſtellen konnten. Häufig nahmen nur eine Säule, zuweilen aber kleine Gebäude dieſen Dreifuß auf und bildeten ſo die choragiſchen Monumente. In Athen entſtand auf dieſe Weiſe eine ganze Straße, die Tripodenſtraße genannt wurde; das architektoniſch bedeutendſte Monument iſt das des Lyſikrates, im korinthiſchen Stile durchgeführt und noch ziemlich gut erhalten.

Weinbrenner.

Chordale (Potenzlinie), ſ. Kreis.

Chordalpunkt (Potenzmittelpunkt), ſ. Kreis.

Chriſtliche Kunſt iſt die geſetzmäßige Darſtellung der chriſtlichen Idee in ſinnlicher Form. Sie umfaßt zunächſt das Kirchengebäude, dann die ganze innere Ausſtattung desſelben mit den zum Kultus erforderlichen Utenſilien ſowie den Kirchenſchmuck an Bildwerken und Gemälden.

Literatur: Hübſch, H., Die altchriſtlichen Kirchen, Karlsruhe 1863; Otte, H., u. Wernicke, E., Handbuch der kirchlichen Kunſtarchäologie des deutſchen Mittelalters, Leipzig 1883; Kraus, F. X., Geſchichte der chriſtlichen Kunſt, 2 Bde., Freiburg 1896.

Weinbrenner.

Chriſtoflemetall, ſ. Neuſilber.

Chriſtophit, ſ. Zinkblende.

Chrom *Cr*, Atomgew. 52,5, ſpez. Gew. 6,5; weißliches, glänzendes, hartes Metall; in der Knallgasflamme nicht ſchmelzend; beim Erhitzen im elektriſchen Ofen wird es dünnflüſſig. An der Luft iſt es beſtändig und verhält ſich ſomit in dieſer Beziehung wie ein edles Metall. Von verdünnten Säuren, beſonders Salzſäure und Schwefelſäure, ferner von den Löſungen der Alkalioxydhydrate wird es ziemlich leicht gelöſt, konzentrierte Säuren greifen es langſamer, Salpeterſäure faſt gar nicht an.

Die Darſtellung erfolgte früher durch Reduktion des Chromoxydes in Regenerativgastiegelöfen oder in Gebläſeöfen, wobei man ſtets ein kohlenſtoffhaltiges Metall in Pulverform erhielt. Die von Wöhler [1] und Bunſen [2] angegebenen Darſtellungsmethoden beruhen auf der Zerlegung von Chromhaloidſalzen durch Natrium oder durch Elektrizität [3], ſind aber nicht für den Großbetrieb verwendbar. Vollkommen reines Metall erhielt erſt Moiſſan in ſeinem elektriſchen Ofen durch Reduktion von Chromoxyd mit Kohle (vgl. Calciumkarbid, Karbide und Schmelzöfen, elektriſche) im Jahre 1894. Einfacher und zur Gewinnung im großen geeigneter iſt die Herſtellung des reinen Chrommetalls nach dem Verfahren von Goldſchmidt durch Reduktion von Chromoxyd mittels Aluminiumfeile. (S. Aluminothermie.) Chrom findet ſich im Chromeiſenſtein $FeOCr_2O_3$ und ſeltener als Rotbleierz $PlCrO_4$. Zur Darſtellung

der Chromverbindungen dient erſterer. Anwendungen: Faſt ausſchließlich in der Stahlinduſtrie zur Herſtellung des Chromſtahles.

Literatur: [1] Wöhler, in Liebigs Annalen, Bd. 111, S. 230. — [2] Bunſen, in Poggendorfs Annalen, Bd. 91, S. 619. — [3] Borchers, Elektrometallurgie, 2. Aufl., Braunſchweig 1895. *Bujard.*

Chromalaun, Kalichromalaun, Kaliumchromiſulfat, ſchwefelſaures Chromoxydkali $Cr_2(SO_4)_3 \cdot K_2SO_4 + 24\,H_2O$, ein waſſerhaltiges Doppelſalz von Chromiſulfat und Kaliumſulfat, bildet tiefrote, faſt ſchwarze, in Waſſer leicht lösliche Kriſtalle vom ſpez. Gew. 1,845. Beim Erhitzen entweicht allmählich Waſſer und ſchließlich Schwefelſäure.

Der Chromalaun bildet ſich als Nebenprodukt bei den meiſten chemiſchen Prozeſſen, in denen Kaliumchromate als Oxydationsmittel dienen. Von ſpeziellen Darſtellungsmethoden ſei die einfachſte erwähnt: In eine mit Schwefelſäure verſetzte Löſung von Kaliumbichromat wird unter Vermeidung von ſtarker Erwärmung Schwefeldioxyd eingeleitet:

$$K_2Cr_2O_7 + H_2SO_4 + 3\,SO_2 = Cr_2(SO_4)_3 \cdot K_2SO_4 + H_2O.$$

Bei der Verarbeitung der Löſungen des Chromalauns iſt zu beachten, daß ein Erhitzen über 40° die Kriſtallifationsfähigkeit des Salzes beeinträchtigt, indem ſich ein grünes, nicht kriſtalliſierbares Salz bildet. Ein Zuſatz von etwas Salpeterſäure beſeitigt dieſen Uebelſtand. — Verwendung: In der Färberei, Gerberei, zur Darſtellung andrer Chromverbindungen u. ſ. w. — Literatur ſ. unter den Chromaten des Kaliums und Natriums. *Bujard.*

Chromartikel, ſ. Zeugdruck.

Chromate, ſ. v. w. Chromſäurefalze (ſ. d.).

Chromatik, ſ. Farben.

Chromatphotographie. Unter dieſem Sammelnamen ſind verſchiedenartige photographiſche Prozeſſe verſtanden, bei denen lichtempfindliche Gemenge chromſaurer Salze mit organiſchen Subſtanzen, insbeſondere mit Leim (Gelatine), Gummiarabikum, Fiſchleim, Zucker, Dextrin u. dergl. zur photographiſchen Bilderzeugung Verwendung finden.

Die genannten Gemiſche bräunen ſich nicht nur am Lichte (was übrigens bei gewöhnlichen mit Chromaten getränkten Papieren auch der Fall iſt), ſondern verlieren durch die Einwirkung des Lichtes ihre Löslichkeit oder Quellbarkeit im Waſſer oder ihre Klebrigkeit. Am lichtempfindlichſten erweiſen ſich trockene Gemiſche von Kalium- oder Ammoniumbichromat mit den erwähnten organiſchen Subſtanzen. Durch Lichtwirkung verliert das Kaliumbichromat einen Teil ſeines Sauerſtoffes, bräunt ſich und geht in CrO_2 (braunes Chromſuperoxyd) oder, was dasſelbe iſt, in $Cr_2O_3 \cdot Cr_2O_3 = 3\,CrO_2$ (chromſaures Chromoxyd) über; der Sauerſtoff oxydiert die organiſche Subſtanz, und das entſtandene braune Chromſuperoxyd macht (durch ſekundäre Wirkung z. B.) die Gelatine, Gummi, Eiweiß u. ſ. w. in Waſſer unlöslich. Die Gleichung, nach der dieſer Prozeß verläuft, iſt: $K_2Cr_2O_7 = K_2CrO_4 + CrO_2 + O$. Das hierbei entſtehende Kaliummonochromat (einfach chromſaures Kali, gelbes chromſaures Kali K_2CrO_4) iſt in Miſchung mit Gelatine viel unempfindlicher als das Bichromat und ſpielt demzufolge bei dieſem photochemiſchen Prozeſſe eine nebenſächliche Rolle. Bei ſehr langer Belichtung wird das braune Chromſuperoxyd (CrO_2), das ſich anfangs bildet, noch weiter zu grünem Chromoxyd (Cr_2O_3) reduziert, indem es noch einen Teil ſeines Sauerſtoffes abgibt: $2\,CrO_2 = Cr_2O_3 + O$. Das Chromoxyd macht die Gelatine ebenſo wie das Chromſuperoxyd unlöslich in warmem Waſſer, ſo daß mit fortgeſetzter Belichtung die Unlöslichkeit der Chromatgelatine ſteigt.

Der bekannteſte Chromatgelatineprozeß iſt der Pigmentdruck. Das hierzu verwendete Pigmentpapier iſt mit einem Gemiſch von Gelatine, Farbſtoff (Tuſche, Rötel u. ſ. w.) und Kaliumbichromat bedeckt. Beim Belichten desſelben unter einem photographiſchen Negativ wird die Gelatine unlöslich und hinterläßt beim Behandeln mit warmem Waſſer ein Chromatleimbild, das den einverleibten Farbſtoff eingeſchloſſen enthält und Bilder in beliebigen Farben gibt (ſ. Pigmentdruck). — Beim Gummidruck werden Gemiſche von Gummiarabikum mit Farbpulvern und Chromaten auf Papier aufgetragen und mit kaltem Waſſer entwickelt. — Pigmentbilder, die auf Metallplatten übertragen und mit warmem Waſſer entwickelt werden, ſtellen ein Relief von unlöslichem Leim dar (der als Aetzgrund dient), das durch geeignete Aetzmittel (ſ. Aetzen) eingeätzt und Heliogravür- oder Photogravürplatten liefert, die in der Kupferdruckpreſſe vervielfältigt werden. Oder man formt das Relief galvanoplaſtiſch ab und erhält ſogenannte Photogalvanographien; oder man preßt es mittels hydrauliſcher Preſſen in Bleiplatten, wobei man gleichfalls Druckformen erhält (Photoglyptie oder Woodburydruck). — Chromatgummi mit beigemiſchten Pigmenten geſtattet die Entwicklung des Lichtbildes mit kaltem Waſſer (ſ. Gummidruck). Gemiſche von Chromaten mit Fiſchleim ſind in kaltem Waſſer löslich und verlieren nach dem Belichten ihre Löslichkeit. Den Fiſchleimprozeß verwendet man namentlich zur Herſtellung von Autotypiekopien auf Zink, Kupfer oder Meſſing, die in kaltem Waſſer entwickelt werden; das zurückbleibende, unlösliche Fiſchleimbild wird durch Erhitzen (Einbrennen) noch widerſtandsfähiger gegen Aetzmittel, weshalb die Bilder leicht in Metall geätzt werden können; dieſe Methode (amerikaniſches Fiſchleim- oder Emailleverfahren) wird gegenwärtig meiſtens zur Herſtellung von Autotypieklifchees verwendet. Auch Chromateiweißſchichten werden bei photozinkotypiſchen Aetzungen als Aetzgrund benutzt; dieſe Schichten entwickeln ſich in kaltem Waſſer, ſind aber nicht ſo widerſtandsfähig beim Aetzen als eingebrannte Chromatfiſchleimſchichten. Gemiſche von Chromaten mit Gelatine werden im Lichte nicht nur unlöslich im Waſſer, ſondern ſie ſtoßen dieſes ab,

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

gleichzeitig gewinnen sie aber Anziehungskraft für fette Farbe. Belichtet man solche Schichten unter einem Negativ und walzt sie dann mit Fettfarbe ein, so haftet diese an den belichteten Stellen und es entsteht dadurch ein Bild in fetter Schwärze. (Anwendung im Lichtdruck, im photolithographischen Verfahren, s. Preffendruck, photographischer.) Anders ist die Entwicklung von Chromgelatine- oder Chromgummibildern durch Farbenpulver. Man belichtet sie unter einem Positiv. Dadurch verlieren die belichteten Stellen, indem sie unlöslich werden, ihre Klebrigkeit. Diese bleibt aber unter den schwarzen Stellen des Positivs, die kein Licht durchlassen, erhalten, so daß aufgestäubtes Farbenpulver an diesen Stellen haften bleibt (photographisches Einstaubverfahren). Stäubt man mit Porzellanfarbe ein, so lassen sich solche Bilder einbrennen. — Durch Quellen von Chromatgelatine in kaltem Wasser lassen sich auf photographischem Wege Reliefs (Photoreliefs) erzeugen. Um solche Quellreliefs auf Chromatgelatine herzustellen, benötigt man dicke Schichten. Man löst z. B. in 1 l Wasser 200 g Gelatine, die man mehrere Stunden lang weicht und dann erst in der Wärme löst, überzieht damit Papier 4—6 mm hoch, trocknet, wonach die getrocknete Schicht $^1/_2$—1 mm hoch am Papier bleibt; dann sensibilisiert man durch 5 Minuten langes Baden in 2—4 prozentiger Kaliumbichromatlösung. Das Papier wird dann getrocknet und unter einem dichten Negativ womöglich im Sonnenlichte belichtet. In kaltem Wasser schwellen dann die nicht belichteten Stellen zu einem stark entwickelten Relief an, das dann in Gips oder in ähnlichen Mitteln abgeformt werden kann. Eine andre Methode, bei der die belichteten Stellen das Relief bilden, gab Husnik an. Er gießt auf die Gelatinekopie eine kalte gesättigte Lösung von Kaliumbichromat auf und bürstet unter fortwährendem Reiben 2—3 Minuten. Die nicht belichteten Stellen absorbieren rasch die Lösung und werden so weich, daß sich durch Bürsten die weichen und aufquellenden Teile entfernen lassen, während die belichteten intakt bleiben und ein festes Relief bilden. Diese Reliefs werden auch als sogenannte Zurichtung für Illustrationsklischees für Buchdruckzwecke verwendet.

Literatur; Eder, Ausführliches Handbuch der Photographie, Bd. 4, Halle a. S.; Gädicke, J., Der Gummidruck, 2. Aufl., Berlin 1903; Liesegang, P. E., Der Kohledruck, 12. Aufl., Düsseldorf 1902; Liesegang, Ed., Photographische Schmelzfarbenbilder, 3. Aufl., Düsseldorf 1898; Schwier, K., Handbuch der Emailphotographie, 3. Aufl., Weimar 1885; Vogel, H. W., und Sawyer, J. R., Das photographische Pigmentverfahren, Berlin 1877. *J. M. Eder.*

Chrombraun, eine sehr beständige braune Malerfarbe, durch Fällen einer Lösung von gelbem chromsauren Kali mit einer Kupfersalzlösung und Trocknen des Niederschlages hergestellt.

Chrombronze, s. Blauholzlacke.

Chromchlorid Cr_2Cl_6, rote glänzende Kristallschuppen, in reinem Wasser unlöslich, jedoch sich bei Gegenwart der geringsten Spur Chromchlorür mit grüner Farbe lösend, wird erhalten durch starkes Glühen eines innigen Gemisches von Chromoxyd und Kohle in einem Strome von trockenem Chlorgase. Eine Auflösung von Chromoxydhydrat in Salzsäure findet in der Färberei besonders zum Schwarzfärben Verwendung. *Bujard.*

Chromeisenerz, Chromeisenstein, Chromit, wesentlich Eisenoxydulchromoxyd $(FeMgCr)O + (Cr_2Al_2Fe_2)O_3$ (40—65 % Cr_2O_3), kristallisiert regulär; meist derb oder körnig; schwarz mit braunem Strich, unvollkommen metallglänzend, undurchsichtig; bisweilen magnetisch, wenn mit Magneteisen gemengt. Härte 5,5—6,5, spez. Gew. 4,0—4,6.

Unschmelzbar vor dem Lötrohr, doch wird es beim Glühen magnetisch. Viel feuerfester als Platin; von Säuren wird es nicht angegriffen. Mit Pottasche oder Salpeter unter Bildung von chromsaurem Kali aufschließbar. Ist mit Serpentin und ähnlichen Umwandlungsprodukten vergesellschaftet. Dient vorwiegend zur Herstellung von Chrompräparaten (Farben), auch wegen seiner schweren Schmelzbarkeit als Seitenfutter der Martinöfen in der Eisenverhüttung. Analysen s. Tonindustrie-Zeitung 1893, XVII, 372. *Leppla.*

Chromeisenstein, s. v. w. Chromeisenerz. — S. a. Chromsäuresalze.

Chromfarben, als Chromoxyd (Chromgrün), Chromoxydhydrat (Guignets Grün), chromsaures Bleioxyd (Chromgelb), chromsaures Zinkoxyd (Zinkchromgelb), Kadmiumchromat (Kadmiumchromgelb), chromsaurer Kalk (Kalkchromgelb), zinksaures Chromoxyd (Zinkgrün), phosphorsaures Chromoxyd (Arnaudons-, Pleffysgrün), Chromchlorid (Violett), chromsaures Kupfer (Chrombraun), gehören zu den wichtigsten Farben. Sie besitzen, wenn sie kein gegen Schwefelwasserstoff empfindliches Metall enthalten, die Eigenschaft, an der Luft unveränderlich zu sein; sie zeichnen sich ferner, wie die Kobaltverbindungen, durch große Feuerbeständigkeit aus und finden daher auch in der Porzellanmalerei vielfache Verwendung. Die wichtigsten Chromfarben sind die folgenden:

Chromgelb (Amerikanergelb, Baltimoregelb, Gothaergelb, Leipzigergelb, Wienergelb, Parisergelb, Patentgelb, Zwickauergelb), gleich verwendbar in Oel wie in Wasser, an der Luft und im Lichte beständig, aber gegen Schwefelwasserstoff sehr empfindlich, auch leicht angreifbar durch Kohlensäure und ätzende Alkalien, Wasserglas, besteht in reinem Zustande aus chromsaurem Bleioxyd; die billigeren Sorten werden mit Leichtspat, Schwerspat, Kreide, selbst mit

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Kalkhydrat vermiſcht, und richtet ſich ihr Wert immer nach dem Gehalt an reinem Chromgelb. Soweit die Chromgelbe nicht durch Beimiſchung von weißen Körpern abſichtlich verändert ſind, haben alle — die orangefarbenen und roten (Chromorange und Chromrot) ausgenommen — einerlei Zuſammenſetzung, vermöge des verſchiedenen Aggregatzuſtandes aber von ſehr verſchiedener Farbe, vom hellſten Strohgelb bis zum dunkelſten Hochgelb. Zur Darſtellung dient rotes chromſaures Kali und ein Bleiſalz, meiſtens Bleizucker, aber auch baſiſch eſſigſaures Bleioxyd, Chlorblei, Chlorblei-Bleioxyd und ſchwefelſaures Bleioxyd. Wenn es ſich um ganz beſtimmte Nuancen handelt, iſt die Herſtellung der Farben ſchwierig. Bleizuckerlöſung ohne weiteres mit doppeltchromſaurem Kali ausgefällt, liefert hellzitronfarbiges Chromgelb, das aber ſchnell dunkler wird, ſich zuſammenzieht und kriſtalliniſche Struktur, dunkelſtrohfarbenen Ton beim Trocknen annimmt; bei Ueberſchuß von Bleizucker und Gegenwart von viel Waſſer erhaltener Niederſchlag, den man raſch und wiederholt mit ſehr viel Waſſer auswäſcht, behält das Chromgelb ſeine feurige, dunkelzitrongelbe Farbe, trocknet zu leichten Stücken aus und gibt, im Gegenſatze zu dem erſten Verfahren, mit Berliner- oder Pariſerblau, feurige grüne Farben. Je kräftiger und anhaltender die Flüſſigkeiten gerührt werden und je mehr Waſſer man verwendet, deſto heller bleiben die Nuancen und deſto leichter und voluminöſer — ein Kennzeichen für die Güte des Chromgelbs — werden die Farben. Hellzitrongelbe oder ſchwefelgelbe Nuancen können nur auf die Weiſe erhalten werden, daß man bei Gegenwart von ſehr viel Waſſer den Bleizucker mit einer Löſung von chromſaurem Kali fällt, die ſo viel Schwefelſäure enthält, daß die eine Hälfte des Bleizuckers durch Chromſäure, die andre Hälfte durch Schwefelſäure gefällt wird. Chlorblei, Chlorblei-Bleioxyd und ſchwefelſaures Bleioxyd werden ebenfalls mit doppeltchromſaurem Kali, Kalinatron und Schwefelſäure in Chromgelb übergeführt, bei Gegenwart von viel Waſſer und unter fortwährendem Umrühren; doch ſind die Farben nie ſo voluminös und von ſo ſchönen Nuancen wie die aus Bleizucker. — Kalkchromgelb, chromſaurer Kalk, aus neutralem Kaliumchromat und Chlorcalcium hergeſtellt, iſt eine gelbe, an Schönheit den vorgenannten Farben nachſtehende, jedoch viel billigere und luftbeſtändigere Farbe, die ſich namentlich zum Aufhellen von Chromgelb eignet; indeſſen darf man mit dem Zuſatz nicht zu weit gehen, da Kalkchromgelb ein viel geringeres ſpezifiſches Gewicht als Bleichromgelb beſitzt.

Chromgrün, feurige grüne Körperfarben in den verſchiedenſten, hellen und dunkeln, gelb- und blaugrünen Nuancen, die verſchieden benannt, im Grunde aber immer nur entweder reines Chromgrün, nämlich Chromoxyd, oder aber Miſchfarben aus Chromgelb und Pariſerblau mit größeren oder geringeren Zuſätzen von der Verfälſchung (Verbilligung) dienenden Subſtanzen, wie Kreide, Gips, Schwerſpat, Leichtſpat u. ſ. w. ſind. Eigentliches Chromgrün, Chromoxyd, iſt an der Luft, am Licht und im Feuer ſowie in Säuren, ſogar den ſtärkſten Mineralſäuren, unveränderlich, ſeine Farbe nicht glänzend, vielmehr matt, etwas ins Graue gehend, ſeines hohen Preiſes wegen ſelten in der Dekorationsmalerei, meiſt in der Porzellandekoration ſeiner Feuerbeſtändigkeit halber verwendet. Es wird durch Reduktion (Glühen) von Kaliumbichromat mit organiſchen Subſtanzen, wie Kartoffelſtärke, Papiermaſſe, mit Salmiak oder mit Schwefelblumen, Ablöſchen der Schmelze in Waſſer, Pulvern und Trocknen hergeſtellt. Guignets Grün, Vert Virginal, Vert Pelletier, Mittlers Grün, Smaragdgrün, Chromoxydhydrat, ebenfalls reine Chromgrüne, werden hergeſtellt, indem man 1 Teil pulveriſiertes doppeltchromſaures Kali mit 3 Teilen kriſtalliſierter Borſäure zu dunkelm Rotglühen erhitzt, wobei die Maſſe ſehr ſtark aufſchäumt, beim Erkalten zu einem poröſen, ſchwarzgrünen Schwamm erſtarrt, der mehrere Male mit Waſſer ausgekocht wird, wobei ſich Borſäure und borſaures Kali löſen, während Chromoxydhydrat, veränderliche kleine Mengen Borſäuren enthaltend, zurückbleibt. Guignets Grün iſt ein ſehr feuriges dunkles Grün, wie es in ähnlicher Wärme und mit gleichem Feuer durch Miſchen nicht hergeſtellt werden kann, iſt weder in Mineralſäuren noch in Alkalien löslich, daher ſehr beſtändig. Die durch Miſchung von Chromgelb mit Pariſerblau hergeſtellten grünen Farben, die als Amerikanergrün, Chromgelbgrün, Deckgrün, Wienergrün, Emeraldgrün, Franzöſiſchgrün, Gothaergrün, grüner Zinnober, Laubgrün, Magdeburgergrün, Meergrün, Myrtengrün, Naturgrün, Oelgrün, Pannetiers Grün, Permanentgrün, permanenter grüner Zinnober, Seidengrün, Smaragdgrün, Staubgrün, Türkiſchgrün, Wiener Deckgrün, Zinnobergrün von den Farbenfabriken in Verkehr gebracht werden, weiſen eine Anzahl verſchiedener Nuancen auf. Die Miſchfarben vertragen einen großen Zuſatz von Schwerſpat, und es kommen ganz beſonders gut deckende, feurige Chromgrüne im Handel vor, die nur 10 % Chromgelb und Pariſerblau, dagegen aber 90 % Schwerſpat enthalten, wodurch der Preis für 100 kg Chromgrün mit 16—20 ℳ erklärlich erſcheint. Wird aus Gelb und Blau hergeſtelltes Grün rein oder ſchon mit Spat verſetzt mit Schwerſpat gemiſcht, ſo behält es ſeine Nuance nicht, ſondern wird bei größerem Zuſatz immer bläulicher und zuletzt bläulichgrau, weil Pariſerblau mehr Deckkraft beſitzt als Chromgelb; bei Zuſatz von Gelb geht die Farbe wieder in ein reines Grün über. Die Herſtellung dieſer grünen Miſchfarben kann auf zwei Arten geſchehen: man miſcht entweder Chromgelb und Pariſerblau in naſſem Zuſtande mit den beſchwerenden Zuſätzen mittels Kollergängen und Farbreibmaſchinen in den entſprechenden Verhältniſſen aufs innigſte, preßt, und trocknet, oder man läßt die zur Erzeugung von Chromgelb und Pariſerblau dienenden Salzlöſungen zuerſt jede für ſich vereinigt, alſo das Chromgelb und Pariſerblau, auf die Füllmaſſe laufen, miſcht, verreibt, preßt und trocknet ebenfalls. Um ſchöne grüne Nuancen zu erhalten, muß man den erſtgenannten Weg einſchlagen und dafür ſorgen, daß beide Miſchfarben ſorgfältig ausgewaſchen ſind. Alle gemiſchten Chromgrüne decken auch bei Zuſatz von Schwerſpat, trocknen als Oelfarben ſehr gut, haben aber als Waſſerfarben viel weniger Schönheit, Deckkraft und Glanz, was natürlich iſt, da der Spat im Waſſer eine gewiſſe Deckkraft beſitzt, während ſolcher in Oel durchſichtig wird. An nicht zu ſehr belichteten Stellen ſind ſie ziemlich haltbar;

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

durch ftarkes Licht verbleicht das Blau, wodurch das Grün nach und nach beffer wird, und diefe Veränderung ift bei Oelfarben weniger als bei Waffer farben bemerkbar. Trocken dem Lichte ausgefetzt, wobei kein Bindemittel den Einfluß des Lichtes und der Luft hindert, bleichen die gemifchten Chromgrüne ungemein rafch und werden gelber; fchon nach zwei Stunden ift ein Unterfchied bemerkbar. — Chromgrün in Lack in verfchiedenen Tönen, ein Gemenge von Chromoxyd mit Tonerde, hergeftellt durch Fällung einer Tonerdefalz-Chromoxydfalz-Löfung mit Soda, Auswafchen und Ausglühen des Niederfchlages, der eine um fo hellere Färbung annimmt, je mehr er Tonerde enthält. Als Chromfalz wendet man am einfachften eine Löfung von Kaliumbichromat an, die, mit Schwefelfäure und Alkohol verfetzt, fo lange ftehen bleibt, bis fie eine fchöne grüne Farbe angenommen hat.

Chromkupferfchwarz, durch Glühen von chromfaurem Kupferoxyd bei Luftzutritt, Behandeln der geglühten Maffe mit kochender Salzfäure, glänzend fchwarze Körperfarbe, die hauptfächlich im Zeugdrucke verwendet wird.

Chromorange, Orangechromgelb, Gemenge von bafifchem und neutralem chromfauren Bleioxyd von mehr oder weniger tiefer Nuance; es nähert fich um fo mehr der hochroten Nuance, die der bafifchen Bleiverbindung eigen ift, je mehr von diefer bafifchen Verbindung bei der Darftellung entftehen konnte. Bei der Herftellung wird neben neutralem oder bafifch-effigfaurem Bleioxyd und doppeltchromfaurem Kali eine gewiffe Menge eines Alkalis angewendet, wodurch aus dem gelben chromfauren Bleioxyd ins Rot gehende Nuancen — Chromorange, Orangechromgelb — erzielt werden.

Chromrot (Chromzinnober, Zinnoberimitation), bafifch-chromfaures Bleioxyd, aus fchwefelfaurem, bafifch-effigfaurem Bleioxyd, Chlorblei, doppeltchromfaurem Kali und einem Alkali hergeftellte, mehr oder weniger intenfiv rote Farbe, die fich gleich gut als Waffer- und Oelfarbe, zum Druck u. f. w. eignet. Die Tiefe des Farbentons ift nicht bedingt durch die verwendeten Bleiverbindungen, auch nicht als Refultat einer abweichenden Zufammenfetzung anzufehen, fondern fie ift lediglich auf den befonderen Aggregatzuftand, in dem diefes bafifch-chromfaure Bleioxyd bei irgend einem der Darftellungsverfahren nach abweichenden Methoden erhalten wird, zurückzuführen. Gewinnt man Chromrot in kriftallinifchen Körnern (und zwar in je gröberen, defto beffer), fo kann ihr Feuer und ihre Intenfität die des Zinnobers nahezu erreichen. Je mehr man aber die Farbe naß oder trocken zerreibt, die Kriftalle zerkleinert, oder bei der Darftellung die Kriftallentwicklung durch beftändiges Bewegen und Umrühren der Flüffigkeit ftört, defto mehr wird die Nuance in diejenige des Chromgelbs übergeführt. Es kann daher der Erfahrungsfatz ausgefprochen werden: Das bafifch-chromfaure Bleioxyd hat nur in gröberer Kriftallform eine rein rote Farbe und ift um fo fchöner rot, je größer und vollkommener die Kriftalle ausgebildet find [1]. Die Herftellungsmethoden find: 1. Fällen einer Löfung von bafifchem Bleifalz, neutralem Bleifalz, Chlorblei oder Chlorbleioxyden mit einer Löfung von neutralem oder doppeltchromfaurem Kali, Auswafchen mit Waffer, Verfetzen mit konzentrierter Aetzlauge; 2. Zufammenfchmelzen von Chromgelb mit Salpeter, wodurch zwar dunkelfte Töne, aber auf zu koftfpielige Weife erzielt werden; 3. Ausfällen eines Gemifches der Löfungen von Bleizucker und konzentrierter Aetznatronlauge mit doppeltchromfaurem Kali; 4. Behandeln von Bleiweiß mit Aetznatronlauge und Verfetzen mit einer Löfung von doppeltchromfaurem Kali; 5. Kochen von bafifchem Bleioxyd-Chlorblei und neutralen und vielfach bafifchen Chlorbleiverbindungen mit doppeltchromfaurem Kali, oder Kochen der Bleifalze mit Natronlauge im Ueberfchuß und Hinzufügen des chromfauren Kali. Vermifchen des Chromrots mit weißen Körpern (Gips, Schwerfpat) wird nicht leicht vorkommen, weil es zu viel an Intenfität verlieren würde.

Chromfchwarz, hauptfächlich in der Porzellanmalerei angewendet, durch Glühen von Chromoxyd mit wechfelnden Mengen von Eifenoxyd erhalten; das befte Verhältnis für ein tiefes Schwarz ift 1 Teil Chromoxyd, 4 Teile Eifenoxyd.

Literatur: [1] Berfch, Mineral- und Lackfarben, 2. Aufl., Wien 1893. — [2] Gentele, Farbenfabrikation, 2. Aufl., Braunfchweig 1880. — [3] Miercinski, Ed., Mineral- und Lackfarben, 4. Aufl., Weimar 1881.

Andés.

Chromfluorid Cr_2F_6, ein in grünen Nadeln kriftallifierendes, in Waffer leicht lösliches, durch Auflöfen von Chromoxyd in Flußfäure und Verdampfen der Löfung darftellbares Salz, wird feit einigen Jahren als Beize in der Färberei verwendet.

Bujard.

Chromgelatine (Chromleim), Gemifch von Gelatine und Kaliumdichromatlöfung, das fich im Licht dunkel färbt, wobei die Gelatine im Waffer unlöslich wird. Papier, Gewebe u. f. w. laffen fich daher durch Ueberziehen mit Chromgelatine waffer dicht machen. Von größerer Bedeutung ift die Verwendung des Präparates im Lichtpausverfahren und in der Photographie (f. Chromatphotographie) zur Herftellung von Abdrücken negativer Photographien. *Bujard.*

Chromgelb, f. Chromfarben.

Chromgelbgrün, f. Chromgrün unter Chromfarben.

Chromgrün, f. Chromfarben.

Chromhydroxyd, f. v. w. Chromoxydhydrat.

Chromieren, f. Photographie.

Chromifulfat, fchwefelfaures Chromoxyd $Cr_2(SO_4)_3$, je nach dem Gehalt an Kriftallwaffer in verfchiedenen Formen auftretend. Beim Löfen von

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

trockenem Chromoxydhydrat in konzentrierter Schwefelsäure bildet sich zunächst die Lösung eines grünen Salzes, die bei langem Stehen an der Luft in eine violette Form übergeht. Letztere wieder läßt sich durch Erhitzen auf 100° in grünes Salz verwandeln. Beide ergeben beim Erhitzen in konzentrierter Schwefelsäure bis zur Bildung von Schwefelsäuredämpfen eine rote, unlösliche Modifikation. Violettes Salz: $Cr_2(SO_4)_3 + 18H_2O$, grünes Salz: $Cr_2(SO_4)_3 + 6H_2O$, rotes Salz: $Cr_2(SO_4)_3$. — Chromoxydhydrat in verdünnter Schwefelsäure gelöst, liefert beim Eindampfen der Lösung basische Salze. Anwendung: Tintenfabrikation. *Bujard.*

Chromit, s. v. w. Chromeisenerz (s. d.).

Chromkupferschwarz, s. Chromfarben.

Chromleder. Anfang der neunziger Jahre des vergangenen Jahrhunderts tauchten mehrere neue Chromgerbeverfahren, hauptsächlich aber zwei Methoden auf, nach denen gegenwärtig bedeutende Mengen von Chromleder, auch in Deutschland, hergestellt werden: das Zweibadverfahren und das Einbadverfahren.

Bei dem ersteren, das auch Reduktions- oder nach dem Erfinder Schultz-Verfahren (Amerik. Pat. Nr. 504012 und 504013) genannt wird, kommen die gerbfertigen Blößen in eine mit Salzsäure versetzte Lösung von doppeltchromsaurem Kalium (Kaliumbichromat) und verbleiben in derselben so lange, bis die Blößen vollständig von der Lösung durchtränkt sind, was je nach der Stärke in 4—24 Stunden erreicht ist. Hierauf gelangen die Blößen in ein zweites Bad, in dem die von der Blöße aufgenommene Chromsäure mit Hilfe eines Reduktionsmittels in ein Chromoxydsalz übergeführt wird; als Reduktionsmittel verwendet man bei dem Schultz-Verfahren das Schwefeldioxyd, das in dem zweiten Bade in der Weise hergestellt wird, daß man zu einer Lösung von unterschwefligsaurem Natron (Natriumthiosulfat, Antichlor) Salzsäure zusetzt. Die Reduktion vollzieht sich je nach der Stärke der Blößen in 1/4—2 Tagen, so daß der ganze Gerbeprozeß selbst bei den stärksten Häuten nicht länger als 2—3 Tage in Anspruch nimmt. Das durch Reduktion der Chromsäure auf den Hautfasern niedergeschlagene basische Chromsalz bewirkt die Gerbung, die eine außerordentlich feste ist; chromgares Leder kann in Wasser gekocht werden, ohne daß es sich merklich verändert. An Stelle des Schwefeldioxyds sind auch andre Substanzen, z. B. Schwefelwasserstoff, Milchsäure, Anilinsalze u. dergl., als Reduktionsmittel vorgeschlagen worden; dieselben werden jedoch kaum angewendet.

Bei dem Einbadverfahren werden zur Gerbung basische Chromsalze (basisches Chromchlorid, basisches Chromsulfat, basische Chromsalze organischer Säuren) verwendet; dieselben wirken auf tierische Haut direkt gerbend. Hierbei kommen die Blößen in eine Lösung eines derartigen Salzes, die meist noch einen Zusatz von Kochsalz erhält und in der unter öfterem Verstärken derselben die Blößen so lange verbleiben, bis die innersten Stellen vollständig gar sind. Die Lösungen basischer Chromsalze kommen in hochkonzentrierter Form unter verschiedenen Bezeichnungen, wie Corin, Chromgerbeextrakt, Chromalin, Tanolin u. s. w., in den Handel. Bei dem Einbadverfahren wird das basische Chromsalz direkt von der Blöße absorbiert und bewirkt infolgedessen deren Gerbung. Der Gerbeprozeß dauert bei den stärksten Häuten etwa 6—8 Tage, bei schwächeren Häuten und bei Fellen entsprechend kürzer. Die Trocknung und besonders die Zurichtung des chromgaren Leders richtet sich vollständig nach der Verwendungsweise; dieselben werden mit gewissen Abänderungen ähnlich wie die der entsprechenden lohgaren Lederarten ausgeführt.

Die nach diesen Verfahren hergestellten Chromleder kommen unter den verschiedensten Bezeichnungen, wie z. B. Corinleder, Dixin, Groiszin u. s. w., in den Handel; man stellt gegenwärtig namentlich folgende Lederarten in Chromgerbung her: Schlagriemenleder, Näh- und Binderiemenleder, Treibriemenleder, Oberleder (namentlich die feineren Sorten als Ersatz für Kidleder und Chevreauleder; genarbtes Chromkalbleder für Schuhzwecke führt den Namen „Box-calf"), Leder für technische Zwecke, neuerdings auch Vache- und Sohlleder. Die Chromgerbung wird häufig mit vegetabilischer Gerbung kombiniert, wobei die sogenannten Chromkombinationsleder resultieren. Das Chromleder zeichnet sich bei sachgemäßer Herstellungsweise besonders durch folgende Eigenschaften aus: Widerstandsfähigkeit gegenüber Wasser, selbst in der Hitze, Wasserundurchlässigkeit, hohe Reißfestigkeit. *Päßler.*

Chromlegierungen, s. Eisenlegierungen.

Chromleim, s. Chromgelatine.

Chromocker, s. Ocker und Kaolin.

Chromograph, s. Hektograph.

Chromolithographie, farbiger Steindruck, s. Lithographie, Farbendruck.

Chromopapier, Bezeichnung für die Gesamtheit aller jener Druckpapiere, die farbig bedruckt werden; s. Papiersorten.

Chromopasta, s. Gipsgüsse.

Chromophor, s. Farbstofftheorie.

Chromophotographie, eine Art kolorierter Photographien, bei der photographische Papierbilder mit Rizinusöl, Wachs u. dergl. transparent gemacht

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

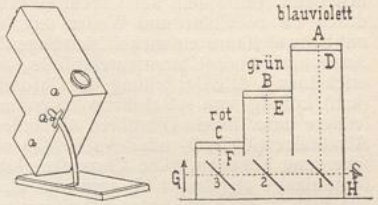
und teils von der Vorder-, teils von der Rückseite bemalt werden. Malt man mit Oelfarben, so gibt man eine Zwischenschicht von Dammarlack. Mitunter werden auch Pigmentdiapositive auf Glas von der Rückseite mit Deckfarben koloriert. — Chromophotographie wird wohl auch als Synonym für Photographie in natürlichen Farben oder Photochromie gebraucht. *Y. M. Eder.*

Chromophototypie, s. v. w. Farbenlichtdruck, s. Lichtdruck.

Chromorange, s. Chromfarben.

Chromoskop (Photochromoskop), Apparat, in dem drei mit rotgelben, grünen und blauvioletten Gläsern hinterlegte Schwarzdiapositive, die nach dem System der Dreifarbenphotographie (s. d.) hergestellt sind, mittels Spiegeln oder Prismen zur optischen Koinzidenz im Auge des Beschauers gebracht werden.

Am einfachsten ist dies am Zinkschen Polychromoskop (in neuerer Zeit auch von Bermpohl in Berlin angefertigt) ersichtlich. Diesen (1895 konstruierten) Apparat zeigt die beistehende Figur. Er besteht aus einem Kasten, der bei *A*, *B*, *C* stufenförmige viereckige Röhren besitzt, deren Enden mit farbigen Gläsern versehen sind, und zwar ist bei *D* ein blaues, bei *E* ein grünes und bei *F* ein rotes Glas angebracht. Unmittelbar darüber befinden sich photographische Glasdiapositive (mit kombinierter Mattscheibe), wovon jedes einzelne einer bestimmten Farbe entspricht. Die Photographie ist in Schwarz gehalten, so daß die Farbe nur dadurch entsteht, daß die leeren Stellen der Glasbilder das farbige Licht durchlassen. Das rote Bild bei *F* wird durch den Spiegel 3 in der Richtung *H* (gegen das Auge des Beschauers) reflektiert und muß auf seinem Wege die Spiegelgläser 2 und 3 passieren, wodurch es teilweise geschwächt wird. Das grüne Bild wird durch die nicht belegte Spiegelglasplatte 2 reflektiert und hat die Spiegelplatte 1 zu passieren, und nur das blaue Bild fällt vom Spiegelglas 1 weg unmittelbar in das Auge. Diese mehrfachen Lichtreflexionen und Schwächungen sowie die Abstände der Platten *A*, *B* und *C* gestatten den Ausgleich der Helligkeit der Teilbilder. Diese Apparate wurden zahlreich variiert und in verschiedenen Formen, insbesondere von Ives u. a. konstruiert (vgl. Jahrb. f. Photographie, 1900—02 ff.). *Y. M. Eder.*



Chromotypie, der Druck farbiger Bilder mittels Halbtonätzungen (s. Autotypie und Dreifarbendruck); die Chromotypographie umfaßt all den andern farbigen Buchdruck. Vgl. Buchdruckerkunst und Farbendruck.

Chromotypographie, s. Farbendruck.

Chromoxyd Cr_2O_3, Mol.-Gew. 153, spez. Gew. (krist.) 5,21.

Das Chromoxyd kann nach zahlreichen Darstellungsmethoden von sehr verschiedenen Eigenschaften erhalten werden; es bildet demnach hellgrüne amorphe bis dunkelgrüne, gut kristallisierte Massen. Letztere besitzen außerdem Metallglanz und eine sehr bedeutende Härte. Die gebräuchlicheren Handelsprodukte sind die grünen amorphen Pulver und ihre Mischungen. Nach dem Glühen in Wasser und Säuren unlöslich. — Die gebräuchlichste technische Darstellungsmethode besteht in einer Reduktion von Alkalidichromaten durch Schwefel: $K_2Cr_2O_7 + S = K_2SO_4 + Cr_2O_3$. Man führt die Arbeit meist in kleinen eisernen Kesseln aus, anfangs vorsichtig erhitzend, nach beendigter Reaktion die Temperatur bis Rotglut steigernd. Aus der erkalteten, pulverisierten Schmelze laugt man das Alkalisulfat durch heißes Wasser aus, trocknet und pulverisiert den Rückstand (s. a. Chromoxydhydrate.) Außerdem wird es, besonders von Anilinfarbenfabriken, bei Oxydationsprozessen mit Chromaten als Nebenprodukt erhalten, dann aber meist wieder auf Chromate verarbeitet. Vgl. a. Chromgrün unter Chromfarben. Anwendung: In der Färberei, zum Färben von Glas und Porzellan. *Bujard.*

Chromoxydhydrate, normales Hydrat und normales Oxydhydrat.

Das normale Hydrat $Cr_2(OH)_6$, je nach seiner Darstellung eine graublaue oder grüne Masse bildend, hat nur insofern einige Bedeutung für die Technik, als es beim Aufarbeiten der Abfallprodukte von Oxydationsprozessen mit Chromaten vorübergehend durch Ausfällung mit basisch wirkenden Alkali- und Erdalkaliverbindungen erhalten wird, um dann meist wieder auf Chromat verarbeitet zu werden. Bei dieser Arbeit sind von den chemischen Eigenschaften des Hydrates besonders die Löslichkeit desselben in Alkali-, Erdalkalihydraten und Säuren sowie die Zerlegung in Oxyd und Wasser beim Erhitzen zu berücksichtigen.

Ein als Farbstoff in der Technik hochgeschätztes Hydrat hat die Formel $Cr_2O(OH)_4$, also normales Oxydhydrat, das 1 Molekül Wasser verloren hat: $Cr_2(OH)_6 = Cr_2O(OH)_4 + H_2O$. Es bildet ein schön grünes, im Handel meist als feuchter Teig (von 33 % Trockenrückstand) verkauftes amorphes Pulver, das in Säuren nur noch schwierig löslich ist. Nach [1] ist die Darstellung folgende: Ein pulverisiertes Gemisch von Borsäure und Kaliumdichromat (8 : 3) wird etwa 4 Stunden lang in einem Flammofen auf Dunkelrotglut erhitzt:

$$K_2Cr_2O_7 + 16\,B(OH)_3 = Cr_2(B_4O_7)_3 + K_2B_4O_7 + 24\,H_2O + O_3.$$

Aus der so erhaltenen Schmelze wird das Kaliumborat durch heißes Wasser ausgewaschen. Auch das Chromborat wird während dieser Waschprozesse durch Wasser zersetzt: $Cr_2(B_4O_7)_3 + 20\,H_2O = Cr_2O(OH)_4 + 12B(OH)_3$. Die Waschwasser werden auf Borsäure verarbeitet. Das zurückbleibende Hydrat wird nach hinreichendem Auswaschen nur gepreßt und feucht verpackt.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Dieſes Hydrat findet als Chromgrün, Guignets Grün und unter verſchiedenen andern Namen ausgedehnte Anwendung als Farbe (vgl. Chromfarben).

Literatur: [1] Wagner-Fiſcher, Jahresber. d. chem. Technologie, 1885, S. 317. *Bujard.*

Chromoxydkali, ſchwefelſaures, ſ. Chromalaun.

Chromoxydſalze, ſ. Chromverbindungen.

Chromoxylographie, ſ. Holzſchneidekunſt.

Chromozinkographie, ſ. Zinkographie.

Chromrot, ſ. Chromfarben.

Chromſäure, Chromſäureanhydrit, eigentlich Chromtrioxyd CrO_3; Mol.-Gew. 100,5, ſpez. Gew. 2,8.

Dieſes ſtark ſauer wirkende Oxyd kriſtalliſiert in karmoiſinroten rhombiſchen Prismen, die bei 193° ſchmelzen, bei höheren Temperaturen (von 250° ab) unter Sauerſtoffabgabe zerfallen. Es iſt in Waſſer löslich. Die eigentliche Chromſäure H_2CrO_4 kennt man nicht. Die Löſung bildet eines der kräftigſten Oxydationsmittel, wirkt daher auch ſtark giftig. Alkohol entzündet ſich beim Auftröpfeln auf Chromſäureanhydrit. Hierbei bildet ſich Chromoxyd. Salzſäure wird durch ſie zu Chlor und Waſſer oxydiert, ſchweflige Säure zu Schwefelſäure. Beim Erhitzen mit Schwefelſäure entwickelt ſich Sauerſtoff unter Bildung von Chromſulfat. Leitet man trockenes Ammoniak über Chromſäurekriſtalle, ſo erfolgt die Reduktion zu Chromoxyd unter Feuererſcheinung. Die Darſtellung der Chromſäure geſchieht einfach durch Zerlegung einer geſättigten (kalt) Löſung von Alkalidichromaten mit konzentrierter Schwefelſäure, indem man erſtere in letztere unter ſtetem Umrühren einfließen läßt. Je nach der Arbeitsweiſe und dem angewendeten Alkalifalze ($K_2Cr_2O_7$ oder $Na_2Cr_2O_7$) wird zuerſt Chromſäure oder zuerſt Alkaliſulfat zur Abſcheidung kommen. Die Chromſäurekriſtalle werden, nachdem auf Trichtern die anhängende Mutterlauge abgetropft iſt, entweder direkt benutzt oder für andre Zwecke aus Waſſer oder auch aus Eiseſſig (konzentrierter Eſſigſäure) umkriſtalliſiert. In der Technik begnügt man ſich aber vielfach mit der unreinen, alkaliſulfathaltigen Chromſäure, die man beim Vermiſchen von Chromaten mit Schwefelſäure erhält. Anwendungen: Als kräftiges Oxydationsmittel in der Anilinfarbeninduſtrie, in Chromſäureelementen, bei chemiſchen Unterſuchungen u. ſ. w. *Bujard.*

Chromſäureanhydrid, ſ. v. w. Chromſäure.

Chromſäureelement, ſ. Galvanismus.

Chromſäurefalze oder Chromate ſind die Salze der hypothetiſchen Chromſäure H_2CrO_4 (ſ. Chromſäure) oder Vereinigungsprodukte baſiſcher Oxyde mit dem Chromtrioxyde CrO_3. Im allgemeinen zeichnen ſich die Chromate durch ihre zwiſchen Gelb und Rot ſpielende Farbe aus. Die als Farbſtoffe in der Technik benutzten Blei- und Baryumchromate wurden ſchon in den Art. Bleichromat, Baryumchromat, Chromfarben u. ſ. w. berückſichtigt. Ihres Gehaltes an Chromſäure wegen zur Herſtellung andrer Chromate und für Oxydationszwecke ſind techniſch wichtig Ammonium-, Kalium- und Natriumchromat bezw. -dichromat.

Chromeiſenſtein $FeOCr_2O_3$ bildet, abgeſehen von einigen chromhaltigen Abfallprodukten, das einzige Rohmaterial für die Gewinnung der Chromate und der übrigen Chromverbindungen. Nach feinſter Zerkleinerung wird derſelbe mit Zuſchlägen von Kalk und Soda in Flammöfen (Fortſchauflungsöfen, ſ. Blei, S. 62) oxydierend geröſtet. Entſprechend folgender Umſetzungsformel: $2\,FeOCr_2O_3 + 4\,Na_2CO_2 + 7\,O = Fe_2O_3 + 4Na_2CrO_4 + 4\,CO_2$ bildet ſich Natriumchromat, das aus dem Röſtprodukte ausgelaugt wird. Da aber das normale Chromat nur wenig Verwendung findet, ſo wird in der Regel die erhaltene Lauge nötigenfalls nach vorheriger Konzentration mit Schwefelſäure ſo weit angeſäuert, bis das neutrale Chromat faſt vollſtändig in Bichromat übergegangen iſt: $2\,Na_2CrO_4 + H_2SO_4 = Na_2Cr_2O_7 + Na_2SO_4 + H_2O$. Beim Konzentrieren ſoggt man ausfallende Nichtchromſalze aus und verdampft, bis eine Probe des Salzes erſtarrt. Nach Ausſchöpfen oder Abziehen der Flüſſigkeit in flache eiſerne Formen läßt man erkalten und erhält ſo das Bichromat des Handels. — Soll das Kaliumbichromat dargeſtellt werden, ſo dampft man die Natriumdichromatlöſung nicht ſoweit ein, ſondern zerſetzt die noch dünne Lauge mit Chlorkalium, ſoggt den größten Teil des ſich dabei bildenden Chlornatriums aus und läßt kriſtalliſieren. Die normalen Chromate werden meiſt durch Neutraliſation der Dichromate mit den entſprechenden Alkalihydraten gewonnen. Um ſchließlich zu den Ammoniumchromaten zu gelangen, muß man aus dem Natriumchromat zunächſt Chromſäure und aus dieſer durch Neutraliſation mit Ammoniak die Ammoniumchromate herſtellen. Kaliumchromat in ſchwefelſaurer Löſung wird in den Fabriken vielfach als Oxydationsmittel gebraucht, wobei ſich Chromiſulfat bildet. Techniſch wichtig iſt nur deſſen Regenerierung auf elektrolytiſchem Wege [3].

Natriumchromat, chromſaures Natron Na_2CrO_4, gelbes, leicht lösliches, an der Luft zerfließliches, mit bis zu $10\,H_2O$ kriſtalliſierendes Salz. — Natriumdichromat, ſaures chromſaures Natron $Na_2Cr_2O_7$, rotgelbes, leicht in Waſſer lösliches Salz; das Handelsprodukt bildet dünne, aus erſtarrten Kriſtallen beſtehende Platten, die bis zu $2\,H_2O$ enthalten können. — Kaliumchromat, chromſaures Kali K_2CrO_4, bildet gelbe, leicht lösliche, an der Luft zerfließliche Kriſtalle. — Kaliumdichromat, ſaures chromſaures Kali $K_2Cr_2O_7$, kriſtalliſiert in großen roten Kriſtallen, die haltbarer an der Luft ſind als die andern Salze, ſich auch ohne Zerſetzung bei Rotglut ſchmelzen laſſen; es iſt in etwa 10 Teilen Waſſer löslich. —

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Ammoniumchromat, chromfaures Ammon $(NH_4)_2 CrO_4$, gelbes, kriftallinifches, leicht lösliches, beim Erhitzen leicht zerfetzbares Salz. — Ammoniumdichromat, faures chromfaures Ammon $(NH_4)_2Cr_2O_7$, rotes, kriftallifiertes, leicht lösliches Salz, das fich beim Erhitzen ebenfalls leicht zerfetzt.

Die Chromfäurefalze dienen als Oxydationsmittel und als folche als Depolarifatoren in galvanifchen Elementen, zur Darftellung von Farben und als Farben.

Literatur: Ueber die Darftellung der Chromate find zwei beachtenswerte Mitteilungen bekannt: [1] Häußermann, in Zeitfchr. f. angew. Chemie 1893, S. 360. — [2] Lunge, ebend. 1894, S. 101. — [3] Hollemann, Anorgan. Chemie, S. 383, Leipzig 1903. *Bujard.*

Chromfalz, rotes, f. v. w. Kaliumchromat, f. Chromfäurefalze.

Chromfchwarz, f. Chromfarben.

Chromftahl, f. Eifenlegierungen.

Chromverbindungen in der Färberei und Druckerei. Das Chrom findet in der Form von Chromoxydfalzen und von chromfauren Salzen befonders in der Färberei ausgedehnte Anwendung. Die erfteren find lediglich die Träger des als Beize für die Bildung der Farbftofflacke nötigen Chromoxyds, die letzteren dienen hauptfächlich dem gleichen Zweck, jedoch auch als Oxydationsmittel und als Farbftoffe (Chromgelb, Chromorange). Wenn, wie dies namentlich in der Wollfärberei gefchieht, chromfaure Salze als Beizen angewendet werden, fo ift es ftets das Chromoxyd, das, durch Reduktion der Chromfäure vor Entftehung des endlichen Farblacks fich bildend, die Befeftigung der Farbftoffe bewirkt. In einigen Fällen wird die Textilfafer nach dem Färben noch mit Bichromat behandelt; dann wirkt die Chromfäure oxydierend auf den Farbftoff, und das gleichzeitig entftehende Chromoxyd wirkt als Beize.

Zum Beizen der Seide werden neutrale und bafifche Chromoxydfalze gebraucht. Die bevorzugten find die chromfaures Chromoxyd enthaltende Chrombeize G.A. III der Höchfter Farbwerke und das bafifche Chromchlorid, das als 20° Bé ftarke fchwarzgrüne Flüffigkeit in Anwendung kommt.

Die bevorzugte Beize für Wolle ift die Chromfäure in Geftalt ihrer Alkalifalze, namentlich des Kaliumfalzes, des Chromkali. Von Chromoxydfalzen wird zuweilen das Fluorchrom benutzt, indem man die Wolle mit 4 % diefes Salzes und 2 % Oxalfäure anfiedet. Man rühmt ihm nach, daß es das Chromoxyd leicht und gleichmäßig an die Fafer abgebe, ohne ihre Spinnfähigkeit und ihren Griff zu beeinträchtigen. Sein verhältnismäßig hoher Preis ift einer allgemeinen Einführung noch im Wege.

Das Beizen unter Anwendung von Chromkali wird gegenwärtig nach folgenden Methoden ausgeführt:

Chromkali. Man kocht die Wolle mit 2—4 % Chromkali während 1½ Stunden, die Wolle erfcheint gelb.

Chromkali und Schwefelfäure. Man kocht die Wolle 1½—2 Stunden hindurch mit 3 % Chromkali und 1 % Schwefelfäure. Die Wolle erfcheint bräunlichgelb.

Chromkali und Weinftein. Man kocht die Wolle während 1½—2 Stunden mit 3 % Chromkali und 2½ % Weinftein. Um zu verhindern, daß der Weinftein durch den Kalk des Waffers neutralifiert werde, muß bei kalkhaltigem Waffer entweder eine entfprechende Menge Effigfäure hinzugefügt oder der Weinfteinzufatz entfprechend erhöht werden. Die Wolle erfcheint fchwach gelblichgrün.

Chromkali und Oxalfäure. Man kocht die Wolle durch 1½ Stunden mit 3 % Chromkali und 3 % Oxalfäure. Die Wolle fieht etwas gelber aus als die mit Weinftein gebeizte.

Chromkali und Milchfäure. Man erhitzt die Wolle während 1 Stunde mit 1,5 % Chromkali, 3 % Milchfäure von 50 % und 1 % Schwefelfäure. Die fo gebeizte Wolle ift hellgrau, nahezu farblos, befitzt keinen Gelbftich, auch die Beizflotte ift farblos und es ift in ihr kein Chrom mehr nachzuweifen. Die Milchfäurebeize bietet den großen Vorteil, daß fie ermöglicht, das Chrom quantitativ auf die Wolle zu bringen.

An Stelle der Milchfäure find mit mehr oder weniger Erfolg Laktolin (ein dem Weinftein entfprechend zufammengefetztes Kaliumlaktat), Lignorofin (Präparat aus der Ablauge der Sulfitcellulofefabrikation, im wefentlichen ligninfulfofaurer Kalk), Egalifol (borfchwefelfaures Natron) zur Anwendung gelangt.

Die nach den verfchiedenen Methoden gebeizten Wollen färben fich alle mit Beizenfarbftoffen gut an, jedoch mit ganz verfchiedenem Refultat bezüglich der Nuance des Farbentons, der offenbar durch die (noch unbekannte) Form beeinflußt wird, in der das Chrom in der Wolle enthalten ift.

Von den für das Beizen der Baumwolle vorgefchlagenen und angewendeten Chromverbindungen hat noch keine ein ganz befriedigendes Refultat gegeben. Der Grund hierfür dürfte in dem Umftande zu fuchen fein, daß es bisher noch nicht gelungen ift, eine Chrombeize zu finden, die das Hydroxyd in der für die Lackbildung geeignetften Form an die Fafer abtritt.

Die verhältnismäßig beften Erfolge erhält man bei Verwendung von Koechlins alkalifcher Chrombeize und der Chrombeize G. A. I. nach v. Gallois. Die erftere, eine dunkelgrüne Löfung von Chromoxydnatron, ift in konzentrierter Form haltbar, fcheidet dagegen beim Verdünnen mit Waffer Chromhydroxyd ab. Auch in und auf der mit diefer Löfung getränkten Baumwollfafer fpaltet fich die Beize von felbft und lagert Chrom-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

hydroxyd auf der Faſer ab, ſo daß ein auf etwa 24 ſtündiges Liegen folgendes Spülen nur dazu dient, das überſchüſſige Alkali zu beſeitigen. Die Chrombeize G. A. I (Chromchromat) wird in der Weiſe angewendet, daß man die Baumwolle durch Klotzen oder Einlegen während 12 bis 24 Stunden imprägniert und dann durch nahezu kochende Sodalöſung paſſiert. Dieſe Beize hat vor der Koechlinſchen den Vorzug, daß ſie die Faſer nicht angreift, keine Schrumpfung derſelben bewirkt und daß ſie ein angenehmeres Hantieren geſtattet.

Im Zeugdruck werden die Chromverbindungen als Beizen lediglich im Kattundruck verwendet, und zwar iſt es das Chromacetat, bereitet durch doppelte Umſetzung von Chromalaun und Bleizucker, oder beſſer und billiger durch Auflöſen von Chromhydroxyd in Eſſigſäure, das als Löſung von 20° Bé den ausgedehnteſten Gebrauch gefunden hat.

Literatur: Knecht, Rawſon u. Löwenthal, Handbuch der Färberei, Berlin 1900/01; Ganswindt, Theorie und Praxis der modernen Färberei, Leipzig 1903; Lauber, Praktiſches Handbuch des Zeugdrucks, Leipzig 1901/02.

R. Möhlau.

Chromzinnober (Chromrot), ſ. Chromfarben.

Chronodeik, Inſtrument von S. C. Chandler zur Zeitbeſtimmung aus korreſpondierenden Sonnenhöhen oder Sternhöhen (gleichen Höhen links und rechts vom Meridian; vgl. Zeitbeſtimmung) [1].

Das Inſtrument enthält keine Teilung, beſteht vielmehr nur in einem vertikal abwärts gerichteten, mit Fadenkreuz (gewöhnlich mehreren „Horizontal"-Fäden) verſehenen Fernröhrchen von geringer Vergrößerung mit Blende für Sonnenbeobachtung, das mit der Alhidade feſt verbunden iſt. Dieſe iſt um eine mittels Kreuzlibelle gut vertikal zu ſtellende Achſe in einem Dreifuß mit Stellſchrauben drehbar und enthält vor dem Objektiv des Fernrohrs noch einen Spiegel, deſſen Neigung gegen die Ziellinie des Fernrohrs beliebig verändert werden kann, indem er um eine Horizontalachſe mittels Schraube drehbar iſt; dieſer Spiegel hat das Bild der Sonne in das Fernrohr zu reflektieren. Das Inſtrument wird nun vormittags auf eine feſte Fenſterbank oder dergl. gebracht und die Umdrehungsachſe der Alhidade mit Hilfe der Libelle gut vertikal geſtellt. Nachdem die Fallinie der Spiegelebene in den Höhenkreis der Sonne gerichtet iſt (dieſer Höhenkreis ſoll dem 1. Vertikal naheliegen, wobei aber geringe Höhen zu vermeiden ſind), neigt man den Spiegel mit der Schraube ſo, daß im Fernrohr das Sonnenbildchen erſcheint, und notiert nun nach der Uhr die Augenblicke, zu denen die Sonnenränder an die (nahe beiſammen liegenden) „Horizontal"-Fäden „antreten". Der Spiegel bleibt dann ſcharf unverändert, und es wird (alſo bei genau gleicher Spiegelneigung) die Nachmittagsbeobachtung in derſelben Art wiederholt. Das Mittel der vormittags und nachmittags notierten Zeiten iſt unter Vorausſetzung nicht veränderter Refraktion und nach Anbringung der wegen Veränderung der Deklination der Sonne zwiſchen I. und II. Beobachtung notwendigen „Mittagsverbeſſerung" (vgl. Zeitbeſtimmung, korreſpondierende Höhen), die Uhrangabe, die dem Augenblick des wahren Mittags (ſ. d.) entſpricht [2]. Dem Höhenkreis oder den Spiegelinſtrumenten gegenüber hat das Inſtrument den Nachteil, daß man dort bei I. und II. raſch nacheinander mehrere Striche der Teilung einſtellen kann, während man hier auf eine Spiegelſtellung beſchränkt iſt. Dagegen hat das Inſtrument, mit dem man bei genügender Spiegelſicherung zwiſchen I. und II. recht gute Zeitbeſtimmungen erhalten kann (bis auf 1^s), den Vorzug der Billigkeit. Es iſt jetzt am beſten durch den Mechaniker der k. k. Sternwarte in Wien, St. Reffel, zu beziehen zum Preis von etwa 60 ℳ [3].

Literatur: [1] The Observatory 1881, Jan. (Nr. 45), danach Zeitſchr. f. Inſtrum. 1881, S. 130; ferner „Sirius" 1885, S. 169; endlich (für die neuere Konſtruktion des Inſtruments, vgl. Schluß des Textes) Mitteilungen aus dem Gebiete des Seeweſens, Pola, Jahrg. 1891, S. 756. — [2] Ueber den Gebrauch vgl. z. B. Wislicenus, Handbuch geogr. Ortsbeſtimmung auf Reiſen, Leipzig 1891, S. 144—146. — [3] Das Inſtrument hat durch Reffel dem Chandlerſchen Modell gegenüber mehrere Verbeſſerungen erfahren nach Vorſchlägen von Paliſa, deſſen Broſchüre auch jedem Exemplar beigelegt wird; die Broſchüre enthält Anleitung zum Gebrauch und (für Sonnenbeobachtung) die Tafel der Mittags- und Mitternachtsverbeſſerungen auf $0^s,1$, zunächſt für die Breite 48° 14′, aber mit Angabe der Korrektionen für andre Breiten.

Hammer.

Chronograph, „Zeitſchreiber", Zeitregiſtrierapparate, Vorrichtungen meiſt elektromagnetiſcher Art [1] zum graphiſchen Notieren des Zeitpunkts für das Eintreten eines gewiſſen Ereigniſſes oder einer beſtimmten Zeitdauer.

Die Bezeichnung Chronograph wird vielfach ſynonym gebraucht mit Chronoſkop (ſ. d.), doch ſollte man dieſen Namen nur für Apparate anwenden, die lediglich einen einzelnen Zeitmoment oder die Dauer eines Intervalles zu fixieren geſtatten, meiſt auch auf mechaniſchem Weg. Unter den elektriſchen Chronographen hat neuerdings der von Fueß in Berlin konſtruierte viel Verbreitung gefunden [2], ebenſo die Farbſchreiber von Hipp [3]. Auf die genauere Einrichtung und insbeſondere die Verwendung der Chronographen in der praktiſchen Aſtronomie wird der Art. Regiſtriermethode eingehen [4]. Zu phyſiologiſchen Meſſungen werden vielfach Chronographen mit ſehr großer Rotationsgeſchwindigkeit benutzt; auch über den neuen Photochronographen vgl. ebend.

Literatur: [1] Ueber nichtelektriſche Chronographen ſ. z. B. Saunier, Lehrbuch der Uhrmacherei (deutſche Ueberſetzung), Bd. 3, Glashütte 1879, oder 2. Aufl., Bautzen 1890. — [2] Löwenherz, Bericht über die wiſſenſchaftl. Inſtrumente auf der Berliner Gewerbeausſtellung, Berlin 1879; das Inſtrument iſt neuerdings mehrfach etwas abgeändert worden, z. B. von Cavignato-Lorenzoni (vgl. Lorenzoni, Di una modific. al chronografo di Fuess, Venedig 1881 [Ist. Veneto 1881, S. 1087—1096]) in Italien. — [3] Favarger, A., L'électricité et ses applications à la Chronométrie, Genève 1892. — [4] Ueber einige Apparate dieſer Art, die in Streifenapparate (ähnlich dem

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Morſeſchen Telegraphenapparat) und Zylinderapparate zerfallen, vgl. vorläufig kurz z. B. Herr-Tinter, Sphär. Aſtron., Wien 1887, S. 317—320, über die amerikaniſchen Inſtrumente von Bond-Walker, Saxton, Mitchel, Locke u. ſ. w., z. B. Chauvenet, Spher. and Pract. Astronomy, t. 2, Philadelphia 1893, p. 86—92; die verſchiedenen Chronographen, die in der Aſtronomie gebräuchlich ſind, finden ſich beſchrieben in Ambronn, Handbuch der aſtronom. Inſtrumentenkunde, Berlin 1899; vgl. a. Valentiner, Handwörterbuch der Aſtronomie, Breslau 1897—1902. *Ambronn.*

Chronometer, „Zeitmeſſer", könnte eigentlich jede Uhr und jeder ſonſtige Apparat zur Zeitmeſſung genannt werden. Das Wort bezeichnet aber jetzt ausſchließlich die feinſten transportabeln und gegen Gangänderungen durch Temperaturwechſel mit Hilfe beſonderer Kompenſationseinrichtungen möglichſt unempfindlich gemachten Federuhren.

Man unterſcheidet eine größere Ausführung, als ſogenannte Boxchronometer (Doſen-, See-, Marine-, Schiffschronometer, vgl. a. Uhren, aſtronomiſche, und Boxchronometer), die beſonders für die Nautik (Längenbeſtimmung zur See durch direkte Zeitübertragung) beſtimmt, aber auch ſonſt bei Ortsbeſtimmungsaufgaben (bei Seetransport) als Beobachtungsuhr dort im Gebrauch ſind, wo die Aufſtellung einer Pendeluhr unmöglich oder zu mühſam iſt (Erdmeſſungsſtationen), und eine kleinere Ausführung in Taſchenuhrform, aber mit ganz ähnlicher Einrichtung, als ſogenannte Taſchenchronometer (engl. Pocketchronometer) für geographiſche Ortsbeſtimmungen auf Landreiſen in wenig erſchloſſenen Ländern und neuerdings ſogar vielfach als Gebrauchsuhr für feinere Zeitangaben und feinere Zeiterhaltung im bürgerlichen Leben benutzt. Als Taſchenchronometer (oder auch Halbchronometer) werden neuerdings vielfach auch feinere Taſchenuhren mit Ankergang bezeichnet, die für manche Zwecke den eigentlichen Taſchenchronometern (wegen der langſamen Schwingung der Unruhe und der empfindlicheren Steigradhemmung der letzteren) vorzuziehen ſind (ſ. unten). Der „Schlag" der Boxchronometer iſt jetzt ganz allgemein 0,5 s, der der Taſchenchronometer 0,4 s oder auch bei den ebenerwähnten Ankeruhren wie bei allen andern Taſchenuhren 0,2 s.

Betreffs der Entwicklungsgeſchichte der Marinechronometer ſei hier nur erwähnt, daß der Engländer John Harriſon und ſein Sohn William das Preisausſchreiben des Parlaments über eine brauchbare Seeuhr (Timekeeper) zuerſt befriedigend löſten (1736); ſpäter wurde die Einrichtung dieſer Uhren unermüdlich verbeſſert, ſo daß die praktiſchen Hauptproben 1761 und 1763 gut ausfielen. Gleichzeitig erfand der nicht minder berühmte franzöſiſche Uhrmacher Le Roy die ſogenannte Chronometerhemmung (eine „freie" Hemmung, von dem engliſchen Uhrmacher Arnold und Le Roys Landsmann, Berthoud, verbeſſert und ſpäter vielfach abgeändert, z. B. von Earnshaw, Mudge [1799], Jürgenſen, Kittel u. a.), mittels deren er ebenfalls eine für Längenbeſtimmung zur See brauchbare Schiffsuhr herſtellte. Seitdem iſt ununterbrochen ſowohl von ſeiten der Theorie als der Praxis an der Vervollkommnung der Chronometer gearbeitet worden und die Leiſtungen der beſten Boxchronometer ſtehen heute kaum hinter denen ausgezeichneter Pendeluhren zurück. Seitdem währt auch in der Nautik der zeitweiſe mit Heftigkeit geführte Streit zwiſchen den „Mondſüchtigen", wie Harriſon ſagte, die die Länge aus Mondbeobachtungen (Monddiſtanzen) beſtimmen, und denen, die Chronometerübertragung der Zeit vorziehen; Behörden für das Längenproblem: Commissioners of Longitude in England, Bureau des Longitudes in Frankreich. Für die Nautik iſt jedenfalls die Chronometermethode von immer größerer Bedeutung geworden, während auf Landreiſen, ſelbſt bei ſorgfältigſtem Tansport, Uhren mit Chronometerhemmung zur direkten Zeitübertragung im allgemeinen wenig leiſten können; für dieſen Zweck eignen ſich die mit Ankerhemmung verſehenen Uhren beſſer.

Die Konſtruktion der Boxchronometer iſt im weſentlichen die der Taſchenuhren. Die wichtigſten Teile ſind: 1. der Regulator (Régulateur), 2. die Hemmung (Echappement), 3. das Räderwerk (Rouage), 4. die Federkraft (Moteur), die die Bewegung unterhält. Die innere Einrichtung einer ſolchen Uhr zeigt Fig. 1. Um die einzelnen Teile nebeneinander zu ſehen, iſt die Anordnung, die in Wirklichkeit um die Mitte der Uhr herum ausgebildet iſt, hier gewiſſermaßen abgewickelt. — Als Regulator bezeichnet man die Unruhe *L* (Balancier) nebſt der auf ihrer Welle ſitzenden Spirale *M* (Spiral), die die Schwingungen der Unruhe iſochron macht; dieſer Iſochronismus der Spirale wird hergeſtellt, indem ſie auf eine gewiſſe Länge abgeſtimmt wird (Prinzip von Le Roy) oder indem man ihre Enden nach gewiſſen Kurven formt (Endkurven oder Kurven, Prinzip von Philipps). Bei den heutigen Chronometern wird meiſt die Arnoldſche Zylinderſpirale verwendet (ſ. Fig. 1). Der Balancier hat verſchiedene Formen erhalten, jetzt faſt ſtets die der Fig. 2, wenn man von den daran meiſt in verſchiedener Form angebrachten Hilfskompenſationen abſieht (ſ. Kompenſation); er hat zugleich die wichtige Aufgabe der Temperaturkompenſation: der äußere Streifen *A* iſt aus Meſſing, der innere *B* aus Stahl, ſo daß wegen der verſchiedenen Ausdehnung die kleinen Gewichte *C* bei {ſteigender / ſinkender} Temperatur {dem / von dem} Mittelpunkt etwas {genähert / entfernt} werden, womit durch die entſtehende Veränderung des Trägheitsmoments des Syſtems die „Temperaturkompenſation" ſich in gewiſſen Grenzen herſtellen läßt. Ein Chronometer mit ganz meſſingener Unruhe und einer Spirale aus Stahl zeigt ein Zurückbleiben um etwa 11 s täglich für je 1° C. Temperaturerhöhung, wovon übrigens nur ein geringer Teil auf die Wärmeausdehnung vom Balancier allein kommt (10 s fallen der Elaſtizitätsänderung der Spiralfeder und nur 1—2 s der Aenderung des Trägheitsmomentes zur Laſt, wie Verſuche mit Unruhen aus Glas lehrten) [1]. Neuerdings ſind in der franzöſiſchen und deutſchen Marine mit gutem Erfolg Chronometer mit Palladium- ſtatt Stahlſpiralen eingeführt worden; Palladium wurde wegen der magnetiſchen Wirkungen des Stahles und wegen der Roſt-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

bildung als Erſatz gewählt. — Die Hemmung iſt mit geringen Abänderungen jetzt ſtets nach Fig. 3 eingerichtet; auf 3. und 4., Räderwerk und Federkraft, braucht hier nicht eingegangen zu werden, dieſelben zeigt Fig. 1. Wegen genauerer Beſchreibung dieſer Inſtrumente vgl. die Werke [2]—[10], auch die noch unten zu nennenden Zeitſchriften, beſonders [9] und [16], die auch über die feineren Einrichtungen, die Abänderungen (z. B. die verſchiedenen Arten der Kompenſation u. ſ. w.) und insbeſondere auch über die Theorie das Notwendige geben.

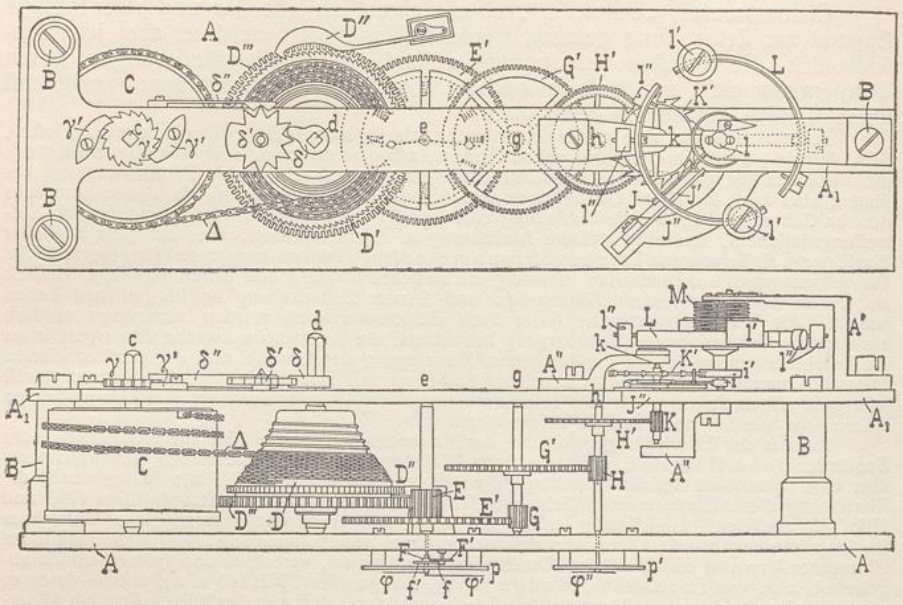


Fig. 1. *A* obere Platine. A_1 untere Platine. *A'* Brücke der Unruhe. *A''* Brücke der Hemmung. *B* Pfeiler der Platine. *C* Federhaus. *c* Federwelle. *γ* Sperrad für die Feder. *γ'* Sperrkegel. *D* Schnecke. *D'* Gegenſperrad. *D''* Sperrfeder für das Gegenſperrad. *D'''* Schneckenrad. *d* Schneckenwelle. *Δ* Kette. *δ* Zahn der Stellung. *δ'* Stellungsrad. *δ''* Stellungsfeder. *E* Trieb des Großbodenrads. *E'* Großbodenrad. *e* Achſe des Großbodenrads. *F* Minutenrohr. *F'* Wechſelrad. *f* Trieb des Wechſelrads. *f'* Stundenrad. *φ* Stundenzeiger. *φ'* Minutenzeiger. *φ''* Sekundenzeiger. *G* Trieb des Kleinbodenrads. *G'* Kleinbodenrad. *g* Achſe des Kleinbodenrads. *H* Trieb des Sekundenrads. *H'* Sekundenrad. *h* Achſe des Sekundenrads. *J* Hemmungsfeder. *J'* Anſchlagkloben für die Hemmungsfeder. *J''* Brücke der Hemmungsfeder. *i* Kleine Rolle. *i'* Große Rolle. *K* Trieb des Hemmungsrads. *K'* Hemmungsrad. *k* Steg der Unruhe. *L* Unruhe. *l* Achſe der Unruhe. *l'* Kompenſationsgewichte. *l''* Regulierſchrauben. *M* Spirale.

Der Gang, d. h. hier die tägliche Aenderung ſeines Standes gegen richtige Zeit, eines Chronometers (der ſelbſtverſtändlich nach mittlerer Zeit oder Sternzeit geregelt ſein kann) wird, wenn man ſich die Temperaturkompenſation (ſ. oben), die für gewöhnlich das Wichtigſte bleibt, auch vollſtändig erreicht denkt, durch eine große Anzahl von Urſachen beeinflußt. Unter dieſen ſind vor allem die Aenderungen in der Lage von Bedeutung; ferner Erſchütterungen beim Transport oder auch die Stöße der Schiffsbewegung; auch die Molekularbeſchaffenheit, beſonders die der Spiralfeder, bringt langſam verlaufende Schwankungen des Ganges hervor. Daher dürfen Uhren nicht kurz nach ihrer Reglage in Gebrauch genommen werden (Dauer der ſogenannten Akzeleration $^1/_2$—1 Jahr). Die Feuchtigkeit der Luft, durch die Niederſchlag auf Unruhe und Spirale erfolgen kann, ſcheint auch den Gang zu beeinfluſſen. Aenderungen des Luftdruckes haben auf Chronometer geringeren Einfluß als auf Pendeluhren. Auch der Zuſtand des Oels an der Achſe der Unruhe und andern Teilen der Uhr bewirkt mit der Zeit eine Aenderung des Ganges.

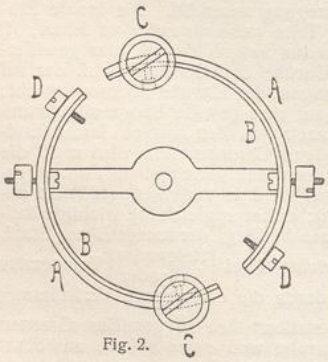


Fig. 2.

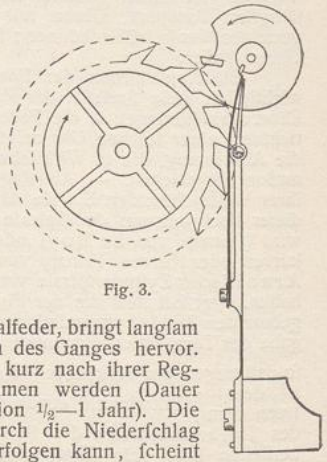


Fig. 3.

Aus dieſen Angaben folgen auch die wichtigſten Vorſichtsmaßregeln beim Gebrauch von Chronometern: Schutz gegen raſche und ſehr ſtarke Aenderungen der Temperatur, gegen Feuchtig-

keit; ebenſo Schutz gegen Staub, gegen raſche und unregelmäßige Lageänderung, Drehen in der Ebene der Unruhe bringt dieſe, die, wie oben erwähnt, bei dem Boxchronometer und dem eigentlichen Taſchenchronometer verhältnismäßig ſehr langſam ſchwingt, ſogar leicht zum Stehen, und deshalb iſt für manche Zwecke, Reiſen in wenig erforſchten Ländern u. ſ. w., d. h. überall bei unbequemem Transport, eine feine Ankeruhr mit 0,2 s Schlag als Beobachtungsuhr oft vorzuziehen, obgleich dieſe für die Beobachtungen bei den Ortsbeſtimmungsaufgaben nicht ganz ſo bequem iſt wie eine langſam ſchwingende. Die angedeutete Gefahr des Stehenbleibens und die Notwendigkeit ſtets derſelben Lage beeinträchtigt die Transportfähigkeit der Marinechronometer ſehr; wenn je auf einer Landreiſe ein ſolches Inſtrument mitgeführt wird, darf es nur den zuverläſſigſten Trägern übergeben werden und iſt ſogar am beſten zwiſchen zwei Stationen der Reiſe allemal in Ruhe zu ſtellen; ferner Schutz gegen Erſchütterungen aller Art, Stöße u. ſ. w.; Nachſehen der Uhr in genügend kurzen Zeiträumen (jedenfalls alle 3 Jahre) in Beziehung auf Reinheit aller Teile und den Zuſtand der Oelung durch einen in dieſer Arbeit erfahrenen Uhrmacher (das Oel ſpielt eine ſehr große Rolle, und ſchlechter Zuſtand desſelben [Fehlen einerſeits, Trockenlaufen der Wellen, „Verharzen“ anderſeits] führt beſonders die „Sprünge“, ſprungweiſe Aenderungen im Stand des Chronometers, alſo empfindliche Gangſtörungen herbei; vgl. Uhren, aſtronomiſche). Sehr wichtig iſt endlich das ganz regelmäßige Aufziehen zu einer beſtimmten Stunde jeden Tags; ein kleines Hilfszifferblatt bei den Boxchronometern zeigt den Stand des „Ablaufens“. Ueber den Einfluß von Luftfeuchtigkeit und Luftdruck vgl. Uhren, aſtronomiſche, und die dort genannte Literatur. Den Einfluß der Feuchtigkeit hat man neuerdings durch luftdicht verſchloſſene Käſten für die Boxchronometer verringert oder aufgehoben. Ueber den Einfluß von Erſchütterungen fanden und finden an den amtlichen Prüfungsſtellen für Boxchronometer (ſ. unten), z. B. in der Deutſchen Seewarte, ausgedehnte ſyſtematiſche Verſuche ſtatt. Die Schiffschronometer ſind in ihren Gehäuſen cardaniſch aufgehängt, ſo daß die Welle der Unruhe ſtets vertikal bleiben kann, und befinden ſich an Bord, in dem ſogenannten Chronometerſpind, im ruhigſten Teil des Schiffs; Taſchenchronometer ſollen ſtets möglichſt dieſelbe Lage behalten, obwohl ſie neben der Wärmekompenſation auch ſogenannte „Lage-Reglage“ erhalten. — Schon für die Ruhelage und ohne die oben aufgeführten ſtörenden Einflüſſe iſt ſelbſtverſtändlich der völlig iſochrone Gang eines Chronometers nur mit großer Annäherung zu erreichen. Veränderung der Temperatur, der Feuchtigkeit, der Struktur der Metallteile, des Oels machen für jedes Chronometer (jedes einzelne iſt ein Individuum) eine beſondere, an Land über den ganzen Gebrauch der Uhr fortgeſetzte Gangunterſuchung, für die Nautik zunächſt die Aufſtellung einer „Gangformel“ notwendig. Man gibt derſelben die Form

$$g = g_0 + \alpha\,(t - t_0) + \beta\,(\tau - \tau_0) + \gamma\,(f - f_0) + \alpha_1\,(t - t_0)^2,$$

worin g der tägliche Gang für die Temperatur t, die relative Feuchtigkeit f und gültig für die Zeit τ gerechnet von einer Anfangstemperatar t_0, Feuchtigkeit f_0 und einer Ausgangsepoche τ_0. Für ſehr ſcharfe Unternehmungen führt man auch wohl die Produkte dieſer Variabeln ein. Die α, β und γ ſind aus einer genügenden Beobachtungsreihe zu beſtimmende Konſtanten, die dem betreffenden Chronometer eigentümlich ſind [14], [21]. — Auf den Schiffen wird ein fortlaufendes Chronometerbuch (Chronometerjournal) über die Stände geführt. Kriegsſchiffe werden in der Regel mit (mindeſtens) drei Chronometern ausgeſtattet, einmal im Intereſſe größerer Genauigkeit der Zeitangabe und ſodann, weil man bei nur zwei Inſtrumenten, falls eines davon einen „Sprung“ macht, d. h. ſeinen gewöhnlichen Gang durch eine plötzliche Standänderung unterbricht, nicht entſcheiden kann, für welches von beiden Inſtrumenten dies der Fall war; Paſſagier- oder große Handelsſchiffe begnügen ſich leider oft mit nur einem (dazu oft noch alten oder „Second hand“) Inſtrument. Ueber Gangformeln und Aufſtellung derſelben, Behandlung der Chronometer u. ſ. w. in der Nautik vgl. des Näheren die unten angegebenen Schriften.

Bei der großen Wichtigkeit möglichſt zuverläſſiger Federuhren für das nautiſche Längenproblem ſind insbeſondere von ſeiten der Marineverwaltungen der ſeefahrenden Völker neuerdings periodiſche „Chronometerkonkurrenzen“ bei den ſtaatlichen Chronometerprüfungsinſtituten eingeführt worden, mit oft beträchtlichen Preiſen für ausgezeichnete Leiſtungen, wobei Prüfungsergebniſſe und weitere Erfahrungen in entſprechenden Zeitſchriften veröffentlicht werden (in Deutſchland in den Annalen der Hydrographie und maritimen Meteorologie), vgl. [14]—[19]. In Deutſchland iſt die wichtigſte Boxchronometerprüfungsſtation die Deutſche Seewarte in Hamburg (die Kriegsmarine hat eigne Prüfungsinſtitute), deren Vermittlung bei dem Kauf eines Boxchronometers in Deutſchland unbedingt in Anſpruch genommen werden ſollte. Es werden jährliche Konkurrenzen abgehalten (Preis 1000—300 ℳ); jeder deutſche Uhrmacher kann ſich beteiligen, wenn er nachweiſt, daß die weſentlichſten Teile des Chronometers in Deutſchland hergeſtellt ſind; in Frankreich und England ſind Hauptprüfungsorte die Sternwarten Paris und Greenwich. Für Taſchenchronometer übernimmt ſo ziemlich jede Sternwarte die Prüfung.

Gute deutſche Firmen für Boxchronometer, deren Erzeugniſſe jeden Vergleich mit den beſten engliſchen und franzöſiſchen Werken aushalten, ſind gegenwärtig: Bröcking (Hamburg), Diedrich (Geeſtemünde), Ehrlich (Bremerhaven), Eppner (Berlin), Kittel (Altona), Knoblich Nachfolger A. Meier (Hamburg), Kutter (Stuttgart), Lange & Söhne (Glashütte b. Dresden), Fr. Dencker (Hamburg), Sackmann (ebend.), Tiede (Berlin). Doch iſt mit dieſer kurzen Aufzählung ſelbſtverſtändlich nicht geſagt, daß man auch nicht von weniger bekannten Firmen gelegentlich vortreffliche Werke bekommt. Zu betonen iſt nochmals, daß man ein Boxchronometer nur durch Vermittlung der Deutſchen Seewarte kaufen oder vom Verfertiger das Prüfungsatteſt jenes Inſtituts verlangen ſoll. — Taſchenchronometer bezieht man (abgeſehen von den ausgezeichneten Schweizer Uhren aus Le Locle u. ſ. w.) in Deutſchland neuerdings gut von Glashütte in Sachſen (Lange & Söhne), von Weſſel in Freiburg i. Br., Kutter in Stuttgart u. a. Auch hier darf das Prüfungszeugnis einer Sternwarte nicht fehlen. Der Preis eines Boxchronometers iſt, je nach dem Prüfungszeugnis, 500—1000 ℳ und mehr. Die äußere

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Ausſtattung ſchwankt bei dieſen Inſtrumenten ſehr wenig, um ſo mehr natürlich bei den Taſchenchronometern, bei denen ſie vielfach ein Hauptfaktor des Preiſes iſt. Feine Ankeruhren, die den eigentlichen Taſchenuhren auf Landreiſen gelegentlich vorzuziehen ſind (ſ. oben), erhält man bei einfachſter Ausſtattung heute ſchon von 100 ℳ an. Eigentliche Taſchenchronometer koſten bei einfacher Ausſtattung 250—400 ℳ, bei reichem Goldgehäuſe u. ſ. w. bis 800 ℳ und mehr.

Literatur: [1] Vgl. z. B. Séances de la Soc. franç. de Physique, 1876, S. 235; ferner über einige nicht kompenſierte Chronometer von Keſſels in Aſtr. Nachr. Nr. 84, S. 224, und über eine Anwendung ſolcher Inſtrumente: Beſſel, Abhandl., Bd. 2, Leipzig 1876, S. 82; endlich Verſuche mit einem nicht kompenſ. Chronometer, Annalen der Hydrographie 1891 u. ff. — [2] Elementar, aber kurz und klar (ſpeziell für die Seemannspraxis beſtimmt) iſt Stechert, Das Marinechronometer (im Auftrag der Seew. bearb.), Hamburg 1894, von demſelben Verfaſſer der Artikel „Chronometer“ in Valentiners Handwörterbuch der Aſtronomie; ſehr eingehend hat ſich ſeit 20 Jahren der franzöſiſche Marineingenieur Caſpari mit den Chronometern beſchäftigt und viele eigne Erfahrungen nebſt vollſtändiger Darſtellung der Arbeiten andrer in ſeinen Werken niedergelegt: [3] Unterſuchungen über Chronometer u. ſ. w. (Paris 1878, von der franz. Akademie preisgekrönt), deutſch (erweitert unter Mitwirkung des Verf.) von Gohlke, Bautzen 1893. — Noch mehr populär gehalten iſt [4] Caſpari, Les Chron. de Marine (Encycl. des Aide-Mém.), Paris 1894, mit reichen Literaturangaben. — [5] Derſ., Astronomie pratique, t. 1, Paris 1888, S. 225—276. — Auch ſo ziemlich alle andern Lehrbücher der geogr. Ortsbeſt. und Nautik bieten Belehrung, vgl. z. B. [6] Herr-Tinter, Sphär. Aſtron., Wien 1887, S. 307—311 (kurz, aber für manche praktiſche Zwecke genügend), oder in Beziehung zur Nautik, außer der unter [2] genannten Anleitung und den zahlloſen engliſchen und franzöſiſchen Werken, z. B. [7] Handbuch der Navigation (vom Deutſchen Reichsmarineamt), 13. Aufl, Berlin 1891. — Endlich geben alle Lehrbücher der Uhrmacherkunſt Auskunft, z. B. der [8] Traité d'Horlogerie von Saunier, deutſche Ueberſetzung, 2. Aufl., Bautzen 1890, oder [9] Gelcich, Uhrmacherkunſt und Behandlung der Präziſionsuhren, Wien 1892 (Spirale S. 264 ff., Hemmung S. 387—420, Triebfeder S. 228 bis 256 u. ſ. w.); ſpez. über die Spiralfeder iſt zu vgl. Immiſch, M., Iſochronismus der Spiralfeder, Weimar 1873. Wichtiges Neuere ſ. auch in den [10] C. R. du Congrès de Chronométrie, Paris 1889, 1890 und 1902. — [11] Shadwell, Notes on the Management of Chr., London 1861. — [12] De Magnac, Recherches sur l'emploi des Chr. à la Mer, Paris 1874. — [13] Villarceau et de Magnac, Nouvelle Navigation astronom., 2 Bde., Paris 1877. — Die folgende Aufzählung der periodiſchen Literatur nimmt nicht nur auf die „Konkurrenzprüfungen“ Rückſicht, ſondern gibt die wichtigſten der chronometriſchen Sammelwerke überhaupt. — [14] Vgl. neben dem älteren „Regulativ für das Chronometerprüfungsinſtitut bei der Seewarte in Hamburg“ (Hamburg 1876) und deſſen Ergänzungen, die neueren Aufſätze von Peters, Börgen u. a. in faſt allen Jahrgängen der Ann. der Hydrographie u. ſ. w. (Einzelnes als Beiſpiele: Peters, Chronometergänge, 1887, S. 505; Verhalten der Marinechronometer gegen verſch. Feuchtigkeit, 1889, S. 107; Temp.-Korr., ebend., S. 149; Verhalten der Chronometer auf bewegter Unterlage ebend., S. 225; Konkurrenzprüfung, ebend., S. 298, Gangformeln für die Chronometer dieſer Prüfung, S. 303. — Klaſſifikation der Chronometer u. ſ. w., 1890, S. 41; die Berichte über die ſämtlichen Konkurrenzprütungen (1904 fand die 27. Prüfung ſtatt). — Vergleich. der Chronometer nach ihrer Kompenſationsart, 1891, S. 503, Temp.-Korr., ebend., S. 27. — [15] Ausführlich iſt der Bau und die Kompenſation der Chronometer behandelt in Ambronn, L., Handbuch der aſtron. Inſtrumentenkunde, Bd. 1, S. 247 ff., Berlin 1899. — [16] Die wichtigſte franz. Chronometerzeitſchrift (zwanglos) ſind die „Recherches sur les Chronomètres“ (et Instr. nautiques), Dépôt de la Marine, Paris 1859—1903, bis jetzt Heft 1—22, die alle wichtigen theoretiſchen und praktiſchen Arbeiten der Franzoſen auf dieſem Gebiet enthalten (die ſchon unter [3] oben zitierte Arbeit von Caſpari iſt eines dieſer Hefte). — Auch [17] die „Annales Maritimes“ und die „Revue Maritime et Coloniale“ enthalten Chronometerberichte (die zuletzt genannte Zeitſchrift z. B. im Jahrg. 1887, Rollet de l'Isle, Concours etc.). — [18] Die engliſchen Chronometerreſultate ſind beſonders gegeben in den „Greenwich Rates of Chr., on trial for purchase by the Board of Admiralty at the Roy. Obs. Greenw.“ (und ähnliche Titel), z. B. für Oktober 1891 bis Januar 1892, London 1892 erſchienen. — [19] Uebrigens beſtehen Einrichtungen zur Prüfung von Chronometern und Chronometerkonkurrenz ſelbſtverſtändlich auch an andern Orten mit großer, feiner Uhreninduſtrie, in der Weſtſchweiz (Jura) z. B., ſ. z. B. Gautier, Le service chronom. à l'Obs. de Genève et les concours etc. (auch mit Nachrichten über die Einrichtungen andrer Sternwarten zur Unterſuchung von Taſchenchronometern, z. B. in Neuchâtel), Genf 1894; Cellerier, Conc. national de Comp. des Chronom., Genf 1885, und desſelben Etudes numériques des Concours de Comp. etc., Genf 1887. — [20] Berichte über die Fortſchritte in der Anfertigung von Box- und Taſchenchronometern bringen endlich auch alle Uhrmacherzeitungen, z. B. die Deutſche Uhrmacherzeitung, Revue Chronométrique (Paris), Journal suisse d'Horlogerie (Genf), Horological Journal (London) u. ſ. w. — [21] Villarceau, Y., Annales de l'Observatoire de Paris, t. 7, und die Arbeiten des Chronometerprüfungsinſtituts zu Hamburg.

Ambronn.

Chronoſkop (Chronograph), Vorrichtung zur Zeitbeſtimmung, und zwar 1. zur Beſtimmung der Uhrzeit eines Ereigniſſes mit einer Genauigkeit von ſehr kleinen Bruchteilen einer Sekunde, 2. zur Meſſung der Dauer ſehr kurzer Zeitabſchnitte, 3. zur graphiſchen Fixierung des Verlaufs raſch folgender Veränderungen.

Wenn der Aſtronom, den Durchgang eines Fixſterns durch das Sehfeld des Fernrohrs verfolgend, zugleich die Schläge einer die Sekunden beſtimmenden Uhr vernimmt, ſo iſt es ihm möglich, den Durchgang eines Fixſterns durch einen der Fäden des Fadennetzes mit einer Genauigkeit anzugeben, die höchſtens Zehntelſekunden erreicht. Eine weſentlich größere Genauigkeit erreicht er, wenn er die Auge- und Ohrmethode durch die Auge- und Handmethode

erſetzt. Das Chronoſkop von Fueß (R. Fueß, Berlin, Alte Jakobſtraße 108), eine dem Morſeſchen Schreibtelegraphen nachgebildete Vorrichtung, die mit der aſtronomiſchen Uhr in elektriſche Verbindung geſetzt wird, geſtattet dem Beobachter, ſeine Aufmerkſamkeit ungeteilt dem zu beobachtenden Ereignis zu widmen, deſſen Eintritt durch einen kurzen Fingerdruck markiert wird. Das Chronoſkop zeichnet auf einem fortlaufenden Papierſtreifen zwei farbige Linien, deren eine die Anfänge der einzelnen Sekunden durch Auszackungen, deren andre ebenſo die Momente der Taſtbewegungen angibt, derart, daß letztere mit einer Genauigkeit von 0,001 Sekunden verzeichnet werden. Auch der aus der Zeit der Nervenleitung des Beobachters entſpringende Fehler, die ſogenannte perſönliche Gleichung, kann mittels desſelben Apparates ermittelt werden.

Die Chronoſkope haben je nach dem Zwecke, dem ſie dienen, ſehr verſchiedene Einrichtungen. Die allergenaueſten chronoſkopiſchen Vorrichtungen ſind die von Arago und von Fizeau erſonnenen Vorrichtungen zur Ermittlung der Zeit, die das Licht (ſ. d.) braucht, um Strecken von einigen Kilometern oder gar nur von wenig Metern zurückzulegen. Wegen der direkten Beziehung des Lichtes zum Auge erfordern dieſe Verſuche keine beſonderen Vorrichtungen zur Auslöſung von Mechanismen. Solche Auslöſungen, ſelbſttätig wirkend, ſind notwendig, wenn es ſich darum handelt, Dauer und Verlauf einer mechaniſchen Ortsveränderung an einer Uhr oder an irgend einer die Uhr erſetzenden Bewegung von bekanntem Verlaufe zu meſſen.

Das Chronoſkop von Hipp [1], [2], eine Verbeſſerung des von Wheatſtone 1840 konſtruierten Apparates, ſchaltet vom Beginn bis Schluß der zu meſſenden Ortsveränderung ein leicht bewegliches Zeigerwerk in den Gang einer Uhr ein, derart, daß die Zeit der Einſchaltung bis auf 0,001 Sekunden genau abgeleſen werden kann. Zum Beiſpiel wird die Zeit eines fallenden Körpers bei Fallhöhen von etwa 1 m, die Geſchwindigkeit eines Geſchoſſes innerhalb weniger Meter vor der Mündung des Laufs ermittelt, indem durch den bewegten Körper ſelbſt am Anfangspunkt der Strecke ein zuvor geſchloſſener elektriſcher Strom geöffnet, am Ende der Bahn eine Zweigleitung des Stromes durch eine Falle wieder geſchloſſen wird. Während der Dauer der Stromöffnung bleibt mittels des losgelaſſenen Ankers eines Elektromagnets das Zählwerk der Uhr eingeſchaltet. Werner Siemens [3] mißt die Geſchoßgeſchwindigkeit im Laufe zwiſchen beliebig vielen verſchiedenen Stellen des Laufs, indem er durch Bohrungen in der Rohrwand iſolierte feine Drähte zieht, deren jeder mit der inneren Belegung einer Leidener Flaſche oder mit dem einen Pol eines Funkeninduktors in Verbindung iſt. Im Augenblick des Kontaktes von Draht und Geſchoß findet die Ableitung der Flaſchenladung zum Rohr und damit zur äußeren Belegung oder dem andern Pole ſtatt. In den Entladungsweg iſt eine rotierende Metalltrommel eingeſchaltet, gegen deren polierte Oberfläche aus einer gegenüberſtehenden Metallſpitze der Funke überſchlägt. Die Trommel macht in der Sekunde 100 Touren, und die Orte der Entladungsſpuren auf dem Umfang der Trommel geſtatten eine Zeitbeſtimmung mit der Genauigkeit einer Vierzigtauſendſtelſekunde. Eine bequeme mechaniſche Vorrichtung, an deren Bewegung die Zeit einer andern Bewegung gemeſſen werden kann, bildet ein freifallender Körper bei dem Chronoſkop von Le Boulengé oder ein fallendes Pendel bei dem Apparate von Navez, wobei durch elektriſche Auslöſung der Beginn des Falls gleichzeitig mit dem der zu meſſenden Bewegung erfolgt und der Ort des fallenden Körpers zur Zeit des Schluſſes der Bewegung markiert wird. Bei dem Chronoſkop von Beetz [4] wird die Zeit durch die Bewegung einer Stimmgabel gemeſſen, die während ihrer Bewegung, vorwärts geſchoben, auf berußter Fläche eine Wellenlinie zeichnet. Die Marken auf der Wellenlinie werden durch überſpringende Induktionsfunken erzeugt, und die Zahl der Wellen zwiſchen zwei Marken gibt das Maß der Zeit. Die Beſtimmungen ſind bis auf 0,0005 Sekunden genau. Der Stimmgabelchronograph von Carl zeichnet die Wellen mit den Marken auf eine Schraubenwalze. Die beiden letzteren Syſteme liefert Dr. Edelmann, München, erſteres zu Preiſen von 110—800 *M.*, letzteres zu 265 *M.* Das Prinzip der Zeitbeſtimmung nach den Schwingungen einer Stimmgabel verwirklicht in einfachſter Weiſe das Chronoſkop von J. Kuhn, Stuttgart, deſſen ſich Prof. G. Jäger bedient, um die mit den pſychiſchen Zuſtänden desſelben Individuums wechſelnde Zeit kurzer Taſtbewegungen des Fingers zu meſſen. Eine Uhr mit Stimmgabelhemmung teilt der Schwingungszahl der Stimmgabel entſprechend die Sekunde in 250 gleiche Teile; während der Dauer der Taſtbewegung bleibt ein Zeiger in den Gang der Uhr eingeſchaltet.

Das gemeinſame Prinzip all dieſer genannten Vorrichtungen beſteht darin, den Verlauf einer zu unterſuchenden Veränderung an dem Verlauf einer bekannten Ortsveränderung zu meſſen. Ein andres Prinzip der Chronoſkopie beſteht darin, während der Dauer der zu meſſenden Veränderung eine Kraft wirken zu laſſen und die Zeit der Größe der Kraftwirkung proportional zu ſetzen. Die gleichartigen Schwingungen eines Magnetſtabs, der an einem Faden als Umdrehungsachſe aufgehängt iſt, werden eine in der Größe des Ausſchlags erkennbare Störung erfahren, wenn der Magnetſtab während des Durchgangs durch die Gleichgewichtslage der kurz dauernden Einwirkung einer ſtromdurchfloſſenen Drahtſpirale ausgeſetzt war. Aus dem Betrage der Aenderung des Ausſchlags läßt ſich die Zeit des Stromſchluſſes berechnen. Dieſe von Pouillet 1844 [5] zuerſt angewendete Methode wurde durch v. Helmholtz [6] vervollkommnet und zu phyſiologiſchen Meſſungen (Geſchwindigkeit der Nervenleitung und Zeit von Muskelzuckungen) verwendet. Beſonders aber wurde von den Phyſiologen das Siemensſche Prinzip der Aufzeichnung des Verlaufs der Vorgänge auf einer rotierenden Trommel oder Scheibe weiter ausgebildet in dem Myographion von Helmholtz, dem Federmyographion von Dubois-Reymond, dem Pendelmyographion von Fick, dem Kymographion von Ludwig, dem Pantomyographion von Engelmann [7].

Eine eingehende Beſchreibung der zum Meſſen von Geſchoßgeſchwindigkeiten verwendeten Chronoſkope mit reichlichen Literaturangaben ſ. [8].

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Literatur: [1] Müller-Pouillets Lehrbuch d. Phyſik u. Meteorol., umgearb. von Pfaundler, Bd. 3, S. 672, Braunſchweig 1888—90. — [2] Hirſch u. Plantamour, Détermination télégraphique de la différence de longitude entre Genève et Neufchâtel, Genf 1864. — [3] Pogg. Ann., Bd. 66, S. 435, 1845. — [4] Fricks phyſikaliſche Technik von O. Lehmann, Bd. 2, S. 269, 6. Aufl., Braunſchweig 1895. — [5] Müller-Pouillet, a. a. O., S. 675. — [6] Helmholtz, H. v., Wiſſenſchaftl. Abhandlungen, Phyſiologie, S. 745—952, Leipzig 1883. — [7] Engelmann, Das Pantomyographion, Archiv für geſamte Phyſiologie, Bd. 60, Bonn 1895. — [8] Cranz, C., Compendium d. theoretiſchen äußeren Balliſtik, Leipzig 1896, S. 432 ff. und S. 463. *Aug. Schmidt.*

Chronoſkope hat man ferner auch mehrere Apparate und Inſtrumente zur (ungefähren) Zeitbeſtimmung genannt. (Dem Ausdruck an ſich nach könnte man ja mit vollem Recht neben den obenbeſchriebenen Chronoſkopen zur feinſten Zeitpunkt- oder Zeitdauerbeſtimmung auch jede beliebige Uhr, z. B. eine Sonnenuhr oder eine Taſchenuhr oder Inſtrumente nach Art des Dipleidoſkops oder Gnomons [ſ. d.] ſo nennen; die im folgenden noch zu erwähnenden Apparate tragen aber ihren Namen meiſt nicht ganz mit Recht.) Zum Beiſpiel hat C. A. Steinheil in München ein kleines Inſtrument „zur Beſtimmung der Zeit und der Polhöhe ohne Rechnung“ ſo genannt [1], ebenſo Profeſſor Rieß in Stuttgart ein (wenig brauchbares) Hilfsmittel zur Zeitbeſtimmung u. ſ. w.

Literatur: [1] Steinheil, Abhandlungen der 2. Klaſſe der bayr. Akad. der Wiſſenſch., Bd. 10, 2. Abt., 1868, auch Sep.: Das Chronoſkop, München 1870. *Hammer.*

Chryſamin, Chryſanilin, ſ. Farbſtoffe, künſtliche organiſche.

Chryſen, ſ. Teer.

Chryſoberyll, Cymophan, natürliches Beryll-Aluminium-Oxyd $BeAl_2O_4$ (19,8 % BeO, 80,2 % Al_2O_3), außerdem etwas Fe_2O_3, TiO_2 und Cr_2O_3 enthaltend. Kriſtalliſiert rhombiſch, meiſt kurzſäulig oder tafelartig; unvollkommen ſpaltbar, mit muſcheligem Bruch; durchſichtig und durchſcheinend, grünlichweiß, ſmaragd-, gras- oder ſpargelgrün, ſeltener gelb; glasglänzend. Dichroitiſch, beſonders der ſogenannte Alexandrit, der im weißen Tageslicht ſmaragdgrün, im gelben Lampenlicht blaurot bis rot iſt. Härte 8,5, ſpez. Gew. 3,65—3,8. Vor dem Lötrohr unveränderlich, unſchmelzbar, in Säuren unlöslich. Durch Aetzkali und reines ſchwefelſaures Kali zerſetzbar; durch Reiben elektriſch werdend. Vornehmlich in Braſilien, Borneo und am Takowaiafluß im Ural (Alexandrit). Ziemlich geſchätzter Edelſtein, der entweder en cabochon oder auch in Brillantform (mit Goldfolienunterlage) zu Ring- und Nadelſteinen verſchliffen wird (mit Schmirgel auf Meſſingſcheibe, poliert mit Tripel auf Zinn). *Leppla.*

Chryſokoll, Kieſelkupfer, Kieſelmalachit, Kupfergrün, waſſerhaltiges Kupferſilikat $CuSiO_3 + 2H_2O$ (34,21 % SiO_2, 45,27 % CuO, 20,52 % H_2O). Amorph, traubig, nierenförmig und als Anflug und Ueberzug; ſpröd, muſchelig brechend; grün in verſchiedenen Tönen, hellgrüner Strich, wenig glänzend, durchſcheinend. Härte 2—3, ſpez. Gew. 2,03—2,15. Gibt, im Kolben erhitzt, Waſſer, ſchmilzt nicht vor dem Lötrohr, wird von Salzſäure unter Abſcheidung von Kieſelſäure zerſetzt. Meiſt mit Malachit vergeſellſchaftet. Wird zur Kupfergewinnung benutzt. *Leppla.*

Chryſokolla, frühere Bezeichnung für Borax.

Chryſolith, ſ. Olivin.

Chryſopras, ſ. Quarz.

Chryſorin, ſ. Meſſing.

Chryſotil, ſ. Aſbeſt.

Chryſotypie, ſ. Photographie.

Chthoniſothermen, ſ. v. w. Iſogeothermen; ſ. Geothermik.

Ciborium, ſ. Altar, Bd. I, S. 154.

Ciderpreſſe, ſ. Obſtmahlmühle.

Cif (bei Preisangaben für Jute, Wolle u. ſ. w.), eine Abkürzung für cost, insurance, freight und bedeutet alſo Preis einſchließlich Verſicherung und Fracht.

Cimolit, ſ. Kaolin.

Cinchonin, Alkaloid der Zuſammenſetzung $C_{19}H_{22}N_2O$ aus der Gruppe der Chinabaſen.

Cinerarium, ſ. Leichenverbrennung.

Cipollin (Cipollino), Zwiebelmarmor, kriſtallinkörniger Kalk, der viel weißen Glimmer (Muskovit) oder grünen Chlorit oder Talk enthält. Die Farbe iſt meiſt hell, weiß, grau oder gelblich, oft grau oder grün geflammt und geſtreift durch die lagenweiſe Verteilung der Glimmer- oder Chloritblättchen. Längs des lagenweiſe verteilten Glimmers löſt ſich das Geſtein oft leicht voneinander, wird ſchieferig und blättert bei der Verwitterung auf (gleich den Schalen einer Zwiebel). Cipollino antico, weiß mit grünen Chloritlagen und Streifen, ſtammt von Mons Oca bei Caryſtos auf Euböa; Cipollino de Polcheverra und Verde d'Egitto, Marmo verdello ſind grüne körnige Kalke mit Serpentin- oder Chloritlagen und Streifen. *Leppla.*

Cippus, der einfachſte antike Grabſtein, beſtehend aus einer Platte, die aufrecht geſtellt und mit einem Giebel oder einer Akroterie geſchmückt wird.

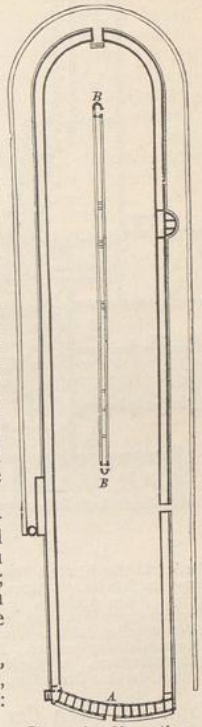
Literatur: Handbuch der Architektur, 2. Teil, Bd. 1: Durm, J., Baukunſt der Griechen, Darmſtadt 1881, 19. Kap., S. 242 ff. *Weinbrenner.*

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Circaſſienne (Zirkaß), dem Kaſchmir verwandter, leichter, weniger gewalkter und vierſchäftiger Köper; ſ. Tuchfabrikation und Weberei.

Circus iſt die römiſche bauliche Anlage, die für Wettrennen zu Wagen und zu Pferd diente. Sie beſtand aus dem Rennplatz (Arena) und dem Zuſchauerraum; erſterer war ungemein lang und ſchmal, letzterer erhob ſich amphitheatraliſch in mehreren Stockwerken und endete häufig in einer Säulenſtellung.

Die Circusbauten bildeten koloſſale Anlagen, die noch weit bedeutender waren als die größten bekannten römiſchen Amphitheater. In der Mitte der Arena (ſ. die Figur) zog ſich eine erhöhte Bruſtwehr *B B* (Spina) hin, die durch auf dieſelbe geſtellte Bildwerke, Obelisken u. dergl. verziert war; an jedem Ende derſelben befand ſich ein kegelförmiger Zielſtein (Meta). Die eine Schmalſeite der Arena war im Halbkreis geſchloſſen, und hier befand ſich unter dem Zuſchauerraum die für den feſtlichen Auszug des Siegers beſtimmte Porta triumphalis. Die entgegengeſetzte Seite der Arena enthielt ein Portal, durch das diejenigen einzogen, die ſich am Wettkampfe beteiligen wollten. Hier befanden ſich auch die Stallungen *A* (Carceres), an ihren beiden Enden durch Türme ausgezeichnet. Die Stallungen ſelbſt nahmen im Grundriß die Form eines Kreisſegmentes an, deſſen Mittelpunkt rechts von der Meta in der Arena lag; dies war auch die Stelle, von der das Wettrennen begann. Die kaiſerliche Loge (Cubiculum) befand ſich in der Mitte der rechten Langſeite; dieſer ſchräg gegenüber hatte der Prätor ſeinen Platz, der durch das Fallenlaſſen eines Tuches das Zeichen zum Beginn des Wettrennens gab. Merkwürdigerweiſe haben ſich von den koloſſalen römiſchen Circusanlagen nur ſehr beſcheidene Reſte erhalten; die bedeutendſten findet man noch in den Ruinen des Circus des Maxentius an der Via Appia bei Rom. Die größte Anlage ſcheint der Circus Maximus geweſen zu ſein, der nach Plinius' Bericht 260000 Sitzplätze aufzuweiſen hatte. Die Rennbahn ſoll eine Länge von 595 m und eine Breite von 110 m gehabt haben. Dann wäre noch zu erwähnen der Circus des Caligula und des Nero, von denen Prof. Ebe [1] in ſeinem neueſten Werke eine gute Reſtauration bringt.



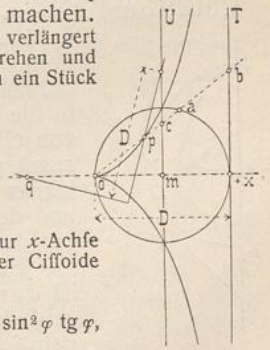
Circus des Maxentius.

Auch heutigentags gibt es Circusanlagen, die eine ähnliche Beſtimmung haben; in dieſen werden Produktionen von Reitkünſtlern und ähnliche Schauſtellungen abgehalten, während eigentliche Wettrennen darin nicht mehr ſtattfinden. Die Dimenſionen ſind verhältnismäßig beſcheiden; die Arena pflegt kreisförmig angelegt zu ſein, und die Sitzplätze erheben ſich um dieſelbe ebenfalls amphitheatraliſch. Größte Anlage bis 6000 Sitze (Paris) [2].

Literatur: [1] Ebe, Guſtav, Abriß der Kunſtgeſchichte des Altertums, Düſſeldorf 1895. — [2] Baukunde des Architekten, 2. Teil, Bd. 2, 2. Aufl., Berlin 1899, S. 171—188; Handbuch der Architektur, 4. Teil, 6. Hlbbd., 6. Heft: Circus-Hippodromgebäude von E. Schmidt, Stuttgart 1904. *Weinbrenner.*

Cirren (Cirri), ſ. Wolken.

Ciſſoide. Durch einen beliebigen Punkt o eines Kreiſes ziehe man irgend einen Strahl, der den Kreis zum zweitenmal im Punkt a, diejenige Tangente des Kreiſes, deren Berührungspunkt o gegenüberliegt, im Punkt b ſchneiden möge. Trägt man in dem Strahl das Stück $op = ab$ ab, ſo iſt p ein Punkt der durch den gegebenen Kreis (und den Punkt o auf ihm) beſtimmten Ciſſoide. Man kann auch, wenn jener Strahl die durch den Kreismittelpunkt m zur Tangente T gezogene Parallele U in c ſchneidet, $cp = ac$ machen.



Mechaniſche Erzeugung (nach Newton): Sei mo um ſich ſelbſt verlängert bis q. Man laſſe einen Schenkel eines rechten Winkels um q ſich drehen und zugleich denjenigen Punkt des andern Schenkels, der vom Scheitel um ein Stück gleich dem Durchmeſſer D des Kreiſes abſteht, auf der Geraden U gleiten, dann wird der Mittelpunkt zwiſchen dem Scheitel des rechten Winkels und dem fraglichen Punkt des zweiten Schenkels die Ciſſoide beſchreiben. Die Ciſſoide iſt eine rationale Kurve dritter Ordnung und Klaſſe, die durch die unendlich fernen imaginären Kreispunkte geht; ſie iſt ſymmetriſch zu dem von o ausgehenden Durchmeſſer des gegebenen Kreiſes, hat T zur Aſymptote und in o einen Rückkehrpunkt erſter Art. Nimmt man o zum Urſprung, die Symmetrieachſe zur x-Achſe eines rechtwinkligen Koordinatenſyſtems, ſo wird die Gleichung der Ciſſoide

$$x(x^2 + y^2) - D y^2 = 0,$$

oder in Polarkoordinaten r, φ $\qquad r = D \cdot \sin\varphi \operatorname{tg}\varphi.$

Darſtellung in Parameterform: $\qquad x = D \sin^2\varphi, \quad y = D \sin^2\varphi \operatorname{tg}\varphi,$

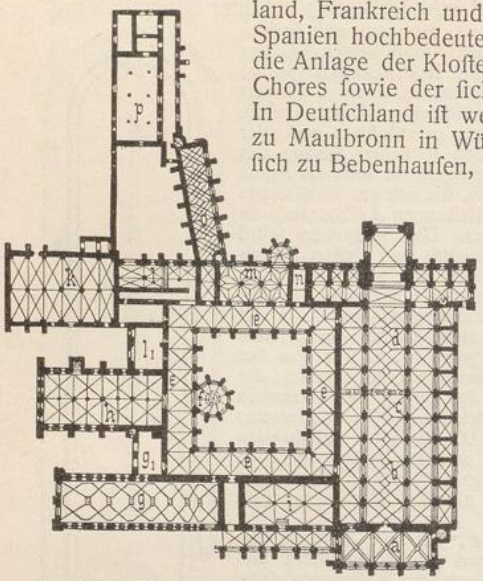
oder für $\dfrac{x}{y} = \operatorname{ctg}\varphi = t$: $\qquad x = \dfrac{D}{1 + t^2}, \qquad y = \dfrac{D}{t(1 + t^2)}.$

Literatur: Angaben über Tangente, Normale, Krümmung, Bogenlänge, Inhalt u. ſ. w. findet man in L. A. Sohncke, Sammlung von Aufgaben aus der Differential- und Integral-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

rechnung, 4. Aufl., Halle a. S. 1875/77, Teil 1, S. 177; Teil 2, S. 109; Schlömilch, O., Uebungsbuch zum Studium der höheren Analyfis, 4. Aufl., Leipzig 1887 (an verfchiedenen Stellen zerftreut); Loria, G., Spezielle algebraifche und tranfzendente ebene Kurven, deutfche Ausgabe von Fr. Schütte, Leipzig 1902, S. 36, u. a. (f. Sachregifter); dort auch weitere Literatur. *Mehmke.*

Cifterzienferklöfter waren namentlich in der frühgotifchen Periode von hervorragender Bedeutung; die Cifterzienfer errichteten nicht nur in Deutfchland, Frankreich und England, fondern auch in Italien und Spanien hochbedeutende Klofteranlagen. Charakteriftifch für die Anlage der Klofterkirche ift die rechtwinklige Bildung des Chores fowie der fich an den Chor anfchließenden Kapellen. In Deutfchland ift weitaus der bedeutendfte Bau das Klofter zu Maulbronn in Württemberg [1]. Weitere Anlagen finden fich zu Bebenhaufen, Heifterbach, Altenberg, Sedlitz, Doberan, Dargun, Riddagshaufen, Loccum, Fontenay, Rom (S. Vincenzo et Anastasia) Clairvaux u. f. w. [2].



Grundriß des Klofters Maulbronn. *a* Paradies. *b* Langhaus der Kirche. *c* Lettner. *d* Chor der Mönche. *e* Kreuzgang. *f* Brunnenhalle. *g* Refektorium der Laienbrüder, darüber deren Wohnung. g_1 Küche. *h* Herrenrefektorium. *i* Vorratskeller, darüber Winterfpeifefaal. *k* Keller, darüber Dorment (Dormitorium). *l* Bruderhalle. l_1 Wärmeftube (Calefaktorium). *m* Kapitelfaal. *n* Sakriftei. *o* Parlatorium, darüber Oratorium. *p* Herrenhaus (Abtswohnung).

Literatur: [1] Die Cifterzienfer-Abtei Maulbronn von E. Paulus, Württembergifcher Altertumsverein, Stuttgart 1879; Klunzinger, H., Artiftifche Befchreibung der Cifterzienfer-Abtei Maulbronn, Stuttgart 1849. — [2] Dohme, R., Die Kirchen des Cifterzienferordens in Deutfchland, Leipzig 1869; Viollet-le-Duc, M., Dictionnaire raisonné de l'arch. franç., t. 1, Art. Architecture monastique, p. 241—312. *Weinbrenner.*

Citadelle, f. Feftungsbau und Kriegsfchiffstypen.

Citochromie, ein Vierfarbendruckverfahren (vgl. Dreifarbendruck) von Albert in München, bei dem zur Erzielung befonderer Sättigung und Leuchtkraft der Farben gewiffe Modifikationen gegenüber andern derartigen Verfahren vorgefehen find; hauptfächlich wird jedes Farbenteilnegativ durch ein Pofitivfupplement ergänzt, das durch Zufammenwirken der beiden übrigen Negative gewonnen wird, während die grauen Töne zu liefern vornehmlich die Aufgabe der „Schwarz"-Platte ift.

Vgl. Eders Jahrb. f. Phot. und Repr., 1902, S. 648. *A. W. Unger.*

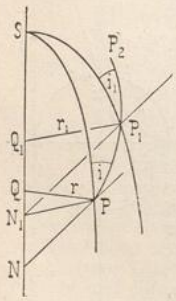
Citral, f. Riechftoffe, künftliche.

Citrin, f. Quarz.

Cl, chemifches Zeichen für Chlor.

Clairauts Form, f. Differentialgleichungen.

Clairauts Satz über die geodätifchen (kürzeften) Linien auf Rotationsflächen. Die charakteriftifche Eigenfchaft der geodätifchen Linien auf krummen Flächen ift die, daß ihre Hauptnormale in die Flächennormale fällt und mithin die Schmiegungsebene durch die Flächennormale hindurchgeht. Für die Rotationsflächen, deren Normale in die Ebene des Meridians fällt, ergibt fich hieraus die folgende von Clairaut in den Mémoires de l'Académie des sciences 1733 zuerft publizierte Beziehung zwifchen dem Radius r des Parallelkreifes eines Punktes einer kürzeften Linie einer folchen Fläche und dem Azimut i (Winkel der Tangente der geodätifchen Linie mit der Tangente des Meridians):



Für jede geodätifche Linie einer Rotationsfläche ift das Produkt aus dem Radius r des Parallelkreifes und dem Sinus des Azimutes i eine Konftante a, d. h. $r \sin i = a$ (f. die Figur).

Unter einer geodätifchen Linie verfteht man eine folche auf der Fläche verlaufende Kurve, deren Schmiegungsebene in jedem Punkt die Flächennormale enthält, alfo fenkrecht auf der Tangentialebene fteht. Es feien P und P_1 zwei benachbarte Punkte der Rotationsfläche, PS

und P_1S ihre Meridiane, PN und P_1N_1 ihre Normalen, endlich PQ und P_1Q_1 die Radien der Parallelkreiſe. Legt man durch P_1P und N_1 eine Ebene, ſo kann dieſelbe als Schmiegungsebene für den Punkt P_1 aufgefaßt werden und ihr Schnitt mit der Fläche beſtimmt das dem Element PP_1 auf der geodätiſchen Linie benachbarte Element P_1P_2. Im Dreikant, das aus den beiden Meridianebenen und der Schmiegungsebene gebildet wird, gilt der Sinusſatz:

$$\sin i : \sin i_1 = \sin SN_1P_1 : \sin SN_1P.$$

Nun iſt: $\sin SN_1P_1 = r_1 : N_1P_1$ und $\sin SN_1P = r : N_1P$, ferner iſt bis auf Größen zweiter Ordnung $N_1P = N_1P_1$, da der Winkel N_1P_1P ein rechter iſt. Hieraus folgt: $\sin i : \sin i_1 = r_1 : r$ oder: $r \sin i = r_1 \sin i_1$. Es ändert ſich demnach das Produkt $r \sin i$ beim Uebergang von einem Punkt P zum Punkt P_1 nicht (genauer nur um Größen zweiter Ordnung) und iſt daher konſtant.

Die geodätiſche Linie kann auch als Form eines über die glatte Fläche geſpannten Fadens oder als Bahn eines auf der glatten Fläche unter dem Einfluſſe der Trägheit mit Ausſchluß äußerer Kräfte ſich bewegenden Punktes aufgefaßt werden. Im letzteren Falle iſt der Clairautſche Satz eine Folge des Flächenprinzipes: $r^2 d\varphi = r_1^2 d\varphi_1$, wobei $d\varphi$ und $d\varphi_1$ die Winkel bedeuten, um die ſich r bezw. r_1 in gleicher Zeit dreht. Nun iſt $r\,d\varphi = ds \sin i$; $r_1 d\varphi_1 = ds_1 \sin i_1$, alſo $r \sin i\, ds = r_1 \sin i_1\, ds_1$. Für die Bewegung mit Ausſchluß von Kräften muß aber gleichförmige Geſchwindigkeit herrſchen, alſo in gleichen Zeiten $ds = ds_1$ ſein, womit der Satz bewieſen iſt.

Literatur: Schell, Theorie der Bewegungen und der Kräfte, Bd. 1, S. 415, 437, und Bd. 2, S. 92.

Finſterwalder.

Clairauts Theorem drückt die Beziehung aus, die beſteht zwiſchen der Veränderlichkeit der Schwere-Intenſität längs der Erdoberfläche und der Geſtalt der Erde (Abplattung). Der Satz lautet:

$$\left(\begin{matrix}\text{Die Abplattung}\\ \text{der Meeresfläche}\end{matrix}\right) + \frac{\text{Zunahme der Schwerkraft vom Aequator bis zum Pol}}{\text{Schwerkraft am Aequator}} = \frac{5}{2}\,\frac{\text{Zentrifugalkraft am Aequator}}{\text{Schwerkraft am Aequator}}.$$

Dieſer nicht ſtreng richtige Satz (korrektere Ausdrücke ſ. [1]), wurde von dem franzöſiſchen Mathematiker Clairaut [2] 1743 auf Grund der Newtonſchen Gravitationstheorie unter der Annahme homogener Schichtung und geringer Abplattung des Erdkörpers aufgeſtellt, ſodann unter Einführung der Potentialfunktion von Laplace [3], und ſpäter beſonders von Stokes [4] und Helmert [1] weiter unterſucht und entwickelt.

Der Satz wird benutzt zur Beſtimmung der Abplattung der Erde (Erdfigur) aus Schwerebeſtimmungen, wobei die nicht unmittelbar meßbare Schwere-Intenſität am Pole durch Rechnung aus Beobachtungen an andern Orten beſtimmt wird auf Grund des theoretiſchen Geſetzes, daß die normale Schwere auf dem Sphäroid veränderlich iſt mit dem Quadrate des Sinus der geographiſchen Breite. Eine eingehende Darſtellung des Theorems und ſeiner Geſchichte findet ſich in [1], § 23 u. ff. S. a. Erde, Erdmeſſung und Schwere, Schwerememeſſung.

Literatur: [1] Helmert, Die mathematiſchen und phyſikaliſchen Theorien der höheren Geodäſie, Leipzig 1884, II. Teil: Die phyſikaliſchen Theorien, 2. Kap., § 11 u. ff. — [2] Clairaut, Théorie de la Figure de la Terre, Paris 1743. — [3] Laplace, Mécanique céleste, l. III, vol. 2, 1799; l. XI, vol. 5, 1825. — [4] Stokes, On the variation of gravity at the surface of the earth, Transact. of the Cambridge Phil. Soc., vol. VIII, Cambridge 1849.

Reinhertz.

Clair-obſcur-Druck, Methode, die Licht- und Schattenwirkung einer monochrom erſcheinen ſollenden bildlichen Reproduktion durch Verwendung einer zweiten Hilfsplatte oder deren mehrere zu ſteigern.

A. W. Unger.

Clapeyronſche Formel, in der Ingenieurmechanik. Wenn ein horizontaler Balken (ſ. d.) auf zwei Stützen ruht, dann laſſen ſich die Reaktionen dieſer Stützen und damit die Schnittkräfte und Angriffsmomente (ſ. d.) in allen Querſchnitten aus rein ſtatiſchen Beziehungen zwiſchen den äußeren Kräften (ſ. d.) beſtimmen. Ruht er jedoch auf drei oder mehr Stützen, oder ſind die Enden feſtgeſpannt, dann genügen jene Beziehungen nicht mehr; man muß auf die inneren Kräfte Rückſicht nehmen, alſo von der Elaſtizitätslehre Gebrauch machen. Dies hat für einige einfachſte Fälle ſchon Navier getan ([1], S. 192, 195, 198); aber er wählte die Stützenreaktionen ſelbſt als Unbekannte und kam zu keiner allgemeinen

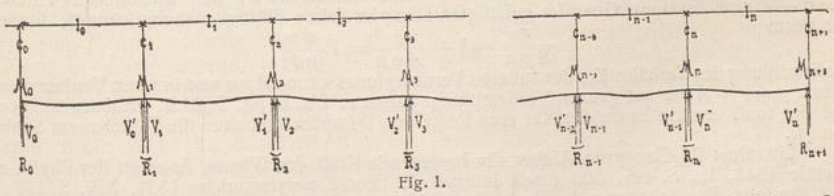


Fig. 1.

Löſung. Molinos und Pronier gaben eine ſolche bei den gleichen Unbekannten wie Navier, was ſehr unbequeme Gleichungen zur Folge hatte. 1857 ſtellte Clapeyron für horizontale Balken mit beliebig vielen Stützen eine Beziehung zwiſchen den Angriffsmomenten über drei aufeinander folgenden Stützen auf [2], die häufig die Clapeyronſche Formel genannt wird. Für den von ihm allein behandelten Fall, daß jede der Oeffnungen $l_0, l_1, l_2, \ldots l_n$ (Fig. 1) eines

Balkens von konſtantem Querſchnitte mit gleich hohen Stützpunkten durch eine gleichmäßig verteilte Laſt von $u_0, u_1, u_2, \ldots u_n$ pro Längeneinheit ergriffen wird, lautet die Gleichung für die Stützen $r-1$, r, $r+1$ (Fig. 2):

$$M_{r-1}\,l_{r-1} + 2\,M_r\,(l_{r-1}+l_r) + M_{r+1}\,l_r = -\frac{1}{4}\left(u_{r-1}\,l_{r-1}^3 + u_r\,l_r^3\right). \qquad 1.$$

Für beliebige Laſten $P_1, P_2, \ldots$, die in den einzelnen Oeffnungen um $a_1, a_2 \ldots$ von den nächſten Stützpunkten links entfernt angreifen, tritt an Stelle von 1. ([3], S. 8):

$$M_{r-1}\,l_{r-1} + 2\,M_r\,(l_{r-1}+l_r) + M_{r+1}\,l_r = -\frac{1}{l_{r-1}}\sum_{r-1} Pa\,(l-a)\,(l+a) - \frac{1}{l_r}\sum_{r} Pa\,(l-a)\,(2\,l-a), \qquad 2.$$

worin ſich die Summe $\sum_r$ auf alle Laſten in der Oeffnung l_r bezieht. Dieſe Beziehungen beruhen auf der Navierſchen Biegungsformel (ſ. Biegung I.). Berückſichtigung eingeſpannter Enden und ungleicher Höhenlage der Stützpunkte ſ. Bd. 1, S. 503, 512, Berückſichtigung von Temperatureinflüſſen Bd. 1, S. 513, entſprechende Formeln für Balken veränderlichen Querſchnitts [3], S. 22, 129, und [5], S. 141. Bei allen erwähnten Formeln iſt der Einfluß der Schubkräfte auf die Biegung vernachläſſigt, wie dies üblich und bei Ermittlung der Beanſpruchungen meiſt zuläſſig iſt. Entſprechende Formeln mit Berückſichtigung des Einfluſſes der Schubkräfte ſ. Elaſtiſche Linie (vgl. Bd. 1, S. 506 oben). Sobald die Stützenmomente nach dem Clapeyronſchen „Théorème des trois moments“ beſtimmt ſind, finden ſich nach den unter „Balken“ gegebenen Gleichungen 1., 2., 22., 23. (über Spezialiſierungen derſelben ſ. Belaſtung und Bd. 1, S. 508) auch die Stützenreaktionen. Das von Clapeyron gewählte Vorgehen kann ſich auch in andern Fällen als zweckmäßig erweiſen [6].

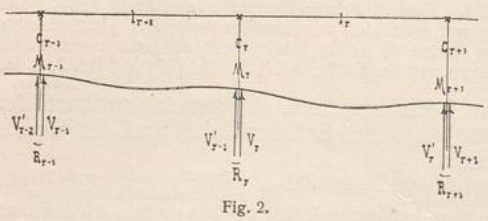


Fig. 2.

Literatur: [1] Navier, Résumé des leçons sur l'application de la mécanique etc., Paris 1826. — [2] Clapeyron, Calcul d'une poutre élastique reposant librement sur des appuis inégalement espacé, Comptes rendus 1857, XL, p. 1076. — [3] Weyrauch, Allgemeine Theorie und Berechnung der kontinuierlichen und einfachen Träger, Leipzig 1873, S. 8, 68, 89. — [4] Weyrauch, Aufgaben zur Theorie elaſtiſcher Körper, Leipzig 1885, S. 102. — [5] Collignon, Cours de Mécanique appliqué aux constructions I, Paris 1885, p. 340. — [6] Müller-Breslau, Ueber einige Aufgaben der Statik, die auf Gleichungen der Clapeyronſchen Art führen, Zeitſchr. f. Bauweſen 1891, S. 103. — [7] Keck, Vorträge über Elaſtizitätslehre, Hannover 1893, S. 78. — [8] Réfal, Stabilité des constructions, Paris 1901. — S. a. Balken, durchlaufende.

Weyrauch.

Clapeyronſche Gleichung nennt man in der Wärmetheorie die zwiſchen der Verdampfungswärme r (ſ. Dampf, geſättigter), der ſpezifiſchen Volumendifferenz $u = s - \sigma$ von reinem geſättigten Dampf und reiner Flüſſigkeit, und der abſoluten Temperatur $T = a + t$ beim Drucke p beſtehende Beziehung:

$$\frac{r}{u} = AT\frac{dp}{dt}, \qquad 1.$$

welche die wichtigſte Grundlage der Größenbeziehungen für geſättigte Dämpfe bildet.

Clapeyron hat dieſe Gleichung 1834 in der Form $\frac{r}{u} = C\frac{dp}{dt}$ abgeleitet ([1], S. 568]), worin C eine von der Körperart unabhängige Funktion, die ſogenannte Carnotſche Funktion (ſ. d.), bedeutet, deren Wert Clapeyron für einige Temperaturen berechnete ([1], S. 576). 1847 erkannte Helmholtz, daß die Carnotſche Funktion den Wert AT habe ([2], S. 36), unter $1/A = 424$ das mechaniſche Wärmeäquivalent (ſ. d.) verſtanden, was Clauſius 1850, ſyſtematiſch vorgehend, mit ſpezieller Rückſicht auf 1. beſtätigte [3]. Seitdem dient die Clapeyronſche Gleichung insbeſondere zur Beſtimmung der erwähnten Volumendifferenz u, des ſpezifiſchen Volumens $s = u + \sigma$ und des ſpez. Gew. $1/s$ geſättigten Dampfes (ohne Flüſſigkeitsbeimiſchung), ſowie in der Form

$$\frac{r}{Apu} = 1 + \frac{\varrho}{Apu} = T\frac{dp}{pdt} \qquad 2.$$

zur Ermittlung des Verhältniſſes der äußeren Verdampfungswärme Apu und inneren Verdampfungswärme $\varrho = r - Apu$ zur ganzen Verdampfungswärme r; ſ. z. B. [4], S. 29 ff. Zahlenwerte von 1. und der ſonſt erwähnten Größen für eine Reihe von Dämpfen enthalten die Tabellen am Schluſſe von [4].

Literatur: [1] Clapeyron, Ueber die bewegende Kraft der Wärme, Annalen der Phyſik und Chemie 1843, IL, S. 446, 566 (nach Journal de l'école polytechnique 1834, XIV, S. 170). — [2] Helmholtz, Die Erhaltung der Kraft, Berlin 1847. — [3] Clauſius, Ueber die bewegende Kraft der Wärme, Annalen der Phyſik und Chemie 1850, LXXIX, S. 505, 508. — [4] Zeuner, Techniſche Thermodynamik, II, Leipzig 1901, S. 29.

Weyrauch.

Clapeyrons Theorem, der Elaſtizitätslehre angehörend, läßt ſich unter deren Vorausſetzungen wie folgt ausſprechen: Finden bei einem iſotropen feſten Körper von konſtanter Temperatur unter Einwirkung beliebiger äußerer Kräfte (ſ. d.) irgendwelche elaſtiſche Verſchiebungen vom ſpannungsloſen Zuſtande aus ſtatt,

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

dann iſt im Falle ſchließlichen Gleichgewichts die Arbeit $\mathfrak{A}$ der mit ihren Endwerten konſtant gedachten äußeren Kräfte gleich dem Doppelten der Verſchiebungsarbeit D.

$$\mathfrak{A} = 2\,D. \qquad 1.$$

Vorausgeſetzt iſt dabei gewöhnlich, daß keine durch örtliche Unſtetigkeiten der Verrückungen bedingte Arbeiten auftreten, wie wir ſie z. B. an reibenden Gelenken und Gleitungen hätten. In letzterem Falle würde zwar 1. auch gelten, aber $\mathfrak{A} = \mathfrak{S} + \mathfrak{M} + \mathfrak{R}$ anſtatt $\mathfrak{A} = \mathfrak{S} + \mathfrak{M}$ anzunehmen ſein, unter $\mathfrak{S}$, $\mathfrak{M}$, $\mathfrak{R}$ die Arbeiten der mit ihren Endwerten konſtant gedachten Oberflächenkräfte, Maſſenkräfte und Kräfte (Reibungen u. ſ. w.) auf die Umhüllungsflächen ſämtlicher Unſtetigkeitsſchnitte der Verrückungen verſtanden. Beweis ſ. [5], S. 166. Die Verſchiebungsarbeit (auch Deformationsarbeit oder Formänderungsarbeit genannt) iſt die Arbeit zur Ueberwindung der inneren Kräfte während der Verſchiebungen, vgl. [1], S. 79, [6], S. 108, 185.

Das obige Geſetz wurde zuerſt von Clapeyron feſtgeſtellt und von ihm auf die Berechnung von Federn angewendet, aber erſt durch Lamé weiteren Kreiſen bekannt [1], S. 80. Für einen axial gezogenen oder gedrückten geraden Stab von der Länge l und dem konſtanten Querſchnitt F läßt ſich die Beziehung 1. ſchreiben, wenn S die Stabkraft, $\Delta\lambda$ die Längenänderung und E den Elaſtizitätsmodul bedeuten, das Eigengewicht aber vernachläſſigt wird:

$$S\,\Delta l = \frac{l\,S^2}{E\,F}, \quad \text{woraus} \quad \Delta l = \frac{l\,S}{E\,F}.$$

Näheres [6], § 81. Für ein Syſtem aus beliebig vielen ſolchen Stäben, die durch reibungsloſe Gelenke miteinander verbunden ſind (Fachwerke), hat man:

$$\mathfrak{A} = \Sigma \frac{l\,S^2}{E\,F}, \qquad 2.$$

worin ſich die Summe auf alle Stäbe bezieht [6], § 85. Ausdrücke von D, $\mathfrak{D}$ für andre iſotrope Körper ſ. Verſchiebungsarbeit und [6], §§ 41, 65—67, [7], S. 202 (worin obigem zufolge $\tau = 0$). Auf das Clapeyronſche Theorem hat z. B. Caſtigliano das zuerſt durch Menabrea [2] erkannte Prinzip der kleinſten Verſchiebungsarbeit begründet [4], durch deſſen Anwendung und Weiterbildung in Verbindung mit den von Mohr direkt aus dem Prinzip der virtuellen Verrückungen hergeleiteten Methoden ([3], [6], §§ 80, 83, 84, [7], S. 260), eine auf dem Gebiete der ſtatiſch unbeſtimmten Fachwerke und ſonſtigen Träger ſehr fruchtbare Entwicklung der Feſtigkeitslehre eingetreten iſt. Vgl. neben der Literatur unten auch unter Verſchiebungsarbeit, Biegungsarbeit, Fachwerke, ſtatiſch unbeſtimmte.

Literatur: [1] Lamé, Leçons sur la théorie mathématique de l'élasticité des corps solides, Paris 1866, S. 79. — [2] Menabrea, Nouveau principe sur la distribution des tensions dans les systèmes élastiques, Comptes rendus etc., 1858, XLVI, S. 1056 (ſ. auch Comptes rendus, 1884, XCVIII, S. 714). — [3] Mohr, Beitrag zur Theorie des Fachwerks, Zeitſchr. d. Arch. u. Ing.-Vereins zu Hannover 1874, S. 509, und 1875, S. 17 (ſ. auch 1881, S. 243). — [4] Caſtigliano, Théorie de l'équilibre des systèmes élastiques, Turin 1880, S. 22, 48, 190 (deutſch von Hauff, Wien 1886, S. 14, 41, 186). — [5] Weyrauch, Arbeitsbedingungen für ſtatiſch unbeſtimmte Syſteme, Wochenblatt für Architekten und Ingenieure 1884, S. 290. — [6] Weyrauch, Theorie elaſtiſcher Körper, Leipzig 1884, S. 166, 222. — [7] Derſ., Aufgaben zur Theorie elaſtiſcher Körper, Leipzig 1885, S. 202, 263. — [8] Müller-Breslau, Die graphiſche Statik der Baukonſtruktionen, Bd. II, 1. Abt., Leipzig 1903, S. 9. — [9] Oſtenfeld, Techniſche Statik, deutſch von Skouge, Leipzig 1904, S. 218, 270. — [10] Müller-Breslau, Die neueren Methoden der Feſtigkeitslehre, Leipzig 1904, S. 242, 335. *Weyrauch.*

Clapot, ſ. Tuchfabrikation.

Clark-Element, ſ. Normalelement.

Claſens Methode, ſ. Gleichungen.

Clauſiusſcher Grundſatz. Von Clauſius neben der Aequivalenz von Wärme und Arbeit (ſ. Energie und Wärmeäquivalent, mechaniſches) als Grundlage der mechaniſchen Wärmetheorie (ſ. d.) angenommen [2], [3], [5], und wie folgt ausgeſprochen: „Die Wärme kann nicht von ſelbſt aus einem kälteren in einen wärmeren Körper übergehen“, oder auch: „Ein Wärmeübergang aus einem kälteren in einen wärmeren Körper kann nicht ohne Kompenſation ſtattfinden.“ Die Worte „von ſelbſt“ oder „ohne Kompenſation“ ſind der Kürze halber gewählt und deuten an, daß ein Wärmeübergang vom kälteren zum wärmeren Körper nicht allein, ſondern nur in Verbindung mit gewiſſen andern Vorgängen, z. B. unter Verwandlung von Arbeit in Wärme, möglich iſt. Näheres ſ. insbeſondere [5]. Eine wichtige techniſche Konſequenz des Satzes beſteht in der von Carnot ([1], S. 9, 12, 16) ſchon zuvor erlangten Erkenntnis, daß Nutzarbeit von Wärmemotoren nur beim Uebergange der Wärme von wärmeren zu kälteren Körpern (z. B. vom Heizraum zum Kondenſator einer Dampfmaſchine) geleiſtet werden kann.

Aus dem Clauſiusſchen Grundſatze läßt ſich zur Entwicklung der wärmetheoretiſchen Beziehungen zunächſt das folgende Carnot-Clauſiusſche Theorem ableiten: Machen irgend-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

welche Körper Carnotſche Kreisprozeſſe beliebiger adiabatiſcher Uebergänge, aber gleicher iſothermiſcher Uebergänge t_1, t_2 durch (ſ. Kreisprozeß), wobei auf letzteren die abſoluten Wärmemengen Q_1, Q_2 zugeführt bezw. abgeführt werden, dann hat das Verhältnis $Q_1 : Q_2$ für alle jene Körper den gleichen Wert, es iſt unabhängig von der Körperart und den gewählten adiabatiſchen Uebergängen:

$$\frac{Q_1}{Q_2} = F(t_1, t_2). \qquad 1.$$

Damit wird auch das Verhältnis der äußeren Arbeit (die proportional $Q_1 - Q_2$ iſt) zu Q_1 und zu Q_2 nur von den Temperaturen t_1, t_2 abhängig. — Inſoweit dies Theorem die Unabhängigkeit des Verhältniſſes der äußeren Arbeit zu Q_1, Q_2 von der Körperart und ſeine alleinige Abhängigkeit von den Temperaturen t_1, t_2 feſtſetzt, rührt es von Sadi Carnot her [1], S. 28, 38, der ſich dabei auf die Unmöglichkeit eines Perpetuum mobile ſtützte. Indem ſich jedoch Carnot von den Anſchauungen ſeiner Zeit nicht vollſtändig frei machen konnte, behandelte er die Wärme wie einen von höherer zu niederer Temperatur herabſinkenden (quantitativ unveränderlichen) Stoff und nahm $Q_1 = Q_2$ an [1], S. 10, 37, was eine Erzeugung der geleiſteten äußeren Arbeit aus nichts bedeuten würde. Clauſius hat dem Satze den obigen veränderten Inhalt gegeben und ihn ſo mit dem Prinzip von der Erhaltung der Energie (ſ. Energie) in Einklang gebracht. Das Carnot-Clauſiusſche Theorem führt nun weiter dazu, daß, wenn bei einer Wärmezufuhr dQ der Ausdruck

$$dS = \frac{dQ}{T} \qquad 2.$$

ein vollſtändiges Differential und alſo $1 : T$ einen integrierenden Faktor darſtellen ſoll, für die gewöhnlichen umkehrbaren Zuſtandsänderungen der Wärmetheorie T die abſolute Temperatur iſt (Vorausſetzungen [8], S. 36) und mit dieſer Bedeutung von T für jeden umkehrbaren Kreisprozeß:

$$\int \frac{dQ}{T} = 0, \qquad 3.$$

d. h. (vgl. [5], S. 93 und [8], S. 40, 69): wenn bei einem umkehrbaren Kreisprozeſſe jedes von dem veränderlichen Körper aufgenommene (poſitive oder negative) Wärmeelement durch die abſolute Aufnahmetemperatur dividiert und der ſo entſtandene Differentialausdruck für den ganzen Verlauf des Kreisprozeſſes integriert wird, ſo hat das Integral den Wert Null. Dieſer Satz oder deſſen Ausdruck 3. oder auch der Satz, daß die abſolute Temperatur den integrierenden Diviſor der Gleichung für dQ darſtelle, wird gewöhnlich als „zweiter Hauptſatz“ der mechaniſchen Wärmetheorie für die gewöhnlichen Zuſtandsänderungen bezeichnet. Erweiterungen für andre Zuſtandsänderungen ſ. z. B. [5], S. 220, [4], S. 416 und [8], S. 84. Mitunter hat man ſchon den Clauſiusſchen Grundſatz oder das Carnot-Clauſiusſche Theorem den zweiten Hauptſatz genannt (vgl. Wärmetheorie, mechaniſche). Die Größe S, deren vollſtändiges Differential 2. ausdrückt, heißt nach Clauſius die Entropie (ſ. d. und Aequivalenz der Verwandlungen).

Gegen den Clauſiusſchen Grundſatz, der nach vorſtehendem eine der wichtigſten Grundlagen der Thermodynamik und damit der neueren Phyſik bildet, ſind von Anfang an mancherlei Einwände erhoben worden (ſ. z. B. [5], S. 314, 367, 371, 377, 379, 383, und [4], S. 371, 374, 379, 389), die durch ſeine unbeſtimmte Faſſung erleichtert wurden und ſich bis in die neueſte Zeit fortgeſetzt haben. So hat Eddy, wie früher Rankine, die ſtrahlende Wärme gegen eine ausnahmsloſe Gültigkeit ins Treffen geführt (Scientific Proceedings of the Ohio Mechanics Institute for July 1882, S. 105), A. Schmidt die den Anſchauungen der kinetiſchen Gastheorie entſprechende Selbſtmiſchung der atmoſphäriſchen Luft (Jahreshefte des Vereins für vaterländiſche Naturkunde in Württemberg 1894, S. CIV); Th. Groß greift die Clauſiusſche Erweiterung des zweiten Hauptſatzes für nicht umkehrbare Zuſtandsänderungen an (Annalen der Phyſik und Chemie 1892, Bd. 46, S. 339, 517); nach Mewes (Dampfturbinen, Berlin 1904, S. 274) krankt die moderne mathematiſche Wärmetheorie an einem von Clauſius gegen die Grundregeln der Differentialrechnung begangenen Verſtoß und an der Unhaltbarkeit des zweiten Hauptſatzes und des Carnotſchen Kreisprozeſſes. Zuzugeben iſt, daß die bisherigen Beweisführungen des zweiten Hauptſatzes nicht alle Fälle umfaſſen. Die Hauptſchwierigkeit liegt in unſrer ungenügenden Kenntnis vom Weſen der Wärme. Wenn alſo die Diskuſſion über den Clauſiusſchen Grundſatz und den zweiten Hauptſatz noch keineswegs abgeſchloſſen iſt, ſo kann doch zweifellos für alle thermodynamiſchen Probleme der Technik der Clauſiusſche Grundſatz und für die gewöhnlichen Zuſtandsänderungen der Wärmetheorie ([8], S. 36) der zweite Hauptſatz ohne weiteres als gültig angenommen werden.

Literatur: [1] Carnot, Réflexions sur la puissance motrice du feu, Paris 1824. — [2] Annalen der Phyſik und Chemie 1850, Bd. 79, S. 503; 1854, Bd. 93, S. 488; 1863, Bd. 120, S. 426. — [3] Clauſius, Abhandlungen über die mechaniſche Wärmetheorie, Bd. 1, Braunſchweig 1864, S. 50, 134, 297 (Ueber einen Grundſatz der mechaniſchen Wärmetheorie). — [4] Rühlmann, Handbuch der mechaniſchen Wärmetheorie, Bd. 1, Braunſchweig 1876, S. 358 (Der zweite Hauptſatz). — [5] Clauſius, Die mechaniſche Wärmetheorie, Bd. 1, Braunſchweig 1887, S. 81 (Ein neuer Grundſatz in bezug auf die Wärme). — [6] Poincaré, Thermodynamik, Berlin 1893, S. 79 (Das Prinzip von Carnot-Clauſius). — [7] Helmholtz, Vorleſungen über die Theorie der Wärme, Leipzig 1903, S. 202. — [8] Weyrauch, Grundriß der Wärmetheorie I, Stuttgart 1905, S. 43. — Irgendwelche Darſtellung des zweiten Hauptſatzes geben alle Lehrbücher der mechaniſchen Wärmetheorie oder Thermodynamik.

Weyrauch.

Clauſiusſche Temperaturfunktion wird in der Wärmetheorie mitunter der Ausdruck

$$h = \frac{d\lambda}{dt} - \frac{r}{T} = c + \frac{dr}{dt} - \frac{r}{T} \qquad 1.$$

genannt, der die ſpezifiſche Wärme (ſ. d.) des reinen (flüſſigkeitsfreien) geſättigten Dampfes für den Fall darſtellt, daß der Dampf bei ſeiner Zuſtands-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

änderung in reinem, gefättigtem Zuftande bleiben foll, d. h. auch die fpezififche Wärme für Zuftandsänderungen nach der Grenzkurve (f. Dampf). In obiger Gleichung bezeichnen $T = a + t$ die abfolute Temperatur, c die fpezififche Wärme der Flüffigkeit, r die Verdampfungswärme (f. d. und Dampf, gefättigter), λ die Gefamtwärme (f. d. und Dampf, gefättigter).

Da die fpezififche Wärme allgemein das Verhältnis der pofitiven oder negativen Wärmezufuhr dQ pro Gewichtseinheit zur Temperaturänderung dt bedeutet, fo folgt für jene Zuftandsänderungen die Wärmezufuhr von t_1 bis t

$$Q = \int_{t_1}^{t} h\,dt = \int_{0}^{t} h\,dt - \int_{0}^{t_1} h\,dt. \qquad 2.$$

Bei der Expanfion nach der Grenzkurve im Bereiche der techniſch intereſſierenden Drücke nehmen diefe und damit auch t ab, es ift dt negativ. Nach 2. entfcheidet nun das Vorzeichen von h darüber, ob dem Dampfe bei jener Expanfion Wärme zuzuführen oder zu entziehen ift. Für Waffердampf ift

$$h = 0{,}305 - \frac{r}{T}$$

$$\text{mit } r = 606{,}5 - 0{,}695\,t - 0{,}00002\,t^2 - 0{,}0000003\,t^3$$

negativ, und alfo Wärme zuzuführen, für Aetherdampf ift

$$h = 0{,}45 - 0{,}00111112\,t - \frac{r}{T}$$

$$\text{mit } r = 94{,}00 - 0{,}07901\,t - 0{,}0008514\,t^2$$

pofitiv, alfo Wärme zu entziehen. Würde man reinem, gefättigtem Dampfe bei der Expanfion weder Wärme zuführen noch entziehen (adiabatifche Expanfion), fo müßte fich Waffердampf kondenfieren, Aetherdampf überhitzen. Der Ausdruck 1. und die Bedeutung der Funktion h wurde 1850 von Clauſius feftgeftellt [1], [2], Werte derfelben für verfchiedene Dämpfe f. [3], S. 137, 139; [4], S. 61, Zahlenwerte der Integrale 2. für Waffердampf in [4], S. 62.

Literatur: [1] Clauſius, Ueber die bewegende Kraft der Wärme, Annalen der Phyſik und Chemie 1850, LXXIX, S. 388, 521; f. auch 1851, LXXXII, S. 265. — [2] Clauſius, Abhandlungen über die mechaniſche Wärmetheorie, I, Braunſchweig 1864, S. 36, 73, 105. — [3] Clauſius, Die mechaniſche Wärmetheorie, I, Braunſchweig 1887, S. 133. — [4] Zeuner, Techniſche Thermodynamik, II, Leipzig 1901, S. 59, 66.

Weyrauch.

Clausthalit, f. v. w. Selenblei (f. d.).

Clayton-Bremſe, f. Bremſen, S. 267.

Clearing House, f. Eiſenbahnabrechnungsbureau.

Clepscykel (auch Cleps, Celerimenſura) nennt man nach Porro konſtruierte Tachymeterinſtrumente, die ſich durch ſtark vergrößernde, annalaktiſche Fernrohre und kleine, in einem viereckigen Kaſten eingeſchloſſene (daher die Bezeichnung), mikroſkopiſch abzuleſende Kreiſe auszeichnen. Die ſtarke Vergrößerung und die zur Erhöhung der Genauigkeit angebrachten Diſtanzfadennetze (5—7 Fäden) machen eine beſondere Okularanordnung erforderlich; ſ. Argusokular und Tachymetrie (mit Literaturangabe). *Reinhertz.*

Cliché, Clichiermaſchine, ſ. Klifchee.

Clinometer, ſ. Abney Level.

Cliquart, ſ. Grobkalk.

Clove, Wollgewicht in England = 3,5 kg; in Eſſex Gewicht für Butter und Käſe = 4 kg.

Clunch, Mineral aus den Kohlen- und Eiſengruben von Staffordſhire, aus Eiſen, Ton, Kalk und Kieſelerde beſtehend, das geglüht und gepulvert, ähnlich dem Puzzolane einen trefflichen Mörtel gibt, außerdem viel beſſer und ſchöner poliert als der gewöhnliche Tripel. *Andés.*

Clymenienſchichten (Clymenienkalk), dem Oberdevon angehörige, meiſt an Kalk reiche, rötliche oder graue Schiefertone oder Mergel.

Sie ſind durch Clymenia, eine vorweltliche Kephalopodengattung (Kopffüßler) ausgezeichnet. Die meiſt hellgrauen, hellroten oder rötlichgrauen, dichten, oft nieren- und knollenförmigen Kalke (Clymenienkalke) werden ſelten dickbankig und mächtig (nur in der Umgebung von Graz, wo ſie als Dekorationsſtein verwendet werden) und bleiben in ihrer Verwendung daher ziemlich untergeordnet; in Weſtfalen und am Harz werden ſie gebrannt zu Bau- und Düngungszwecken. *Leppla.*

Co, chemiſches Zeichen für Kobalt.

Coating, ſ. Weberei und Tuchſorten.

Cocain, ſ. Alkaloide.

Cochenille, ſ. Kochenille.

Cocobolholz, ſ. Nutzhölzer.

Codein, ſ. Alkaloide.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Cöleſtin, ein Mineral, ſchwefelſaures Strontium $SrSO_4$ (56,52% SrO, 43,48% SO_3) nebſt Beimengungen von Calcium und Baryum.

Kriſtalliſiert rhombiſch in Säulen, meiſt ſtängelig und druſig verbunden, faſerig und nierenförmig, auch dicht; vollkommen ſpaltbar; durchſcheinend, ſeltener durchſichtig, farblos, blau, ſeltener rot, glasglänzend. Härte 3—3,5, ſpez. Gew. 3,9—4,0. Zerkniſtert vor dem Lötrohr und ſchmilzt ziemlich leicht, indem er die Flamme karminrot färbt; wird von Säuren wenig angegriffen. Viel mit Schwefel vergeſellſchaftet (Sizilien) und in Kalkſchichten vorkommend. Er dient zur Herſtellung der Strontianpräparate, vornehmlich zu Feuerwerkskörpern (Chlorſtrontium und ſalpeterſaures Strontium) wegen der roten Farbe und zur Melaſſeentzuckerung. *Leppla.*

Cöln-Müſener Schmelzverfahren, das dem Cöln-Müſener Bergwerks-Aktien-Verein zu Creuzthal i. W. unter Nr. 137588 patentierte Verfahren, Eiſen- und Stahlſtücke der verſchiedenſten Art wie z. B. Panzerplatten, Ankerſchrauben u. ſ. w. eventuell an Ort und Stelle innerhalb weniger Minuten zu durchlochen, zu durchſchlitzen oder zu trennen.

Das Verfahren beſteht darin, daß man den Gegenſtand an der durchzuſchmelzenden Stelle mit einer Knallgasflamme kurze Zeit erhitzt, worauf man komprimierten Sauerſtoff, wie er gegenwärtig in Stahlzylindern in den Handel kommt, unter Druck dagegenſtrömen läßt. Die dann vor ſich gehende Bildung von Eiſenoxyd iſt mit einer ſo großen Wärmeentwicklung verbunden, daß die von dem Sauerſtoffſtrom getroffenen Partien faſt momentan ſchmelzen und in mehr oder weniger ſtarkem Strahl abfließen bezw. beim Arbeiten in ſenkrechter Richtung in die Höhe geworfen werden. Das Verfahren iſt nicht nur zum raſchen Oeffnen von „eingefrorenen" Stichlöchern an Hoch- und Martinöfen vorzüglich geeignet, ſondern es hat ſich auch zum raſchen Löſen von Kupplungsſtücken von Achſen u. ſ. w. ſehr gut bewährt.

Literatur: Zeitſchr. des Vereins deutſcher Ingenieure 1904, S. 1353. *C. Häußermann.*

Cörulein, ſ. Alizarinfarbſtoffe und Farbſtoffe, künſtliche organiſche.

Cöruleum, ſ. Kobaltblau.

Cörulignon, auch Cedriret, dunkelblaues Pigment, das ſich beim Löſen von Eiſen in Holzeſſig aus dem Dimethylpyrogallol des Buchenholzteeres oder des Hydrocörulignon andrer Holzeſſige bildet; es iſt Urſache, daß mit holzſaurem Eiſen erzielte Blau- und Schwarzausfärbungen ſich durch eine ſonſt ſchwer erreichbare Sattheit des Tones auszeichnen. *Andés.*

Coffein (Tein), ſ. Alkaloide.

Cofunktionen eines Winkels heißen die Funktionen des Komplements dieſes Winkels, z. B. $\cos\varphi = \sin(R - \varphi)$, wenn R den rechten Winkel bezeichnet (cosinus durch Zuſammenziehung aus complementi sinus entſtanden).

Cohras, ſeidene Taſchentücher (Foulards) für Herren, gewöhnlich bunt bedruckt.

Coincidenz (Zuſammentreffen), gleichſinnige und ungleichſinnige in der Elektrotechnik.

Bei Elektrizitätszählern, bei denen die regiſtrierte Größe von der Differenz der Schwingungszeiten zweier Pendel abhängig gemacht iſt (z. B. beim Aron-Zähler; vgl. Elektrizitätszähler), beſtimmt man bei der Eichung dieſe Differenz am einfachſten, indem man die Zeit zwiſchen zwei gleichſinnigen oder zwei ungleichſinnigen Coincidenzen mißt, d. h. die Differenz der Zeitpunkte, zu denen die Pendel in der gleichen oder in entgegengeſetzter Phaſe ſchwingen. Bei gleichſinniger Coincidenz hat das eine Pendel in dieſer Zeit zwei, bei ungleichſinniger eine Schwingung mehr gemacht als das andre.

Literatur: Elektrotechn. Zeitſchr. 1901, S. 96. *Holzt.*

Coïr, ſ. Spinnfaſern (pflanzliche).

Colcothar, ſ. Eiſenrot.

Cold-Cream (Unguentum leniens), eine Haut- und Lippenpomade, nach Pharm. germ.: 4 g weißes Wachs, 5 g Walrate, 32 g Mandelöl, 16 g Roſenwaſſer, 1 Tropfen Roſenöl. *Deite.*

Coles (Panzerturm nach Coles), ein Drehturm mit feſter Achſe, der auf einem Rollenkranz gleitet. Vgl. Kriegsſchiffstypen.

Collodium, ſ. Kollodium.

Collotypie, ſ. Lichtdruck.

Colombier, ſ. Papierformate.

Colombinlack, Florentinerlack in viereckigen Stücken.

Color venenum, ſ. Farbenanſtriche, Beſeitigung derſelben.

Columbarium, ſ. Leichenverbrennung.

Colzaöl, ſ. Rüböl.

Compluvium, in dem Boden der römiſchen Atrien (ſ. Atrium) angebrachtes Reſervoir, um das vom Dache herabfließende Regenwaſſer aufzufangen.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

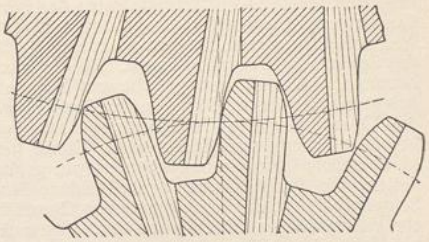
Compoundmaſchine, ſ. v. w. Verbundmaſchine, ſ. Dampfmaſchinen und Dynamomaſchine.

Compoundmotor, ſ. Motor, elektriſcher.

Compoundpanzer, ſ. Schiffspanzer.

Compoundrelais, ſ. Telegraphie.

Compoundzähne beſtehen an der arbeitenden Flanke aus Holz, an der Rückſeite aus Eiſen und ſollen ruhigen Gang mit großer Feſtigkeit vereinigen, insbeſondere auch die für gleichmäßigen Gang ſchädliche Durchfederung der freiſtehenden Holzkämme verhindern.



Die Räder werden von H. Michaelis in Chemnitz geliefert mit Teilungen t von 10—50 π mm bei πt mm Zahnbreite; die Kranzſtärke iſt gleich der Teilung. Entweder läßt man zwei Compoundräder mit Holz- auf Eiſenflanke arbeiten oder ein Compoundrad an der Holzflanke mit einem eiſernen Rade mit gefräſten Zähnen. *Lindner.*

Concha (Koncha), ſ. Baſilika.

Condoriholz, ſ. Nutzhölzer.

Confeſſio hieß in den alten chriſtlichen Kirchen die Gruft des Märtyrers, die ſich unterhalb des Altares (ſ. d.) befand.

Congerienſchichten, die der jüngeren Tertiärformation (wahrſcheinlich dem unteren Pliozän) angehörigen Schichten des öſterreichiſch-ungariſchen Tertiärbeckens, Oberitaliens und des Rhonebeckens, für die neben andern eine vorweltliche Muſchel der Gattung Congeria charakteriſtiſch iſt.

In den Donauländern, beſonders im Wiener Becken, wird die Schichtenſtufe in zwei Abteilungen getrennt, 1. eine untere Brackwaſſerablagerung, beſtehend aus ziemlich reinen Tonen mit untergeordneten Sandzwiſchenlagen bis über 100 m mächtig, als Inzersdorfer Tegel bezeichnet. Die Tone werden in großem Maßſtabe zur Ziegel- und Backſteinherſtellung verwendet; 2. eine obere Süßwaſſerablagerung, beſtehend aus mächtigen Flußſchottern und -sanden in flachen, talförmigen Rinnen und Mulden abgeſetzt und als Belvedereſchotter und -ſande bezeichnet. Sie ſind ſtark glimmerhaltig und von roſtgelber Farbe, enthalten viel Gerölle von Milchquarz und größere von Urgebirgsgeſteinen. Das Material wird zur Beſchotterung von Straßen und zur Herſtellung von Fußwegen verwendet. *Leppla.*

Congorot, ſ. Farbſtoffe, künſtliche organiſche.

Congrevedruck, ein nach dem Erfinder benanntes, heute ſeltener geübtes Verfahren, mehrere Farben mit einem Male zu drucken, indem eine Form verwendet wird, die aus mehreren Teilplatten beſteht, die einzeln verſchieden eingefärbt und vor dem Drucke wieder genau zuſammengefügt werden. *A. W. Unger.*

Continuebleiche, ſ. Baumwollſtückbleiche.

Conto de Reïs, in Portugal und Braſilien = 1 Million Reïs = 1000 Milreïs = ca. 4666,66 ℳ; 1 Conto de Contos = 1 Milliarde Reïs.

Contrebogen, ſ. Erdbogen.

Contremutter, ſ. Gegenmuttern.

Convent, ſ. Kloſter.

Conveyor, ſ. Konveyor.

Cookeſches Gebläſe, ſ. Kapſelgebläſe.

Copingplat (Spulenlineal), ſ. Baumwollſpinnerei, Bd. 1, S. 616.

Coprahöl, ſ. Kokosnußöl.

Cops, Bezeichnung für die Aufwindungsform des geſponnenen Fadens, ſpeziell für die zylindriſch mit koniſchen Enden gewundenen Erzeugniſſe der Mule-Spinnmaſchinen.

Sie werden in kleinerer (1 Zoll engl. Durchmeſſer, 5 Zoll engl. Länge) und größerer Form (1½ Zoll engl. Durchmeſſer, 6 Zoll engl. Länge) hergeſtellt für Schußgarne und Zettelgarne. Erſtere heißen nach dem Engliſchen Pincops, letztere Warpcops. Hier ſei auch erwähnt, daß Schußgarn ſich von Zettelgarn nicht nur in der verſchiedenen Größe der Aufwindung, ſondern auch dadurch unterſcheidet, daß Schußfaden durchſchnittlich 10% weniger Drehungen pro Längeneinheit hat als Zettelfaden gleicher Nummer; auch wird für Schußfaden die geringere Baumwollqualität verwendet als für Zettel gleicher Nummer. *Boßhard.*

Copsbleiche. Baumwollgarne, die in Form von Cops (Kötzern), Spulen u. ſ. w. gefärbt werden ſollen, werden auch in dieſer aufgewickelten Form der Operation des Bleichens unterworfen.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Um die Form der Cops zu ſchonen und ein Verwirren des Garnes zu vermeiden, werden dieſe in Weidenkörbe gepackt und in den Bleichkier und in das Chlorkalkbad gebracht. Für hellere Nuancen erhalten die Cops eine Vollbleiche, in der Regel werden ſie aber nur zur Entfettung der Baumwolle [1] mit Alkali abgekocht. Es werden auch verſchiedene Copsfärbemaſchinen zum Bleichen empfohlen und ſpeziell die Bleichzentrifuge von Fiſcher.

Literatur: Löwenthal, R., Handbuch der Färberei der Spinnfaſern, Berlin 1900. *A. Singer.*

Copsfärberei, das Färben der Garne (beſonders der Baumwollgarne) in aufgewickelter Form als Cops (Kötzern), Bobinen, Kreuzſpulen u. ſ. w.

Während beim Färben der Garne auf der Barke das Material in der Flotte bewegt wird, liegt den meiſten Copsfärbeapparaten das Prinzip zugrunde, die Flotte durch das ruhig bleibende Copsmaterial hindurch zu ſaugen oder zu drücken. Es ergibt ſich hieraus nicht nur eine Zeit- und Arbeitserſparnis, ſondern auch eine größere Schonung des Materials, weil die Operationen des Spulens in Wegfall kommen. Die Cops werden in derſelben Form, wie ſie aus der Spinnerei kommen, gebleicht und gefärbt und können aus der Färberei direkt in die Webeſchützen eingelegt werden bezw. direkt zum Scheren der Ketten benutzt werden. Da hierbei die Baumwolle den Operationen des Umziehens und Abwindens nicht unterliegt, ſo kann das Garn von vornherein weicher geſponnen werden. Dieſes liefert ferner vollere Gewebe. Aus denſelben Gründen iſt es ebenſo leicht, hohe Nummern wie grobe zu färben, und es bereitet daher keine Schwierigkeiten, die feinen Garne für halbſeidene Stoffe, Spitzen u. ſ. w. zu färben. — Die praktiſchen Schwierigkeiten, die beim Bauen von Copsfärbemaſchinen naturgemäß auftraten, darin beſtehend, ein gleichmäßiges Durchfärben der feſtgewickelten Cops zu erzielen, ſind faſt zur Zufriedenheit beſeitigt. Am beſten zur Apparatenfärberei ſind die direktfärbenden, ſubſtantiven Baumwollfarbſtoffe geeignet, da dieſe langſam aufziehen, folglich das Material gut durchdringen und gleichmäßige Färbungen ergeben. Auch bei dieſer Klaſſe von Farbſtoffen iſt es nötig, eine vorſichtige Wahl zu treffen; die leichtlöslichen Produkte verdienen den Vorzug. Außer den direkten Baumwollfarbſtoffen iſt Indigo in Form der Hydroſulfitküpe zum Copsfärben geeignet. Das Erban-Spechtſche Alizarinrotverfahren ſoll ſich ebenfalls in der Copsfärberei bewährt haben. Um gleichmäßige Reſultate auf den Copsfärbeapparaten zu erreichen, iſt es in erſter Linie nötig, immer dieſelben Flottenverhältniſſe zum Gewicht des zu färbenden Materials im Auge zu behalten, ferner gleiche Temperatur des Färbebades und gleiche Zeitdauer zu beobachten.

Verſchiedene Syſteme von Copsfärbeapparaten ſtehen in Verwendung, und zwar ſolche, wo auf Platten oder hohlen Zylindern durchlochte Metallſpindeln eingeſetzt ſind, welche die Cops oder Kreuzſpulen tragen. Die Platten oder Zylinder werden in das Färbebad eingebracht und die Farbflotte durch eine paſſende Pumpvorrichtung durch das zu färbende Gut geſaugt oder gedrückt. Bei andern Syſtemen wird das zu färbende Material in einen oder mehrere Behälter regelmäßig und ſo dicht als möglich eingelegt, alle entſtandenen Zwiſchenräume mit Baumwolle, Sand, Aſbeſt u. dergl. ausgefüllt, ſo daß das Färbegut gewiſſermaßen einen feſten Block bildet, durch den die Farbflotte zum Kreiſen gebracht wird. Ferner kennt man Apparate, die auf dem Prinzip der Zentrifuge beruhen. Die zugeführte Farbflotte wird durch das zu färbende Material vermittelſt Zentrifugalkraft durchgetrieben; eine Pumpe bringt die Flotte wieder in die Zentrifuge zurück, und der Kreislauf wird ſo lange fortgeſetzt, bis das Material hinreichend durchgefärbt iſt. Eines höchſt einfachen Apparates bedient man ſich beim ſogenannten „Färben im Schaum“, wobei Cops, Garn u. ſ. w. in einen Lattenbehälter gebracht werden, deſſen Boden etwas über dem Niveau der in einem paſſenden Färbegefäße enthaltenen Farbflotte liegt. Letztere enthält außer der geeigneten Farblöſung noch Zuſätze von Seife, Türkiſchrotöl u. dergl., alſo Subſtanzen, die beim Kochen ſtarken Schaum bilden. Der aufſteigende Schaum durchdringt leicht das zu färbende Material und bringt genügend Farbſtofflöſung mit, um das Färbegut nach einiger Zeit durchzufärben.

Einſchlägige D.R.P.-Nummern: 44231 (Anton Auguſt Graeminger in Crompton). 48051 (Sam. Maſon jun. und W. Th. Whitehead in Radcliffe). 55787 (A. M. Koblenzer, Augsburg). 56463 (Graeminger, Whitehead u. ſ. w. in Mancheſter). 60100 (M. Young in Firma Crippin in Mancheſter). 61240 (Mommer & Cie., Barmen-Rittershauſen). 11325 (J. Herzfeld und H. Stommel in Mülheim a. Rh.). 50699 (Aoust & frères in Brüſſel). 58593 (R. Nürnberger in Leipzig). 105783 (Jonas Halbach, Barmen). 106597 (Max Koehn, Leubnitz bei Werdau). 106598 (Heinrich Schirp und Friedr. Hoffmann, Barmen). 42933, 44985 (C. G. Haubold, Chemnitz). 104397, 108109, 109045, 122575 (Adolf Urban, Sagan). 108138, 100335 (Otto Venter, Chemnitz). 108108 (Alexander Marr, Mancheſter). 23117, 33562, 117353 (Obermaier & Co., Lambrecht). 118848 (Bernhard Thieß in Cösfeld). 121908, 125405, 128068 (Karl Wolf, Schweinsburg-Pleiße). 21455, 134397 (G. De Keukelaere, Brüſſel). 122398 (Alwin Maſchek, Eibau i. S.). 130828 (Paul Schirp, Barmen). 128745, 136786 (Major & Wood in Eccles). 132001 (John Charles Hamer in Radcliffe). 119906 (A. E. Cotton, Huddersfield). 133918 (Georg Appel, Grünau [Mark]). 135697 (Rud. Fiſcher, Bocholt). 100335, 132102, 134396 (M. Pornitz, Chemnitz). — Engliſche Patent-Nummern: 2814 (G. Lombard in Tourcoing). 14092 (F. Roßkothen in Dresden). 26602 [1898], 20332 [1900] (Walter Coventry in Macclesfield). 25525 [1898] (James Major & T. J. Wood, Eules, Lancaſter). 8331 [1899], 9722 [1900] (John Brandwood, Eules und Bury, Lancaſter). 20158, 20159 [1900] (Charles Hartley).

Literatur: Herzfeld, J., Färberei von Baumwollgarn in aufgewickeltem Zuſtand u. ſ. w., in Lehnes Färberzeitung, Jahrg. 1891/92, S. 343 ff.; Löwenthal, R., Handbuch der Färberei der Spinnfaſern, Berlin 1900; Glafey, Mechaniſche Hilfsmittel zum Waſchen, Bleichen, Färben u. ſ. w. in Lehnes Färberzeitung, Berlin 1898—1904. *A. Singer.*

Coquille, ſ. Eiſengießerei.

Coralrag, ſ. v. w. Korallenkalk, ſ. Kalkſtein.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Corbiculakalk, ein dem unteren Miozän angehöriger Kalkſtein, der als Leitfoſſil die Corbicula Faujasi führt.

Es ſind geſchichtete, feſte, weiße bis hellgelbe, bankige oder ungeſchichtete tuffartige Kalke, faſt ganz aus Schalenreſten von Schnecken und Muſcheln beſtehend. Sie enthalten häufig Magneſia, in einzelnen Fällen bis zu 33,58% CO_3Mg; in andern Fällen ſind ſie beinahe reine Kalke von halbkriſtalliner, ſinterartiger Beſchaffenheit. Die Verwendung iſt eine ziemlich mannigfaltige; die reinen Kalke werden in Weſtdeutſchland (Mainzer Gegend) zur Sodafabrikation, die unreinen zur Herſtellung von Zement und Luftmörtel, zur Düngung u. ſ. w. verwendet. *Leppla.*

Cord (Klafter), Körpermaß für Brennholz in England, das 8 Fuß breit, 4 Fuß tief und 4 Fuß hoch iſt, alſo 128 Kubikfuß oder 3,6245 cbm mißt. *Plato.*

Cordierit (Dichroit), ein Mineral, Magneſia-Tonerde-Eiſenoxyd-Silikat $Mg_2Al_4Fe_4Si_5O_{18}$ (49—50% SiO_2, 32—33% Al_2O_3, 5—9% Fe_2O_3, 10—12% MgO).

Kriſtalliſiert rhombiſch, kurz prismatiſch; auch derb und in Geſchiebeform. Bricht muſchelig, iſt ſpröde, glasglänzend, durchſcheinend bis durchſichtig, farblos, hellgelb und hellgrün oder blau und zwar ſtark dichroitiſch (dunkelblau in der Richtung der Achſe und braungelb bis gelblichgrau, ſenkrecht zur Achſe geſehen). Härte 7,5, ſpez. Gew. 2,6—2,7. Vor dem Lötrohr ſchwer ſchmelzbar, unlöslich in Säuren. Vorwiegend in Granit und kriſtallinen Schiefern. Die reinen blauen Cordierite, die als Geſchiebe auf Ceylon gefunden werden, bezeichnet man als Waſſerſaphire, die dunkelſchwärzlichblauen mit ſternförmigem Lichtſchein als Luchsſaphire. Beide Arten werden zu Ring- und Nadelſteinen gewöhnlich en cabochon, zuweilen auch in Würfelform geſchliffen (auf Kupfer mit Schmirgel, Politur mit Tripel auf Zinn). *Leppla.*

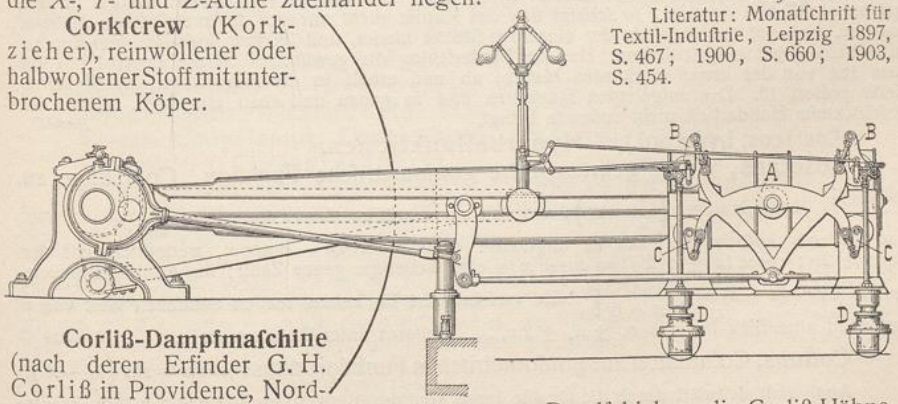
Cordit, ſ. Geſchoßtreibmittel.

Corduanleder oder Cordovan, genarbtes (chagriniertes), ſchwarzes oder farbiges ſumachgares Schaf- oder Ziegenleder, ſ. Leder. *Päßler.*

Coriolis Satz von der relativen Beſchleunigung eines Punktes. Bewegt ſich ein Punkt in einem Koordinatenſyſtem, das ſelber wieder eine Bewegung in einem feſten Koordinatenſyſtem ausführt, ſo unterſcheidet man zwiſchen der Relativbewegung des Punktes im erſten Koordinatenſyſtem und der Abſolutbewegung im letzteren, feſten Koordinatenſyſtem. Die Relativbeſchleunigung des Punktes als gerichtete Größe gedacht ſetzt ſich aus drei Beſtandteilen nach dem Parallelogramm der Beſchleunigungen zuſammen: erſtens aus der abſoluten Beſchleunigung des Punktes, zweitens aus der umgekehrt gerechneten Führungsbeſchleunigung (d. i. jener Beſchleunigung, die der im erſten Koordinatenſyſtem ruhend gedachte Punkt infolge der Bewegung dieſes Syſtems erfährt), drittens aus der umgekehrt gerechneten Corioliſchen oder zuſammengeſetzten Zentrifugalbeſchleunigung. Die Corioliſche Beſchleunigung iſt der Größe nach das Produkt aus der relativen Geſchwindigkeit des Punktes mal der Winkelgeſchwindigkeit des erſten Syſtems im zweiten, mal dem sinus des Winkels zwiſchen der relativen Geſchwindigkeit und der momentanen Drehachſe des erſten Syſtems im zweiten. Die Richtung der Corioliſchen Beſchleunigung ſteht ſenkrecht zur Relativgeſchwindigkeit und zur Drehachſe, und zwar ſo, daß die Richtungen: Relativgeſchwindigkeit, Drehachſe, Coriolis Beſchleunigung wie die *X*-, *Y*- und *Z*-Achſe zueinander liegen. *Finſterwalder.*

Literatur: Monatſchrift für Textil-Induſtrie, Leipzig 1897, S. 467; 1900, S. 660; 1903, S. 454.

Corkſcrew (Korkzieher), reinwollener oder halbwollener Stoff mit unterbrochenem Köper.



Corliß-Dampfmaſchine (nach deren Erfinder G. H. Corliß in Providence, Nordamerika, benannt), beſitzt als Steuerungsorgane Rundſchieber, die Corliß-Hähne, die an jedem Ende des Dampfzylinders, und zwar, wenn liegend, die Einlaßſchieber oben und die Auslaßſchieber unten angeordnet ſind.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Die vorstehende Figur gibt eine Gesamtansicht einer solchen Maschine in liegender Bauart. Ein vom Exzenter bewegter Balancier *A* betätigt mittels kurzer Gelenkstangen die Hebel *B B* für die Einlaß- und die Hebel *C C* für die Auslaßschieber. Die gegenseitige Lage der Hebelzapfen ist so gewählt, daß das Oeffnen der Einlaßschieber wie auch das Oeffnen und Schließen der Auslaßschieber sehr rasch erfolgt. Der Schluß der Einlaßschieber ist von der jeweiligen Stellung des Regulators abhängig, dessen Gestänge die Schieberklinken auslöst, worauf die beiden Vakuumzylinder *D D* die Einlaßschieber nahezu plötzlich in ihre Anfangsstellung zurückziehen und dadurch die Einlaßkanäle schließen. Die Steuerung fand in Nordamerika, England, Frankreich und Belgien große Verbreitung, während sie in Deutschland trotz ihrer unverkennbaren Vorzüge (geringer schädlicher Raum, besonders wenn die Maschinen langhubig gebaut sind, und kurze Dampfwege) nur von einigen wenigen Firmen gebaut wird. Das dauernde Dichthalten der Schieber bereitet bei hohen Dampfspannungen ziemliche Schwierigkeiten, ebenso sind die Schieber bei überhitztem Dampf sehr empfindlich gegen Verziehen und Anfressen, weshalb sie auch gegenwärtig fast nur noch an den Niederdruckzylindern Verwendung finden (s. a. Steuerungen). Erwähnt sei noch, daß Corliß der erste war, der bei seinen liegenden Maschinen den sogenannten Lagerbalken anwandte, der in einem Gußstück die Kreuzkopfführung aufnimmt und das Kurbellager mit dem Dampfzylinder verbindet. *G. Schwarz.*

Corned-beef, s. Konservierung (Nahrungsmittel).

Cornets Verladeband, s. Verladung.

Cornishstone (Cornischstein) wird in England (Cornwall) ein ziemlich zersetzter glimmerartiger Granit genannt, in dem ein Teil des Feldspates in Kaolin umgewandelt ist. Das Gestein wird in der Porzellanfabrikation als Flußmittel und zu Glasuren verwendet.

Cornubianit, s. Fleckschiefer.

Cornwallmaschine, s. Dampfmaschinen.

Corona, 1. Krone, Kranz; 2. nach Vitruv Kranzgesims der antiken Säulenordnung, d. i. bekrönendes Traufgesims, bestehend in Hängeplatte mit Oberglied; 3. Kronleuchter. *Weinbrenner.*

Correggiofirnis, in der Oelmalerei verwendet, besteht aus gleichen Teilen Petroleum und venezianischem Terpentin.

Corsit, s. Diorit.

Cortis Organ, s. Ohr.

Corvin Niello, Dekorationsverfahren für Metalle mittels eingelegter Plättchen aus Perlmutter, Bernstein, Elfenbein und Schildpatt, wodurch sehr schöne Effekte erzielt werden. Vor Corvin-Wierbitzki, der diese Dekoration auf ziemlich einfache Weise herstellt, wurde es nur höchst selten ausgeführt, weil die Mühsamkeit des Verfahrens und die geringe Haltbarkeit der eingelegten Zierate nicht lohnend schien.

Corvin verfährt zur Herstellung der Dekorationen wie folgt: Zunächst fertigt man eine Matrize aus Metall, deren Oberfläche fein poliert ist. Den Einlagen (also Perlmutter, Bernstein, Elfenbein und Schildpatt) wird nun jene Form gegeben, die der Stelle entspricht, die sie in der Zeichnung einnehmen sollen, und auf die Zeichnung aufgeklebt. Ist die ganze Zeichnung in dieser Weise ausgeführt, so werden die aufgeklebten Plättchen auf der Rückseite so präpariert, daß sie den galvanischen Strom leiten. Bringt man nun die so vorbereitete Matrize in den galvanoplastischen Apparat, so schlägt sich das Kupfer nicht nur auf der metallischen Matrize, sondern auch auf der Rückseite der einzelnen Stücke nieder, und letztere sind von dem Kupferniederschlag fest eingeschlossen. Hat der Niederschlag die gewünschte Stärke erreicht, so löst man ihn von der etwas erwärmten Matrize ab und erhält so die Inkrustation, deren rechte Seite poliert ist. Die aufgelegten Stückchen sind so genau und eben eingelegt, wie es die geschickteste Handarbeit nicht zustande bringt. *Andés.*

Cos (cos. hyperbol.), s. Hyperbelfunktionen.

Cosecans, wenig gebräuchliche goniometrische Funktion, Cofunktion zu secans: $\operatorname{cosec} x = \sec\left(\frac{\pi}{2} - x\right)$, reziprok zur Funktion sinus: $\operatorname{cosec} x = \frac{1}{\sin x}$ und deshalb entbehrlich. Sie ist ungerade: $\operatorname{cosec}(-x) = -\operatorname{cosec} x$, periodisch mit der Periode 2π: $\operatorname{cosec}(x \pm n \cdot 2\pi) = \operatorname{cosec} x$ (n eine beliebige ganze Zahl); ihr Additionstheorem lautet: $\operatorname{cosec}(a+b) = \frac{\sec a \cdot \sec b}{\operatorname{tg} a + \operatorname{tg} b}$. Sie verschwindet für keinen reellen endlichen Wert von x und wird unendlich für $x = o, \pm\pi, \pm 2\pi, \ldots$ Weiteres unter Goniometrie. *Mehmke.*

Cosinus, Cofunktion zur goniometrischen Funktion sinus: $\cos x = \sin\left(\frac{\pi}{2} - x\right)$.

Analytisch definiert durch die für alle (auch komplexe) endlichen Werte von x konvergente unendliche Reihe:

$$\cos x = 1 - \frac{x^2}{1 \cdot 2} + \frac{x^4}{1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 4} - \cdots$$

(Die geometrische Definition bei reellem Argument s. unter Goniometrie.) Sie ist eine

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

periodiſche Funktion mit der Periode 2π: $\cos(x \pm n \cdot 2\pi) = \cos x$ (n eine beliebige ganze Zahl) und dem Additionstheorem:

$$\cos(a + b) = \cos a \cos b - \sin a \sin b.$$

Ferner iſt ſie gerade: $\cos(-x) = \cos x$; ſie nimmt den Wert Null an für $x = \pm \frac{\pi}{2} \pm n \cdot 2\pi$ und wird für keinen endlichen Wert von x unendlich groß. Beziehung zu der Exponential- und den Hyperbelfunktionen:

$$\cos x = \frac{e^{ix} + e^{-ix}}{2} = \mathfrak{Cos}\, ix.$$

Weitere Eigenſchaften ſ. unter Goniometrie. *Mehmke.*

Cosmatus-Arbeit (nach einer Künſtlerfamilie in Rom) bezeichnet die Höhe der römiſchen Kunſttechnik im 12. bis 14. Jahrhundert. Dieſelbe umfaßt die reiche innere Ausſchmückung der Kirchen Roms, und zwar den Moſaikſchmuck von Fußböden, Altären, biſchöflichen Thronen, Schranken u. ſ. w., hergeſtellt aus verſchiedenfarbigem Marmor, Porphyr u. dergl., wie er in den Ruinen Roms tauſendfach ſich darbot. Hervorragend ſind auch die Bogenſtellungen der Kloſterhöfe des Laterans und der Abtei St. Paul in Moſaik und Bildhauerarbeit (ſ. Chor, Fig. 1). *Weinbrenner.*

Cosmolin, ſeit neuerer Zeit in den Handel kommender Fettſtoff, im weſentlichen ein Gemiſch von Paraffin mit fetten Oelen, die durch oberflächliche Reinigung der Petroleumrückſtände gewonnen werden.

Cotangens, Cofunktion und zugleich Reziproke der goniometriſchen Funktion tangens:

$$\operatorname{ctg} x = \operatorname{tg}\left(\frac{\pi}{2} - x\right) = \frac{1}{\operatorname{tg} x}.$$

Für alle (auch komplexen) Werte von x definiert durch $\operatorname{ctg} x = \frac{\cos x}{\sin x}$; periodiſche Funktion mit der Periode π: $\operatorname{ctg}(x \pm n \cdot \pi) = \operatorname{ctg} x$ (n eine beliebige ganze Zahl) und dem Additionstheorem

$$\operatorname{ctg}(a + b) = \frac{\operatorname{ctg} a \operatorname{ctg} b - 1}{\operatorname{ctg} a + \operatorname{ctg} b};$$

iſt ungerade: $\operatorname{ctg}(-x) = -\operatorname{ctg} x$; verſchwindet für $x = \pm \frac{\pi}{2}$, $\pm \frac{3\pi}{2}$, ... und wird unendlich für $x = 0, \pm\pi, \pm 2\pi, \ldots$ Man hat

$$\operatorname{ctg} x = i \frac{e^{ix} + e^{-ix}}{e^{ix} - e^{-ix}} = i \frac{e^{2ix} + 1}{e^{2ix} - 1} = i\, \mathfrak{Ctg}\, ix.$$

S. Goniometrie. *Mehmke.*

Ctg (cotg. hyperbol.), ſ. Hyperbelfunktionen.

Cottonöl, ſ. Baumwollſamenöl.

Cottonſtuhl, eine von dem Engländer Cotton erfundene, flache, regulär arbeitende Kulierwirkmaſchine mit lotrecht ſtehenden Nadeln.

Couleur, gleichbedeutend mit Zuckercouleur, eine ſirupdicke Löſung von gebranntem Zucker (Karamel) in Waſſer.

Couliſſe, ſ. Schiffsmaſchine, Theater und Waſſermotoren.

Couloir, 1. Seiher, Seihgefäß; 2. ſchmaler Verbindungsgang oder Geheimtreppe zwiſchen Wohngemächern; auch Gang hinter den Theaterlogen.

Coulomb, ſ. Maßſyſtem, abſolutes.

Coulombſches Geſetz, ſ. Magnetismus.

Coulomb-Zähler, ſ. Elektrizitätszähler.

Coulteriaholz, ſ. Farbſtoffe, pflanzliche.

Coupé, Coupélampe, Coupéwagen, ſ. Eiſenbahnwagen.

Coupeuſe, ſ. Flachsſpinnerei.

Coupieren, in der Zeugdruckerei das Verſetzen der Stammfarben, Mutterfarben mit Verdickungsmitteln, um hellere Nuancen (Coupüren) zu erzeugen reſp. um die Nuancen genau einzuſtellen.

In der Anilinfarbenfabrikation verſteht man darunter das Einſtellen der Farbſtoffe auf den Handelstyp. Da die Farbſtoffe, wie ſie aus der Fabrikation erhalten werden, in Stärke mehr oder weniger ſchwanken, ſo haben die Farbenfabriken für jedes Produkt einen Typ feſtgeſtellt, auf den die Fabrikationsprodukte eingeſtellt werden, um dem Käufer immer gleichſtarke Ware liefern zu können. Zum Einſtellen dienen je nach der Klaſſe, der die Farbſtoffe angehören, Dextrin, Glauberſalz, Kochſalz, Zinkſulfat u. ſ. w. *A. Singer.*

Courbarilholz, ſ. Nutzhölzer.

Courtine, ſ. Feſtungsbau.

Coutil, ein der Buckſkinkategorie angehöriges, aus feinem Streichgarn erzeugtes, einfach gemuſtertes Gewebe; ſ. Tuchſorten.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Couturiers Inſtrument, ſ. Freihandinſtrumente zum Nivellieren und Höhenmeſſen.

Covado (Cubado), Längenmaß, in Portugal à 2 Pé à 1,5 Palmo = 0,66 m, in Marokko = 0,53 m, in Braſilien = 0,68 m.

Covellin (Kupferindig), ein Mineral, Schwefelkupfer *CuS* (66,46 % *Cu*, 33,54 % *S*), kriſtalliſiert hexagonal, iſt jedoch meiſt derb, plattig, ſtängelig oder nierenförmig; mild und in dünnen Blättchen biegſam, flach muſchelig brechend, dunkelindigblau; Strich ſchwarz; halbmetalliſch glänzend, undurchſichtig. Härte $1^1/_2$—2, ſpez. Gew. 3,8—3,85. Schmilzt vor dem Lötrohr auf Kohle und brennt mit blauer Flamme. In Salpeterſäure löslich. Wird auf Kupfer verhüttet. *Leppla.*

Cowles Tonerdereduktionsofen, ſ. Schmelzöfen, elektriſche.

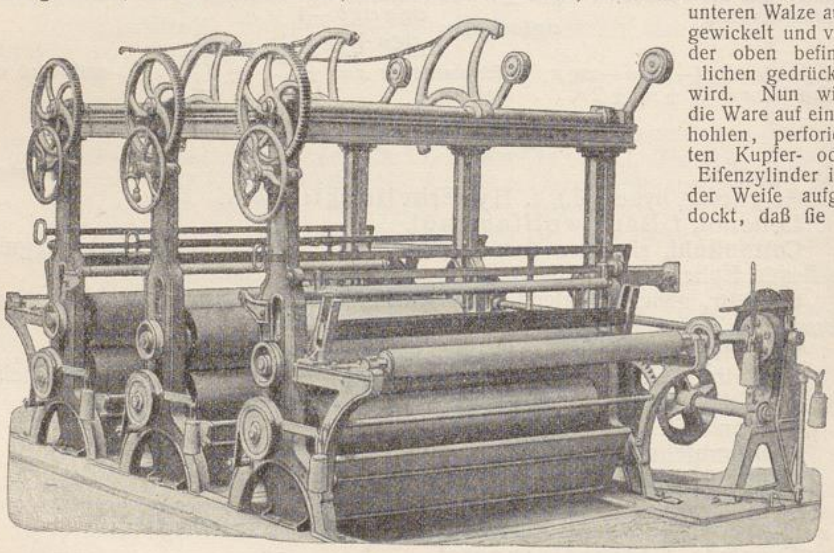
Cowper-Apparat, ſ. ſteinerne Winderhitzer unter Oefen, metallurgiſche.

Coxe-Rätter, ſ. Siebvorrichtungen.

Cr, chemiſches Zeichen für Chrom.

Crabben, eine Operation, die den Zweck hat, gemiſchten Geweben (Wolle und Baumwolle) ein glattes Ausſehen und einen gewiſſen Glanz zu geben, der ſelbſt bei ſpäterem Netzen der Stoffe nicht mehr verſchwindet.

Die Crabbmaſchine (ſ. die Figur) beſteht im weſentlichen aus drei Holzkufen von ca. 150 l Inhalt, in denen je eine Leitwalze zur Führung der Ware eingebettet iſt. Ueber dieſen Holzkufen ſind je zwei ſchwere Eiſenwalzen gelagert, von denen die obere gehoben und geſenkt und mittels einer Vorrichtung ſtark gegen die untere gepreßt werden kann [1]. Die Ware läuft über Spannſtäbe durch die erſte Holzkufe, welche eine ſchwache, auf ca. 60° C. erwärmte Soda- oder Seifenlöſung enthält, wird auf der unteren Eiſenwalze aufgewickelt, während die obere mit einem ſtarken Druck, der für verſchiedene Gewebe verſchieden iſt, auf die auflaufende Ware drückt und mit rotiert. Aus der erſten Kufe gelangt die Ware in die zweite, die mit kochendem Waſſer gefüllt iſt, von hier in die dritte, die kaltes Waſſer enthält, wobei die Ware ſtets auf der unteren Walze aufgewickelt und von der oben befindlichen gedrückt wird. Nun wird die Ware auf einen hohlen, perforierten Kupfer- oder Eiſenzylinder in der Weiſe aufgedockt, daß ſie in



die Breite gezogen wird und Leiſte auf Leiſte zu liegen kommt. Auf dieſen Zylindern gelangt nun die Ware zum Dämpfen. Dieſer ganze Vorgang wird „Crabben“ genannt. Ohne dieſen Prozeß würden die Waren ein unanſehnliches, runzliges Ausſehen haben, herrührend von den ungleichen hygroſkopiſchen Eigenſchaften der verſchiedenen Faſern, wodurch ſich die einzelnen Faſern beim Waſchen verſchieden zuſammenziehen und ſo Anlaß zu einer runzligen Oberfläche des Stoffes geben.

Vielfach werden auch beſſere Baumwollſtoffe dieſem Prozeſſe unterworfen. Man baut Crabbingmaſchinen mit drei, zwei und einem Walzenpaare. Die leichteſte Konſtruktion beſitzt nur ein Walzenpaar aus Holz und führt den Namen „Brennbock“.

Literatur: [1] Hummel-Knecht, Färberei und Bleicherei der Geſpinſtfaſern, Berlin 1891.

A. Singer.

Cragformation, in der Geologie Englands für vorwiegend ſandige Pliocänſchichten (ſ. Tertiärformation) gebrauchte Bezeichnung.

Unter „Crag“ verſteht man ſandige, an Muſchelreſten und Schalenbruchſtücken reiche Schichten, deren Material vielfach zur Verbeſſerung des Bodens verwendet wird. Man unter-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

ſcheidet: 1. weißen oder Coralliner-Crag als tiefſtes Pliozän, aus weißen mergeligen und kalkigen, weichen Geſteinen beſtehend, mit zahlreichen Muſchelreſten; 2. roten oder Suffolk-Crag, dem unteren Oberpliozän angehörig, ein roſtgelber oder -brauner quarziger Sand, in deſſen Liegendem oft Phosphoritknollen vorkommen; 3. Norwich-Crag, über dem vorigen gelagert, ein an Muſchelreſten reicher Sand, der am Boden des Meeres in der Nähe einer Flußmündung abgeſetzt wurde. *Leppla.*

Craveiro, ſ. Pfeffer.

Crayonmanier, ſ. Kupferſtecherkunſt.

Crayontypie (Crayonmanier, Crayondruck), mehrere in den verſchiedenen Drucktechniken angewendete, zumeiſt photomechaniſche Verfahren, die eine Zerlegung der geſchloſſenen Halbtöne in ein Korn, ähnlich dem von Kreidezeichnungen auf rauhem Papiere, zum Zwecke haben. Beim Kreidezeichnungsſtich wurde das charakteriſtiſche Ausſehen durch die hauptſächliche Anwendung der Roulette erzielt. *A. W. Unger.*

Creas (Lederleinwand, Crès, Dowlas), ſehr dicht gearbeitete Leinwand (mit 34—92 Gängen auf 1 m); ſ. Weberei.

Crednerit, Mangan-Kupferoxyd $Cu_3Mn_4O_9$ (57,02% *MnO*, 42,98% *CuO*). Kriſtallform unbekannt, derb, körnig, blätterig; ſpaltbar, uneben brechend; eiſenſchwarz, Strich ſchwarz, metallglänzend auf der Spaltfläche, undurchſichtig. Härte 4½—5, ſpez. Gew. 4,9—5,05. Schmilzt ſchwer vor dem Lötrohr. Löſt ſich in Salzſäure unter Chlorentwicklung zu grüner Flüſſigkeit. *Leppla.*

Crematorium, ſ. Leichenverbrennung.

Cremometer, ſ. v. w. Galaktometer (ſ. d.).

Cremonaſcher Kräfteplan. Die in den Stäben eines ebenen Fachwerks bei gegebener Belaſtung auftretenden Kräfte werden in der graphiſchen Statik vielfach dadurch beſtimmt, daß man für jeden Knotenpunkt mittels eines Kräftepolygons Gleichgewicht zwiſchen den daſelbſt zuſammentreffenden äußeren und inneren Kräften herſtellt. Dieſe Kräftepolygone bilden in ihrer Geſamtheit eine einheitliche Figur, die man, da das Verfahren von Profeſſor L. Cremona wiſſenſchaftlich begründet worden iſt, einen Cremonaſchen Kräfteplan nennt.

Man beginnt die Zeichnung damit, daß man, dem Umfange des Fachwerks folgend, die gegebenen äußeren oder angreifenden Kräfte zu einem geſchloſſenen Kräftepolygon zuſammenſetzt. Hierauf ſchreitet man, an einem Ende des Fachwerks beginnend, von Knotenpunkt zu Knotenpunkt vor, ſetzt an jedem Punkte die bereits bekannten Kräfte zuſammen und zerlegt deren Mittelkraft nach den Richtungen der unbekannten Kräfte. Hierbei iſt darauf zu ſehen, daß jeweils nur zwei unbekannte Stabkräfte vorkommen, was bei regelmäßigen Fachwerken immer möglich iſt. Am Schluſſe der Arbeit ergibt ſich ſtets eine Probe für die Richtigkeit derſelben, weil das Kräftepolygon für den letzten Knotenpunkt ſich als ein geſchloſſenes erweiſen muß. Will der Schluß nicht ſtimmen oder wünſcht man ſchon vorher eine Kontrolle auszuüben, ſo berechnet man einzelne Stabkräfte nach dem Momentenverfahren. Aus dem Richtungsſinne der äußeren Kräfte läßt ſich durch Einzeichnen der Pfeilrichtungen auch der Sinn der inneren Kräfte beſtimmen. — Am klarſten und einfachſten werden dieſe Kräftepläne, wenn bei deren Bildung dafür geſorgt wird, daß jede Gurtungskraft durch den Trennungspunkt derjenigen beiden Kräfte geht, die an den Endpunkten des betreffenden Gurtungsſtabes angreifen. In dieſem Falle entſpricht nicht nur jedem Knotenpunkte des Fachwerks ein geſchloſſenes Polygon im Kräfteplan, ſondern auch jedem dreieckförmigen Felde des Fachwerks ein Punkt im Kräfteplan, durch den die drei betreffenden Kräfte gehen. Wird nach dieſer Regel vorgegangen, ſo kommt im Kräfteplan jede Kraft nur einmal vor. Bei unregelmäßigen und mehrteiligen Fachwerken iſt es nicht immer möglich, dieſe Regel einzuhalten; manche Kräfte müſſen hier parallel verſchoben, d. h. zweimal aufgetragen werden. — Man verwendet Cremonaſche Kräftepläne bei der ſtatiſchen Berechnung der Brückenfachwerke, um den Einfluß des Eigengewichts auf ſämtliche Stäbe und den Einfluß der zufälligen Laſt auf die Gurtungen zu ermitteln. Vorzüglich eignet ſich das Verfahren zur Berechnung der gewöhnlichen Dachbinder. Auch bei der Berechnung von Bogenträgern leiſtet es gute Dienſte.

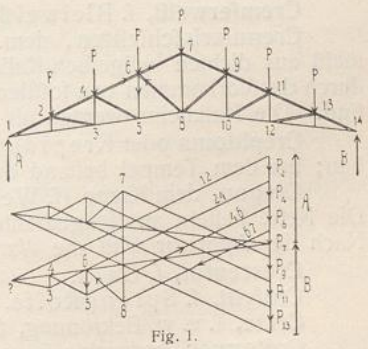


Fig. 1.

Fig. 1 zeigt die Anſicht und den Kräfteplan eines engliſchen Dachſtuhls mit lotrechter Belaſtung. Die angreifenden Kräfte — die Auflagerdrücke *A* und *B* und die ſieben Laſten *P* — ſtehen zuſammen im Gleichgewicht. Man zerlegt zunächſt *A* in die Richtungen der Stäbe 12 und 13. Dann bildet man aus den vier Kräften 12, 23, 24 und P_2 ein geſchloſſenes Polygon, indem man 12 mit P_2 in Gedanken zuſammenſetzt und die Mittelkraft parallel zu 23 und 24

zerlegt. Hierauf wird im Knotenpunkte 3 Gleichgewicht hergeſtellt, dann im Punkte 4 u. ſ. w., bis man zum Punkte 13 gelangt. Der Symmetrie wegen könnte die zweite Hälfte der Zeichnung wegbleiben. Die Strebenkräfte ſind im Kräfteplane durch dieſelben Ziffern bezeichnet wie im Dachſtuhl; die Gurtungskräfte ſind alle von der Linie der *P* aus zu meſſen und tragen an ihrem andern Endpunkte die Nummer des ihnen gegenüberliegenden Knotenpunktes. Um zu wiſſen, ob die Stäbe gedrückt oder gezogen ſind, zeichnet man in die einzelnen Kräftepolygone gleichlaufende Pfeile ein, wie es für den Punkt 6 geſchehen iſt und überträgt dieſe Pfeile in die Anſichtsfigur. Dann erkennt man, daß der Stab 65 gezogen, die Stäbe 46, 68 und 67 gedrückt ſind. Die gedrückten Stäbe ſind der Deutlichkeit wegen mit einem Doppelſtrich verſehen. —

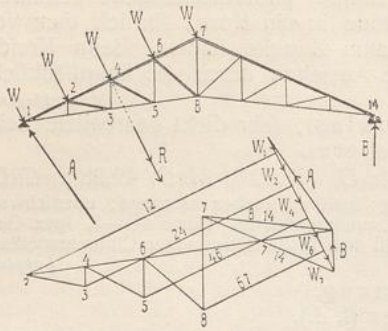


Fig. 2.

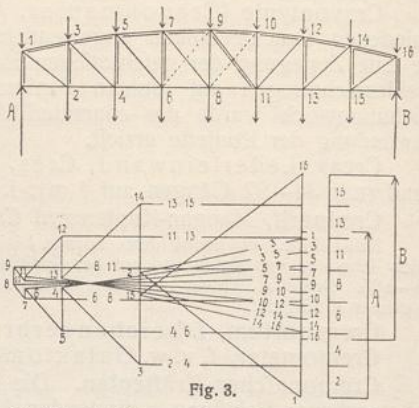


Fig. 3.

Fig. 2 zeigt den Kräfteplan desſelben Dachſtuhls für Windbelaſtung. Das linke Auflager ſei feſt, das rechte ruhe auf Rollen. Zunächſt wird die Mittelkraft *R* der Windkräfte in eine lotrechte Kraft *B* und eine ſchiefe Kraft *A* zerlegt. Dann beginnt man im Punkte 1 mit der Beſtimmung der Stabkräfte. *A* und W_1 werden vereinigt und ihre Mittelkraft nach 12 und 13 zerlegt. Hierauf geht man zu den Punkten 2, 3, 4 u. ſ. w. über. Im Punkte 8 endigt die Arbeit; die Streben auf der rechten Seite bleiben ſpannungslos. Als Probe dient, daß die Linie, die man durch den Punkt 7 im Kräfteplan parallel zum Stabe 8 14 zieht, durch den Trennungspunkt von *A* und *B* gehen muß. — Fig. 3 ſtellt den Kräfteplan eines Halbparabelträgers dar. Hier ſind auch die unteren Knotenpunkte belaſtet. Die in der Anſichtszeichnung punktierten Streben werden als nicht vorhanden angeſehen. In dieſer Form wird der Kräfteplan zur Ermittlung der größten und kleinſten Gurtungskräfte und zur Ermittlung der unter dem Eigengewicht auftretenden Strebenkräfte verwendet. Um die größten und kleinſten Strebenkräfte zu erhalten, hat man noch andre Zeichnungen auszuführen. — (Vgl. Fachwerke, graphiſche Berechnung.)

Literatur: L. Cremona, Le figure reciproche nella Statica Grafica, Milano 1872; Migotti, Die reciproken Figuren in der graphiſchen Statik, Zeitſchr. des öſterr. Ingen. u. Arch.-Vereins 1873, S. 230; Culmann, Graphiſche Statik, 2. Aufl., Nr. 82, Zürich 1875, ſowie die meiſten andern Werke über graphiſche Statik.

(W. Ritter) Roth.

Cremſerweiß, ſ. Bleiweiß.

Crenularisſchichten, dem oberen oder weißen Jura (Malm) angehörige, meiſt aus dichten hellgelben Kalkbänken und Mergeln beſtehende Schichten, die durch das Vorkommen von foſſilen Seeigeln (Hemicidaris crenularis) ausgezeichnet ſind. Die Kalkſteine werden als Bauſteine benutzt. *Leppla.*

Crepidoma oder Krepidoma, in der griechiſchen Baukunſt ſ. v. w. Unterbau; bei dem Tempel beſtand derſelbe aus drei Stufen.

Crepon, dem Krepp (ſ. Weberei) ähnliches Gewebe, aber dichter gewebt. Die Kette beſteht aus feſtgedrehtem Kammgarn, der Schuß aus loſem Wollgarn. Nach der Appretur wird die Ware kräuſelig.

Crescentin, ſ. Garn.

Creſylit, ſ. Sprengſtoffe.

Crête, ſ. v. w. Bekrönung, ſ. Feſtungsbau.

Crétonnes, bedruckte Baumwollköper beſonderer Art; ſ. Weberei.

Crin d'Afrique, Crin végétale, ſ. Polſtermaterialien.

Crinolin, Gewebe, bei dem die Kette aus feinem Baumwollzwirn, der Schuß aus Pferdehaaren beſteht. S. Weberei.

Cripper, ſ. Fahrrad.

Croceinſcharlach, ſ. Farbſtoffe, künſtliche organiſche.

Crochetſtich, ſ. Sticken.

Crocus martiis, ſ. Eiſenrot.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Croisé, ein mit drei- oder vierbindiger Köperbindung aus gewöhnlich feinem Streichgarn hergeſtelltes dünnes Gewebe; ſ. Tuchſorten.

Cromptonſtuhl, ſ. Weberei.

Crookesſche Röhre, ſ. Geißlerſche Röhren.

Croquis, ſ. v. w. eine flüchtige Aufnahme oder Skizze, im Deutſchen ſowohl bei architektoniſchen als geodätiſchen Arbeiten gebräuchlich.

Croskillwalze, ſ. Walzen.

Croupon, der gleichmäßig dicke, aus Rücken und Schild beſtehende Teil der tieriſchen Haut; er wird zur Herſtellung von Maſchinenriemenleder vor dem Gerbeprozeß oft aus der Blöße ausgeſchnitten und für ſich gegerbt. *Päßler.*

Crownleder (Kronleder), ein nach dem Verfahren von Klemm hergeſtelltes Leder.

Die Blößen werden durch Einwalken eines Gemiſches von Gerſtenmehl, Rindsgehirn, ungeſalzener Butter, Milch, Klauen- oder Pferdefett und Kochſalz in einem Walkfaß gar gemacht. Die Zuſammenſetzung der Gare iſt ſpäter abgeändert worden. Gegenwärtig wird das Crownleder in der Hauptſache mit Hilfe von Weizenmehl, Pferdefett, Talg und Kochſalz hergeſtellt; es zeichnet ſich vor den übrigen Lederarten durch ſeine außerordentliche Zugfeſtigkeit ſowie durch die Billigkeit der Herſtellung aus und wird namentlich zur Fabrikation von Maſchinen-, Näh-, Binde- und Schlagriemen verwendet. *Päßler.*

Cs, chemiſches Zeichen für Cäſium.

Cu, chemiſches Zeichen für Kupfer.

Cubagranadille, ſ. Nutzhölzer.

Cubiculum, Loge des Kaiſers im Circus oder Amphitheater, aber auch ſein Schlafzimmer im Palaſte, außerdem Grabkammer in den Katakomben.

Cudbear, ſ. Farbſtoffe, pflanzliche (Farbflechten).

Cünette, ſ. Cunette.

Cuitefeide, die von Baſt oder Seidenleim (Sericin) befreite Coemſeide.

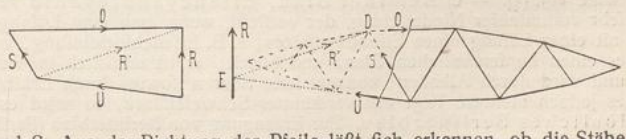
Das Entbaſten, Entſchälen, Degummieren oder Entleimen wird in kochenden (jedoch nicht wallenden) Löſungen von Marſeiller Seife mit oder ohne geringen Zuſatz an Soda vorgenommen. Durch das Entbaſten verliert die Seide je nach Herkunft und Qualität 18—30% von ihrem urſprünglichen Gewicht. Europäiſche Seidenſorten verlieren weit mehr als chineſiſche und japaniſche. Entbaſtete Seide iſt glänzender, weicher, geſchmeidiger und leichter zu färben als Rohſeide oder Souplefeide. Dem Entbaſten folgt gewöhnlich noch ein Nachkochen, Weißkochen der Seide in einer zweiten Seifenlauge. Dieſes zweite Seifenbad, das bei für dunkle Nuancen beſtimmter Seide umgangen werden kann, iſt beim Färben heller Töne und Weiß unumgänglich notwendig. Das Nachkochen in Säcken, das früher für weiße Seide allgemein üblich war, wird nur noch in einzelnen Fällen ausgeübt. Zum Abkochen nimmt man je nach Qualität der Seide 10—20 kg, zum Nachkochen 5—12 kg Seife pro 1000 l Waſſer. *A. Singer.*

Cuivre blanc, ſ. v. w. Neuſilber.

Cuivre poli, ſ. Meſſing.

Culm (Kulm), ſ. Steinkohlenformation.

Culmanns Verfahren zur graphiſchen Berechnung der Stabkräfte von ebenen Fachwerken, auch „Schnittverfahren" genannt, beſteht darin, daß man durch das Fachwerk einen Schnitt gelegt denkt, der drei Stäbe trifft, hierauf die außerhalb dieſes Schnittes angreifenden Kräfte zuſammenſetzt und deren Mittelkraft nach den Richtungen der drei geſchnittenen Stäbe auf zeichneriſchem Wege zerlegt (vgl. Zerlegung von Kräften).



Man bringt zunächſt die Mittelkraft R der äußeren Kräfte mit einer der drei Stabrichtungen, beiſpielsweiſe mit U, zum Schnitt, verbindet den Schnittpunkt E mit dem Schnittpunkt D von O und S, zerlegt R im Punkte E in die Kräfte U und R' und hierauf R' im Punkte D in die Kräfte O und S. Aus der Richtung der Pfeile läßt ſich erkennen, ob die Stäbe auf Zug oder Druck in Anſpruch genommen werden.

Zu denſelben Ergebniſſen gelangt man, wenn man R mit O oder mit S zum Schnitt bringt und die Zerlegung in dieſen Schnittpunkten beginnt. Meiſtens wird bei der Anwendung des Culmannſchen Verfahrens bloß nach einer der drei Kräfte gefragt; in dieſem Falle wählt man den Punkt, in dem die geſuchte Kraft die gegebene ſchneidet, als Ausgangspunkt und kommt dann mit einer einzigen Zerlegung aus.

Das Culmannſche Verfahren leiſtet bei der graphiſchen Berechnung der Fachwerke (ſ. d.) beſonders dann gute Dienſte, wenn die ungünſtigſte Belaſtung von Stab zu Stab wechſelt, alſo vor allem bei der Berechnung der größten und kleinſten Strebenkräfte.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Literatur: Culmann, Graphiſche Statik, 2. Aufl., Nr. 56, Zürich 1875; Ritter, Anwendungen der graphiſchen Statik, II. Teil, Nr. 4, Zürich 1890; zahlreiche andre Werke über graphiſche Statik.
(W. Ritter) Roth.

Cumarin, ſ. Riechſtoffe, künſtliche.

Cunette, ſ. v. w. Abzugsgraben, Keſſelgraben, Leitkanal, Waſſerrinne.

Cupolofen, ſ. Eiſengießerei, Oefen, metallurgiſche.

Cuprit, ſ. v. w. Rotkupfererz.

Cupron, chemiſch reines Kupferoxydul; dient als Grünſpanerſatz.

Cuprotypie, Verfahren von Klic in Wien (1880) zur Herſtellung von Buchdruckklichees nach Halbtonoriginalen, wobei die Zerlegung der geſchloſſenen Töne mittels auf der Kupferplatte aufgebrachten Aſphaltſtaubkornes (vgl. Heliogravüre) erfolgte.
A. W. Unger.

Curbfender, ſ. Telegraphie.

Curcuma, ſ. Farbſtoffe, pflanzliche, und Butterfarbe.

Curie, römiſches Verſammlungshaus, Rathaus.

Ein ſolches war in jeder größeren Stadt, zumeiſt am Forum, errichtet. Urſprung: Romulus teilte jede der drei Tribus des römiſchen Volkes in zehn Curien; das Verſammlungshaus derſelben erhielt obigen Namen. Es war ein viereckiger Raum, zumeiſt mit Säulenſtellungen und Vorhalle ſowie einer Apſis verſehen. Auch im Mittelalter wurde der Name beſonders in bezug auf kirchliche Bauten verwendet, z. B. Curia personae ecclesiae, Pfarrwohnung, Curia fratrum, Kapitelhaus u. ſ. w.
Weinbrenner.

Curre Ranger, ſ. Kurvenabſteckung.

Curry-Powder, ſ. Pfeffer.

Curtain-Maſchinen, ſ. Bobbinnet.

Cuſir (Nähſeide), ſ. Seidenſpinnerei, Zwirn.

Cwt (Centweight), ſ. Hundredweight.

Cy, chemiſches Symbol für Cyan.

Cyan, aus einem Kohlenſtoffatom und einem Stickſtoffatom beſtehende einwertige Gruppe $-C\equiv N$ oder $C\equiv N-$, ein organiſches Radikal (ſ. Radikaltheorie), das ſich in vielen Beziehungen den Halogenatomen analog verhält und öfters auch durch das Symbol Cy bezeichnet wird.

In freiem Zuſtande iſt das Cyanradikal nicht exiſtenzfähig; vielmehr beſteht das Molekül des freien Cyans aus zwei Cyangruppen: $N\equiv C-C\equiv N$. Das freie Cyan C_2N_2, ein farbloſes, eigentümlich und ſtechend riechendes Gas, das leicht zu einer farbloſen Flüſſigkeit kondenſiert werden kann, iſt techniſch von keiner Bedeutung. Vom Cyan leitet ſich die große Anzahl von Cyanverbindungen ab, von welchen jedoch nur die Salze der Blauſäure und der Rhodanwaſſerſtoffſäure, als Cyan- bezw. Rhodanmetalle bezeichnet, eine größere induſtrielle Verwertung gefunden haben. Ausführliches über alle Cyanverbindungen in [1]. Den Ausgangspunkt für die Darſtellung der techniſchen Cyanpräparate bildet das gelbe Blutlaugenſalz [2], gewonnen aus den Gasreinigungsmaſſen. Eine weitere wichtige Quelle ſind die Rhodanſalze, die ſich in dem Gaswaſſer und ebenfalls in den Gasreinigungsmaſſen finden (ſ. weiter unten bei Rhodanammonium). Ueber das Vorkommen von Cyanmetallen in den Hochofengaſen bezw. dem Staube vgl. [3].

1. Cyanmetalle. — a) Cyankalium KCN, ein farbloſes, zerfließliches Salz von außerordentlicher Giftigkeit (ſ. Kaliumcyanid). — b) Cyanſilber $AgCN$ entſteht als ein weißer, käſiger, dem Chlorſilber ähnlicher Niederſchlag, unlöslich in Waſſer und in verdünnten Säuren; leicht löslich in Ammoniak und in Cyankalium, mit letzterem das leicht lösliche Doppelcyanid $KAg(CN)_2$ bildend, das zur Verſilberung auf galvanoplaſtiſchem Wege verwendet wird. — c) Ferrocyankalium, gelbes Blutlaugenſalz $K_4FeCy_6 + 3\,H_2O$. Ueber ſeine Eigenſchaften, Darſtellung und Verwendung ſ. Blutlaugenſalze. — d) Ferricyankalium, rotes Blutlaugenſalz K_3FeCy_6, ſ. Blutlaugenſalze. Ueber die Konſtitution dieſer Salze vgl. [4]. — e) Berliner Blau, Eiſencyanurcyanid Fe_7Cy_{18}, ein prächtig blauer, ſehr voluminöſer Niederſchlag, der entſteht, wenn man eine Löſung von gelbem Blutlaugenſalz mit einer Löſung eines Eiſenoxydſalzes, z. B. Eiſenchloridlöſung, vermiſcht. Getrocknet beſitzt es einen kupferähnlichen Glanz und Strich; es iſt unlöslich in Waſſer und verdünnten Säuren und wird durch Alkalien, konzentrierte Säuren ſowie durch Erhitzen zerſetzt. Behandelt man es jedoch mehrere Tage mit verdünnter Schwefelſäure, ſo wird es in Oxalſäurelöſung löslich: lösliches Berlinerblau. Zur Erzeugung von Berlinerblau (Pariſerblau, Miloriblau, Erlangerblau, Hamburgerblau) wird die größte Menge des produzierten Ferrocyankaliums verbraucht. Zur Erzielung verſchiedener Nuancen und je für den beſonderen Zweck, dem der erzeugte Farbſtoff dienen ſoll, ſind verſchiedene Verfahren in Anwendung und werden weſentlich drei Sorten unterſchieden: Berlinerblau mit Ultramarinton (Stahlblau), Blau mit tiefem Indigoton und dunkelrotſtichiges Blau. Wenn man eine Ferrocyankaliumlöſung direkt mit einer Eiſenoxydſalzlöſung fällt, ſo entſteht ſofort Berlinerblau: $3\,K_4FeCy_6 + 2\,FeCl_6 = 12\,KCl + Fe_7Cy_{18}$. Gewöhnlich aber fällt man in der Technik die Löſung des gelben Blutlaugenſalzes mit einer Eiſenoxydulſalzlöſung, z. B. Eiſenchlorür oder Eiſenvitriol, und oxydiert den entſtandenen weißen Niederſchlag darauf mit Luft, Salpeterſäure, Chlor oder andern Mitteln. — Näheres darüber ſ. unter [5]. — Das Berlinerblau dient hauptſächlich als Malerfarbe, zum Tapetendruck, für

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Lithographiedruck, Lederfärberei, weniger in der Färberei für Wolle und Baumwolle und in der Zeugdruckerei. Das nach einem befonderen Verfahren auf Seide erzeugte Blau heißt Bleu Raymond oder Bleu de France. Den helleren und deshalb geringeren Sorten (Mineralblau) find häufig Schwerfpat, Kaolin, Zinkweiß und Magnefia zugefetzt. Wenn eine Löfung von rotem Blutlaugenfalz mit einer Eifenvitriollöfung gefällt wird, fo entfteht ebenfalls ein blauer Niederfchlag, Turnbulls Blau, das die Zufammenfetzung $Fe_3Fe_2Cy_{12}$ befitzen, nach der Unterfuchung [6] aber lediglich Berlinerblau fein foll. Vgl. a. Cyaneifenfarben.

2. Rhodanmetalle. — Von diefen werden induftriell mehrere verwertet, zu deren Gewinnung, wie bereits erwähnt, das Gaswaffer und die Extraktionslaugen der Gasreinigungsmaffe dienen [7]. Rhodankalium *CSNK* und Rhodanammonium $CSN(NH_4)$ find farblofe, fehr leicht lösliche Salze, bei deren Auflöfung in Waffer fehr ftarke Temperaturerniedrigung eintritt. Beim Erhitzen geht das Rhodanammonium je nach den Bedingungen in Thioharnftoff oder in Guanidin über. — Kupferrhodanid $Cu(SCN)_2$ ift ein fchwarzer, Kupferrhodanür $Cu(SCN)_2$ ein weißer unlöslicher Niederfchlag, Rhodanqueckfilber $Hg(SCN)_2$ ein weißes, fchwer lösliches Salz, das fich beim Erhitzen unter mächtigem Aufblähen zerfetzt, eine Erfcheinung, die zu der bekannten Spielerei der Pharaofchlangen benutzt wird. Die Rhodanmetalle entftehen aus den Cyanmetallen durch direkte Aufnahme von Schwefel, fo z. B. Rhodankalium durch Zufammenfchmelzen von Cyankalium oder von gelbem Blutlaugenfalz und Pottafche mit Schwefel; zur technifchen Gewinnung des Rhodanammoniums fällt man die fchon mehrfach genannten Laugen mit Kupfervitriol und zerlegt das unlösliche Rhodankupfer durch Aetzbaryt, oder Schwefelbaryum. Man gewinnt fo eine Löfung von Rhodanbaryum. Diefe wie die Löfung von Rhodanaluminium — durch Wechfelwirkung zwifchen Rhodanbaryum und Aluminiumfulfat erhalten — werden in der Zeugdruckerei als Beize für Dampffarben verwendet. Aus der Löfung des Rhodanbaryums gewinnt man durch Umfetzung mit Ammoniumfulfat eine Löfung von Rhodanammonium, aus der man das Salz durch Kriftallifation abfcheidet.

Literatur: [1] Meyer, Viktor, und Jacobfon, Paul, Lehrbuch der org. Chemie, Leipzig 1893, Bd. 1, S. 696 ff.; Beilftein, Handbuch der org. Chemie, 3. Aufl., Hamburg und Leipzig 1893, Bd. 1, S. 1408—1483 und 1263—1290. — [2] Vgl. den Art. Blutlaugenfalze; ferner Graham-Otto, Ausführliches Lehrbuch der anorg. Chemie, Braunfchweig 1889, Bd. 4, S. 654 ff.; Leybold, Jahresbericht der chem. Technologie, 1890, S. 117; Fifcher, Handbuch der chem. Technologie-Leipzig 1893, S. 113 ff. und 600 ff.; Kunheim und Zimmermann, Jahresbericht der chem. Technologie, 1884, S. 470. — [3] Fifcher, Handbuch u. f. w., S. 201, Anm. 2. — [4] Meyer und Jacobfon, Lehrbuch u. f. w., S. 1004. — [5] Fifcher, Handbuch u. f. w., S. 603. — [6] Gintl, Jahresbericht der chem. Technologie, 1880, S. 390. — [7] Efop, Chemifche Induftrie, 1892, S. 6. — [8] Bößner, Die Verwertung der ausgebrauchten Gasreinigungsmaffen auf Blutlaugenfalz, Ammoniak und Rhodanverbindungen, Leipzig und Wien 1902. *Bujard.*

Cyaneifenfarben, Eifencyanfarben, als Berliner-, Parifer-, Preußifchblau im Handel vorkommende Körperfarben, in reinem Zuftand aus Ferrocyaneifen beftehend, Turnbulls Blau aus Ferridcyaneifen, tiefdunkelblau. In der Maffe tiefblaufchwarz mit bronzeartigem Schimmer, in dünnen Schichten mit Waffer aufgeftrichen, blau oder grünlichblau, lafierend, an der Luft fich nach und nach entfärbend; damit bedruckte Stoffe verblaffen unter dem Einfluß des Lichtes, nehmen aber im Dunkeln wieder eine tiefe Färbung an. Beim Glühen gehen fie in braune Farbe über. Ueber ihre Darftellung f. Cyan. *Andés.*

Cyanit, eine angeblich feuerfefte Anftrichfarbe, ift rohes Waffergla mit einem Farbkörper gemifcht. — Vgl. a. Difthen.

Cyankalium, f. v. w. Kaliumcyanid (f. d.).

Cyanmetalle, f. Cyan.

Cyanotypie, f. Photographie.

Cyanfilber, f. Cyan.

Cyanwafferftoff, f. Blaufäure.

Cyklide, die Hüllfläche einer Schar von Kugeln, die eine gegebene Kugel fenkrecht fchneiden und ihre Mittelpunkte auf einer gegebenen Fläche zweiten Grades haben.

Als Dupinfche werden die Cykliden mit vier Doppelpunkten (von denen ftets zwei imaginär find) bezeichnet. Eine folche kann als Hüllfläche einer Schar von Kugeln betrachtet werden, die zwei gegebene Kugeln berühren, während ihre Mittelpunkte in einer gegebenen Ebene liegen; es erfüllen diefe Mittelpunkte einen Kegelfchnitt. Die Gefamtheit der Kugeln, die drei gegebene Kugeln berühren, läßt fich in vier Scharen teilen, von denen jede eine Dupinfche Cyklide zur Hüllfläche hat. Die Cykliden find Flächen vierter Ordnung mit einem in dem unendlich fernen imaginären Kugelkreis beftehenden Doppelkegelfchnitt.

Literatur: Salmon, G., und Fiedler, W., Analytifche Geometrie des Raumes, 2. Teil, 3. Aufl., Leipzig 1880, Art. 340—353, wofelbft weitere Literaturangaben. *Mehmke.*

Cyklograph hat Th. Ferguson das eine feiner „automatifchen Vermeffungsinftrumente“ (beffer Inftrumente zur automatifchen Itineraraufzeichnung) genannt, und zwar das wichtigfte, das in Verbindung mit einem Fahrrad (oder einem andern mit Rädern verfehenen Vehikel) zu gebrauchen ift.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

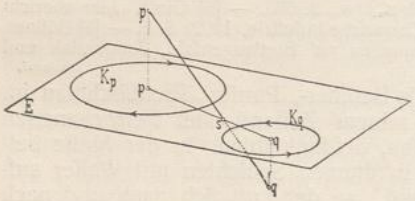
Für die andern vgl. die Art. Hodograph und Pedograph. Das Prinzip des Cyklographen ist folgendes: Von einem Rad des Fahrrads (oder Fuhrwerks) aus, dessen Umfang die Einheit der Längenmessung ist, wird zugleich ein Mechanismus in Bewegung gesetzt, durch den das Papier, auf dem der Grundriß der befahrenen Linie aufgezeichnet wird, sich der Anzahl von Radumdrehungen proportional verschiebt, während die Richtungen mit Hilfe der Bussole, die vom Fahrenden einspielend zu halten ist, festgehalten werden. Die Genauigkeit dieser durch Befahren der Strecke automatisch bewirkten Aufzeichnung ist immerhin derart, daß das Instrument für sehr viele Zwecke ausreicht; dabei ist die Geschwindigkeit der Itinerarzeichnung die des Fahrens (z. B. sind auf ebenen Wegen mit einem Fahrradcyklographen $10^1/_2$ km in nicht ganz $^3/_4$ Stunden aufgezeichnet worden) und Nebel oder Dunkelheit ändern an der Art der Aufnahme nichts, als daß langsamer gefahren werden wird. Der Maßstab der Aufzeichnung kann durch Einstellung am Instrument beliebig gewählt werden in allen üblichen Verjüngungen topographischer Karten. Ein großer Vorteil ist endlich (z. B. im Vergleich mit dem Pedographen, s. d.), daß die Aufzeichnung vor den Augen des Fahrenden entsteht. Näheres in zwei Referaten von Hammer [1] (etwas genauer auf die Konstruktion eingehend) und [2] (etwas ausführlicher auf das topographisch-geographische Anwendungsgebiet hinweisend); eingehendere Beschreibung, ebenfalls mit Genauigkeitsnachweisen, in [3]. Das Instrument wird von der „Nederlandsche Instrumentenfabriek" in Utrecht gebaut.

Cyklograph hat ferner sein Erfinder Damoiseau auch ein photogrammetrisches Instrument genannt, das den ganzen Horizont (Umkreis, „Tour d'horizon") auf einmal mittels Rotation des Apparates aufzunehmen gestattet; das Instrument hat aber ebensowenig wie das Halbkreisinstrument von Moëssard (vgl. Cylindrograph) größere praktische Bedeutung für die Phototopographie erlangt; vgl. z. B. [4].

Literatur: [1] Zeitschr. f. Instrumentenkunde 1904, Bd. 24, S. 57—60. — [2] Petermanns Mitteilungen (Gotha), Jahrg. 1904, Bd. 50, S. 148—150. — [3] Ferguson, Th., Automatic Surveying Instruments, London 1904 (mit Einleitung von Hammer), Kap. 2, S. 37—61. — [4] Lauffedat, Recherches sur les Instruments topographiques, Bd. 2, 1. Teil, Paris 1901, S. 25. *Hammer.*

Cyklographie, Abbildung räumlicher Gegenstände auf die Ebene.

Während bei der Abbildung durch Projektion jedem Punkte des Raumes in der Bildebene stets wieder ein Punkt entspricht, der auf Grund des jeweiligen Projektionsverfahrens bestimmt werden kann, ersetzt man bei der cyklographischen Methode jeden Punkt p des Raumes durch eine Kreislinie K_p der Bildebene (s. die Figur). Der Mittelpunkt $\mathfrak{p}$ dieser Kreislinie liegt im Fußpunkte der von dem Raumpunkte p auf die Bildebene gefällten Normalen, während der Kreishalbmesser gleich ist der Länge $p\,\mathfrak{p}$ dieser Normalen, gemessen vom Raumpunkte bis zu ihrem Fußpunkte in der Bildebene. Zwei Punkte p und q des Raumes werden cyklographisch abgebildet durch die beiden Kreise K_p und K_q mit den Mittelpunkten $\mathfrak{p}$ und $\mathfrak{q}$ und den Halbmessern $p\,\mathfrak{p}$ und $q\,\mathfrak{q}$. Legt man allen Kreisen, die Punkten entsprechen, die auf der nämlichen Seite der Bildebene liegen, einen bestimmten Drehsinn, angedeutet durch eine Pfeilspitze, bei, so werden Punkte auf verschiedenen Seiten der Bildebene durch Kreise mit entgegengesetztem Drehsinn, wie K_p und K_q, dargestellt sein. Der Verbindungslinie $p\,q$ entspricht in der Bildebene eine Kreisreihe, deren Mittelpunkte auf der Linie $\mathfrak{p}\,\mathfrak{q}$ der Fußpunkte aller Normalen liegen, die von den Punkten der Linie $p\,q$ auf die Bildebene gefällt werden können. Unter den Kreisen der Reihe ist ein Kreis mit dem Halbmesser gleich Null; er entspricht dem Schnittpunkt s der Geraden $p\,q$ mit der Bildebene und ist der äußere oder innere Aehnlichkeitspunkt der Kreise K_p und K_q, je nachdem die Punkte p und q auf der gleichen Seite oder auf verschiedenen Seiten der Bildebene sich befinden. Es ist klar, daß umgekehrt jeder Kreislinie der Bildebene ein Punkt von ganz bestimmter Lage im Raume entspricht, welch letztere stets ermittelt werden kann, sobald der Drehsinn des Bildkreises festgestellt ist. — Während bei der Abbildung durch Projektion die projektivischen Verwandtschaften in Betracht zu ziehen sind, bildet die cyklographische Abbildungsmethode die Grundlage zur Feststellung der metrischen Verwandtschaften zwischen den Raumgrößen.



Literatur: [1] Fiedler, Die Methoden der darstellenden und projektiven Geometrie, Leipzig 1883. — [2] Derf., Die Methoden der Cyklographie, Leipzig 1882. *Vonderlinn.*

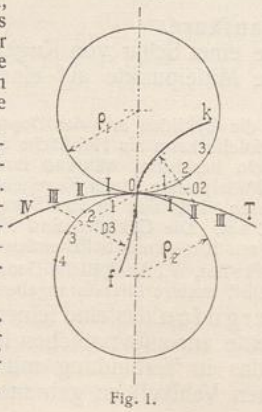


Fig. 1.

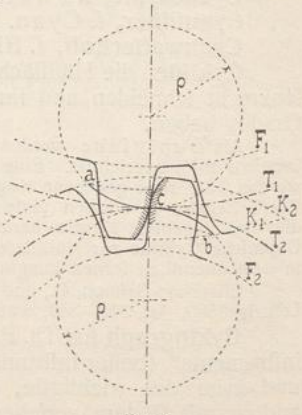


Fig. 2.

Cykloiden, s. Kurven.

Cykloidenverzahnung betrifft die Gestaltung der Verzahnung (s. d.) an Zahn-

rädern nach Kurven, wie ſie durch Abwälzen von Rollkreiſen außerhalb und innerhalb des Teilkreiſes entſtehen. Sie wird viel ſeltener als die Evolventenverzahnung benutzt.

Für Satzräder nimmt man die Radien der Rollkreiſe $\varrho_1 = \varrho_2 = 7/8\ t$ (Fig. 1). Die Berührung der Zahnflanken findet längs der Eingriffſtrecke $a\,c\,b$ (Fig. 2) ſtatt. *Lindner.*

Cyklometrie, die Lehre von den cyklometriſchen Funktionen, nämlich arc sin x, arc cos x u. ſ. w. Im folgenden bedeutet arc sin x, arc tg x, arc ctg x denjenigen zwiſchen $-\frac{\pi}{2}$ und $+\frac{\pi}{2}$ liegenden, arc cos x denjenigen zwiſchen o und π liegenden Bogen in einem Kreis mit dem Halbmeſſer Eins, deſſen zugehöriger sin bezw. tg, ctg, cos den Wert x hat.

Bezeichnet ((arc sin x)), ((arc cos x)) u. ſ. w. einen beliebigen der Bogen, deren sin bezw. cos u. ſ. w. gleich x iſt, ſo ſind dieſe Funktionen unendlich vieldeutig, und zwar hat man

$$((\arcsin x)) = \frac{\pi}{2} \mp \left(\frac{\pi}{2} - \arcsin x\right) \pm 2k\pi, \qquad ((\arccos x)) = \pm \arccos x \pm 2k\pi,$$

$$((\operatorname{arc\,tg} x)) = \operatorname{arc\,tg} x \pm k\pi, \qquad ((\operatorname{arc\,ctg} x)) = \operatorname{arc\,ctg} x \pm k\pi,$$

wo k jede beliebige ganze Zahl einſchließlich Null ſein kann. Es iſt

$$\arcsin(-x) = -\arcsin x, \qquad \arccos(-x) = \pi - \arccos x,$$

$$\operatorname{arc\,tg}(-x) = -\operatorname{arc\,tg} x, \qquad \operatorname{arc\,ctg}(-x) = -\operatorname{arc\,ctg} x,$$

ferner, wenn die Quadratwurzeln poſitiv genommen werden:

$$\arcsin x = \frac{x}{2} - \arccos x = \arccos\sqrt{1-x^2},\ (x>o),\ = -\arccos\sqrt{1-x^2},\ (x<o),$$

$$= \operatorname{arc\,tg}\frac{x}{\sqrt{1-x^2}} = \operatorname{arc\,ctg}\frac{\sqrt{1-x^2}}{x};$$

$$\arccos x = \frac{\pi}{2} \arcsin x = \arcsin\sqrt{1-x^2},\ (x>o),\ = \pi - \arcsin\sqrt{1-x^2},\ (x<o),$$

$$= \operatorname{arc\,tg}\frac{\sqrt{1-x^2}}{x},\ (x>o),\ = \pi + \operatorname{arc\,tg}\frac{\sqrt{1-x^2}}{x},\ (x<o),$$

$$= \operatorname{arc\,ctg}\frac{x}{\sqrt{1-x^2}},\ (x>o),\ = \pi + \operatorname{arc\,ctg}\frac{x}{\sqrt{1-x^2}},\ (x>o);$$

$$\operatorname{arc\,tg} x = \frac{\pi}{2} - \operatorname{arc\,ctg} x = \operatorname{arc\,ctg}\frac{1}{x} = \arcsin\frac{x}{\sqrt{1+x^2}} = \arccos\frac{1}{\sqrt{1+x^2}},\ (x>o),$$

$$= -\arccos\frac{1}{\sqrt{1+x^2}},\ (x<o);$$

$$\operatorname{arc\,ctg} x = \frac{x}{2} - \operatorname{arc\,tg} x = \operatorname{arc\,tg}\frac{1}{x} = \arccos\frac{x}{\sqrt{1+x^2}},\ (x>o),$$

$$= \arccos\frac{x}{\sqrt{1+x^2}} - \pi,\ (x<o),\ = \arcsin\frac{1}{\sqrt{1+x_2}}.$$

Für poſitive Werte von x und y wird $\arcsin x - \arcsin y = \arcsin\left(x\sqrt{1-y^2} - y\sqrt{1-x^2}\right)$;

$\arcsin x + \arcsin y = \arcsin\left(x\sqrt{1-y^2} + y\sqrt{1-x^2}\right)$, wenn $x^2+y^2 \leqq 1$; dagegen

$\arcsin x + \arcsin y = \pi - \arcsin\left(x\sqrt{1-y^2} + y\sqrt{1-x^2}\right)$, wenn $x^2+y^2 \geqq 1$;

$$\arccos x \mp \arccos y = \arccos\left(xy \pm \sqrt{1-x^2}\sqrt{1-y^2}\right);$$

$\operatorname{arc\,tg} x - \operatorname{arc\,tg} y = \operatorname{arc\,tg}\frac{x-y}{1+xy}$; $\operatorname{arc\,tg} x + \operatorname{arc\,tg} y = \operatorname{arc\,tg}\frac{x+y}{1-xy}$, wenn $xy \leqq 1$; dagegen

$$\operatorname{arc\,tg} x + \operatorname{arc\,tg} y = \pi - \operatorname{arc\,tg}\frac{x+y}{xy-1}, \text{ wenn } xy > 1.$$

Schließlich gelten noch die Reihenentwicklungen:

$$\arcsin x = \frac{x}{1} + \frac{1}{2}\frac{x^3}{3} + \frac{1\cdot 3}{2\cdot 4}\frac{x^5}{5} + \frac{1\cdot 3\cdot 5}{2\cdot 4\cdot 6}\frac{x^7}{7} + \ldots, \qquad -1 \leqq x \leqq +1;$$

$$\operatorname{arc\,tg} x = x - \frac{1}{3}x^3 + \frac{1}{5}x^5 - \frac{1}{7}x^7 + \ldots, \qquad -1 \leqq x \leqq +1;$$

$$\operatorname{arc\,tg} x = \frac{\pi}{2} - \frac{1}{x} + \frac{1}{3}\left(\frac{1}{x}\right)^3 - \frac{1}{5}\left(\frac{1}{x}\right)^5 + \ldots, \qquad -1 \leqq \frac{1}{x} \leqq +1.$$

Mehmke.

Cyklone, ſ. Aſpiration.

Cyklone, ſ. Maxima und Minima, barometriſche.

Cyklopenmauerwerk, ein aus großen, unregelmäßigen, möglichſt aneinander paſſenden Steinblöcken hergeſtelltes Mauerwerk, bei dem die Außenfugen mit entſprechend abgetöntem Mörtel ausgefugt werden (ſ. Mauerwerk). *L. v. Willmann.*

Cylinder und damit zuſammengeſetzte Stichwörter, ſ. Zylinder u. ſ. w.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Cylindrograph hat Moëffard einen panoramiſchen photographiſchen Apparat genannt, der zur Photogrammetrie (beſonders panoramiſchen Phototopographie) und für andre photographiſche Zwecke (auch Porträts u. ſ. w.) dienen ſoll.

Die vertikale Bildebene der ſonſtigen photographiſchen Apparate iſt durch eine Halbzylinderfläche mit vertikaler Achſe als Bildfläche erſetzt. Die Oeffnung einer Aufnahme beträgt 170°, ſo daß man für den ganzen Umkreis nur zwei Hauptaufnahmen und eine kleinere Aufnahme von etwa 30° (mit den Ueberdeckungen) braucht. Praktiſche Bedeutung hat das Inſtrument nicht erlangt.

Literatur: [1] Moëffard, Le Cylindrographe, Appareil panoramique, 2 t., Paris 1889. — [2] Lauffedat, Recherches sur les instruments, les méthodes et le dessin topographiques, t. 2, 1. partie, Paris 1901, p. 123. *Hammer.*

Cylindroid, windſchiefe Fläche mit zwei krummen ebenen Leitlinien und einer Leitebene.

Schneidet man einen Zylinder durch zwei zu ſeiner Richtung und unter ſich nicht parallele Ebenen und verſchiebt die eine Schnittkurve in ihrer Ebene um eine beliebige Strecke, ſo ergeben ſich die Erzeugenden des Cylindroides als die Verbindungslinien der Schnittpunkte von zur Leitebene parallelen Ebenen mit den gegebenen Leitlinien. Sind die Leitlinien Kurven zweiten Grades, alſo Kegelſchnitte, ſo iſt das Cylindroid vom 4. bezw. 8. Grade. Die Fläche findet in der Technik unter Umſtänden Verwendung als Wölbfläche.

Literatur: Spezialwerke über darſtellende Geometrie wie: Fiedler, Methoden der darſtellenden Geometrie, I—III, Leipzig 1883; Wiener, Lehrbuch der darſtellenden Geometrie, Bd. 2, Leipzig 1887; Peſchka, Darſtellende und projektive Geometrie, Wien 1884; De la Gournerie, Traité de géometrie descriptive, Paris 1885. *Vonderlinn.*

Cyma (Kyma), ſ. Blattwelle.

Cymogen, ſ. Petroleum.

Cymophan, ſ. v. w. Chryſoberyll.

Cyper, ſ. Kupfervitriol.

Cypreſſenholz, ſ. Nutzhölzer.

Cypridinenſchiefer, den oberſten Schichten der Devonformation angehörige graue, grünlichgraue und rote, ſandige und glimmerige, dünnblätterige Tonſchiefer und Mergelſchiefer, die als Leitfoſſil einen ausgeſtorbenen Schalenkrebs (Cypridina) führen. Die techniſche Verwendung iſt eine unbedeutende. *Leppla.*

Cyprin, ſ. Veſuvian.

Cypriſche Erde, Umbraart, angeblich von der Inſel Cypern ſtammend oder wenigſtens früher von dort bezogen, eine braune Erdfarbe; heute wird unter dieſem Namen nur Umbra verkauft. Auch grüne Erde kommt unter dieſem Namen im Handel vor. *Andés.*

Cyrenenmergel, die dem oberen Oligozän (ſ. Tertiärformation) angehörigen, vorwiegend grauen, grünlichgrauen und graublauen, feinſandigen, mehr oder weniger plaſtiſchen, mitunter kalkhaltigen Tone (Letten), mit dem allerdings nicht häufigen Leitfoſſil Cyrene semistriata (einer gleichklappigen Muſchel) im Mainzer Becken.

Kalkreichere Schichten ſind ſelten, doch ſind harte Steinmergel vorhanden. Im unteren Teil der Schichten treten ziemlich mächtige, feine, hellgraue, glimmerreiche Quarzſande (Schleichſande) und Sandſteine auf, die in untergeordneter Weiſe als Bau- und Stubenſand gebraucht werden und meiſt Waſſer führen. Dünne, unbauwürdige Braunkohlenlager treten in den oberen Schichten in den Letten auf. Die dunkelgraublauen Mergel oder Letten werden wenig benutzt, örtlich zur Zementfabrikation. An ſteilen Gehängen, aber auch an flacheren (mit 10—20° Neigung gegen die Horizontale) geben die Cyrenenmergel oft Anlaß zu großen Rutſchungen, wenn ſie mit Waſſer vollkommen geſättigt ſind.

Literatur: Lepſius, Das Mainzer Becken, Darmſtadt 1883, S. 78—100. *Leppla.*

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

D

als Abkürzungszeichen bedeutet auf deutſchen Reichsmünzen: München; auf öſterreichiſchen: Graz; auf älteren preußiſchen Münzen: Aurich; auf neueren (bis 1848): Düſſeldorf; als römiſches Zahlzeichen = 500; in der internationalen Telegraphie: Dringendes Telegramm. — S. a. AAAA und Kammgarnſpinnerei.

Daboll-Horn, das um 1850 von dem Amerikaner Daboll erfundene und von Holmes verbeſſerte Schallrohrinſtrument zur Abgabe von Nebelſignalen. Es beſteht aus einem 2—3 m langen geraden Metallrohr, das in ein klarinettartiges Zungenmundſtück ausläuft und durch dieſes mit komprimierter Luft von 1—2 Atmoſphären Druck angeblaſen wird. Das Daboll-Horn ſteht mit ſeinem Mundſtück ſenkrecht auf dem Luftreſervoir und iſt am oberen Ende wagerecht umgebogen. Die Lagerung des ſenkrechten Hornteiles geſtattet leichtes Drehen der Schallrohröffnung in den Wind. Inzwiſchen überholt durch die Sirenen. *von Nieſſen.*

Dach, der oberſte, flache oder ſteil anſteigende Abſchluß eines Gebäudes. Es hat den Zweck, das letztere vor ſchädlichen Einflüſſen zu ſchützen; es ſoll den Regen ableiten, den Schnee nicht durchlaſſen, Hitze und Kälte abhalten und wenn tunlich feuerſicher ſein.

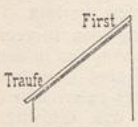


Fig. 1.

Fig. 4.

Fig. 5.

Fig. 6.

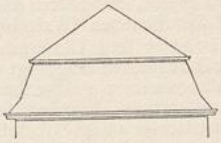


Fig. 8.

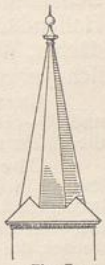


Fig. 7.

Das Dach zerfällt in zwei getrennte Teile: a) die Eindeckung, die eine undurchlaſſende Oberfläche zu bilden hat, nebſt deren Unterlage (ſ. Dachdeckung); b) die tragende Konſtruktion, den Dachſtuhl (ſ. d.). Die äußere Geſtaltung des Daches hängt ab 1. von den Eigenſchaften des Deckmaterials, 2. dem Klima, 3. der inneren Benutzung des Raumes, 4. von äſthetiſchen und 5. ſtiliſtiſchen Geſichtspunkten. Das Deckmaterial beſtimmt zunächſt die Dachneigung (ſ. d.) und die Dachform. Hinſichtlich letzterer unterſcheiden wir: 1. Das einhängige oder Pultdach mit einſeitiger Erhebung, d. i. mit einem Waſſerablauf, der Traufe (ſ. d.), und einer Firſt (ſ. Fig. 1). Es kommt in einfacher Anwendung vor bei Seitenbauten, an denen dem Nachbar kein Waſſer zugeführt werden darf, oder mehrfach nebeneinander bei Fabrikbauten als ſogenanntes Shed- oder Sägedach (ſ. Fig. 2). 2. Das zweiſeitige, Sattel- oder Giebeldach, die allgemeinſte Form mit zwei Traufen und einer Firſt. Die ſenkrechte Begrenzung der Dachflächen iſt der Giebel (ſ. Fig. 3). 3. Werden an Stelle der Giebel Dachflächen geſetzt, ſo entſteht das Walmdach oder holländiſche Dach mit vier auf gleicher Höhe liegenden Traufen, vier anſteigenden Gräten (ſ. d.) und einer Firſt (ſ. Fig. 4). 4. Liegen die Traufen der Walmflächen höher als die der Langſeiten, ſo entſteht das Halbwalmdach (auch Krüppelwalm, ſ. Fig. 5), eine Form, die für ländliche Gebäude eine charakteriſtiſche, auch provinziell, z. B. im Schwarzwald (ſ. Fig. 6) und der Nordſchweiz, die herrſchende iſt. 5. Bei dem Zeltdach vereinigen ſich vier Dachflächen in gemeinſamer Spitze. Das ſteile Zeltdach nennt man Turm- oder Helmdach (ſ. Fig. 7). Dieſes kommt auch vielſeitig vor. Ueber einem runden Grundriß entſteht 6. das Kegeldach. 7. Das gebrochene oder Manſarddach (ſ. Fig. 8), nach dem

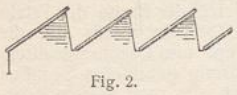


Fig. 2.

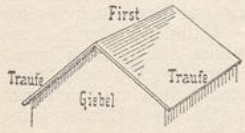


Fig. 3.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Architekten F. Manfard (gest. 1666 in Paris) benannt, hat vier Dachflächen, zwei flache und zwei steile; der Querschnitt ist gleich einem halben Achteck. 8. Das Bogendach, ein Satteldach mit gebogener Dachfläche und segmentartigem Querschnitt. 9. Das Kuppeldach (Haubendach, Dachhaube) mit Dachflächen in gebogener Linie, meist über kreisrundem oder viereckigem Grundriß (s. Fig. 9). 10. Das Kaiserdach mit geschweifter, unten meist ausgebogener Fläche, auch Dachhaube (s. Fig. 10).

Fig. 10.

Je flacher das Dach ist, eine desto geringere Fläche setzt es den Stürmen entgegen; um so dichter muß dagegen dessen Eindeckung sein, weil ein rascher Abfluß des Wassers verhindert wird und so ein Eindringen der Nässe leichter stattfinden kann. Dabei sind die Belastung durch Schnee und der Seitenschub in den tragenden Hölzern größer, daher sind diese stärker zu halten als bei steilen Dächern. Als ästhetisches Moment ist zu beachten, daß flache Dächer für das Auge leicht und gefällig erscheinen, hohe und steile Dächer aber schwer. Doch kommt noch das stilistische Moment hinzu, das die Form und Neigung des Daches mitbestimmt. Im allgemeinen sind die flachen Dachformen den südlichen regenlosen Ländern und den aus ihnen hervorgegangenen Stilen, der Antike und der Renaissance, eigen; die steilen Dächer entsprechen den mittelalterlichen Stilen der nördlichen Völker. Hierbei bildet das Dach einen integrierenden Teil des Gebäudes, seine Form muß sich daher in charakteristischer Weise den Hauptteilen anschließen.

Fig. 9.

Es gelten folgende Benennungen: 1. Mittelalterliches, gotisches Dach, wenn die Höhe größer als die Dachweite; 2. Altdeutsches Dach, wenn die Dachhöhe = Weite; 3. Altfranzösisches Dach, wenn Dachseite = Weite; 4. Winkeldach, wenn Höhe = halbe Weite; in diesem Fall ist der Firstwinkel = 90°; 5. Dritteldach, Vierteldach, wenn die Höhe = $^1/_3$, $^1/_4$ der Weite; 6. Italienisches Dach, dessen Höhe = $^1/_5$—$^1/_6$ der Weite; 7. Altandach, Plattform, mit einer Höhe = $^1/_{10}$—$^1/_{20}$ der Weite. *Weinbrenner.*

Dach aus Eisenkonstruktion. Die Dächer in Eisen lassen sich nach der Art der überdeckten Räume einteilen, womit natürlich nicht gesagt sein will, daß nicht verschiedene Dachstuhlformen (s. Dachstuhl) dem nämlichen Zweck dienen können. Immerhin haben sich für gewisse Zwecke gewisse Dachformen als besonders geeignet erwiesen, und diesem Umstand entsprechend erfolgt die Behandlung derselben in der Reihenfolge: Glasdächer (Oberlichtkonstruktionen), Hallendächer, Kirchendächer, Kuppeldächer, Sägedächer, Tonnendächer, Turmdächer, Wellblechdächer und Zeltdächer. Angaben über die Berechnung schließen sich jeweils an.

Glasdächer werden in der Regel aus 4—8 mm starken Glastafeln von 50—100 cm Länge und 30—50 cm Breite, mindestens mit 1 : 3 in der Dachfläche geneigt, hergestellt, indem man die Tafeln auf Sprosseneisen (Walzeisen, Zinkblech), die parallel der Sparren laufen, verlegt.

Oberlichter sind Glaseindeckungen, die zum Zweck der Beleuchtung des inneren Raumes in die Dachflächen eingefügt werden und sich also durch ihre schiefe Lage von den in den lotrechten Umfangsmauern gelegenen Seitenlichtern unterscheiden. Um ein sicheres Abgleiten des Schnees und rasches Abfließen des äußeren Regen- und inneren Schwitzwassers zu erreichen, werden die Oberlichter möglichst steil gelegt (mindestens 1 : 1,4), was bedingt, daß dieselben bei flachen Dächern als besondere, meist sattel- oder sägedachförmige Konstruktionen aus den übrigen Dachflächen heraustreten, wobei sie bald parallel zur Traufe, bald senkrecht zu derselben angeordnet werden. Die äußeren Oberlichter haben in statischer Hinsicht den Festigkeitsbedingungen der übrigen Dachflächen von gleicher Neigung zu genügen, da die Belastungen die nämlichen sind; in konstruktiver Hinsicht ist namentlich für gute Dichtung gegenüber eindringendem Regenwasser und für die Verhinderung des Abtropfens des inneren Schwitzwassers zu sorgen. Namentlich letztere Bedingung bildet oft die größten Schwierigkeiten, zu deren Ueberwindung die verschiedenartigsten Konstruktionen ausgedacht worden sind, von denen sich aber nur die einfacheren zur Ausführung empfehlen. Die zu verwendenden Glastafeln werden auf hier Sprossen genannte Sparren verlegt, die in einer Entfernung gleich der Breite der Tafeln mehr dem nötigen Spielraum über die Pfetten hinunterlaufen; das Oberlicht erhält also die Anordnung eines Sparrendaches. Von den vielen versuchten Befestigungs- und Dichtungsmitteln für die Glastafeln auf den sehr verschiedenartig, am einfachsten ⊥-förmig gebildeten Sprossen hat sich immer noch Glaserkitt am besten bewährt, wenn derselbe durch alle zwei Jahre wiederholten guten Oelfarbanstrich vor Hart- und Sprödewerden geschützt wird. — Unterhalb der äußeren Oberlichter werden in gewissen Fällen noch innere angebracht, die dann nur den Zweck haben, Staub, Schmutz und Tropfwasser fernzuhalten, eventuell auch die Heizung zu erleichtern. Da diese Dächer keine weitere Belastung zu tragen haben, so wird zu denselben gewöhnliches, in Kitt verlegtes Fensterglas verwendet. — Für die rationelle Beleuchtung des inneren Raumes ist die Art der Anordnung der lichtdurchlassenden Flächen in der Gesamtdachfläche von großer Bedeutung. Man unterscheidet in der Hauptsache nachfolgende Typen:

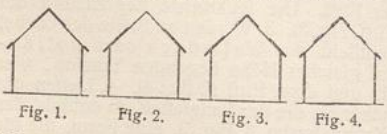


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3. Fig. 4.

1. Seitliches Oberlicht (Fig. 1), das sich den seitlichen Umfangsmauern anschließt, beleuchtet vorzüglich die Seiten- und Wandflächen, bei Bahnhofshallen z. B. die Seitenperrons und

anstoßende Räumlichkeiten. Aesthetisch wirkt es dagegen nicht günstig, weil der Dachfläche im First der natürliche Anschluß an die Umfangsmauern geraubt scheint.

2. Oberlicht aus der Dachmitte (Fig. 2) beleuchtet vorzüglich die Mittelpartien, weniger Seiten- und Wandflächen und allfallfig anstoßende Räume. Die ästhetische Wirkung ist die günstigste unter allen Oberlichtarten.

Fig. 5b.

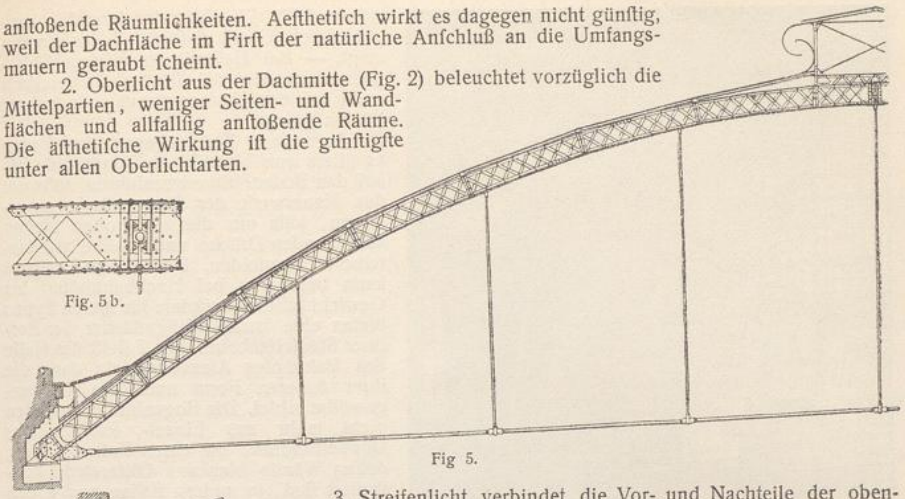


Fig. 5.

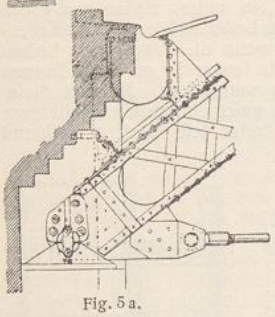


Fig. 5a.

3. Streifenlicht verbindet die Vor- und Nachteile der obengenannten Belichtungsarten; von den Anordnungen Fig. 3 und 4 wirkt namentlich die letzte befremdend und wird besser vermieden.

Im allgemeinen fordert Oberlicht gegenüber Seitenlicht erhöhte Dachaufsicht und erhebliche Unterhaltskosten, gewährt dagegen die Möglichkeit unbeschränkter Lichtzufuhr für Räume von beliebiger Größe. Seitenlicht gegenteils bedingt die kleinsten Unterhaltskosten und bildet die vorteilhafteste, gleichartigste Beleuchtung

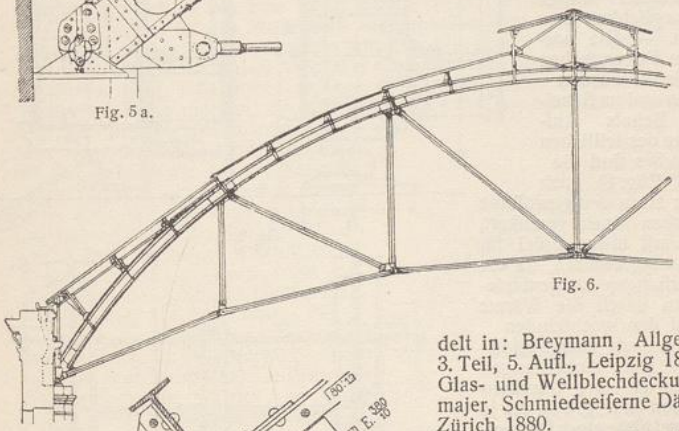


Fig. 6.

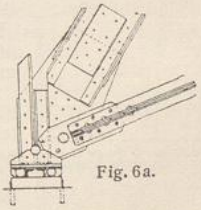


Fig. 6a.

innerer Räume, ist aber quantitativ beschränkt, z. B. schon durch Nebengebäude. — Ausführlich ist die konstruktive Seite der Oberlichter behandelt in: Breymann, Allgem. Baukonstruktionslehre, 3. Teil, 5. Aufl., Leipzig 1890; Landsberg, Th., Die Glas- und Wellblechdeckung, Darmstadt 1887; Tetmajer, Schmiedeeiserne Dächer, als Manuskript aut., Zürich 1880.

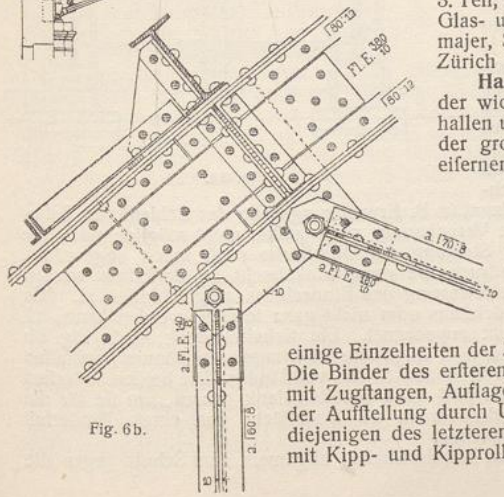


Fig. 6b.

Hallendächer. Die Hallendächer bilden eine der wichtigsten Formen des Eisenbaues; die Markthallen und Bahnhofshallen großer Städte, die Hallen der großen Ausstellungen u. s. w. stellen sich den eisernen Brückenbauten der neuen Zeit würdig an die Seite. Soweit es sich um mäßige Spannweiten handelt, geben die Hallenkonstruktionen zu keinen besonderen Bemerkungen Anlaß und kann bezüglich deren Anordnung auf das im Art. Dachstuhl Gesagte verwiesen werden.

Als Beispiele geben wir in den Fig. 5, 5a, 5b und 6, 6a, 6b die Binder sowie einige Einzelheiten der Zentralbahnhöfe in Magdeburg und München. Die Binder des ersteren — Spannweite 27,5 m — sind Bogenträger mit Zugstangen, Auflager- und Scheitelgelenk, welch letzteres nach der Aufstellung durch Ueberlaschung unbeweglich gemacht wurde; diejenigen des letzteren — Spannweite 34,6 m — sind Sichelträger mit Kipp- und Kipprollenauflager. Dieses ist in Fig. 6a dargestellt,

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

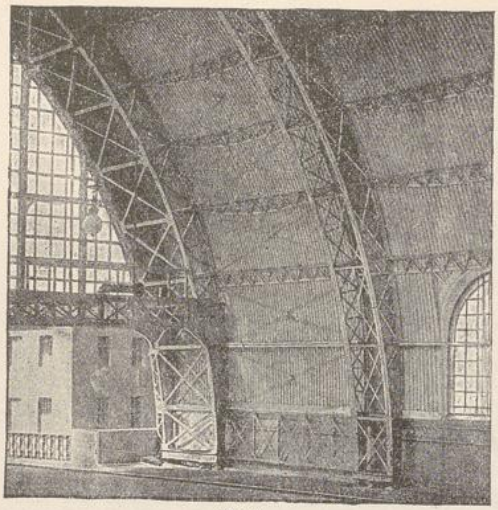


Fig. 7.

während Fig. 6b einen der ſorgfältig ausgebildeten Gerberſchen Gelenkknoten zeigt. — Bei Hallen von ſolchen Stützweiten werden die Binderfüße vielfach noch auf das Umfangsgemäuer oder auf Säulen gelegt.

In neuerer Zeit dagegen findet man es öfters von Vorteil, die Binderfüße bis auf den Boden hinunterzuführen, teils um das Mauerwerk der Seitenwände zu erſparen, teils um die bei großen Hallen bedeutenden Drücke und Schübe auf dasſelbe zu vermeiden. Der letztere Umſtand kann beſonders bei Hochbahnhöfen ins Gewicht fallen. Beiſpiele für dieſen Typus bieten eine Anzahl Hallendächer der Berliner Stadteiſenbahn. Fig. 7 ſtellt die Halle des Bahnhofes Alexanderplatz dar, die ihrer äußeren Form nach ein Tonnengewölbe bildet. Die Bogenbinder beſtehen nicht mehr aus Einzel-, ſondern aus Doppelbindern, die einen Kaſten bilden, deſſen Wände hier aus Gitterwerk konſtruiert ſind, in andern Fällen aus vollen Blechwänden beſtehen können. Die Kaſtenform wird, wenn die Träger eine bedeutende Länge erhalten bei ſo geringer Höhe, daß keine Verbände ſenkrecht zu ihren Ebenen möglich ſind, nötig, um ein ſeitliches Ausknicken derſelben zu verhindern. Je zwei dieſer Doppelbinder ſind aber wieder, ganz wie es bei einfachen Bindern geſchieht, durch Windkreuze unter der Dachhaut zu einem Paar verbunden, mit dem man die Pfetten feſt vernietet, während ſie zwiſchen je zwei Paaren die für das Wärmeſpiel nötige Beweglichkeit beſitzen. — Die normalen Bogen haben Gelenke an den Füßen und im Scheitel. Behufs Aufnahme des ſeitlichen Schubes ſind die Füße (Fig. 8) nach innen zu in den gewölbten Unterbau hinein verankert, aber mit etwas Spiel für die Auflagerwalzen, da die Ankerſtangen Längenänderungen durch die Wärme und den wechſelnden Seitenſchub unterworfen ſind. Die Ankerſtangen greifen an einer Querkonſtruktion an (Fig. 8a), die je die zwei Füße eines Doppelbinders verbindet. Da, wo es vorkommen kann, daß der Seitenſchub des Bogenfußes infolge des Winddruckes von außen her die Richtung nach einwärts annimmt (z. B. Erweiterungshalle des Schleſiſchen Bahnhofes [2]), iſt, weil eine Verankerung nach außen nicht möglich war, die Auflagerplatte mit einer Steigung der Oberfläche nach innen angeordnet, derart, daß der Auflagerdruck nie ganz winkelrecht zu derſelben werden kann, alſo eine Einwärtsbewegung des Binderfußes ausgeſchloſſen iſt. Wo aber der Stützendruck höchſtens oder nicht ganz lotrecht werden kann, iſt jene Oberfläche wagerecht angeordnet. Ein Scheitelgelenk iſt in Fig. 8b dargeſtellt; um auch eventuell Zugkräfte übertragen zu können, umfaſſen die Gelenke den Bolzen von beiden Seiten vollſtändig. Die beiden äußerſten Binder jederſeits der Halle ſind ohne Scheitelgelenk gebaut, um ſie für die ununterbrochene Durchführung des Windverbandes in der Dachfläche von einem Binderfuß zum andern geeigneter und damit ſteifer zu machen.

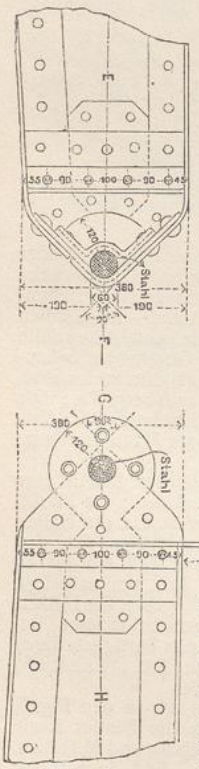


Fig. 8b.

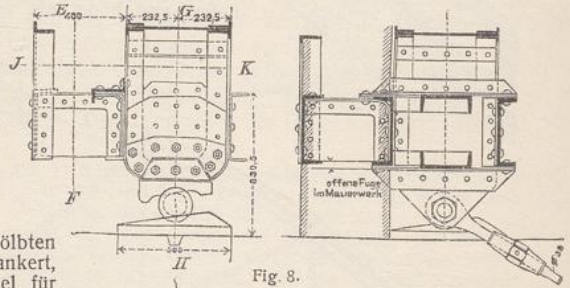


Fig. 8.

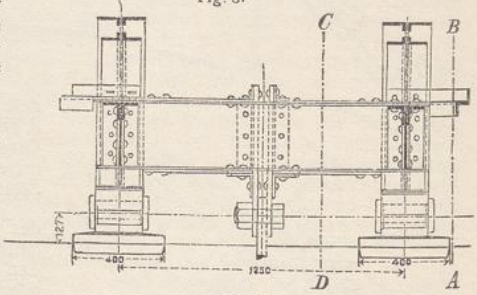


Fig. 8a.

Vorn und eventuell auch hinten werden Bahnhofshallen allgemein zum Schutz gegen die

Witterungsunbilden durch eine sogenannte Abschlußschürze geschlossen, die so weit, als die Höhe der Fahrzeuge es gestattet, hinunterreichen kann — etwa bis 5 m vom Boden. Sie besteht immer aus verglastem, eisernem Rahmenwerk. In größeren Abständen gehen stärkere Träger hinunter, die den Winddruck der Schürze teils auf den Binder, teils auf den sogenannten Schürzenabschlußträger verteilen. Zwischen diesen stärkeren Hängesäulen ist das leichtere Rahmenwerk eingelegt, in das die Glasscheiben eingefügt sind. Durch passende Einteilung der ganzen Schürzenfläche in feste Partien mit Beweglichkeit gegeneinander ist, wenn nötig, den Temperaturwirkungen Rechnung zu tragen. Der letzte Binder, der die Schürze zu tragen hat, muß natürlich stärker gebaut werden als die übrigen, eventuell ist auch das letzte Binderpaar

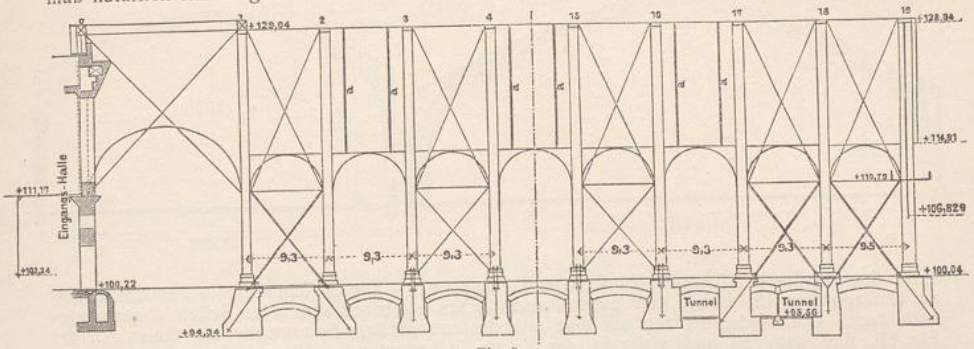


Fig. 9.

in größeren Abstand zu setzen, weil es das Umsturzmoment des Winddruckes auf die Schürze aufzunehmen hat. Der Schürzenabschlußträger — meist horizontal am unteren Rand der Schürze, in andern Fällen auch in größerer Höhe und selbst ausnahmsweise bogenförmig angeordnet [3], S. 32 ff. — hat den auf den unteren Teil der Schürze entfallenden Winddruck nach den Seiten zu übertragen, wo er seine Auflager findet. Entweder sind seine Enden einfach mit dem letzten Binder vernietet — das eine Ende könnte auch Gleitauflager besitzen — oder aber dieselben sind unmittelbar an das Mauerwerk angeschlossen und teils fest, teils gleitend zwischen Aussparungen in demselben gelagert, um den Winddruck der Abschlußflächen direkt an das zu diesem Behuf oft besonders verstärkte Gemäuer zu übertragen [3]. Meist wird sich aber auch in diesem Fall, selbst trotz größerer Breite des letzten Binderpaares, eine Verankerung der Binderfüße nötig machen, um das bedeutende Umsturzmoment des Winddruckes auf den oberen Teil der Schürze aufzunehmen. Auf die normalen Zwischenbinderpaare ist der Winddruck in der Längenachse geringer — hier sind es neben dem Wellblech die quer zur Achse laufenden Oberlichter, die dem Winddruck eine erhebliche Angriffsfläche bieten können —, doch selbst für diese wird bei größeren Hallen eine Verankerung der Füße nötig. Fig. 9 zeigt die Art dieser Verankerungen für die Hallen im Frankfurter Zentralbahnhof in schematischer Darstellung. Die Ankerstangen werden, um Stoßwirkungen zu vermeiden, zweckmäßig mit Anfangsspannung versehen. — Die Abdeckung der Bahnhofshallen geschieht vorzugsweise in Wellblech und Glas; unter den verglasten Teilen wird wohl zum Schutz gegen herabfallende Teile zerbrochener Tafeln ein feines, für das Auge unsichtbares Drahtnetz gespannt [3], S. 29. Die Oberlichter sind bald als Satteldächer normal zur Hallenachse, bald als ebensolche parallel derselben im First (Laternen), bald auch in der Dachhaut oder mehr oder weniger aus der Fläche derselben heraustretend seitlich dem First (Streifenlicht) angeordnet; immer aber müssen in dem First, eventuell auch noch seitwärts, Oeffnungen für den Abzug der Gase und Dämpfe angebracht werden, wie auch, wo nötig, durch besondere Vorrichtungen für die Ableitung des Schwitzwassers Sorge getragen werden muß [1], [4].

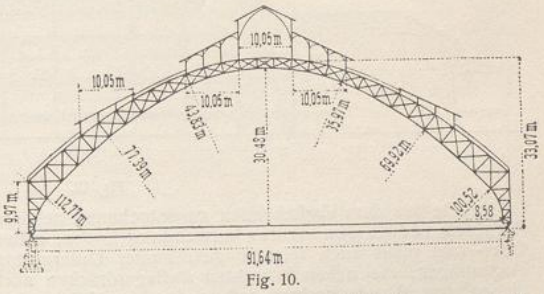


Fig. 10.

Eine möglichst günstige ästhetische Innenwirkung der Hallen wird meist durch die Wahl von Bogenträgern zu erreichen gesucht, die bei geringer Konstruktionshöhe wenig in den überbauten Raum hineinragen und bei Wahl kastenförmigen Querschnittes genügende Seitensteifigkeit besitzen, um Querverbindungen in Parallelebenen zur Hallenachse entbehrlich zu machen. Die unvermeidlichen Verbände in der Ebene der Dachfläche stören, namentlich wenn aus Rundeisenstangen gebildet, nicht. Eine Bestätigung dafür, daß auf diese Weise wirklich ruhige, befriedigende Innenansichten erreichbar sind, bildet der Bahnhof Alexanderplatz in Berlin [2]. Schwerer wird die Erreichung dieses Zieles, wenn mehrere solcher Tonnengewölbe nebeneinander gelegt werden müssen, wie z. B. beim Zentralbahnhof in Frankfurt [3]. Einen Binder der unsers Wissens gegenwärtig größten Bahnhofshalle, derjenigen der Broadstreet-Station

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

der Pennſylvania-Bahn in Philadelphia, zeigt Fig. 10. Derſelbe beſitzt ebenfalls drei Gelenke, von denen die beiden Fußgelenke durch eine Zugſtange unter dem Boden miteinander verbunden ſind. Die Abdeckung geſchah mit Kupferplatten auf Holzlattung [5].

Größere Spannweiten der Hallendächer wurden bei Ausſtellungshallen erreicht. Fig. 11 ſtellt die Binderanordnung der Maſchinenhalle der Pariſer Weltausſtellung 1889 dar, von der namentlich die äſthetiſch günſtige Innenwirkung gerühmt wird, zu der die Parallelführung der Gurtungen beigetragen haben mag [6]. Vergleichshalber iſt noch in Fig. 11a die kleinere

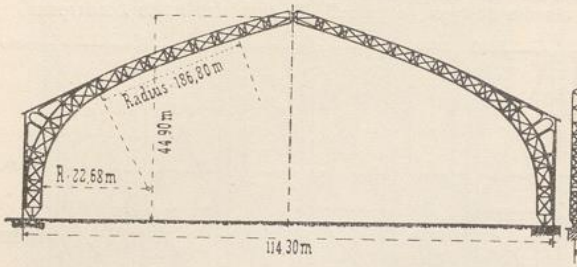


Fig. 11.

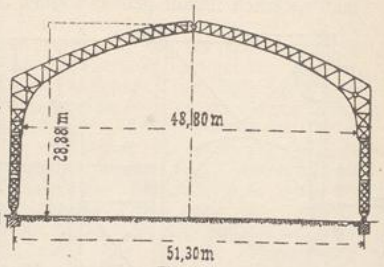


Fig. 11a.

Halle des Palaſtes der ſchönen Künſte ebenda gegeben. — Die Maſchinenhalle der Ausſtellung zu Chicago (Fig. 12) erhielt ſtatt eines Tonnendaches ein nach den vier Seiten abgewalmtes Satteldach. Die Binder beſitzen nur eine unbedeutend größere Spannweite als diejenigen der Fig. 11, ſind dagegen nach einer ſtetigen Kurve in bedeutend größere Höhe geführt worden, mit nach oben hin abnehmender Trägerhöhe. Zum Vergleich iſt die Pariſer Halle punktiert in die Fig. 12 eingetragen worden. Die Binder beider Hallen ſind dreigelenkig; während aber in Paris die Fundamentſockel die Bogenſchübe aufzunehmen hatten, wurden in Chicago die auf Pfahlbündeln ſtehenden Füße durch eine Zugſtange verbunden. Näheres [7]. — Die Dächer von Markt- und andern Hallen, von denen namentlich die Zentralhallen in Paris [4] bemerkenswert ſind (begonnen 1854), weil beim Bau derſelben der Vorzug des Eiſens für ſolche Bauten klar zutage trat und mit denſelben ſeine Verwendung für große Hallenbauten inauguriert wurde, ſind in [1] und [8] erläutert.

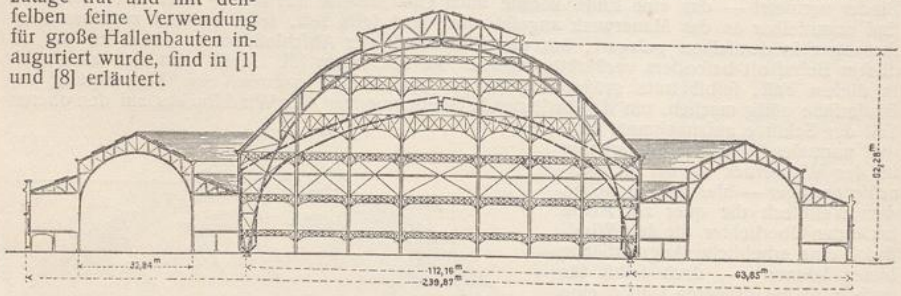


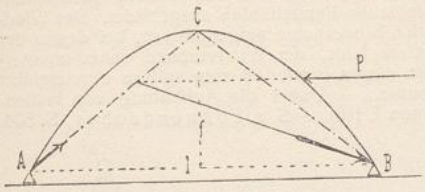
Fig. 12.

Wie aus dem Vorſtehenden zu entnehmen, gehören die Fachwerkformen, die hauptſächlich für Hallenbinder Verwendung finden, entweder den Balkenträgern mit gekrümmter Ober- und meiſt auch leichter gekrümmter Untergurtung an — Sichelträger — oder es ſind Bogenträger, die neben lotrechten Auflagerdrücken auch wagerechte Schübe ausüben. Ueber die erſteren iſt zu bemerken, daß bei den hier üblichen größeren Spannweiten die Teilbelaſtungen durch partiell aufliegenden Schnee bei Beſtimmung der Kräfte in den Füllungsgliedern berückſichtigt werden müſſen; ferner daß der Winddruck bei gekrümmten Dachflächen vom Fuß nach dem Firſt mit der Abnahme des Auffallwinkels ebenfalls abnimmt, alſo eine nach unten wachſende Belaſtung erzeugt. Eine einfache graphiſche Konſtruktion für dieſelbe findet ſich in [9], S. 98, Tafel 4.

Vor den Fachwerksträgern mit ihrem ſich von unten meiſt ungünſtig darſtellenden Gewirre ſich kreuzender Fachwerksſtäbe haben die Bogenträger, wie erwähnt, den Vorteil äſthetiſch günſtigerer Wirkung, daneben denjenigen geringeren Materialbedarfs gegenüber dem Balkenträger, wenn deſſen Füße ebenſo tief hinunterreichen müßten; ſie finden daher von allen Trägerformen die häufigſte Verwendung für die Eindeckung großer Hallen. Von den verſchiedenen Formen des Bogens kommt derjenige ohne Gelenke kaum zur Verwendung, am häufigſten derjenige mit drei Gelenken mit und ohne Zugſtange. Dieſer Bogen hat den Vorteil der ſtatiſchen Beſtimmtheit, alſo der einfachen Berechnung, dagegen den Nachteil einer Unterbrechung der Konſtruktion im Scheitel, verbunden mit größerer Beweglichkeit und Drehung der Enden daſelbſt, wodurch die ununterbrochene Ueberführung des Windverbandes daſelbſt erſchwert wird. Die Drehung der Scheitelenden, die eine Veränderlichkeit in der Größe der Firſtfuge zur Folge hat, kann durch die Elaſtizität des Abdeckmaterials oder auf andre Weiſe unſchädlich gemacht werden; die ununterbrochene Durchführung des Windverbandes in der Ebene der Obergurtung macht eine Anordnung im Scheitel nötig, die auch die Uebertragung

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

von Zugkräften durch dieſelbe ſichert. Der Dreigelenkbogen hat ferner dem Zweigelenkbogen gegenüber bei feſtgelagerten Binderfüßen den Vorzug, daß Wärmedehnungen und zufällige Verrückungen und Senkungen der Auflager keine Zuſatzſpannungen in demſelben erzeugen. Dieſer Vorzug fällt aber teilweiſe dahin, wenn der Zweigelenkbogen mit Zugband zwiſchen den Füßen gebaut wird, ſofern dasſelbe nahezu den nämlichen Wärmeſchwankungen unterworfen iſt wie der Bogen ſelbſt. Die Fixierung des Scheitelgelenkes in ſolchen Fällen, nachdem es zur Erleichterung einer genauen Aufſtellung gedient und nachdem allfällige Bewegungen im Fundament zur Ruhe gekommen, iſt daher ganz am Platz, wie denn überhaupt der Zweigelenkbogen mit Zugſtange im Dachbau entſchieden mehr Beachtung verdient, da bei ihm die immerhin unangenehme Komplikation des Scheitelgelenkes mit der erſchwerten Durchführung des Windverbandes entfällt. Es ſind denn auch, wie ſchon erwähnt, der größeren Steifigkeit wegen die



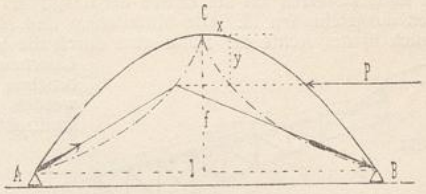
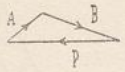
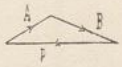


Fig. 13.  äußerſten Hallenbinder mehrfach ohne Scheitelgelenk gebaut worden, ſelbſt wenn die normalen Binder ein ſolches beſaßen.

 Fig. 14.

Die Berechnung der Bogen mit zwei und drei Gelenken für lotrechte Kräfte findet ſich in allen Lehrbüchern der Statik (vgl. Bogen und Bogenfachwerke). Beim Zweigelenkbogen mit gerader Zugſtange ändert ſich die Formel für den Horizontalſchub nur dadurch, daß im Nenner noch ein konſtantes Glied mit den Dimenſionen derſelben eintritt. Den Fall der geſprengten Zugſtange behandelt ausführlich [10] und [11]. Der Zweigelenkbogen mit Zugſtange, die nicht an den Binderfüßen angreift, iſt zweifach ſtatiſch unbeſtimmt. Dies gilt alſo z. B. für die äußeren Binder, wenn die Enden der Schürzenabſchlußträger mit denſelben feſt vernietet ſind. Zur Vermeidung der doppelten ſtatiſchen Unbeſtimmtheit kann der Schürzenabſchlußträger an einem ſeiner Enden verſchieblich gelagert werden oder aber einer der Binderfüße kann ſeitliche Beweglichkeit erhalten. Es wird immer ratſam ſein, eine dieſer Anordnungen zu treffen, um übergroße Spannungen reſp. Querſchnitte in den unteren Bogenteilen zu vermeiden; dabei iſt namentlich nicht zu überſehen, daß der Schürzenabſchlußträger auch Druck überträgt, wenn er an beiden Enden mit dem Binder feſt vernietet iſt. Bei der Halle Alexanderplatz-Berlin ſind die Füße der Schürzenbinder auf einer Seite verſchiebbar gelagert. — Alle dieſe Syſteme müſſen aber auch für ſchief reſp. horizontal einwirkende Kräfte berechnet werden, indem der Winddruck in lotrechte und wagerechte Teilkräfte zerlegt wird. Die Literatur über die Behandlung des Bogens unter dem Einfluß ſolcher Kräfte iſt weniger reichlich. Für den Bogen mit drei Gelenken iſt die Löſung ſehr einfach. Die Kräfteſchnittlinien werden durch die inneren Abſchnitte AC und BC der beiden Geraden gebildet (Fig. 13), welche die Gelenke verbinden. Die Zerlegung einer beliebigen wagerechten Knotenlaſt in ihre Stützdrücke iſt daher ſofort möglich, und die Verzeichnung der Drucklinie, die immer durch die drei Gelenke gehen muß, iſt auf bekanntem Wege leicht ausführbar. Wenn der Bogen in der Mitte kein Gelenk hat, ſo treten an Stelle der geraden Kräfteſchnittlinien Kurven AC und BC (Fig. 14), die nach [12], [13] konſtruiert oder berechnet werden können, wonach die Zerlegung der wagerechten Knotenlaſten und die Ermittlung der Drucklinie vor ſich geht, wie beim Dreigelenkbogen. Für Bogen mit paraboliſcher Schwerachſe und mit konſtantem $J \cdot \frac{dx}{ds}$, d. h. mit vom Scheitel nach den Füßen im Verhältnis der Sekante des Neigungswinkels der Bogenachſe wachſendem Trägheitsmoment iſt in [12] die Form der Kräfteſchnittlinie berechnet und kann für Bogen, die der gemachten Annahme entſprechen, genau, für kreisförmige oder angenähert kreis- oder parabelförmige Bogenachſen als erſte Annäherung in ziemlich weiten Grenzen benutzt werden. Die Gleichung derſelben lautet mit den Zeichen in Fig. 14:

$$x = \pm \frac{l}{8 + 15\left(\frac{i}{f}\right)^2}\left(5\left(\frac{y}{f}\right)^{\frac{3}{2}} - \left(\frac{y}{f}\right)^{\frac{5}{2}} + \frac{15}{2}\left(\frac{i}{f}\right)^2\left(\frac{y}{f}\right)^{\frac{1}{2}}\right).$$

Hierin bedeutet i den mittleren Trägheitshalbmeſſer, beim vollwandigen Bogen $= \sqrt{\frac{I}{F}}$, beim Fachwerkbogen angenähert die halbe theoretiſche Höhe $= \frac{h}{2}$. Sollen hier die Füllungsglieder berückſichtigt werden, ſo iſt i nach [9], S. 122 u. ff. und 163 u. ff. zu berechnen. Darf der Einfluß der ſcherenden und preſſenden Kräfte auf die Formänderung des Bogens vernachläſſigt werden, ſo lautet mit $i = 0$ die Gleichung einfacher: $\left(\frac{x}{e}\right)^2 = \frac{1}{64}\left(\frac{y}{f}\right)^3\left(5 - \frac{y}{f}\right)^2$. Formeln für kreisförmige Bogenbinder ſ. [17]. Ein Beiſpiel für die Berechnung eines unſtetig gekrümmten Fachwerkbogenbinders mit zwei Gelenken auf graphiſchem Wege findet ſich in [13], S. 436 und Tafel 28, nach dem Arbeitsprinzip [14]. Die Behandlung des Zweigelenkbogens mit Zugſtange

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

für schiefe resp. wagerechte Kräfte s. in [10] und [11] und den Art. Dachstuhl (Abschnitt Stützendrücke, S. 523). Hat man den normal auf das Element wirkenden Winddruck zerlegt in wagerechte und lotrechte Teilkräfte, so sind zum Schluß die Wirkungen der letzteren zu denjenigen der ersteren zuzufügen.

Der Wunsch nach einfacher Berechnungsart, der zur so häufigen Verwendung des statisch bestimmten Dreigelenkbogens führt, wurde auch mit die Veranlassung zur Einführung der Kragträger in den Hallenbau. — Beispiele zu dreischiffigen Hallendächern dieser Art waren das Dach des Gebäudes für Berg- und Hüttenwesen in der Ausstellung in Chicago [15] und das Dach der Maschinenhalle der Ausstellung in Genf 1896 (Fig. 15). Der seitliche Winddruck wird hier ganz von der gegliederten und am Boden verankerten Seitenwand aufgenommen. Alle übrigen Auflager sind gelenkförmig; die Laterne in der Mitte aus bombiertem Wellblech ist mittels Stelzen auf die Enden der Kragträger gelagert, so daß also jede statische Unbestimmtheit ausgeschlossen ist. Die Mittelsäulen sind als schlanke Pendelsäulen ausgebildet. Der Winddruck in der Achse der Halle wird durch die letzten Binderpaare aufgenommen, bei denen der Laternenaufsatz fehlt, der Windverband daher ununterbrochen von einem Binderfuß zum andern durchgeführt werden konnte. — Ueber die Aufstellung von Hallenkonstruktionen s. [16]. — S. a. Tonnendächer, S. 504.

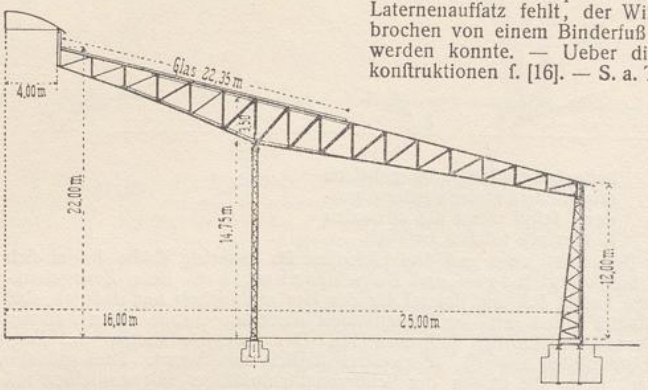


Fig. 15.

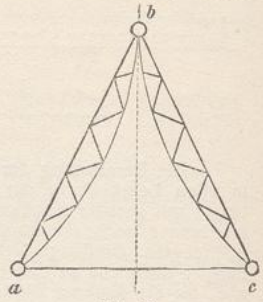


Fig. 16.

Kirchendächer in Eisen werden in neuerer Zeit immer häufiger ausgeführt. Sie bilden aber nicht eine besondere Dachform, sondern zeigen in der Hauptsache die bekannten Formen des Satteldaches, des Tonnendaches, des Zeltdaches und des Kuppeldaches entweder einzeln oder in Verbindung miteinander verwendet. Es ist daher an diesem Ort nur auf den besonderen Umstand aufmerksam zu machen, daß oft die große Höhe des Daches, weil nicht mehr in einem konstruktiv günstigen Verhältnis zur Spannweite, vermehrten Materialaufwand und konstruktive Schwierigkeiten verursacht. Wenn möglich hebt man die Fußpunkte der Binder künstlich, um die Höhe dieser zu vermindern, wie es z. B. beim eisernen Dach der Marienkirche in Hannover ([1], S. 228 und 240) geschehen ist. Ist das unmöglich, so empfiehlt sich in erster Linie für Satteldächer der französische Dachstuhl resp. eine Anordnung nach dem Schema der Fig. 16, wobei die Spannstange *a c* auch in irgend einer passenden Zwischenhöhe, z. B. der halben, angebracht werden kann. Bei großen Spannweiten ist die Anwendung von Schargelenken in den Punkten *a*, *b* und *c* nicht unzweckmäßig.

Kuppeldach, ein Dach in gebogener Form über rundem oder rechteckigem Grunde errichtet. Kuppeldächer in Eisen bilden ihrer äußeren Form nach meist Rotationsflächen mit lotrechten Drehachsen und krummlinigen Erzeugenden, überdecken also polygonal oder kreisförmig, unter Umständen auch elliptisch oder unregelmäßig geformte Grundrisse. Die kleinste Zahl der Seiten ist vier; sind die Meridian- oder Leitlinien gerade statt gekrümmt, so geht das Kuppeldach in das Zelt-, Kegel- oder Pyramidendach über. Nach der inneren Anordnung des Gerüstes sind die drei nachstehend beschriebenen verschiedenen Arten von Kuppeln zu unterscheiden, doch kommen daneben auch noch Uebergangsformen vor.

a) Die ältere Art des Kuppeldaches entsteht auf die Weise, daß Balkenbinder mit gekrümmter Obergurtung derart auf die Umfangsmauern gelegt werden, daß sich ihre Gurten in einem Zentrum treffen, in dem sie durchschnitten werden müssen (s. die schematische Fig. 17).

Bei kleinen Dächern können alle zusammenstoßenden Binderhälften an gemeinsamer Knotenplatte im Zentrum miteinander verbunden werden; bei größeren stoßen dieselben an einen zentralen Ring, der gewöhnlich noch eine Laterne trägt. Dieser Ring besteht im allgemeinen aus einem oberen Druckring und einem unteren Zugring, die beide durch ein Fachwerk zu einem steifen Träger zu vereinigen sind. Zug- und Druckring sind so stark zu machen, daß sie die nach den Ringseiten zerlegten Kräfte der Bindergurtungen aufnehmen und die bei ungleichmäßig verteilten Belastungen auftretenden Scherkräfte übertragen können. Die Binderfüße sind auf der einen Hälfte des Umfanges verschiebbar gelagert. Die Pfetten liegen frei auf den radialen Obergurten (Sparren) und senkrecht zu der Mittellinie zwischen zweien; sie nehmen nur Biegungsspannungen auf. Der Windverband vereinigt am besten je zwei benachbarte Binder zu einem Paar. Diese Konstruktionsart eignet sich nur für den Fall, daß der Raum unter der Dachfläche nicht offen bleiben soll (Kernkuppeln), vielleicht gegenteils die untere Gurtung zur Aufbringung einer Decke benutzt werden kann. Ferner kann sie von Vorteil werden bei der Ueberdeckung rechteckiger Räume (s. Fig. 17 a), in denen für diesen Fall *d d* die Hauptbinder,

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

a c Gratbinder sind. Die Möglichkeit der Benutzung vorhandener großer Konstruktionshöhen kann sie sogar ökonomisch vorteilhafter machen als die Ueberdeckung nach System b). Besondere Aufmerksamkeit erfordern die Durchdringungsstellen der Hauptbinder *d d*. Von den Druckgurtungen durchschneidet man gewöhnlich je eine ganz und stößt sie mittels Winkellaschen stumpf gegen die andre; die Untergurtungen vereinigt man an einem gemeinsamen Knotenblech, s. [1], S. 262.

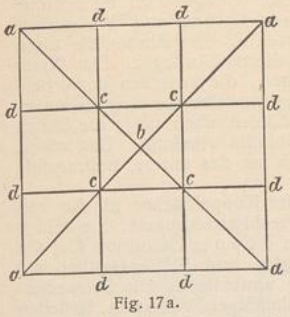


Fig. 17a.

b) Wird noch ein Fußring auf dem Umfangsmauerwerk angeordnet, der alle gegen ihn sich stützenden Binderfüße miteinander verbindet und der imstande ist, den in diesem Fall vorhandenen Horizontalschub der bogenförmigen Binder aufzunehmen, oder kann das Mauerwerk diesen bei festgelagerten Binderfüßen selbst übernehmen, oder endlich sind diese unmittelbar und unverschieblich auf den Erdboden gelagert, während im Zentrum die Binderhälften sich wieder gegeneinander oder gegen einen steifen Druckring stützen, so brauchen die Binder nicht tiefer in den überdeckten Raum hineinzuragen, als es die verhältnismäßig meist geringe Trägerhöhe erfordert. Die untere Gurtung ist in diesem Fall selbstverständlich ebenfalls gekrümmt

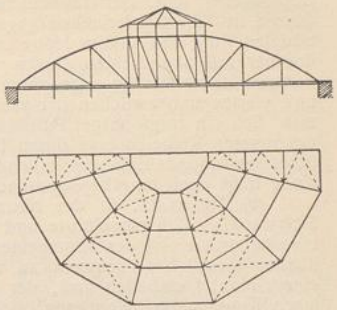


Fig. 17.

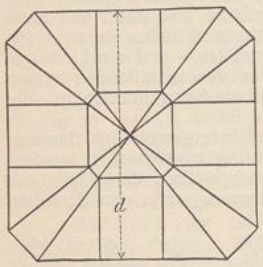


Fig. 19.

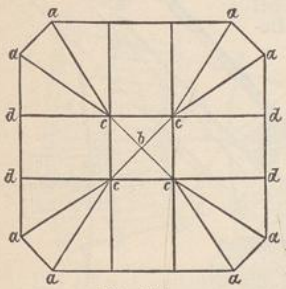


Fig. 19a.

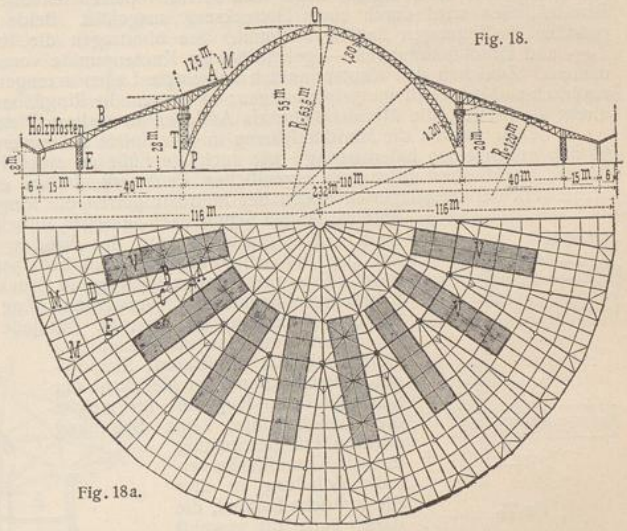


Fig. 18.

Fig. 18a.

und läuft meist mit der oberen parallel, doch ist das nicht durchaus erforderlich. Die Pfetten liegen wieder frei auf den Sparren und arbeiten nur auf Biegen. Die bogenförmigen Träger oder ihre Obergurten werden am besten wieder je zu zweien mittels eines Kreuzverbandes zu einem Paar vereinigt, das in diesem Fall auch das seitliche Ausknicken derselben zu verhindern hat, wenn dies nicht durch die gewählte Querschnittsform oder durch die Verschalung überflüssig gemacht wird; eventuell kann auch ein Kreuzverband ringförmig herumgelegt werden, wie z. B. in Fig. 18a. — Diese Bauart eignet sich besonders auch für Eindeckungen aus Glas, weil nicht in allen Teilen der Dachhaut störende Windkreuze vorhanden sein müssen; ferner zur Ueberdeckung quadratischer Räume (Fig. 17a), wo die Bogenbinder als Gratsparren *a a* angeordnet werden. Mit Hilfe von Schiftsparren *c d* kann man auf diese Weise, eine größte Pfettenlänge von 10 m vorausgesetzt, Räume bis zu 30 m Seitenlänge, bei gebrochenen Ecken (Fig. 19 und 19a) bis zu 44 m Seitenlänge überdecken. Die Schiftsparren sind als in *c* und *d* frei aufliegende Balken anzuordnen, eventuell mit Rollenauflagern in *d*; sollen sie in den Punkten *c* keine lotrechten Biegungskräfte auf die Gratsparren übertragen, so muß ein Ring *c c* eingezogen werden, wodurch allerdings die Arbeitsweise des Systems geändert wird. Oft wird der mittlere Teil über dem Ring *c c* als Laterne mit fachwerkförmigen Seitenwänden über die übrige Dachfläche herausgehoben. Dann bildet der obere, parallel über *c c* liegende Ring den gezogenen Fußring des Laternendaches und gleichzeitig den gedrückten des Ringfachwerkes, wie es schon unter a) beschrieben; der untere Ring *c c* dagegen ist die Zuggurtung des letzteren und gleichzeitig der Druckring für die Sparren *a c* der Hauptbinder; in beiden Ringen wirken sich also die

Spannungen in günstiger Weise entgegen. Ein Beispiel für Kuppeldächer von der hier besprochenen Bauart mit in der Dachfläche liegenden Bogenbindern über kreisförmigem Grundriß und wohl eine der größten erstellten Kuppeln bildete der innere Teil des Ausstellungsgebäudes der Lyoner Ausstellung des Jahres 1894, von dem in Fig. 18 und 18a Schnitt und Grundriß nach [25] gegeben sind. Der Durchmesser der Kuppel ist 110 m, ihre Höhe beträgt 55 m. Im Zentrum stützen sich die Binderhälften gegen einen steifen, kastenförmig aus Blechen und Winkeln gebildeten Ring von 1,84 m Höhe und 0,5 m Breite bei 6 m Durchmesser. Die Binderfüße sitzen drehbar auf abgedrehten Zapfen der direkt auf dem Boden fundierten Auflager. Der Windverband ist ringförmig angeordnet und besteht in zwei Dreieckzügen, die zwischen der dritten und vierten und zwischen der vierten und fünften Pfettenreihe liegen. Um die Kuppel herum zieht sich ein ringförmiges Pultdach, das auf zwei konzentrischen Säulenreihen ruht; die Säulen der inneren Reihe sind an ihrem Fuß mit den Enden der Kuppelbinder vereinigt. Das obere, frei überkragende Ende des Pultdaches legt sich an das Kuppeldach an, das untere, freitragende Ende trägt noch ein Gegenpultdach.

c) Die dritte, in der Neuzeit sehr häufig gebaute Art der Kuppeldächer ist die von Schwedler [20] eingeführte und nach ihm benannte Form der Flechtwerkkuppeln. Sie bilden eine besondere Art des allgemeinen Flechtwerkes, unter dem nach Föppls Definition [21] ein stabiles räumliches Fachwerk zu verstehen ist, dessen Knotenpunkte und Stäbe sämtlich auf einem Mantel enthalten sind, der einen inneren Raum vollständig umschließt. Die Schwedlerschen Kuppeln im besonderen bilden Flechtwerke über meist regelmäßigen Vielecken, bestehen aus Meridian- oder Sparrenstäben, aus Parallelkreis- oder Ringstäben und aus doppelten schlaffen Diagonalen in den vierseitigen Feldern. Die Anzahl der Meridiane ist gewöhnlich eine große. Die Föpplschen Netzwerkkuppeln unterscheiden sich von den geschilderten Schwedlerschen dadurch, daß bei diesen letzteren je zwei Dreiecke der Mantelfläche in eine Ebene fallen und ein durch schlaffe Diagonalen ausgesteiftes viereckiges Fach bilden, während bei jenen nur je ein Dreieck in einer Ebene liegt. Die Meridiansparren entfallen, der Raum zwischen zwei Parallelkreisen wird durch einen Dreieckszug ausgefüllt. Beide Systeme sind stabil und unter gewissen Bedingungen statisch bestimmt. Sie übertragen die Knotenpunktlasten durch bloße Zug- und Drucksspannungen — gelenkförmige Knotenpunkte vorausgesetzt — auf die Umfangsmauern. Zwischen den Knotenpunkten aufgelegte Lasten erzeugen in den betreffenden Stäben natürlich zusätzliche Biegungsspannungen; so dienen die Ringstäbe oft als Sparrenunterzüge oder direkt als Pfetten, die Meridianstäbe als Auflager für weitere Pfetten.

Selten werden die Meridiansparren in eine Spitze zusammengeführt; gewöhnlich stemmen sie sich gegen einen Laternenring, wie auch die Füße an einen Fußring angeschlossen werden. Dieser gehört aber nicht zum eigentlichen Fachwerk, indem er wegbleiben darf, falls das Mauerwerk bei festgelagerten Füßen der Meridiansparren die Ringspannung resp. den derselben entsprechenden Schub nach auswärts aufnehmen kann. Im allgemeinen wird der Fußring stets auf Zug, der Schlußring auf Druck beansprucht, die Zwischenringe haben vorwiegend Druck bei schwächerer Krümmung, vorwiegend Zug bei stärkerer Krümmung der Sparren. Für jede Belastungsart gibt das mit beliebigem Horizontalschub konstruierte Seilpolygon diejenige Form der Meridiane der Schwedlerschen Kuppeln, für welche die Zwischenringe keine Spannung erhalten. Für gleichmäßig über die Grundfläche verteilte Belastung ist dies die kubische Parabel, die daher auch oft gewählt wurde, namentlich für flache Dächer. Kuppeln mit dieser Meridianform erfordern theoretisch den geringsten Materialaufwand. In Wirklichkeit ist dies freilich nicht immer zutreffend, und können andre Gesichtspunkte für die Wahl derselben maßgebend sein. So z. B. der Wunsch oder die Notwendigkeit, daß die unteren, oft sehr langen Ringstäbe nur Zugbeanspruchungen erhalten, andernfalls dieselben wie die Meridianstäbe gegen seitliches Ausknicken besonders gesichert werden müßten. Die doppelten Kreuzstäbe werden bloß auf Zug beansprucht; da sie als Flachbänder oder Rundstangen auszuführen sind, soll das Dach nicht vielfach statisch unbestimmt werden.

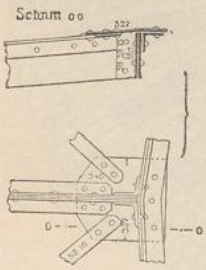
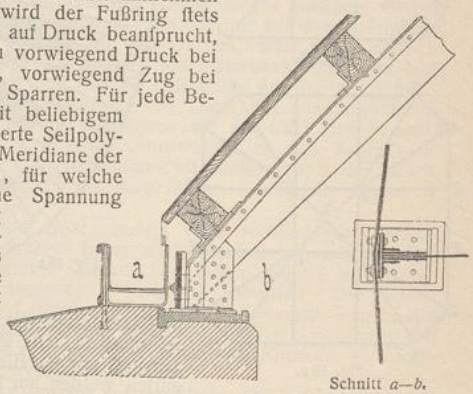


Fig. 21.



Schnitt *a—b*.

Fig. 20.

In konstruktiver Hinsicht ist folgendes zu bemerken: Die Auflager sollen feste sein mit nur so viel Spiel in radialer Richtung, als die Verlängerung und Verkürzung des Fußringes infolge Temperaturänderungen und Spannungsänderungen erfordert, falls überhaupt ein solcher vorhanden. Ohne dieses Spiel bleibt das Mauerwerk trotz des Fußrings nicht ohne Spannung. Der Fußring besteht meist aus einem stehenden Band, das bei größerer Länge der Polygonseiten mit Winkeln gesäumt wird. Fig. 20 zeigt einen bandförmigen Fußring mit Auflager; die gußeiserne Unterlagsplatte desselben würde zweckmäßig etwas gewölbt. Bei steilen Dächern sind die Auflager wegen des Kippmomentes des Windes zu verankern. Der Scheitelring wird ebenfalls meist aus Blechen und Winkeln zusammengesetzt; wird er möglichst steif konstruiert, so werden die Kräfte in den anstoßenden Sparren und Diagonalen kleiner (s. [1], S. 251), als wenn er sehr biegsam ist. Stabil ist aber das Dach auch bei gelenkförmigen Ringknotenpunkten.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Fig. 21 zeigt den Anschluß eines Gratsparrens an einen aus zwei Stehblechen und einem Winkel bestehenden Laternenring eines Schwedlerschen Daches über einem Gasbehälter in Berlin, von dem Fig. 22 und 22a Ansicht und Grundriß darstellen.

Die Grate werden wegen der leichter vorzunehmenden Biegung der Oberkante nach der Meridiankrümmung am besten aus Winkeln mit Stehblech, das an den Knotenpunkten zu stoßen ist, wie z. B. in Fig. 23, oder mit Gitterwerk zwischen Kopf und Fußgurtung ausgeführt. Daneben richtet sich Querschnittsgröße und Form wesentlich nach dem Umstand, ob die Sparren neben den Hauptspannungen noch Biegungsspannungen durch zwischen den Knoten aufgelegte Pfetten aufzunehmen haben. — Auch für die Wahl der Querschnitte der Zwischenringe ist dieser Umstand natürlich von Einfluß; dienen diese nicht gleichzeitig als Pfetten, so genügt meist ein Winkeleisen. — Die Windkreuze werden bis zu 3—4 m Länge aus Flacheisen, bei größerer Länge besser aus Rundeisen mit Spannschlössern gebildet. Dabei ist darauf zu achten, daß sie nach dem Schnitt der Ringe und Sparren zentriert werden (Fig. 23 und 23a), und daß so viel wie möglich die Schwerebenen der Ringe, Sparren und Windkreuze in eine einzige zusammenfallen, um Zusatzbiegungsspannungen zu vermeiden, wie es z. B. in Fig. 24 streng geschehen ist. Hier bestehen die Meridiansparren aus konform zur Dachoberfläche abgebogenen I-Eisen, die unmittelbar die hölzernen Pfetten tragen. Die Knotenbleche, an denen die Ring- und Schrägstäbe angeschlossen sind, liegen in halber Höhe der Sparren, während sie bei der in Fig. 22 und 22a dargestellten Kuppel auf deren Kopf aufgenietet werden mußten.

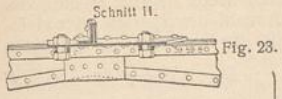


Fig. 23.

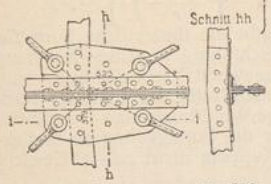


Fig. 23a. Fig. 23b.

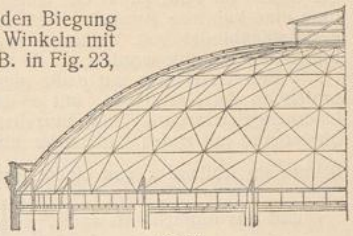


Fig. 22.

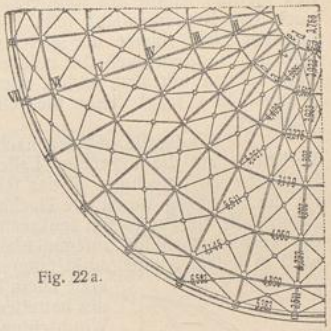


Fig. 22a.

Eindeckung der Kuppeldächer. Es sind die zwei Fälle zu unterscheiden, daß entweder das Polygon des Eisengerippes auch äußerlich zum Ausdruck gelangen darf, d. h. sichtbare Grate vorhanden sein dürfen oder nicht. Im ersteren Fall werden die Dachflächen in den Zwickeln zwischen den Graten Zylinderflächen mit geraden horizontalen Leitlinien, im letzteren Fall werden sie auch in horizontaler Richtung gekrümmt und bilden meist Rotationsflächen.

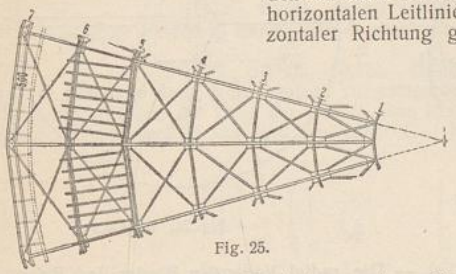


Fig. 25.

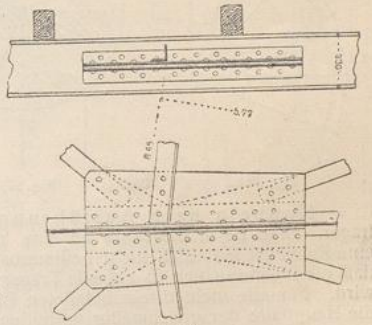


Fig. 24.

Die ersteren gestatten alle Eindeckungsarten, die letzteren schließen Wellblechdeckung auf Lattung aus. Die Verwendung von Wellblech wird man freilich wegen der Schwierigkeit der Eindeckung der Grate auch selbst bei Kuppeln mit polygonalem Umriß auf solche mit geringer Anzahl Seitenflächen beschränken. — Deckungen mit Holzschalung auf Holzpfetten sind in allen Fällen möglich. Je nachdem die Pfetten als gerade Balken verwendet oder an ihrer Oberfläche nach der stetigen Wölbung des Daches gekrümmt werden, erhält man eine polygonale Dachhaut mit oder aber eine stetig gekrümmte Dachhaut ohne Grate. Ist die Entfernung der Gratspannung für die Tragfähigkeit der Holzpfetten zu groß, so werden Zwischensparren auf die Ringe aufgelegt oder an die Hauptsparren angeschiftet. Soll die Verschalung auf Sparren verlegt werden, so werden diese auf die als Pfetten auszubildenden Ringstäbe gelagert, die auch die Sproffeneisen für Glaseindeckungen direkt aufzunehmen haben (Fig. 25). Bei Eindeckungen mit glatten Blechen werden die Leisten zweckmäßig auf die Grate gelegt, wobei am wenigsten Verschnitt entsteht, wie man aus dem gleichen Grund die Schalhölzer am besten senkrecht zur Traufe stellt.

Berechnung der Kuppeln. — Allgemeines. Bezüglich der Belastung der Kuppeln ist in erster Linie auf den besonderen Umstand aufmerksam zu machen, daß die Belastungsfläche der Sparren und damit die Belastung selbst, abgesehen vom Bindergewicht, vom Fuß nach dem

Scheitel zu abnimmt, da die Binder fächerförmig auseinander laufen. Bei Kuppeln über regelmäßigen Grundrissen ist die Belastungsfläche ein Kreissektor oder angenähert ein Dreieck mit der Spitze im Mittelpunkt der Kuppel; für die gleichförmig verteilte Last ist daher die Stützlinie eine kubische Parabel. Diese Kurve ist mit Vorliebe sowohl für die Form der Obergurten der Balkenbinder von Kernkuppeln, wie auch der Meridiansparren von Kuppeln mit freiem Innenraum gewählt worden, da sie theoretisch den geringsten Materialaufwand gewährleistet.

Bezeichnet man mit p die gleichmäßige Belastung auf den Quadratmeter der Horizontalprojektion der Dachfläche, mit p' das Bindergewicht pro laufenden Meter, mit $2P$ eine das Laternengewicht darstellende Einzellast im Mittelpunkt, mit n die Anzahl der Sparren oder Halbbinder und mit r den Radius der überdeckten Grundfläche, so ist die Querkraft Q_x für einen Schnitt im Abstand x von einem Auflager für jede Rippe $Q_x = \frac{p\pi}{n}(r-x)^2 + p'(r-x) + P$

und das Moment $M_x = \frac{p\pi r^3}{3n}\left[1-\left(\frac{r-x}{r}\right)^3\right] + \frac{p' r^2}{2}\left[1-\left(\frac{r-x}{r}\right)^2\right] + Px.$

Diese Momentenkurve tritt an Stelle der kubischen Parabel und gibt die theoretische Form für den Meridianschnitt des Kuppeldaches, wenn man neben der gleichförmig verteilten Belastung noch das Bindergewicht selbst und ein konzentrisches Laternengewicht berücksichtigen will. Da aber nicht immer die gleichmäßigen Belastungen die tragenden Teile am stärksten beanspruchen, sondern auch der halbseitige Schnee- und der halbseitige Winddruck eine wesentliche Rolle spielen, oft auch andre, namentlich konstruktive Gründe für die Formgebung zu berücksichtigen sind, so ist diesen theoretischen Begrenzungsformen der Kuppeln nicht zu viel Gewicht beizulegen.

Die Windkräfte nehmen nach dem Scheitel hin ebenfalls ab, und zwar in noch größerem Verhältnis als die lotrechten Lasten. Man hat für jeden Knotenpunkt die ihm zukommende Lastfläche zu berechnen (s. das schraffierte Viereck in Fig. 26 und 26a). Diese ist maßgebend für die Belastung durch die Dachhaut und ihre Unterlagen, die Horizontalprojektion für die Schneelast, die Projektion senkrecht auf die Windrichtung — die in den meisten Fällen als mit der Vertikalprojektion zusammenfallend angenommen werden dürfte — für die Windlast. Diese wird in jedem Knotenpunkt tangential und normal zu der Dachfläche zerlegt; die letztere Teilkraft allein bildet die Windlast des betreffenden Knotens. Die Windrichtung ist bei Kuppeln über kreisförmigem Grundriß beliebig, bei solchen über länglichem Grundriß käme hauptsächlich der Winddruck auf die Breitseite in Frage.

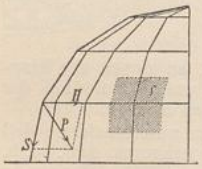


Fig. 26.

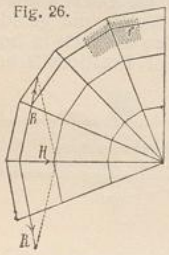


Fig. 26a.

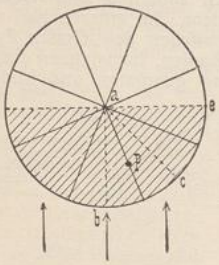


Fig. 27.

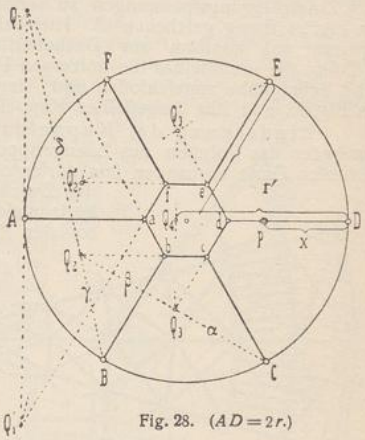


Fig. 28. ($AD = 2r$.)

Kuppeln nach Ausführungsart a). — Die radial liegenden Binder sind Balkenträger. Sind sie in der Mitte an eine zentrale Achse befestigt, so sind die Auflagerdrücke für eine Einzellast P statisch nicht bestimmbar, sondern müssen aus der Bedingung gefunden werden, daß die Belastung sich so auf alle Träger verteilt, daß ihre Einsenkung in der Mitte die nämliche wird. Für alle nicht direkt belasteten Binder würden also die Auflagerdrücke gleich groß. Für die Hauptfälle der gleichmäßig verteilten lotrechten Belastung aber, totale und halbe Dachfläche, erhalten alle Binder die nämliche Last und senken sich bei derselben Bauart und Länge in der Mitte um gleich viel, können also als unabhängige Balkenträger berechnet werden. — Der Wind belastet die ihm zugekehrten Binder ungleich, um so geringer, je näher sie der Belastungsscheide $a\,e$ (Fig. 27) liegen. Angenähert und etwas zu ungünstig rechnet man, wenn man alle Träger gleichstark wie die der Windrichtung am nächsten gelegenen belastet annimmt. Ist der überdeckte Grundriß nicht kreisförmig, haben also die Binder ungleiche Länge, so sind die Auflagerdrücke auch für halbe und ganze Dachbelastung statisch nicht bestimmbar. Sind die radialen Binder in der Mitte an einen Ring angebunden, wie in Fig. 17, so ist das Gebilde dagegen statisch bestimmt, vorausgesetzt natürlich, daß die Träger wie der Ring nicht an und für sich überzählige Stäbe besitzen.

Um für eine auf dem Träger $A\,D$ Fig. 28 liegende lotrechte Einzellast P die Auflagerdrücke $A\,B\,C\,D\,E$ und F sowie die Kräfte für das Ringfachwerk zu bestimmen, kann man wie folgt verfahren: Man zerlegt den Auflagerdruck A in zwei Kräfte Q_1 und Q'_1 in den Ebenen $a\,b$ und $a\,f$, mit denen derselbe am Knoten a im Gleichgewicht sein muß. Drei parallele

Kräfte können aber nur im Gleichgewicht sein, wenn sie in einer Ebene liegen; also müssen Q_1 und Q'_1 mit A in einer Ebene liegen, diese muß der Symmetrieverhältnisse wegen normal zum Träger $A\,a$ stehen, woraus $Q_1 = Q'_1 = 0{,}5 \cdot A$ folgt. Die Kraft Q_1 hinwieder als außerhalb wirkende Kraft für die Ringebene $a\,b$ setzt sich im Punkt b mit Kräften B und Q_2 in den Ebenen $b\,c$ und $b\,B$ ins Gleichgewicht; alle müssen in der Ebene $Q_1\,B$ liegen, wodurch die Lage von Q_2 gegeben ist; die Größe B und Q_2 folgt aus Q_1 und den Hebelarmen γ und δ. Endlich wird noch am dritten Ringeck c Gleichgewicht zwischen den Kräften Q_2, Q_3 und C hergestellt, woraus Q_3 und C folgt. Da ferner die Kräfte bei d, d. h. Q_3 und Q'_3 einerseits, P und D anderseits, ebenfalls wieder in einer Ebene liegen müssen, die durch $Q_3\,Q'_3$ bereits gegeben, so ist in Q_4 die Lage der Kraft für die Ebene $d\,D$ gegeben, ihre Größe folgt aus P und den Hebeln x und $r' = Q_4\,D$; Q_3 und Q'_3 sind je die Hälfte von Q_4. Indem man jetzt, vom letzten Träger $D\,d$ ausgehend, rückwärts rechnet, erhält man alle Auflagerkräfte sowie diejenigen für die Ringflächen. Es wird

$$D = P\frac{r'-x}{r'}; \quad C = P\frac{x}{2r'}\cdot\frac{\beta}{\alpha+\beta}; \quad B = P\frac{x}{2r'}\cdot\frac{\alpha}{\alpha+\beta}\cdot\frac{\delta}{\gamma+\delta}; \quad A = P\frac{x}{r'}\cdot\frac{\alpha}{\alpha+\beta}\cdot\frac{\gamma}{\gamma+\delta};$$

$$Q_4 = P\frac{x}{r'}; \quad Q_3 = P\frac{x}{2r'}; \quad Q_2 = P\frac{x}{2r'}\cdot\frac{\alpha}{\alpha+\beta}; \quad Q_1 = P\frac{x}{2r'}\cdot\frac{\alpha}{\alpha+\beta}\cdot\frac{\gamma}{\gamma+\delta}.$$

Im vorliegenden Beispiel mit $r = 1$; $r' = 1{,}065$; $\alpha = 0{,}65$; $\beta = 0{,}67$; $\gamma = 0{,}67$; $\delta = 1{,}56$ wird

D	C	B	A	Q_4	Q_3	Q_2
$P\left(1-\frac{x}{r'}\right)$	$0{,}254\frac{x}{r'}P$	$0{,}172\frac{x}{r'}P$	$0{,}148\frac{x}{r'}P$	$0{,}5\frac{x}{r'}P$	$0{,}246\frac{x}{r'}P$	$0{,}074\frac{x}{r'}P$.

Aus den Auflagerdrücken erhält man durch Cremonasche Kräftepläne die Stabkräfte in den radialen Fachwerkträgern, aus Lage und Richtung der Q die Stabkräfte in den entsprechenden Ringebenen. Legt man die Kraft P auf die verschiedenen Knotenpunkte von $D\,d$ und macht jedesmal die Zerlegungen, so kann man Einflußlinien für alle Stabkräfte ermitteln Legt man weitere Laften P noch auf andre Träger auf, so hat man nur das Kräftebild in entsprechender Weise gedreht auf das frühere zu legen und die zusammenfallenden Stabkräfte sinnentsprechend zu addieren, um die Wirkung der Gesamtbelastung zu erhalten. Selbstverständlich gilt, was hier für die Kuppel mit sechs Strahlen gezeigt worden, für jede beliebige Anzahl von Armen, und es kann das Verfahren auch auf eine ungerade Anzahl solcher ausgedehnt werden.

Für die Hauptbelastungsfälle, Belastung des ganzen Daches mit dem Eigengewicht und mit Schnee, und Belastung des halben Daches mit Schnee und Wind, kommt man rascher zu den Stabkräften durch Zerlegung der Gesamtauflagerdrücke und der Gesamtquerkräfte Q nach den Fachwerkgliedern. Nennt man die volle Belastung eines Trägers, im vorliegenden Fall der Fläche $\pi r^2 : 6$ entsprechend, G, so wirkt diese Last im Schwerpunkt eines Kreissextanten im Abstand $x = 0{,}3634\,r$ vom Auflager D, und $\frac{x}{r'}$ wird $= \frac{0{,}363\,r}{1{,}056 \cdot r} = 0{,}341$, und damit erhält

	D	C	B	A	Q_4	Q_3	Q_2
man für	0,660	0,086	0,059	0,050	0,170	0,084	$0{,}025 \cdot G$.

Für halbseitige Belastung durch Schnee erhält man durch entsprechende Addition

D	C	B	A	Q_4	Q_3	Q_2
0,832	0,805	0,195	0,168	0,084	0,279	$0{,}084 \cdot G$.

Die Q darf man aber nicht einfach zusammenzählen; man muß den Sinn und wenigstens für die Ringgurtungen die Lage der drei in eine Ringebene zu liegen kommenden Querkräfte berücksichtigen. In Fig. 28a sind die Kräfte Q_1, Q_2 und Q_3 für die Ringebene $b\,c$ eingetragen;

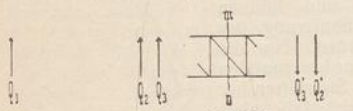


Fig. 28a.

in Fig. 28b diejenigen für die Ringebene $c\,d$, wobei Q_3', weil auf der andern Seite des Schnittes $m'\,n'$ wirkend, mit umgekehrten Zeichen zu nehmen ist. Geht man zur Totalbelastung

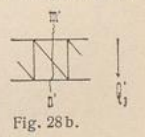


Fig. 28b.

über, so werden alle Auflagerdrücke gleich G, und zu den drei Querkräften Q_2, Q_3, Q_4 einer Ringebene treten die gleichen entgegengesetzten Q_2' Q_3' Q_4', so daß sich also die Kräfte auf ein Paar reduzieren, das ausschließlich die Ringgurtungen beansprucht.

Die Windkräfte gestatten keine genaue Behandlung auf einfachem Weg, weil für deren Aufnahme der Scheitelring in horizontaler Richtung steif gemacht werden muß, was zur Folge hat, daß die einzelnen Binder sich gegenseitig beeinflussen. Angenähert kann man einen solchen, $A\,D$ z. B. als von A bis D reichenden Balkenträger behandeln, der am stärksten beansprucht ist, wenn er in der Richtung des Windes liegt. Die auf die einzelnen Knoten wirkenden Windkräfte sind in die lotrechten und wagerechten Seitenkräfte zu zerlegen, von denen die ersteren nach der obenbeschriebenen Weise behandelt werden. Für die letzteren muß die Richtung der Auflagerkräfte gesucht werden, wobei die Art der Auflagerung in Frage kommt. Entweder werden die einen Enden fest, die gegenüberliegenden gleitförmig gelagert sein, in welchem Fall die Richtungen der Auflagerdrücke nur angenähert, oder aber es sind feste und diesen gegenüber Rollenauflager vorhanden, in welchem Fall die Auflagerdrücke genau bestimmt sind (s. Dachstuhl, Stützendrücke). Aus diesen Auflagerdrücken werden die Stabspannungen ermittelt, sowohl für die Hälfte mit dem festen als für die mit dem beweglichen Auflager, und diejenigen Anteile gewählt, die mit den von der Eigenlast und dem Schnee herrührenden zusammen die größten Gesamtspannungen bilden. Der an die oberen Gurtungen anstoßende Ring ist gedrückt, der an die unteren Gurtungen anstoßende gezogen. Aus den Spannungen der anstoßenden

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Gurtstäbe können die Ringspannungen auf die im folgenden Abschnitt angegebene Weise angenähert berechnet werden. — In ähnlicher Weise wie für die horizontalen Kräfte können natürlich auch diejenigen für die lotrechten annähernd gefunden werden, wenn der strenge Weg nicht eingeschlagen werden soll.

Kuppeln nach Ausführungsart b). — Bogenförmige Tragrippen sind in der Mitte an einem gemeinsamen Knotenblech befestigt oder stemmen sich gegen einen Mittelring. Eine genaue Berechnung für ungleich verteilte Lasten würde äußerst umständlich. Bei der Verbindung der Rippen durch ein gemeinsames Knotenblech im Scheitel kann man für ganze und halbseitige gleichmäßige Belastung Gelenke an den Füßen und im Scheitel voraussetzen, da das Knotenblech einer kleinen Verdrehung der oberen Bogenenden keinen wesentlichen Widerstand entgegensetzen wird und alle Bogen auch ohne Verbindung die gleiche Höhenlage im Scheitel einnehmen würden. Dies ist nicht mehr richtig für die ungleichmäßige Belastung durch den Wind, und erhält man für diese nur angenäherte, aber immerhin genügend richtige, weil etwas zu große Ergebnisse. Beim Anschluß an einen Zentralring bilden die halben Träger Bogen mit einem drehbaren Ende am Fuß und einem elastisch drehbaren Ende am Ring, welches Ende überdies für unregelmäßige Belastungsarten elastisch in annähernd lotrechter Richtung verschiebbar ist. Für Totalbelastung kommt der letztere Umstand nicht in Frage, und man darf mit ausreichender Genauigkeit das Einspannungsmoment am Ringende des Bogens vernachlässigen, denselben also als angelehnten Balken mit drehbarem Auflager am Fuß und mit einem lotrechten Gleitauflager am Ring versehen behandeln (s. Dachstuhl, Stützendrücke). Für gleichmäßige halbseitige Belastung senken sich die Ringenden auf der belasteten Seite mehr als auf der unbelasteten; es treten also, abgesehen vom Einspannmoment durch den Verdrehungswiderstand des Ringes, an den Ringenden der belasteten Seite aufwärts gerichtete, an der unbelasteten Seite abwärts gerichtete Kraftkomponenten auf. Der Bogenschub ist am Ringende nicht mehr genau horizontal gerichtet wie bei Totalbelastung, sondern auf der belasteten Seite etwas nach aufwärts, wodurch die Beanspruchungen erhöht werden können. Sie sind zwischen zwei Grenzen enthalten, von denen man die untere durch die Totalbelastung erhält, die Binderhälften, wie erwähnt, als angelehnte Balken betrachtend, die obere dadurch, daß man sie für die belastete Dachhälfte als Zweigelenkbogen mit Gelenken am Fuß- und Ringende behandelt. — Für den Wind, der die Rippen ungleich belastet, nämlich abnehmend nach der Lastscheide zu, erhält man die bessere Annäherung nach der Theorie des angelehnten Balkens. — Der Scheitelring ist in mannigfacher Weise beansprucht; hauptsächlich nur auf Druck für Eigengewicht und Totalbelastung, indem sich die für alle Rippen gleichen Bogenschübe nach den Ringseiten zerlegen. Der Fußring ist nur gegen Zug widerstandsfähig zu machen, da die beschränkte, nur für das Temperaturspiel berechnete Beweglichkeit der Binderfüße in radialer Richtung eine weitergehende Formänderung unmöglich macht. Die größte Zugspannung erhält man durch Zerlegen eines Binderschubes für die verschiedenen Lastarten nach den Richtungen der anschließenden Polygonseiten des Fußringes. — Bei ungleichmäßiger, bezw. auch bei halbseitiger Belastung treten im Scheitelring noch Torsions-, Biegungs- und Scherkräfte auf. Die Torsions- und Scherkräfte rühren daher, daß der Ring die unabhängigen Hebungen und Senkungen der oberen Sparrenenden hindert. Die hieraus resultierenden Beanspruchungen sind nicht leicht genau zu berechnen, und man wird sich in den meisten Fällen mit Annäherungen begnügen müssen. Uebrigens sind diese Kräftewirkungen untergeordneterer Natur und können durch reichliche Dimensionierung des Ringes berücksichtigt werden. Nur die Biegungsspannungen in der horizontalen Ebene sind bedeutender. Sie rühren her vom Ueberschuß des Horizontalschubes der belasteten Sparren gegenüber demjenigen unbelasteter, und dieser Ueberschuß muß durch die Steifigkeit des Ringes aufgenommen werden können. Man rechnet die verbiegenden Momente im Ring zu ungünstig, geht also sicher, wenn man sich nach Schwedlers Vorgang zwei gegenüberliegende Viertel des Daches belastet denkt. Für den elliptisch verbogenen Ring erhält man dann als größte Biegungsmomente in den Punkten *a* (Fig. 29) $M_a = {}^1/_b\, p\, \varrho^2$, wo p die gleichmäßig verteilt gedachte Belastung pro Längeneinheit des Ringquadranten durch die Sparrendrücke bedeutet.

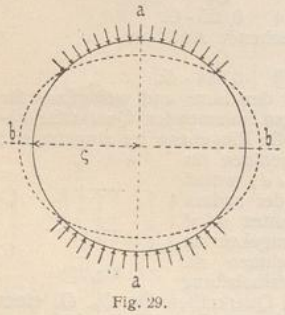


Fig. 29.

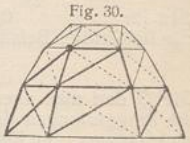


Fig. 30.

Fig. 30a.

Kuppeln nach Ausführungsart c). — Die Schwedlerschen und Föpplschen Flechtwerkkuppeln, regelrechte räumliche Fachwerke, sind stabil und unter gewissen Bedingungen statisch bestimmt. Die Bedingung für die statische Bestimmtheit des räumlichen Fachwerkes lautet bekanntlich $s = 3k - a$, in welcher Gleichung s die Anzahl der vorhandenen Stäbe, k diejenige der Knotenpunkte und a diejenige der Auflagerbedingungen bedeutet. Ist ein Scheitelring vorhanden und werden jedem Auflager drei Bahnen zugeschrieben und dieselben als fest betrachtet, so zeigt ein Blick auf Fig. 30 und 30a, daß diese Bedingung erfüllt ist. (Der Fußring ist nur zur Entlastung des Mauerwerkes vorhanden und zählt nicht mit zu den Teilen der Kuppel.) Eine Kuppel mit Spitze dagegen über n-seitigem Grundriß besitzt $n-3$ überzählige Stäbe, ist also statisch unbestimmt; sie kann statisch bestimmt gemacht werden durch Weglassen der Diagonalen des untersten Stockwerkes bis auf drei.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Die Berechnung der Schwedlerſchen Kuppeln ohne Spitze iſt äußerſt einfach, ſolange es ſich um regelmäßig verteilte volle Belaſtung handelt. In dieſem Fall haben die Stäbe eines Ringes und ebenſo die Sparrenſtäbe jedes Stockwerkes gleiche Spannung. Die Diagonalſtäbe ſind ohne Spannung. An jedem Knotenpunkt ſetzen ſich die Ringſpannungen R zu einer in der Meridianebene liegenden Horizontalkraft H zuſammen (Fig. 31), die mit den Spannungen der beiden anſtoßenden Meridianſtäbe und mit der auf den Knoten wirkenden äußeren Laſt im Gleichgewicht ſein muß. Stellt a, b (Fig. 32) einen Meridianſparren dar, ſo hat man nur die erſte Laſt P_1 (Fig. 32 a) in die Ringſpannung R_1 und die Sparrenkraft S_{12} zu zerlegen, um nun fortſchreitend auch an jedem folgenden Knoten Gleichgewicht herſtellen zu können. Die Sparren ſind immer gedrückt, die Ringe gezogen oder gedrückt, je nach der Form der Sparren. Der Sinn der Beanſpruchung findet ſich aus dem Krafteck. Für die hohe Kuppel mit der Leitlinie

Fig. 31.

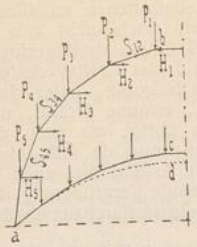


Fig. 32.

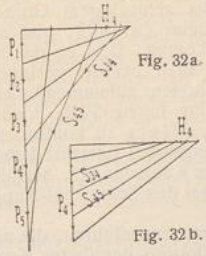


Fig. 32a.

Fig. 32b.

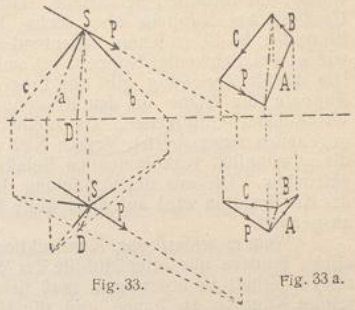


Fig. 33.

Fig. 33a.

a, b iſt H nach innen gerichtet, die Ringſtäbe haben Zug; für die flache Kuppel mit der Leitlinie a, c iſt H nach außen gerichtet, die Ringſtäbe haben Druck. Im erſten Fall ſind die Kraftzüge, die an einem Knotenpunkt (z. B. Fig. 32 a) Gleichgewicht herſtellen, überſchlagen, im zweiten Fall (Fig. 32 b) nicht. Es iſt auch leicht, für gegebene Laſtenreihen P Kuppeln mit beſtimmten Eigenſchaften zu finden. In Fig. 33 a z. B. ſind mit Ausnahme des erſten die H gleich gemacht worden, das zugehörige Seileck $a\,c$ gibt demnach die Form der Leitlinie einer Kuppel, für die alle Ringe bei Totalbelaſtung gleichſtark geſpannt ſind. Für die kubiſche Parabel $a\,d$ werden die H und damit die Ringſpannungen gleich Null. — Auch für ſchiefe Belaſtung der ganzen Kuppel durch Wind iſt die Kräftebeſtimmung genau auf dem gleichen Weg möglich, und wenn auch dieſer Belaſtungsfall nicht möglich iſt, ſo kann er doch vorausgeſetzt werden, um etwas zu groß ausfallende Annäherungswerte zu berechnen.

Für ſolche gleichmäßige Belaſtungsarten erhalten die Sparren ihre größte Beanſpruchung bei völlig belaſteter Kuppel, ein Ring ſeine größte Zugſpannung, wenn die höher liegenden Ringe voll belaſtet, ſeine größte Druckſpannung, wenn er allein voll belaſtet iſt. Die Diagonalen erhalten ihre größte Spannung bei Belaſtung der halben Kuppel, und zwar in den Feldern der Belaſtungsſcheide. Der Spannungsunterſchied der Sparren beidſeitig der Belaſtungsſcheide muß durch die Diagonalen übertragen werden. Nach dieſen angenäherten Regeln ſind bis jetzt die meiſten der Schwedler-Kuppeln berechnet worden und haben ſich auch als vollkommen ſtandſicher erwieſen, zum Teil allerdings infolge günſtig wirkender Nebenumſtände.

Die genaue Berechnung für ungleich verteilte oder Einzellaſten iſt weſentlich umſtändlicher. Sie gründet ſich auf die Möglichkeit, eine Kraft in drei nach einem Knoten zuſammenſtoßende, nicht in einer Ebene liegende Stäbe zu zerlegen. Es geſchieht dies mit Hilfe eines räumlichen Kräftevieleckes, das in zwei Projektionen gezeichnet werden muß. Man legt nach Fig. 33 durch zwei der Stäbe, z. B. a und b, eine Ebene und ſchneidet dieſe durch die Ebene $P\,c$. In der Schnittlinie $S\,D$ müſſen ſich, wenn Gleichgewicht am Knoten beſtehen ſoll, die Mittelkräfte $A + B$ und $C + P$ aufheben, aus welcher Bedingung die Zerlegung von P nach C, B und A im Aufriß und Grundriß erfolgen kann (Fig. 33 a). Um die wirklichen Kräfte zu erhalten, müſſen die wahren Längen von deren Projektionen aufgeſucht werden. Durch wiederholte Anwendung dieſes Verfahrens, indem man, von Knotenpunkt zu Knotenpunkt vorſchreitend, Gleichgewicht zwiſchen Stabſpannungen und Belaſtung herſtellt, die erhaltenen Spannungen eines Stockwerkes für das unterhalb folgende als äußere Laſten einführend, gelangt man zu den Kräften in allen Stäben. Am beſten trennt man die verſchiedenen Laſten und behandelt Eigenlaſt, Schneelaſt und Winddruck geſondert. Man kann dabei noch zwei verſchiedene Wege einſchlagen inſofern, als man entweder den Einfluß einer einzigen Knotenlaſt auf das geſamte Dach ermittelt und für die einzelnen Stäbe Einflußlinien zeichnet, oder aber indem man gleich allen Knotenpunkten ihre Laſten zuweiſt. Der letztere Weg iſt einfacher, gewährt aber nicht einen ebenſo vollſtändigen Einblick in die Wirkung jeder beſonderen Laſt. Das Verzeichnen der Einflußlinien wird übrigens durch folgenden Umſtand erleichtert. Die Wirkung einer Einzellaſt erſtreckt ſich nicht über die ganze Kuppel, es bleiben vielmehr die meiſten der von dem belaſteten Knotenpunkte aus nach der andern Seite hin gelegenen Stäbe ohne Spannung, weil nämlich von vier Stäben, von denen drei in einer Ebene liegen, der vierte ſpannungslos iſt, falls am Knotenpunkt keine äußere Kraft oder nur eine ſolche angreift, die in der Ebene der drei Stäbe wirkt. In den Fig. 30 und 30 a iſt der ſtark bezeichnete Knotenpunkt belaſtet gedacht, die Stäbe, die Spannung erhalten, ſind ſtark ausgezogen, die ſpannungsloſen leicht; das Bild der Kräfteverteilung gilt für alle Knotenpunkte desſelben Ringes. Von dem belaſteten Knotenpunkte gehen nur drei Streben aus, die Spannung erhalten; die

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Kräftezerlegung, von diesem Punkte ausgehend, kann also leicht erfolgen. — Wichtig ist in allen Fällen die Beachtung der Rolle, welche die Schrägstäbe in den rechteckigen Feldern spielen. Damit die Kuppel statisch bestimmt sei, müssen dieselben bei doppelter Ausführung als Bänder ausgebildet werden; sobald man daher bei der Kräftezerlegung auf einen stößt, der Druck erhalten würde, muß er ausgeschaltet, durch den andern im nämlichen Feld ersetzt und die Zerlegung entsprechend geändert werden. Die wirkliche Durchführung von Zerlegungen über die ganze Kuppel hin für die verschiedenen Belastungsfälle kann in [21], [22], [23] nachgesehen werden. Eine halb zeichnerische, halb rechnerische Behandlung nach Müller-Breslau s. [27]. Ausführlich behandelt angenäherte Rechnungsarten Breymann [1].

Die Richtigkeit der auf vorstehend geschildertem Weg erhaltenen Stabspannungen wird beeinträchtigt durch die feste Vernietung an den Knotenpunkten, indem diese sowohl Zusatzbiegungsspannungen hervorruft, als auch solche Stäbe, die andernfalls spannungslos geblieben wären, zur Mitarbeit heranzieht, dadurch die in erster Linie betroffenen entlastend. Ist dieser Umstand bei Kuppeln über sechs- bis achteckigem Grundriß noch nicht von wesentlichem Einflusse, so ist er schon bedeutend beim Zwölfeck, und bei einem dreißigeckigen Grundriß, wie er bei Schwedler-Kuppeln oft vorkommt, stört er das Bild der Kräfteverteilung durchaus. Die direkte Zerlegung gibt für Einzellasten bei der geringen Neigung, unter der bei solchen Kuppeln die Stäbe in den Knotenpunkten zusammenstoßen, enorme Kräfte, die nicht der Wirklichkeit entsprechen. Es bleibt für solche Fälle nichts übrig, als nach den eingangs gegebenen angenäherten Regeln Schwedlers zu konstruieren, und da sich seine Dächer für die gewöhnlich vorkommenden Belastungsarten bewährt haben, so darf dies auch unbedenklich geschehen. Die aus der Vernietung der Knotenpunkte herrührende Vergrößerung der Steifigkeit der Konstruktion wird auf diese Weise bei den Schwedler-Kuppeln in durchaus erwünschter Weise ausgenutzt.

Wem es widerstrebt, Konstruktionen auszuführen, die nicht mit Hilfe der Grundspannungen allein, sondern nur unter Mithilfe der Wirkung der steifen Knotenpunkte imstande sind, die Lasten mit Sicherheit zu übertragen, muß sich an den Vorschlag Föppls halten, nur sechs- oder achtseitige Kuppeln zu bauen und die Nachteile der zu großen Maschenweiten bezw. zu großer Stablängen durch Konstruktionsänderungen zu vermeiden. In erster Linie empfiehlt Föppl Ausfüllung der viereckigen Felder durch einen Dreieckzug steifer Schrägstäbe statt durch bloß zwei flache Diagonalen. Die Berechnung solcher Kuppeln ist leicht auf diejenige normaler Schwedler-Kuppeln zurückzuführen (s. [22], S. 55 u. f.). Unangenehm bleibt freilich gegenüber Kuppeln mit engen Maschen die größere Abweichung der Maschenflächen von der Fläche der Dachhaut, wenn diese stetig gekrümmt verlaufen soll. Die Föpplschen Netzwerkkuppeln lassen sich ähnlich wie die Schwedlerschen durch von Stockwerk zu Stockwerk fortschreitende Zerlegung der Kräfte berechnen (s. [22], S. 89). Aber auch für sie beschränkt sich, der festen Knotenverbindungen wegen, die Richtigkeit der Ergebnisse auf Kuppeln mit geringer Seitenzahl. Föppl empfiehlt ein Fünf- oder Siebeneck als Grundriß, wobei zu bemerken, daß diese Kuppeln nur für Grundrisse mit ungeraden Seitenzahlen stabil sind, für solche mit geraden Seitenzahlen dagegen labil. Infolge der Steifigkeit der Knotenverbindungen verliert sich dieser Unterschied aber bei größerer Seitenzahl des Grundrisses. In neuester Zeit haben die Berechnungsmethoden für Raumfachwerke, insbesondere auch für Fachwerkskuppeln über beliebigem Grundriß, wesentliche Förderung erfahren durch die an die Zimmermannsche Kuppel des Reichstagsgebäudes sich anschließenden Erörterungen (von Zimmermann selbst, Müller-Breslau, Landsberg u.a.) in den Jahrgängen 1901 ff. des Zentralblattes der Bauverwaltung. — Die dort entwickelten verschiedenen Verfahren gestatten die genaue Berechnung für beliebig gerichtete Kräfte, sind aber in ihrer Anwendung zu weitläufig, um hier vorgeführt zu werden. — Neben genannter Quelle möge hierbei Zimmermanns vorzügliches kleines Werk nachgelesen werden [28].

Sägedächer (Sheddächer), Satteldächer mit ungleich geneigten Dachflächen. Sie werden gewöhnlich serienweise hintereinander angeordnet zur Ueberdeckung ebenerdiger Räume. Die vordere steilere Seite wird ganz oder teilweise verglast und gewährt die Möglichkeit einer bedeutenden Lichtzufuhr aus der als vorteilhaftest erachteten Himmelsrichtung. Ihrer Steilheit wegen bleibt der Schnee auf den Dachflächen nicht liegen, er sammelt sich in den durch diese gebildeten Rinnen. — Für die Aufnahme des Winddruckes, der oft die Umfangsmauern unangenehm belastet, macht Landsberg einen Vorschlag in der Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure, Bd. 31. — Diese Dächer werden mit großer Vorliebe zur Eindeckung ausgedehnterer, niedriger Fabrikgebäude verwendet. Ihre Konstruktion ist sehr einfach und bietet keine wesentlichen Eigentümlichkeiten. Literaturnachweise s. Dachstuhl.

Tonnendächer, Föpplsche, fachwerkartige Eisenkonstruktionen in der Form der Tonnengewölbe; vgl. [22] und Dachstuhl.

Turmdächer, die in neuerer Zeit oft aus Eisen hergestellt werden, sind steile Zeltdächer über meist vier- oder sechseckigem Grundriß. Eisenkonstruktionen kommen wenig höher zu stehen als Ausführungen in Holz, gewähren erwünschte Feuersicherheit (namentlich im Hinblick auf Blitzschläge) bei größerer Festigkeit und sind leichter, d. h. mit geringerem Aufwand an Rüstungen aufzustellen. Im allgemeinen berechnen sie sich natürlich wie Zeltdächer bezw. Kuppeln; ihre Sonderverhältnisse finden sich ausführlich behandelt in [29]. Von den äußeren Kräften kommt namentlich der Wind in Betracht, der wegen der Höhe der Objekte nicht nur die Hauptspannungen in denselben erzeugt, sondern auch eine sorgfältige Untersuchung der Standsicherheit und meist Verankerung aufs Turmgemäuer verlangt. Da dieses selbst schon gewöhnlich hoch und daher gegen Horizontalschübe empfindlich ist, so wird man wenigstens keine Sprengwirkung der Konstruktion dulden, deren Schub sich noch zu den ohnehin unvermeidlichen des Windes hinzufügen würde. Man wird gegenteils die Binderfüße immer durch einen Fußring miteinander verbinden und nur den für den Temperaturwechsel nötigen Spielraum lassen, der

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

bei der Steilheit der Binder ohnehin nur für Dächer mit größerer Grundfläche wesentlich wird. Der Schnee ist von keinem Einfluß auf die Spannung, da er nicht liegen bleibt; das Eigengewicht hat geringen Einfluß. Ausführungen findet man beschrieben in [1], [29], [30] und ähnlichen Werken.

Wellblechdächer im engeren Sinne kann man solche nennen, bei welchen das Wellblech nicht nur die von einer Tragkonstruktion unterstützte Dachhaut bildet, sondern zugleich auch Tragkonstruktion selbst ist. Von der Tragfähigkeit des Wellbleches macht man zwar immer Gebrauch, indem man die Pfetten in entsprechend große Entfernung verlegt; kleinere, ganze und halbe Satteldächer kann man aber mit Hilfe starker Wellblechtafeln ohne Zwischenpfetten, also nur mit Auflagerung derselben auf First und Fuß, abdecken. Namentlich aber kann man die Wellblechtafeln biegen und aus derartigen (bombierten) Tafeln Tonnendächer zusammensetzen, bei welchen das Wellblech ebenfalls Abdeckung und Tragkonstruktion zugleich bildet. Die einzelnen Tafeln greifen in der Längsrichtung 15—18 cm übereinander und werden hier durch 2—5 Nietreihen miteinander verbunden; sie bilden dann zusammen einen nach einem Kreise geformten Bogen, dessen Berechnung nach den gewöhnlichen Regeln zu geschehen hat. Meist werden die Enden durch Zugstangen zusammengehalten, die ihrerseits durch einige Hängestangen am Durchbiegen verhindert werden (Bogen mit Zugstange). In der Achsrichtung des Gewölbes überdecken sich die Tafeln um eine halbe Wellenlänge und werden in Entfernungen von 30—40 cm vernietet. Dadurch ist auch die Steifigkeit nach dieser Richtung hin gesichert und Windverbände in der Dachfläche entfallen. Auf diese Weise können Wellblechbogendächer aus den stärkeren Profilen über ziemlich bedeutende Spannweiten hin (20 m) erstellt werden, die sehr billig zu stehen kommen, aber trotzdem natürlich auf das Anwendungsgebiet des Wellbleches überhaupt beschränkt bleiben, also namentlich Schuppen, Lagerhallen, Bahnhofshallen u. dergl. Vgl. a. Dachstuhl.

Zeltdächer, auch Pyramiden- und Kegeldächer genannt, je nach ihrer äußeren Form, gehen aus den Kuppeldächern hervor, sobald die Bindersparren geradlinig sind. Das unter Kuppeldächer Gesagte gilt daher größtenteils auch hier. Sehr steile Zeltdächer sind die Turmdächer. Von den unter Kuppeldach erwähnten Bauarten kommen für Zeltdächer namentlich die unter a) und c) beschriebenen in Betracht, Kernkonstruktionen und Netzwerkkonstruktionen. Denkt man sich in Fig. 17, S. 497, die obere Bindergurtung geradlinig, so stellt sie die ältere Konstruktionsweise eines Zeltdaches dar, während die Grundrisse Fig. 22 a und 25 auf S. 499 ebensogut einem Netzwerkzeltdach wie einer Netzwerkkuppel angehören können. Die Berechnung ist ganz die gleiche mit denjenigen Vereinfachungen, die der Ersatz der gebogenen Sparrenform durch die gerade bedingt. Die Ausführungen auf S. 500 und 501 bleiben für die älteren Formen gültig, diejenigen auf S. 503 für die neueren. Als bemerkenswert für diese letzteren ist hervorzuheben, daß, wie leicht aus den Kräfteplänen der Fig. 32 und 32 a hervorgeht, mit Ausnahme des Fußringes alle andern, Zwischenringe so gut wie Scheitelring, gedrückt sind, während bei Kuppeln die Zwischenringe bekanntlich, je nach der Wölbung der Sparren, gezogen oder gedrückt sein können. — Konstruktion und Abdeckung der Zeltdächer vereinfacht sich natürlich ebenfalls etwas gegenüber den Kuppeldächern, namentlich die Abdeckung. Bleiben die wagerechten Querschnitte des Daches polygonal, so setzt sich die Dachfläche aus ebenen Trapezen zusammen. Vgl. a. [31].

Literatur: [1] Breymann, Allgem. Baukonstruktionslehre, 3. Teil, 5. Aufl., Leipzig 1890. — [2] Die Bauwerke der Berliner Stadteisenbahn, Sonderabdruck aus der Zeitschr. für Bauwesen, Berlin 1886. — [3] Die Hauptbahnhofsanlagen in Frankfurt a. M. von H. Wegele u. H. Eggert, Sonderabdruck aus der Zeitschr. für Bauwesen, Berlin 1892. — [4] Balbard, V., Monographie des Halles centrales de Paris (Auszug in E. Brandt, Lehrbuch der Eisenkonstruktionen, Berlin). — [5] Railroad Gazette, Juni 1893. — [6] Schweizerische Bauzeitung vom 13. April und 14. September 1889 (gibt Einzelheiten der Konstruktion und Aufstellung). — [7] Zentralbl. d. Bauverwalt. 1893, Nr. 18 u. 19. — [8] Gottgetreu, R., Lehrbuch der Hochbaukonstruktionen, 3. Teil, Berlin 1885. — [9] Ritter, Anwendungen der graphischen Statik, 2. Teil. — [10] Brick, Zeitschr. des österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1882. — [11] Müller-Breslau, Graphische Statik der Baukonstruktionen, 2. Teil, Leipzig 1892. — [12] Mantel, G., Schweizerische Bauzeitung 1888, Nr. 16, 17, 25, 26. — [13] Köchlin, Applications de statique graphique, Paris. — [14] Schweizerische Bauzeitung 1895, Bd. 26, S. 1—3. — [15] Zentralblatt der Bauverwaltung 1893, Nr. 51. — [16] Handbuch der Ingenieurwissenschaften, Bd. 4, 2. Abt., Leipzig. — [17] Keck, W., Vorträge über Elastizitätslehre, Hannover 1893. — [18] Förster, M., Die Eisenkonstruktionen der Ingenieurhochbauten, 2. Aufl., Leipzig 1903. — [19] Scharowsky, Musterbuch für Eisenkonstruktionen, 1. Teil, Leipzig und Berlin 1888. — [20] Schwedler, Konstruktion der Kuppeldächer, 2. Aufl., Berlin 1877. — [21] Hacker, Zeitschr. für Bauwesen 1888; Zeitschr. des hannov. Ingen.- u. Arch.-Ver. 1888. — [22] Föppl, Das Fachwerk im Raume, Leipzig 1892. — [23] Ritter, W., Anwendungen der graph. Statik, 2. Teil, Zürich 1890. — [24] Handbuch der Architektur, 3. Abt., 2. Abschn., E.: Dachstuhlkonstruktionen, Darmstadt. — [25] Zentralblatt der Bauverwaltung 1893. — [26] Gottgetreu, Lehrbuch der Hochbaukonstruktionen, 1. Teil, 1885. — [27] Zentralblatt der Bauverwaltung 1891 und 1892. Aus [25]—[27], erschienen im Verlage für Architektur von W. Ernst & Sohn, Berlin, sind die Fig. 18 und 21—25 in verkleinertem Maßstab entnommen. — [28] Zimmermann, Ueber Raumfachwerke, Berlin 1901. Vgl. a. die Literatur bei Dachstuhl. — [29] Handbuch der Architektur, Darmstadt, 3. Abt., 2. Abschnitt, E.: Dachstuhlkonstruktionen, 28. Kap. — [30] Gottgetreu, Lehrbuch der Hochbaukonstruktionen, 3. Teil, Berlin 1889. — [31] Handbuch der Architektur, 1. Teil, Bd. 1, 2. Heft, Stuttgart 1898. Vgl. a. die Literatur bei Dachstuhl.

G. Mantel.

Dach, in der Geologie, s. Erzlagerstätten.

Dach, im Tunnelbau, s. First.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

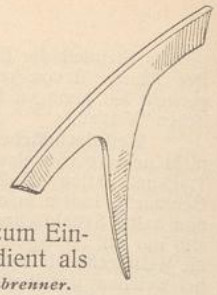
Dachabfall, f. v. w. Dachneigung (f. d.).

Dachausmittlung, f. Dachzerlegung.

Dachbalkenlage, f. Balkenlage.

Dachbinder, f. Dachſtuhl.

Dachboden, f. Dachgeſchoß und Dachöhre.



Dachbrücke, im Bauweſen, Werkzeug des Schieferdeckers, oben mit quergeſtellter, gekrümmter und geſtählter Klinge, ca. 25 cm lang, mit einer oder zwei Spitzen als Fuß zum Einſchlagen in das Holzwerk des Daches (ſ. die Figur). Es dient als Amboß beim Zurichten der Schiefer. *Weinbrenner.*

Dachbund (Dachbinder), ſ. Dachſtuhl.

Dachdeckerhammer, auch Dachhammer, ein Hammer, deſſen eine Seite zugeſpitzt mit ſcharfer Schneide zum Behauen des Schiefers, deſſen andre mit glatter Bahn zum Einſchlagen der Nägel dient (ſ. die Figur). Der Schindeldecker bedient ſich eines ähnlichen Hammers, bei dem die Spitze geteilt iſt, zum Ausziehen ſchiefgeſchlagener Nägel. *Weinbrenner.*

Dachdeckung, der oberſte Abſchluß eines jeden Gebäudes, das hierdurch vor ſchädlichen Einflüſſen bewahrt werden ſoll. Die Deckung ſoll 1. undurchläſſig für Regen und Schnee, Wind und Sturm, 2. froſtbeſtändig ſein, 3. Kälte und Hitze abhalten, 4. nicht zu ſchwer im Gewicht, 5. leicht auszubeſſern, ſodann 6., wenn tunlich, feuerſicher ſein. Zur Erfüllung dieſer Bedingungen dienen die verſchiedenſten Bauſtoffe, die je nach den Geldmitteln und den Anforderungen an Schönheit und Dauerhaftigkeit zu wählen ſind.

Der Bedingung von Feuerſicherheit, die für alle monumentalen Bauten von höchſter Wichtigkeit iſt, entſprechen:

I. Die harten Dachdeckungen. Hierunter verſteht man alle Dachungen aus natürlichen und künſtlichen Steinen ſowie aus Metallen. In konſtruktiver Hinſicht zerfällt dieſe Gruppe in zwei Hauptklaſſen:

A. Schuppenförmige Deckung, aus kleinen, flachen, ſich überdeckenden Stücken von geringem Gewichte beſtehend, mit ſteiler bis flacher Dachneigung. Hierzu rechnen: 1. die Ziegeldächer von verſchiedener Ausbildung und Anordnung. Allen gemeinſam iſt deren Eindeckung in wagerechten Reihen oder Scharen (ſ. d.) auf Lattung (ſ. d.) ſowie eine Abdeckung der Firſten und Grate (Firſteindeckung) mit Hohlziegeln (ſ. d.). Je nach den landesüblichen Formen der Dachziegel (ſ. d.) iſt zu unterſcheiden: a) das Dachplatten- oder Biberſchwanzdach (ſ. Biberſchwänze), b) das Pfannendach (ſ. d.), c) das Hohlziegeldach (ſ. d.), d) das italieniſche Dach (ſ. d.), e) das Falzziegeldach (ſ. d.). — 2. Zementdächer in Nachbildung von 1. (ſ. d.). — 3. Schieferdächer, gebildet aus den dünnen, glatten und leichten Schieferplatten von verſchiedener Form und Größe ſowie Dachneigung. Je nach den Arten der Schiefer unterſcheiden wir: a) das rheiniſche oder deutſche Dach mit ſchräg anſteigenden Bahnen auf Schalung, b) das engliſche Dach, und c) das franzöſiſche Dach mit wagerechter Eindeckung auf Lattung (ſ. Schieferdach, vgl. Dachſchiefer).

B. Plattenförmige Deckung mit wenigen Fugen und Stößen in flacher Neigung. Hierzu rechnen: 1. das Steindach aus Platten, von natürlichen Steinen gebildet, die monumentalſte, aber auch ſchwerſte Deckung (ſ. Steindach); 2. Metalldächer, meiſt aus großen Blechtafeln auf Holzſchalung in mannigfacher Weiſe ausgeführt. Nach den zur Verwendung kommenden Metallen unterſcheiden wir: a) das Zinkdach (ſ. d.), b) Eiſen- bezw. Wellblechdach (ſ. d.), c) Kupferdach (ſ. d.), d) Bleidach (ſ. d.).

II. Eſtrichdächer mit kontinuierlicher Fläche von ganz flacher Neigung, gut begehbar. Sie beſtehen aus einer undurchläſſigen Schicht, gebildet aus einer harzigen oder bituminöſen Maſſe, aufgebracht auf einer Unterlage von Stein oder Holz und vor den Einflüſſen der Sonne, Hitze und Kälte und vor Feuersgefahr durch eine Schutzlage bewahrt. Das Dachgerüſt iſt, der Belaſtung entſprechend, ſehr kräftig zu halten, und um das Erſticken des Holzwerks unter der Eſtrichlage zu verhüten, für Luftzutritt zu ſorgen. Hierzu rechnen: 1. das Dornſche Lehmdach, 2. das Holzzementdach (ſ. d.), 3. das Aſphaltdach, und 4. das Raſendach (ſ. d.).

Für nichtmonumentale Gebäude, ſolche von vorübergehendem Beſtande, beſonders für einfache und ländliche Bauten, dienen:

III. Weiche Dachdeckungen, aus Stoffen, deren geringe Dauer und Feuergefährlichkeit ſie von der Anwendung bedeutender Gebäude ausſchließen, deren ſonſtige Vorzüge aber, wie größte Wohlfeilheit der Beſchaffung ſowie Herſtellung, Schutz gegen Froſt und Hitze ſie für obengenannte Zwecke beſonders geeignet machen. Hierzu ſind zu rechnen: 1. das Teerpappdach (ſ. d.), 2. das Holz- oder Bretterdach (ſ. d.), 3. das Schindeldach (ſ. d. und Dachſchindeln), 4. das Stroh- und Rohrdach mit dem Lehmſchindeldach (ſ. Strohdach).

Literatur: Handbuch der Architektur, 3. Teil, 2. Bd., 5. Heft, wo auf S. 2 andre Werke verzeichnet ſind. *Weinbrenner.*

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Dachfahne, f. Wetterfahne.

Dachfenſter (Bodenfenſter), ſüddeutſch Dachgaube, eine Oeffnung in der Dachfläche zur Erhellung und Lüftung des Dachraumes. Je nach den Zwecken und der Bauart des Gebäudes, nach dem Deckmaterial und der Dachneigung iſt deren äußere Geſtaltung eine ſehr verſchiedene.

Die reichſte Ausbildung zeigen die ſogenannten Lucarnen [1] der altfranzöſiſchen Manſardendächer, deren Lichtöffnungen teils viereckig, teils rund oder oval ſind, das ſogenannte Oeil de boeuf, mit reichgegliederter Stirnumrahmung. Gute Vorbilder, ſogenannte **Dacherker,** zeigen die alten Bauten Nürnbergs, ebenſo die ſchiefergedeckten rheiniſchen Bauwerke mit ihren ſpitzen Dachnaſen. In neueſter Zeit werden die Umrahmungen der Dachfenſter meiſt in Holz mit Zinkblechverkleidung ausgeführt, weil dieſe leicht, von gefälligem Aeußern und guter Dauer ſind.

Jede Unterbrechung der Dachfläche bildet den Keim für ſpätere Mängel; es ſind deshalb die Dachfenſter ſo viel wie möglich zu beſchränken oder zu vermeiden. Dies wird erreicht: 1. bei den Dächern mit Knieſtöcken durch Anordnung von Oeffnungen in den letzteren; 2. bei Ziegeldächern durch Einlegen von Glasziegeln, Lichtziegeln aus Gußglas in Form des Deckmaterials; 3. durch ſogenannte Kaffenſter, halbkreisförmig aufgebogene Formziegel (mit oder ohne Verſchluß); 4. durch liegende Dachfenſter, auch Dachklappen, aus Gußeiſen oder Blech hergeſtellt in der Größe von 50/70 cm Lichtweite und ca. 10 cm hohem Rand. Durch eine Aufſtellvorrichtung mit Drehung an der oberen Schmalſeite wird eine Lüftung und Ausſteigen ermöglicht.

Literatur: [1] Ueber Lucarnen H. A. Raquenet, Matériaux d'architecture, Paris. — [2] Lienard, Specimens de la décoration au 19 siècle, Liège. — [3] Viollet-le-Duc, Dictionn. d'architecture, 6. Bd., S. 185—196. — [4] Handb. d. Architektur, 3. Teil, 2. Bd., 5. Heft, S. 358 ff. *Weinbrenner.*

Dachfirſt (Firſt, Forſt), die oberſte Kante, in der zwei Dachflächen zuſammentreffen; ſie iſt bei regelmäßigem Grundriſſe, alſo parallel laufenden Traufen, wagerecht, dagegen bei divergierenden Trauflinien anſteigend (ſ. Dachzerlegung). *Weinbrenner.*

Dachflötz, f. Schicht.

Dachfuß, f. v. w. Traufkante.

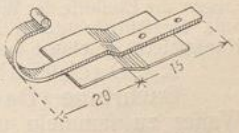
Dachgebinde, f. Dachſtuhl.

Dachgeſchoß (Dachboden, Dachraum), der Raum unter dem Dache eines Gebäudes zwiſchen dem Dach- und Kehlgebälk gelegen.

Er dient teils zu Wohnzwecken (Dachwohnung), teils als Beigabe zu den Wohnungen der unteren Stockwerke; als Aufbewahrungsraum (Bodenkammer, ſüddeutſch Speicherkammer). Bei flacher Dachneigung iſt ein nutzbarer Dachraum nur durch hohe Knieſtockwände zu erreichen. Am günſtigſten ſind die Manſardendächer, bei denen durch eine vorgeſtellte Blindwand die Dachſchräge verdeckt wird und ſo rings ſenkrechte Wände entſtehen. Für ſolche Dachräume zu Wohnzwecken beſtehen geſundheitspolizeiliche Vorſchriften, die ein Mindeſtmaß der lichten Höhe von 2,5—3,0 m feſtſetzen. *Weinbrenner.*

Dachgeſpärre, Geſamtheit der Sparren einer Dachfläche oder eines Dachſtuhls.

Dachhaken (Dachknappen), in 2,20—2,30 m Entfernung voneinander in Dachſparren eingeſchlagene gekrümmte eiſerne Haken zum Anhängen von Leitern bei Ausführung von Reparaturen (ſ. die Figur). *Weinbrenner.*



Dachhammer, f. Dachdeckerhammer.

Dachhaube, f. Dach.

Dachholz, das zur Dachkonſtruktion geeignete Bauholz, unter Ausſchluß des ſtärkeren Balkenholzes.

Dachkammer (Bodenkammer), in der Regel kleiner, abgeſchloſſener Raum im Dachgeſchoß (ſ. d.).

Dachkehle, norddeutſch Einkehle, die ſchräg anſteigende Rinne, die bei Zuſammentreffen zweier Dachflächen entſteht.

Deren Eindeckung hat mit beſonderer Sorgfalt zu geſchehen. Bei Schieferdächern dienen hierzu eigens geformte ſchmale Kehl- oder Waſſerſteine (ſ. Schieferdach). Solche Schieferkehlen kamen auch bei Ziegeldächern zur Anwendung; heute meiſt Kehlbleche (ſ. d.) mit gefalzten Rändern. *Weinbrenner.*

Dachkonſtruktionen, ſ. Dach, Dachſtuhl.

Dachlack, von weißer, ſchwarzer oder roter Farbe, zum Konſervieren von Pappe- und Eiſenblechdächern beſtimmt, entweder aus mit Teerölen verdünntem Teer oder aus Miſchungen von Kolophonium, Teeröl, Harzöl und einem Farbkörper (meiſtens Engelrot) beſtehend, trocknen zwar raſch, erhärten aber ſehr langſam. *Andés.*

Dachleitern, ſ. Feuerſchutz und Feuerrettungsweſen.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Dachnasen, s. Dachfenster.

Dachneigung, das Gefälle des Daches in Richtung der Senkrechten auf die Schnittlinie der Dachfläche mit einer Horizontalebene, ausgedrückt durch den Neigungswinkel oder durch das Verhältnis der Höhe zur Weite.

Sie ist abhängig von dem Deckmaterial und dessen Dichtigkeit sowie von dem Baustile des Gebäudes. In ästhetischer Hinsicht beachte man, daß flache Dächer leicht und gefällig erscheinen, hohe und steile Dächer dagegen schwer. Bezüglich der Konstruktion aber haben flache Dächer vermehrten Druck und starken Seitenschub, verlangen daher starke Querschnitte, während steile Dächer bei sehr geringem Seitenschub geringe Stärken ermöglichen. *Weinbrenner.*

Dachöhre, s. v. w. Dachboden, ein Dachraum, der zur Aufspeicherung von Vorräten, Getreide u. s. w. benutzt wird.

Dachpappe, auch Teer- und Steinpappe genannt, ist eine namentlich als Dachdeckmaterial, aber auch sonst zu verschiedenen Zwecken verwendete, mit Teer getränkte oder aus mit Teer gemischtem Papierstoff hergestellte, an der Oberfläche mit Sand bestreute Pappegattung; s. Pappesorten. *Maxim. Kraft.*

Dachpfanne, s. Dachziegel.

Dachpfette, s. Dachstuhl.

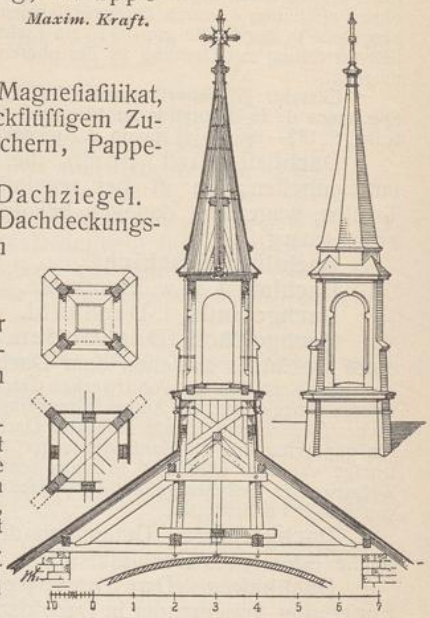
Dachpix, Mischung von Teer mit Magnesiasilikat, Metalloxyden und fetten Oelen; wird in dickflüssigem Zustande zur Herstellung von Holzzementdächern, Pappedächern u. s. w. verwendet.

Dachplatte, s. Biberschwänze und Dachziegel.

Dachplatten, künstliche ziegelähnliche Dachdeckungsmaterialien, die aus Zement und andern Mörtelstoffen hergestellt werden.

Dachraum, s. Dachgeschoß.

Dachreiter (Aufreiter), 1. ein über den Dachfirst aufsteigendes Türmchen zur Aufnahme einer Glocke oder Uhr an öffentlichen oder Fabrikgebäuden.



Er ruht meist auf dem Kehlgebälk mittels Sprengwerks auf. Als geeignet ist zu empfehlen, seine Last tunlichst von dem Gebälke abzuleiten und auf die Mauern zu übertragen (s. die Figur), überhaupt dem Aufbau eine möglichst breite Unterlage zu geben, so bei Vierungstürmchen, besonders wenn deren Last durch Glocken und deren Läuten vergrößert wird. Gegen die Einflüsse der Witterung muß der Dachreiter aufs sorgfältigste durch Metalldeckung (am besten Kupferblech) geschützt werden.

2. s. Dachstuhl. *Weinbrenner.*

Dachrinne (Dachkanal) hat den Zweck, das von dem Dach ablaufende Wasser zu sammeln und einem gemeinsamen Auslauf, sei es Ablaufrohr oder Wasserspeier (s. d.) zuzuführen, ohne daß das Gebäude und dessen Umgebung durch Traufwasser zu leiden hat.

Die ältesten Dachrinnen waren wohl aus Holz erstellt. An den griechischen und römischen Tempelbauten waren sie aus den Traufziegeln gebildet [1] oder aus den Steinen des Traufgesimses ausgearbeitet [2]. Ebenso sehen wir an den mittelalterlichen Bauten die Dachrinnen in

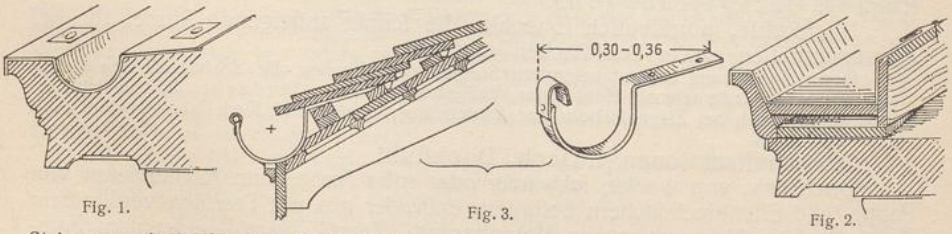


Fig. 1. Fig. 3. Fig. 2.

Stein ausgearbeitet [3]. Doch ist in unserm nordischen Klima diese Art der Rinnenbildung unzweckmäßig, weil eine vollkommene Dichthaltung der Stoßfugen auf die Dauer nicht zu bewirken ist. Eine solche kann nur erreicht werden durch eine Ausfütterung der Rinne mit starkem Metall-, z. B. Bleiblech (Fig. 1). Doch bietet auch diese durch die Ausdehnung des Metalls bei Temperatur-

wechfel noch Schwierigkeiten in der Befeftigung auf dem Steine. Beffer ift daher die Erftellung von freitragenden Rinnen aus verzinktem Eifenblech, Weißblech, Zink- oder Kupferblech, wovon jetzt am meiften das Zinkblech in den Nummern 13—15 Verwendung findet.

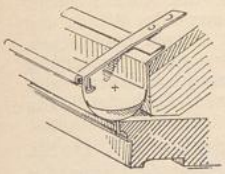


Fig. 4.

Die Größe der Dachrinnen ift fo zu bemeffen, daß felbft beim ftärkften Regen die Aufnahme und Ableitung des Waffers noch ficher bewirkt wird. Man rechnet auf 1 qm Dachfläche 0,8—1,0 qcm Rinnenquerfchnitt, wobei jedoch noch Dachneigung und klimatifche Verhältniffe zu berückfichtigen find. So verlangen die flachen und auffaugenden Holzzementdächer ca. 10 % weniger Querfchnitt. Hieraus ergibt fich eine Weite von 15—25 cm bei einer Höhe von mindeftens 7 cm an der Vorderkante.

Fig. 5.

Die Form der Dachrinne richtet fich nach der Gefimsanordnung. Die einfachfte, wohlfeilfte und auch widerftandsfähigfte ift die Halbkreisform, wobei zu beachten ift, daß der Vorderrand, der zur Verftärkung einen Rundftab angebogen erhält, niedriger gehalten fein muß als der Rand an der Dachfeite, damit bei etwaigem Verftopfen des Ablaufs ein Ueberfließen nicht nach dem Gebäude, fondern nach der Vorderfeite hin gefchieht. — In Fällen, wo ein Begehen der Rinne möglich fein foll, fo z. B. bei hohen Gebäuden zu Zwecken der Befichtigung und der Ausbefferung, ift der Boden der Rinne flach zu halten, und wird eine Kaftenrinne (Fig. 2) aus Föhrenholz erftellt, die innen mit Blech bekleidet wird.

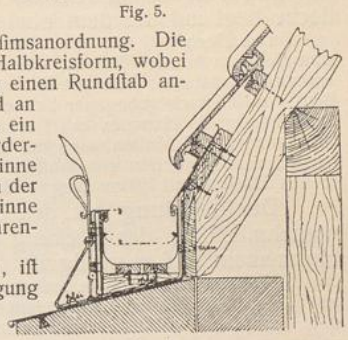


Fig. 6.

Um ein rafches Abführen des Waffers zu bewirken, ift die Rinne ins Gefäll zu legen. Hierzu genügt eine Neigung von 1 : 100 bis 1 : 125. Bei den Holz- oder Sparrengefimfen (Fig. 3) ift dies leicht zu erftellen durch geringe Erhebung der Sparrenenden, während es bei Steingefimfen, die genau bleirecht liegen follen, durch innere Zungen, die einzulöten find (Fig. 2 und 4) erzielt wird.

Die Rinne findet ihre Befeftigung unter der Traufe durch Heftbleche (f. d.), die eine Bewegung zulaffen; fodann durch rund abgebogene Kanaleifen, die in Entfernungen von etwa 80 cm an den Sparrenenden oder fonftwie angefchraubt oder feftgenagelt werden. Bei durchgehender Unterftützung der Rinne durch Traufbrett oder Steingefims können auch innere Spangen (Fig. 4) genügen. Die folgenden Fig. 5—8 find den Normalbeftimmungen des Kgl. preußifchen Miniferiums der öffentlichen Arbeiten vom 31. März 1887 [4] entnommen und zeigen Beifpiele für hohe und fteile Dächer an Monumentalbauten, während Fig. 9 den Normalquerfchnitt für Holzzementdächer darftellt. Doch haben diefe Normalkonftruktionen in technifchen Kreifen mehrfachen Widerfpruch gefunden [5] und [6]. Im allgemeinen ift noch darauf hinzuweifen, daß ftarker Temperaturwechfel, Winddruck und Schneerutfchungen an den Rinnen Befchädigungen veranlaffen können, fowie daß Beaufiichtigung und Ausbefferung derfelben meift fchwierig find, und es deshalb von Wichtigkeit ift, deren Herftellung nur den zuverläffigften Arbeitern anzuvertrauen.

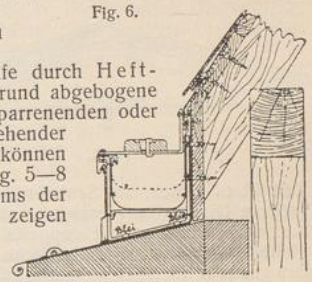


Fig. 7.

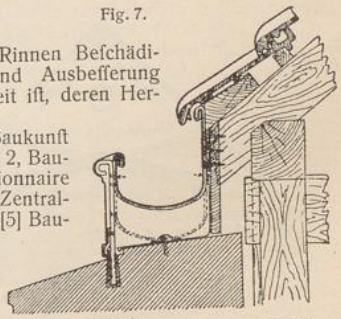


Fig. 8.

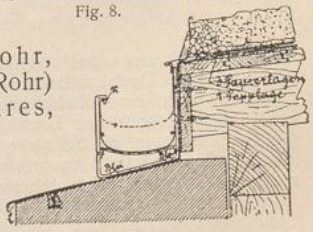


Fig. 9.

Literatur: [1] Handbuch der Architektur, II. Teil, Bd. 1: Baukunft der Griechen, von Durm, S. 96 u. 106. — [2] Dasf., II. Teil, Bd. 2, Baukunft der Römer, von J. Durm, S. 203 ff. — [3] Viollet-le-Duc, Dictionnaire raisonné de l'architecture de France, Bd. 3, S. 217—226. — [4] Zentralblatt der Bauverwaltung, 7. Jahrg. 1887, Nr. 22 a, S. 217 ff. — [5] Baukunde des Architekten, Berlin 1893, Bd. 1, 1. Teil, S. 533 ff. — [6] Kalender für deutfche Blechinduftrie, 1888. — Außerdem folgende Werke: Breymann, Baukonftruktionslehre, Bd. 3, Leipzig 1890; Gottgetreu, Lehrb. d. Hochbaukonftruktionen, Bd. 3, Berlin 1886; Hochbaulexikon von G. Schönemark und W. Stüber, Berlin 1902, S. 318 ff.

Weinbrenner.

Dachrohr (Deckenrohr, einheimifches Rohr, zum Unterfchied vom fpanifchen und italienifchen Rohr) ift der Stengel (Halm) des Schilf- oder Teichrohres, Phragmites communis *Trin.* (Fam. Gramineae).

Der Halm wird bis 4 m hoch, zerfällt durch Knoten in mehrere (hohle) Glieder (Internodien) und trägt bis zur Rifpe die an den Knoten entfpringenden Blätter, deren lange Scheiden die Glieder von den Knoten aufwärts umhüllen. Die Feftigkeit des Halmes rührt von dem unter der Epidermis

liegenden mechaniſchen Gewebe, einem Sklerenchymzylinder, her. Sobald die Halme genügend dürr geworden, bei uns gewöhnlich im Winter, werden ſie geſchnitten und in Gebinde von 75—80 cm Umfang gebracht. Auf 1 ha Teich- oder Seeufer ſchätzt man 120—300 Gebinde. Beſonders lange und tadelloſe (nicht gebrochene und geſpaltene) Halme werden als Dachrohr (25—35%), die übrigen als Mauerrohr (50—60%) gebunden; die Abfälle dienen als Streu. Die häufigſte und wichtigſte Verwendung iſt die zum „Berohren" der Wände und Zimmerdecken (Plafonds), die mit Bewurf zu verſehen ſind; ferner dient es zum Dachdecken, zu Matten für Frühbeetfenſter, zu grobem Flechtwerk, zu Mundſtücken für gewiſſe muſikaliſche Inſtrumente, zu Weberſpulen, Feder- und Pinſelſtielen; junge Schößlinge als Pferdefutter. Auch eine an Hanf erinnernde Faſer (zur Papierfabrikation) wird daraus gewonnen. Es findet ſich in ſtehenden und langſam fließenden Gewäſſern auf der ganzen Erde vor. *T. F. Hanauſek.*

Dachſattel, 1. Sattelform des Daches; 2. ſ. v. w. Firſteindeckung; ſ. Dach.

Dachsbeil, auch Dächſel, Texel, Haue genannt, unterſcheidet ſich von der Axt und dem Beil durch das quer zum Stiel ſtehende Blatt. Die Zuſchärfungsfläche liegt auf der dem Stiel zugekehrten Seite.

Das Dachsbeil mit etwa 6 cm langer Schneide und 30 cm langem Stiel dient beſonders zum Behauen hohler Flächen, wie Faßdauben, Radfelgen u. a. Man unterſcheidet gerade und krumme Dachsbeile: jene mit flachem Blatt und gerader Schneide, dieſe mit ſtark gekrümmtem Blatt und ſchwach gebogener Schneide. Die Haube iſt auf der der Schneide entgegengeſetzten Seite häufig als Hammer mit flacher viereckiger Bahn ausgebildet. Die Böttcher haben die Krummhaue und Mollenhaue, die Wagner den Felgendächſel, die Zimmerleute den Gerinnedächſel zum Herſtellen von Waſſerrinnen. Zur Bearbeitung von Holz, das an der Erde liegt, dienen Dächſel mit 80 cm langem Stiel. *Dalchow.*

Dachſchalung hat den Zweck, die Dacheindeckung aufzunehmen, was vornehmlich bei der Deckung mit deutſchem Schiefer, Metallblech, Dachpappe, Holzzement u. ſ. w. nötig iſt.

Man unterſcheidet die äußere und die innere Schalung. Die äußere Schalung beſteht aus 2,5—3,0 cm ſtarken, am beſten 14—18 cm breiten Brettern, die einfach nur gefugt ſind, d. h. ſtumpf und nicht zu dicht aneinander ſtoßen wegen Ausdehnung und Werfen der Bretter. Die Schalbretter liegen bei den gewöhnlichen Dächern auf den Dachſparren auf und laufen parallel mit dem Dachſaum. Bei den Dächern mit liegenden Sparren liegen ſie auf dieſen, und zwar ſo, daß die Fugen vom Firſt zum Dachſaum laufen. In neuerer Zeit iſt es üblich, bei Schieferdächern eine Zwiſchenlage aus Dachpappe anzuordnen, wodurch größere Dichthaltung erzielt wird. In Frankreich werden für Metalldächer zur Schalung nur ausgelaugte Hölzer und doppelte Schalung verwendet und zudem als Zwiſchenlage ein geöltes glattes Papier, um die ſchädliche Einwirkung der Holzſäfte auf das Metall zu verhindern. Die innere Dachſchalung kann entweder aus Gründen der Zweckmäßigkeit — um z. B. den Dachraum warm zu halten u. ſ. w. — oder als Dekoration angewendet werden. Dem erſten Zweck, dem der Zweckmäßigkeit, dient bei den Sheddächern die Innenſchalung, um den Wärmeausgleich zwiſchen Außen- und Innenluft und die damit verbundene Verdichtung des Waſſerdunſtes mit ihren ſchädlichen Folgen zu verhindern. Dem zweiten Zweck, dem der Schönheit, dient die innere Dachſchalung bei gewiſſen Kirchendächern (beſonders bei den Baſiliken). Man kann da zwei Hauptformen unterſcheiden. Bei der einen Art ſchließt ſich die Schalung unmittelbar an das Dachgeſpärre an, läßt aber die Dachkonſtruktion frei. Hier kommt manchmal zwiſchen Außen- und Innenſchalung noch eine Zwiſchenſchalung vor (Fig. 1 und 1a). Bei der zweiten Art iſt die Schalung unterhalb der Dachkonſtruktion und nur mittelbar mit ihr im Zuſammenhang. In dieſem Falle kann die Schalung — bezw. die Decke — horizontal, ſchief oder auch gekrümmt (als Gewölbe-Imitation) ausgeführt ſein (Fig. 2 und 2a). In beiden Fällen kann die Innenſchalung mehr oder weniger reich dekoriert ſein; beſonders häufig wird die Kaſſettierung angewendet.

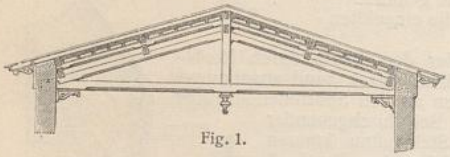


Fig. 1.

Fig. 1a.

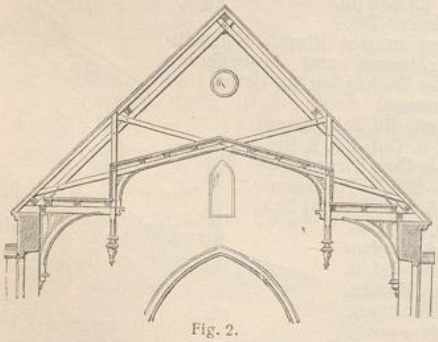


Fig. 2.

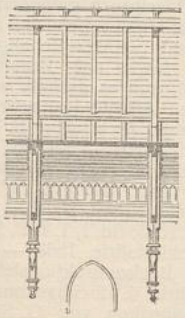


Fig. 2a.

Literatur: Gottgetreu, Lehrbuch der Hochbaukonſtruktionen, Teil 2, Holzkonſtruktionen, Berlin 1882, S. 252—259; Semper, G., Der Stil in den techniſchen und tektoniſchen Künſten, Bd. 2, § 154 ff., Frankfurt 1860. *Weinbrenner.*

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Dachſchiefer, in dünne und große, ebene, feſte und harte Platten ſpaltbare Tonſchiefer von ſehr einheitlicher und feiner Beſchaffenheit in bezug auf Korngröße der Gemengteile. Für den Tafelſchiefer iſt noch beſonders eine dunkle, womöglich ſchwarze Färbung erwünſcht.

In der Hauptſache iſt der Dachſchiefer als ein erhärteter und teilweiſe umkriſtalliſierter Ton aufzufaſſen, wie er vom wenig bewegten Waſſer als feinſter Schlamm abgeſetzt wird. Ein glimmerartiges Mineral nimmt an der Zuſammenſetzung des Tonſchiefers den größten Anteil und iſt teils in dem urſprünglichen Ton ſchon vorhanden geweſen, teils iſt es Neubildung. Dasſelbe gilt für den beigemengten Quarz. Im erſten Fall erſcheint der Quarz als feinſtes Sandkorn, im zweiten füllt er in winzigſter Form in unregelmäßiger Weiſe Zwiſchenräume zwiſchen andern Gemengteilen aus. Das glimmerartige Mineral, der vorherrſchendſte Gemengteil, tritt ſtets als feinſtes, meiſt farbloſes winziges Schüppchen auf und iſt in den meiſten Fällen Muskovit. In andern Fällen iſt die Natur des äußerſt feinſchuppigen Gemengteils nicht ſicher erkannt; er ſcheint ein waſſerhaltiges Tonerdeſilikat zu ſein. Er liegt entweder parallel mit den Schichtflächen oder auch parallel mit der Schieferung. Im letzteren und häufigeren Falle wird man ihn meiſt als Neubildung aus der kieſelſauren Tonerde (Kaolin) des tonigen Schlammes anſehen dürfen. Neben dieſen beiden Gemengteilen tritt noch ab und zu Feldſpat und deſſen Umwandlungsprodukt Kaolin als urſprüngliche Beimengung, natürlich in unreinem, durch Eiſenerzſtaub meiſt getrübtem Zuſtand auf, ferner Chlorit. Als Neubildung iſt beſonders Rutil in feinen, dünnen Nädelchen von brauner Farbe zu erwähnen. Als außerordentlich fein verteilte Zwiſchenmaſſe (Zement) zwiſchen dem glimmerartigen Gemengteil tritt häufig noch eine farbloſe, das Licht einfach brechende Subſtanz auf, die teils als amorpher Quarz, teils als ein Silikat gedeutet wird. Die ſchwarze Färbung vieler Dachſchiefer wird durch eine außerordentlich feine Beimengung von kohliger Subſtanz erzeugt, die wahrſcheinlich aus der Verweſung von organiſchen Subſtanzen hervorging, wie ſie in Form von abgeſtorbenen Tier- und Pflanzenreſten mit dem feinen Tonſchlamm zur Ablagerung gelangten. Die kohlige Subſtanz erſcheint häufig als Körnchen und Schüppchen von Graphit und amorphem Kohlenſtoff. Weitere Gemengteile, aber von untergeordneter Bedeutung, ſind Turmalin, Eiſenglanz (ſchwarzfärbend) und Goethit (letzteres färbt den Schiefer rot). Ferner iſt Schwefelkies eine häufige, meiſt gut kriſtalliſierte Neubildung, die indes dem Dachſchiefer nicht zum Vorteil gereicht [1].

Die Struktur der Dachſchiefer iſt eine feinkriſtalline. Die vorherrſchenden Gemengteile, der Glimmer, ſind mit ihren ebenen Flächen parallel der Schichtung oder zuweilen auch parallel der Schieferung angeordnet und verleihen dem Geſtein auf dieſen Flächen im reflektierten Licht einen zarten, ſeidenartigen Glanz, der den Querflächen vollſtändig fehlt. Vielfach iſt eine feine Fältelung der außerordentlich feinen, durch das glimmerartige Mineral erzeugten Schichtung zu bemerken. Die Spaltbarkeit beruht zum Teil auf der parallelen Lage des Hauptgemengteils, zum Teil auch auf Druckwirkungen (Faltung, Preſſung), denen der Schiefer als Gebirgsglied ausgeſetzt war und die ſich als ſogenannte transverſale Schieferung unter mehr oder minder ſpitzem Winkel zur Schichtung in Form von dichtgedrängten Flächen geringerer Kohärenz äußern. In nicht ſeltenen Fällen iſt Schichtung und Schieferung ſchwer voneinander zu unterſcheiden. Die Spaltbarkeit der Dachſchiefer iſt bei den an neugebildetem glimmerartigen Mineral reicheren Arten eine größere als bei den an ſolchem ärmeren [2].

Ihrer chemiſchen Natur [3] nach zeigen die Dachſchiefer weſentlich die Zuſammenſetzung eines an überſchüſſiger Kieſelſäure (Quarz, urſprünglich als Quarzſand, Sand vorhanden) und etwas Feldſpat reichen, meiſt eiſenſchüſſigen Tones. Der Dachſchiefer von Leheſten in Thüringen enthält: 59,99 % SiO_2, 16,29 % Al_2O_3, 13,42 % Fe_2O_3, 0,55 % CaO, 1,72 % K_2O, 3,84 % Na_2O, 2,71 % Glühverluſt [2]; derjenige von Nuttlar bei Brilon (Weſtfalen) nach Freſenius 51,53 % SiO_2, 18,2 % Al_2O_3, 12,50 % Fe_2O_3 und FeO, 5,88 % CaO, 4,38 % MgO, 2,82 % H_2O. Das ſpez. Gew. liegt zwiſchen 2,5 und 3,0, meiſt um 2,6 und 2,7; es ſteigt beſonders mit dem Erzgehalt. Die Härte des Schiefers ſchwankt um 3 herum.

Die Dachſchiefer finden ſich in den Tonſchieferablagerungen faſt aller vortertiärer Gebirgsformationen; die Dach- und Tafelſchiefer von Glarus gehören ſogar dem älteſten Tertiär an. Sie ſind in den älteſten Formationen viel häufiger, weil die Tonſchiefer hier einer bedeutenderen Umkriſtalliſation und Neubildung des glimmerartigen Minerales durch Druck, Preſſung und chemiſche Einwirkungen unterlagen. Beſonders reich ſind die Silur-, die Devon- und untere Steinkohlenformation (Kulm) an zu Dachſchiefern verwendeten Tonſchiefern, ſo z. B. im Urtonſchiefer Sachſens, im Glimmerſchiefer des Rieſengebirges, im Silur des Erzgebirges und Fichtelgebirges; im Unterdevon (Hunsrückſchiefer) des rheiniſchen Schiefergebirges, im Mitteldevon Weſtfalens, im Oberdevon des Sauerlandes; im Kulm (untere Steinkohlenformation) der Lahn- und Dillgegend, in Thüringen (Leheſten, hier geht die Spaltung der transverſalen Schieferung parallel), Oeſterreichiſch-Schleſien und Mähren; im Lias (untere Juraformation), in den kleinen Karpathen u. ſ. w.

Brauchbare Dachſchiefer müſſen möglichſt frei von Schwefelkies ſein, weil dieſer bei der Verwitterung ſein Volumen vergrößert und den Dachſchiefer ſprengt. Der Nachweis des Schwefelkieſes läßt ſich an der Bildung von ſchwefliger Säure mit ihrem charakteriſtiſchen Geruch beim Röſten oder Glühen auf Kohle erkennen. Beträchtlicher Gehalt an Mangan- und Eiſenoxydul ſind der Verwendung ebenfalls hinderlich. Auch die Gegenwart von vieler kohliger Subſtanz iſt ein Nachteil. Ihre Menge wird durch den Gewichtsverluſt beim Glühen des Schiefers beſtimmt. Die Gegenwart von kohlenſaurem Kalk darf einen gewiſſen Betrag (15 %) nicht überſchreiten. Schwefelkies- und Kalkſpatbeimengung ſprengen den Schiefer beim Brennen und Glühen. Die Poroſität des Dachſchiefers muß eine minimale ſein; im Mittel beträgt ſie 0,12 % ſeines Volumens. Die Waſſeraufnahme beträgt im geſättigten Zuſtand etwa 0,5 % des Eigen-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

gewichtes. Riſſe und feine Spalten müſſen fehlen, und der Stein ſoll beim Anſchlagen hell klingen. Das in Riſſe und Poren eindringende Waſſer würde beim Gefrieren den Stein ſprengen. Das Vorhandenſein von größeren Quarzkörnern im Schiefer verbietet die techniſche Verwendung und hemmt beſonders die Bohrung der Löcher, auch das Sägen, Feilen und Hobeln der Platten. Die Druckfeſtigkeit pro 1 qcm betrug im lufttrockenen Zuſtand 939 kg, im waſſerſatten 828 kg beim Dachſchiefer von Naſſau; im Mittel wird ſie auf 790 kg angegeben. Für den Schiefer von Raumland bei Siegen wird die Zugfeſtigkeit auf 185 kg, die Biegungsfeſtigkeit auf 378 kg für 1 qcm Fläche angegeben. Alle dieſe Werte wechſeln in verſchiedener Weiſe, vor allem je nach der Richtung zur Schichtung und Schieferung. Die Wetterbeſtändigkeit des guten Dachſchiefers iſt eine ſehr große; Dächer von 300—400jährigem Alter weiſen kaum nennenswerte Veränderungen der Schiefer auf. Als vorzügliches Material gelten die rheiniſchen und die engliſchen (Nord-Cornwall) Dachſchiefer; letzterer iſt leichter (3—4 mm dick) als die deutſchen (5—6 mm dick) [4]. Ausgedehnte Gewinnung von rotbraunen und grüngrauen Dachſchiefern weiſen Belgien, Nordfrankreich (Maastal), dann Schweiz (Graubünden), Böhmen u. ſ. w. auf. — Zur vorläufigen Prüfung auf Wetterbeſtändigkeit wird nach Freſenius ein 12 cm langes und 3 cm dickes Schieferſtück in eine 1 cm hohe Waſſerſchicht in einem Glaſe geſtellt. Ein guter Schiefer zeigt ſich nach 24 Stunden nur einige Millimeter über der Waſſerfläche feucht. Bringt man ſchweflige Säure hinzu, ſo verwittert ſchlechter Schiefer bald, während guter ſich monatelang hält [5]. Eingehende Unterſuchungen über Wetterbeſtändigkeit von Dachſchiefern und Methoden der Prüfung hat H. Seipp ausgeführt [6].

Literatur: [1] Zirkel, Lehrbuch der Petrographie, 2. Aufl., Leipzig 1894, III, S. 744. — [2] Kalkowsky, E., Elemente der Lithologie, Heidelberg 1886, S. 259. — [3] Roth, J., Allgemeine und chemiſche Geologie, Berlin 1887, II, S. 588. — [4] Gottgetreu, R., Phyſiſche und chemiſche Beſchaffenheit der Baumaterialien, Berlin 1880, I, S. 47; Knoch, A., Der Dachſchiefer in der Baupraxis, Berlin 1895, II, S. 26; Brunner, Ueber die Wertbeſtimmung der Dachſchiefer, Bayr. Ind.- und Gew.-Blatt 1894. — [5] Induſtrieblätter 1890, S. 112; Wenkenbach, Fr., Beſchreibung des Bergreviers Weilburg, Bonn 1879, S. 117—123. — [6] Seipp, H., Die Wetterbeſtändigkeit der natürlichen Bauſteine mit beſonderer Berückſichtigung der Dachſchiefer, Jena 1900. *Leppla.*

Dachſchifter (Schiftſparren), ſ. Dachſtuhl.

Dachſchindeln, Schindeln, flache, zum Decken von Dächern oder Bekleiden von Wänden dienende Holztafeln, meiſt aus Fichten-, Tannen- oder Eichenholz von 30—100 cm Länge und 8—15 cm Breite.

Fig. 1.

Man unterſcheidet mit der Hand hergeſtellte Schindeln und Maſchinenſchindeln, und unter letzteren flache, aus Brettchen gefertigte und keilförmige, radial nach dem Kern des Holzſtammes zu geſchnittene Schindeln. Flache Schindeln (Fig. 1) ziehen ſich leicht krumm, erhalten Riſſe und werden undicht, bei keilförmigen Schindeln (Fig. 2) bleiben die Riſſe im Innern des Holzes, da die Jahresringe einander gleichlaufend ſind. Jede Schindel ruht mit einem zugeſchärften Ende in einer im Rücken der vorhergehenden Schindel befindlichen Furche. Die Schindeln wurden früher aus Klötzen keilförmig mit der Hand geſpalten, mit einem Ziehmeſſer beſchnitten und zugeſchärft. Die Furche wurde mit einem hakenförmigen Eiſen eingeriſſen. Heute werden die Schindeln gewöhnlich auf Maſchinen hergeſtellt, auf denen durch verſchiedene Hobel nacheinander die auf einer Sägemühle zugeſchnittenen Hölzer geebnet, mit einer Furche verſehen und zugeſchärft werden. — Zur Herſtellung der keilförmigen Schindeln baut die Fabrik für Holzbearbeitungsmaſchinen von F. W. Hofmann in Breslau beſondere Maſchinen. Die nach den Schindellängen zugeſchnittenen Holzklötze werden zunächſt von einer Kreisſäge kreuzförmig, wie Fig. 3 zeigt, aufgeſägt, dann auf einer kleineren Kreisſäge in keilförmige Schindeln zerlegt, indem die Holzſtücke an Anſchlagwinkeln der Säge zugeführt werden. Der Rücken der Schindeln iſt 20 mm, die ſchmale Seite 4 mm ſtark. Dann werden auf einer Schindelhobel- und Nutmaſchine die ſcharfen Kanten gleichmäßig geſchnitten und in die Rücken die Nuten eingefräſt. Die tägliche Leiſtung einer ſolchen Maſchine beträgt 3000—4000 Schindeln. — Andre Maſchinen zur Herſtellung von Schindeln ſind in D.R.P. Nr. 136029 [2] und Nr. 136109 [3] beſchrieben. Bei letzterer werden Holzblöcke durch eine Reihe parallel zueinander gelagerter Kreisſägen in Bretter zerlegt und dieſe durch eine zweite Kreisſägengruppe diagonal durchſchnitten. Zum Schluß werden die Schindeln auf einem Transportband einer Schmirgelſcheibe zugeführt und auf dieſer glattgeſchliffen. Vgl. a. Schindeldach.

Fig. 2.

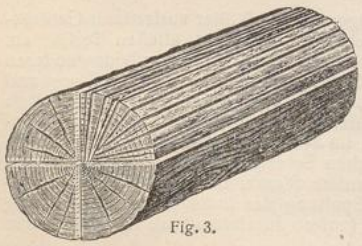


Fig. 3.

Literatur: [1] Zeitſchr. f. Werkzeugmaſchinen 1898—99, S. 107. — [2] Ebend. 1902—03, S. 120. — [3] Ebend. 1902—03, S. 146; Karmarſch-Fiſcher, Mech. Techn., Leipzig 1892. *Dalchow.*

Dachſeite, die äußere Seite eines Sparrens, auf der die Lattung oder Schalung für die Eindeckung befeſtigt wird.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Dachſparren, ſ. Dachſtuhl.

Dachſpließe, Dachſpan, ſüdd. Dachſchindel: 1. ein aus beſonders ſpaltbarem aſtloſen Tannenholz hergeſtelltes Deckmaterial; 2. Zwiſchenlage unter die Stoßfugen des einfach eingedeckten Ziegeldachs, von 25 cm Länge, 5 cm Breite und 3 mm Dicke. S. Ziegeldach und Biberſchwänze.

Dachſtock, 1. ſüdd. für Dachgeſchoß; 2. Holzſtab aus Haſelruten u. dergl. (auch Bindſtock) zum Befeſtigen der Schauben des Strohdaches ſowie zum Anfertigen der Lehmſchindeln (ſ. d.).

Dachſtroh, ſ. Strohdach.

Dachſtube, bewohnbarer Raum in einem Dachgeſchoß (ſ. d.).

Dachſtuhl, der tragende Teil eines Daches, die ſogenannte Tragkonſtruktion, das Dachgerüſte. Nach dem Materiale, aus dem der Dachſtuhl der Hauptſache nach beſteht, unterſcheidet man Holzdachſtühle, Eiſendachſtühle und gemiſchte oder mit Eiſen armierte Holzdachſtühle. Für die Wahl des Materiales ſind beſonders maßgebend die Spannweite, die Feuerſicherheit und der Koſtenpunkt.

Für die Konſtruktion eines Dachſtuhls iſt von beſonderer Wichtigkeit die Dachform im allgemeinen, die Dachneigung, d. h. die Größe des Neigungswinkels der Dachflächen gegen den Horizont (ſ. Dach), die Dachbelaſtung, ſpeziell ob der Dachſtuhl außer der gewöhnlichen Dachlaſt (Eigengewicht, Schnee und Winddruck) auch noch eine andre Laſt zu tragen hat, z. B. eine Decke, eine Wand, und ſchließlich der Umſtand, ob der Dachraum möglichſt frei bleiben muß oder ob Konſtruktionsteile ungehindert durchgelegt werden können.

Holzdachſtühle.

Im allgemeinen wird jeder Dachſtuhl aus einer Reihe von Dachbünden und Geſpärren gebildet, die in Entfernungen, die durch die Unterſtützung beſtimmt werden, voneinander ſtehen und auf denen unmittelbar die Dachlattung bezw. die Dachſchalung befeſtigt iſt, die dann die eigentliche Dachdeckung (ſ. d.) trägt. — Ein jeder Holzdachſtuhl beſteht aus einer mehr oder weniger großen Anzahl von Verbandſtücken — zumeiſt vierkantigen Hölzern —, deren Namen, Zweck und Querſchnittsſtärken weiter unten folgen.

Als allgemeine Geſichtspunkte bei Anordnung der Dachſtühle haben zu gelten: 1. Die Hölzer, beſonders die tragenden, dürfen nur wenig geſchwächt werden; 2. ſie ſollen in der Richtung ihrer Ebene vollkommen feſt und unverſchiebbar ſein; 3. es iſt ein guter Quer- und Längsverband anzuſtreben durch Anordnung von Balken, Spannriegeln und Zangen ſowie durch Pfetten und Büge; 4. zur Beurteilung der Widerſtandsfähigkeit iſt eine Kräftezerlegung vorzunehmen und zu unterſuchen, ob die Hölzer auf Zerreißen, Biegung oder Druck beanſprucht werden; 5. man hat ſich klarzulegen, welche Bewegung die Hölzer beim Einſturz machen und hiernach Vorkehrungen für die Standſicherheit zu treffen; 6. bei Anordnung des Dachſtuhls iſt Einfachheit der Verbände, Holzerſparnis und ein gefälliges Ausſehen anzuſtreben.

Der Dachbinder, Dachbund oder Bund, der aus der Geſamtheit der tragenden, ſtützenden und verſteifenden Verbandhölzer beſteht, ſoll im allgemeinen auf feſten Mauern oder Pfeilern aufzuliegen kommen. Iſt es nicht zu vermeiden, daß er auf eine Oeffnung trifft, ſo iſt dieſe durch einen Wechſel (ſ. d.) zu entlaſten. Die übliche Entfernung der Bünde, Bundweite, beträgt etwa 3,0—4,5 m und 6,0 m. Man unterſcheidet: a) ſtehender Stuhl oder Bund bei ſenkrechter Unterſtützung der Pfetten durch ſogenannte Stuhlſäulenpfoſten; b) liegender Stuhl bei Aufnahme des Drucks und Ueberleitung desſelben durch ſchrägſtehende Streben auf die Außenmauern, wobei eine Sprengung über dem Bundbalken entſteht. Die Anwendung dieſer Verbandweiſen iſt abhängig von der Art der Grundrißanlage und der Zwiſchenunterſtützungen des Gebäudes (durch Wände, Pfeiler u. ſ. w.) und von der Nutzbarmachung des Dachraums. Es folgen die Benennungen der Dachhölzer und ihre Funktionen.

Fig. 1.

Lotſchiftung

Fig. 2.

1. Sparren (*Sp*) dienen zur unmittelbaren Aufnahme der Lattung oder Dachſchalung (ſ. d.). Sie werden auf Biegung beanſprucht und liegen daher hochkantig. Man unterſcheidet: a) ſteigende oder ſtehende Sparren, die von der Traufe zum Firſt laufen und bei den hohen und ſteilen Dächern allgemein üblich ſind; b) liegende Sparren, parallel zu Traufe und Firſt, wie bei den italieniſchen bezw. antiken Dächern. Ihre freitragende Länge iſt im Mittel 4,0—4,5 m (wagerecht gemeſſen 3,0 m) und ſoll 5,0 m nicht überſchreiten; ihr Querſchnitt = 12×16 cm, bei kleinen Weiten 10/13 cm, kann bei den ſteigenden Sparren gegen den Firſt um ein geringes abnehmen. Hier werden dieſe in zuſammengehörigen Paaren durch den Scherzapfen (ſ. d.), manchmal durch einfache Ecküberblattung (ſ. Ueberblatten) verbunden und verbohrt. Der ſeitliche Abſtand der Sparren iſt abhängig von der Belaſtung bezw. dem Deckmaterial (vgl. Schlußbetrachtungen) und kommt außerdem die Bundweite, Länge der Schalbretter oder Latten in Betracht, damit kein Verſchnitt ſtattfindet. Gratſparren (ſ. Fig. 1) liegen in der Gratebene eines Walmdaches, während die Kehlſparren (ſ. Fig. 2) in der von den einſpringenden Winkeln des Gebäudes ausgehenden Ebene (der Kehlebene) des Daches liegen. Dieſe beiden dienen zur Aufnahme der an ihnen endigenden Schifter oder Schiftſparren und Reiter (Reitſparren), die in einer Schmiege (ſ. d.) ſich an ſie anlehnen bezw. aufſitzen und mit Sparrennägeln befeſtigt werden. Zum Auflager der Sparren dienen:

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

2. Die Pfetten (*P*), auf die ſie durch Auffatteln oder Aufkämmen (ſ. d.) aufgelegt und durch etwa 12 cm lange Sparren- oder Leiſtnägel befeſtigt werden. Die Stärke der Pfetten beträgt 15 × 18 cm bis 18 × 18 cm und geht ihre Richtung parallel mit Traufe und Firſt. Nach der Höhenlage unterſcheidet man a) Firſtpfette (*FP*), die oberſte, die zur Erhaltung einer ſchönen Firſtlinie unentbehrlich iſt; b) Mittel- oder Dachpfette, und c) Fußpfette, die unterſte, die direkt auf dem Dachgebälke (bei alten Dachſtühlen Saumſchwelle) oder in neuerer Verbandweiſe auf dem Knieſtock aufliegt. Zur Sicherung des Längsverbandes ſollen die Pfetten aus möglichſt langen, durchgehenden Hölzern beſtehen, und dürfen Stöße nur auf den Bünden verſetzt oder verſchränkt ſtattfinden, d. h. nicht auf einem und demſelben Bund. Von dem ſicheren Auflager, der hinreichenden Unterſtützung und Verſteifung der Dachpfetten hängt Feſtigkeit und Dauer des Dachſtuhls ab.

3. Bundbalken (*Bb*), Binderbalken (Bundtram), Zugbalken, wagerecht in der Sparrenebene liegender, durch die ganze Weite des Dachſtuhls von einer zur andern Umfaſſungsmauer des Gebäudes ununterbrochen durchlaufender Balken. Die Grundlage des Dachbinders bildend, hat er den Zweck, den Schub des Dachſtuhls aufzunehmen, und wird deshalb auf Zug und Biegung beanſprucht, daher hochkantig gelegt. Die Stärke geht je nach den Beanſpruchungen von 13 × 16 cm bis 24 × 29 cm für Spannweiten von 5—20 m. Bei ſehr großen Spannweiten kann der Bundbalken durch entſprechende Anordnung der Streben u. ſ. w. überflüſſig bezw. durch eine eiſerne Zugſtange erſetzt werden.

4. Mauerlatte (*ML*), Mauerbank, auf der Hauptmauer der ganzen Länge nach aufliegend, dient zur Aufnahme der Bund- und Dachbalken, die aufgekämmt oder gedollt ſind, ſowie zur Uebertragung und Verteilung der Belaſtung auf eine möglichſt große Mauerfläche. Bei ſehr ſchweren Dachſtühlen und ſolchen von großer Spannweite kommen oft zwei parallel nebeneinander laufende Mauerlatten zur Anwendung. Der Querſchnitt ſchwankt zwiſchen 9 × 12 cm bis 16 × 19 cm; ſie liegen flachkantig.

5. Stuhlſäulen (*StS*), Pfoſten von quadratiſchem Querſchnitt, die auf die Bundbalken mit Zapfen geſetzt ſind und die Dachpfetten tragen und unterſtützen; ihre Stärke geht von 16 × 16 cm bis 21 × 21 cm.

6. Streben (*Str*), unter einem Winkel geneigte Hölzer zur Unterſtützung der Pfetten und Uebertragung der Dachbelaſtung auf den Bundbalken. Deren Querſchnitt ſchwankt von 16 × 21 cm bis 18 × 27 cm; ſie ſind wie auch 5. auf Druck beanſprucht. Außerdem kommen vor:

7. Spannriegel (*Spr*), in halber Dachhöhe liegend, verbinden und verſteifen die oberen Enden von 5. und 6. in wagerechter Richtung; ſie bilden mit dieſen einen feſten Rahmen und faſſen an ihren äußerſten Enden die Sparren, mit denen ſie verblattet und verſchraubt ſind. Ihre Stärke iſt 15 × 18 cm bis 18 × 24 cm. Auf dieſen oder auf den Dachpfetten aufgelegt ſind die

8. Kehlbalken (*Kb*), wagerecht in der Sparrenebene und mit dieſen verzapft oder in der Längsrichtung in der Höhe der Dachpfetten laufend. Sie bilden eine Balkenlage, die den Dachkammern als Decke und dem oberſten Speicherraum als Fußboden dient. Ihr Querſchnitt iſt gleich dem der Sparren; auch ſind ſie auf die hohe Kante gelegt. Ihre Anwendung ermöglicht die Erſtellung von windſchiefen (ſ. d.) Dachflächen, ohne gekrümmte Pfetten.

9. Hahnenbalken (*H*), Hain- oder Spitzbalken, ein kurzer, bei dem Dachfirſt angebrachter Riegel.

10. Zangen (*Z*), einfache oder doppelte, auf Zug, ſeltener auf Biegung beanſpruchte Halbhölzer, dienen zum Zuſammenhalten, z. B. Einhalten der Sparren gegen Hinausſchieben.

11. Büge (*B*), Kopfbänder, kurze, unter 45° geneigte Hölzer, dienen zur Verſteifung der Pfetten mit den Streben und Spannriegeln durch Bildung feſter Dreiecke an den Knotenpunkten. Sie ſind die ſchwächſten Hölzer der Dachbinder und kommen in der Stärke von 12 × 12 cm bis zu einer Länge von 1,50—1,60 m zur Verwendung. Ueber dieſe Länge hinaus ſind ſie 12 × 16 cm ſtark zu machen.

12. Hängeſäulen (*HS*), einfach oder doppelt, kommen bei Dachſtühlen mit Hängewerk (ſ. d.) vor; ſie ſind auf Zug beanſprucht.

13. Windſtreben (*WS*), Windriſpen, dienen zur Verſteifung der Sparren gegen Winddruck und Verſtärkung des Längsverbandes. Sie reichen ſchräglaufend von den Sparrenfüßen gegen den Dachfirſt durch und ſind an der Unterſeite der Sparren mit dieſen verblattet.

14. Knieſtock (*KW*), Kniewand, Drempelwand, eine Erhöhung der Stockmauer etwa um 0,50—1,50 m zum Zweck, die untere Auflage der Sparren von der Balkenlage unabhängig zu machen, und die bei alten Dachſtühlen üblichen Auffchieblinge und den hierdurch entſtehenden Leiſtbruch zu beſeitigen, durch den der Abfluß des Regenwaſſers auf den Dachflächen gehemmt und eine baldige Schädigung der unteren Sparrenenden verurſacht würde. Der Knieſtock kann auch in Fachwerk ausgeführt werden und beſteht dann aus Schwellen, Pfoſten und Bügen, welche die Fußpfette tragen, die durch eine Zange mit der Strebe verbunden und feſtgehalten wird.

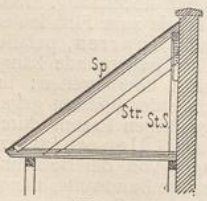


Fig. 3.

Die am häufigſten zur Anwendung kommenden Holzdachſtühle ſollen in nachſtehenden Beiſpielen gezeigt werden und dabei die in vorſtehender Beſprechung der Verbundhölzer beigeſetzten Abkürzungsbuchſtaben zur Erklärung dienen. Wir unterſcheiden: A. Pultdächer; B. Satteldächer mit Balkenlage; C. Freitragende Dachſtühle; D. Dachſtühle ohne Balkenlage; E. Hallendächer.

A. Pultdächer (ſ. Dach). Das Pultdach iſt die älteſte und einfachſte Dachform und dient heute meiſt zur Ueberdachung von Seitenbauten. Es wird bis zu 3 m Weite aus Sparren gebildet, die auf den Unterſtützungsmauern aufliegen, vorausgeſetzt, daß dieſe ſtark genug ſind, dem Schube zu widerſtehen. Bei einer Grenzmauer iſt ein Auflegen des Daches nicht geſtattet;

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

dieſes wird nur angelehnt und durch Pfetten, die durch Pfoſten und Streben geſtützt ſind, getragen (Fig. 3). An großen Gebäuden, die einen nicht zu weiten Hof umſchließen, kann das Pultdach dazu dienen, bei Hochführung der Außenmauern den Waſſerablauf gemeinſam gegen den Hof zu leiten (Fig. 4). Bei landwirtſchaftlichen Schuppen kann das Pultdach bis

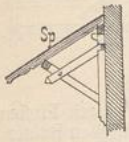


Fig. 6.

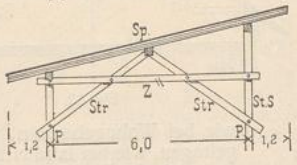


Fig. 5.

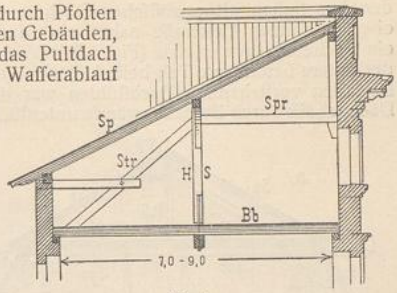


Fig. 4.

zu 10 m Breite zur Anwendung kommen (Fig. 5). Vordächer an Gebäuden (Klebedächer) ſind an eingemauerten Tragſteinen aufzuhängen (Fig. 6) und durch feſte Dreiecke zu ſtützen.

B. **Satteldächer mit Balkenlage** bedürfen bei ganz geringer Weite, d. h. bis 4,5 oder 5 m, einer Auflage der Sparrenpaare a) auf den Balken (Fig. 7, *a*) (das Fußende der Sparren geächſelt), in welchem Falle keine Längsunterſtützung durch Pfetten nötig, weil ein Aneinanderreihen von Gebinden (ſ. oben) beſteht, oder b) auf Sattelſchwellen (Fig. 7, *b*), wobei auch eine Firſtpfette (oder Hahnenbalken *H*) anzuordnen wegen Ausgleitens der Sparren. Bei einer Gebäudelänge von 4—6 m kann die Unterſtützung der Firſtpfette durch die Giebel erfolgen; bei größerer Länge iſt Zwiſchenunterſtützung nötig und beſteht dieſe in 1. Pfoſten oder 2. einem Bock (Fig. 8, *a*), gebildet durch zwei Streben, wobei die Anordnung von Kreuzſtreben vorzuziehen iſt (Fig. 8, *b*).

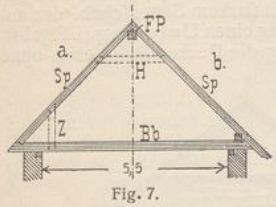


Fig. 7.

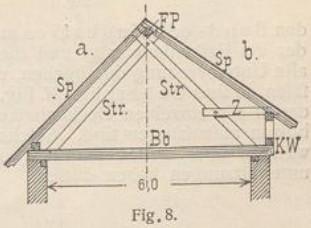


Fig. 8.

Bei größerer Weite entſtehen die ſogenannten Stuhldächer (ſ. oben). Wir unterſcheiden: a) einfacher ſtehender Stuhl mit Mittelpfoſten und Kehlbalken (ſ. oben) auf jedes Sparrenpaar.

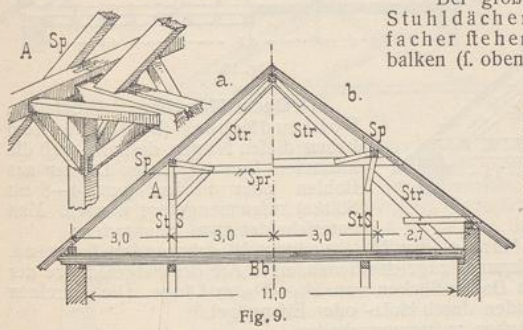


Fig. 9.

b) Doppelter ſtehender Stuhl (Fig. 9, *a*, *b*) mit zwei Pfoſten, die durch Büge oder Streben gegen Verſchieben zu ſichern ſind. Fehlt das Kehlgebälke, ſo ſind die Sparren auf den Pfetten aufzuſatteln. Liegt die Fußpfette auf dem Knieſtocke auf, ſo iſt ſie durch eine Zange gegen Hinausſchieben zu ſichern.

c) Der liegende Stuhl hat den Vorteil den vorſtehenden gegenüber, daß er die Anordnung des Speicherraumes freigibt und die geſamte Laſt des Daches auf die Außenmauern überträgt (Fig. 10—12). Die Unterſtützung der Firſtpfette erfolgt durch einen Pfoſten oder Streben vom Spannriegel aus. Die oberen Pfetten werden durch Büge von den Streben und Spannriegeln aus verſteift und ihre freitragende Weite verringert. — Bei den Dachſtühlen mit von Balken bis

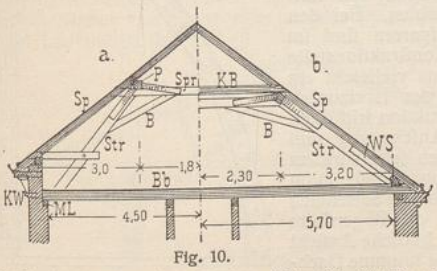


Fig. 10.

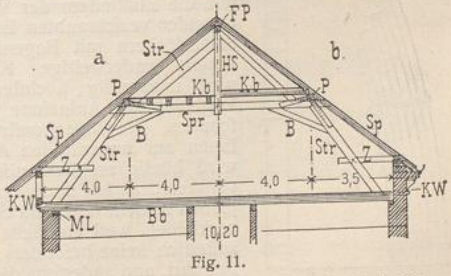


Fig. 11.

Firſt durchgehenden Streben (Fig. 12, *b*) (Tragſparren) und Knieſtockanordnung ſind die Büge nicht vorteilhaft, weil die Uebertragung der Laſt von den Pfetten auf die Streben unter ſtarkem Winkel erfolgt, ſtatt in Ebene, und ſo verſtärkter Druck entſteht. In dieſem Falle ſind die Windſtreben vorzuziehen (ſ. a. Fig. 10, *b*). Hierher gehört auch das ſogenannte gebrochene oder Manſard-Dach, ſo benannt nach dem franzöſiſchen Architekten Fr. Manſard († 1666),

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

der den hohen altfranzöſiſchen Dächern die oberſten ſpitzen Geſchoſſe nahm und durch ein flacheres Dach erſetzte (Fig. 13), während der untere benutzbare Teil beibehalten wurde. Bei allen vorſtehenden Dachſtühlen war das Dachgebälk durch Zwiſchenwände unterſtützt,

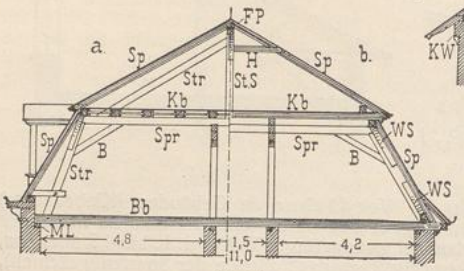


Fig. 13.

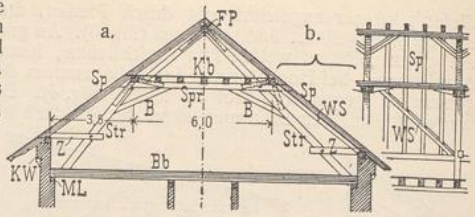


Fig. 12.

wie bei Wohngebäuden, oder durch Pfoſten getragen, wie bei landwirtſchaftlichen Bauten. Soll aber der Dachſtuhl außer der Eindeckung auch das Dachgebälke tragen, was eine ſtarke Mehrbelaſtung bildet, ſo entſtehen

C. Freitragende Dachſtühle. Deren Tragſyſtem beſteht je nach der Weite u. ſ. w. aus einem einfachen oder doppelten Hängewerk (ſ. d.) mit ſtarkem Seitenſchub, der auf den Bund- oder Zugbalken zu übertragen iſt. Dabei bildet dieſer einen Unterzug (ſ. Fig. 14), der die Balkenlage trägt und die Decke in Felder teilt. Soll aber die Deckenfläche eben ohne alle Unterbrechung durchgehen, wie z. B. bei Konzertſälen, ſo ſind Ueberzüge (ſ. Fig. 15) anzuwenden, an denen die einzelnen Deckenbalken durch Schraubenbolzen aufzuhängen ſind. Solche Decken ſind anzuwenden über weiten Räumen, die keine Zwiſchenunterſtützungen haben dürfen.

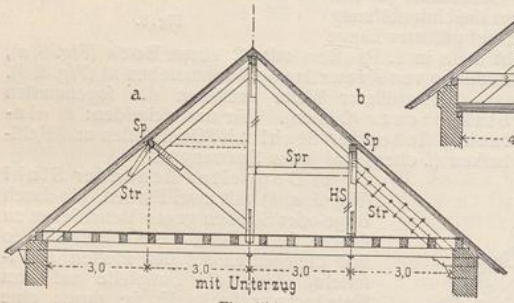


Fig. 14.

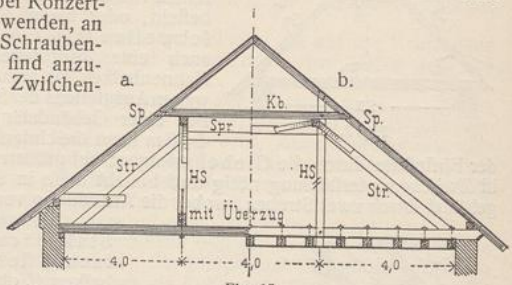


Fig. 15.

D. Dachſtühle ohne Balkenlagen. Bohlendächer (Bogendächer) haben dieſen Namen deshalb, weil die krummen Sparren dieſer Dächer aus Bohlen oder Pfoſten (von 4—8 cm Stärke) zuſammengefügt werden. Man unterſcheidet zwei Hauptarten:

a) Syſtem des Philibert de l'Orme (Fig. 16), aus dem 16. Jahrhundert ſtammend. Die Sparren beſtehen aus ebenen, aber krumm zugeſchnittenen, nach Art der Felgenkränze der hölzernen Waſſerräder zuſammengeſetzten Bohlenſtücken von $1\frac{1}{4}$—$1\frac{1}{2}$ m Länge. Die einzelnen (gewöhnlich zwei bis drei) Brettlagen werden durch Holz- oder Eiſennägel, bei beſſerer Ausführung durch Eiſenſchrauben zuſammengehalten.

b) Syſtem Emy (Fig. 17). Bei dieſer 1819 erſtmals vorgeſchlagenen beſſeren Konſtruktion beſtehen die Sparren aus möglichſt langen, zylindriſch gebogenen und in dieſer Form (ähnlich wie die Blattfedern der Wagen) feſt miteinander verſchraubten Bohlen. Bei den Satteldächern mit Bogenſparren ſind im Innern anderweitige Konſtruktionsteile nicht notwendig, höchſtens vielleicht ein Zugband zur Aufnahme des Horizontalſchubes. Die Bogenkonſtruktion tritt dann innen zur unverhüllten Anſchauung und wird häufig architektoniſch ſehr wirkſam verwertet. Außen iſt die Bogenkonſtruktion jedoch zumeiſt durch ein ebenes Satteldach verkleidet, weil einerſeits die Bogenform äußerlich keine beſonders hübſche Anſicht gewährt, und anderſeits die krumme Dachfläche, vornehmlich bei Eindeckung mit Ziegel und Schiefer, den Nachteil des Klaffens zur Folge hat. Außerdem iſt die Ausführung ſolcher Bohlendächer ſehr ſchwierig, weshalb ſie auch teuer ſind. Ein weiterer Nachteil liegt darin, daß ihre praktiſche Tragfähigkeit und Stabilität — infolge der Zuſammenſetzung aus ſo vielen kleinen, dem Werfen und

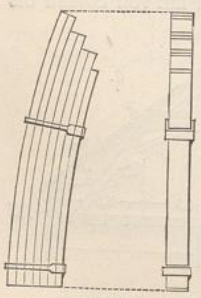


Fig. 17.

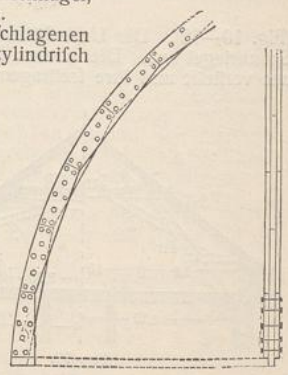


Fig. 16.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Schwinden unterworfenen Teilen — nicht mit jener Sicherheit vorher beſtimmt (berechnet) werden kann, wie diejenige einer Konſtruktion einfacherer Art. Aus allen dieſen Gründen werden Bohlendächer — die früher beſonders zur Ueberdachung weiter Räume, wie Schuppen, Verkaufshallen, Theater, Kirchen u. ſ. w. vielfeitigſte Verwendung fanden — in neueſter Zeit nur in den ſeltenſten Fällen angewendet, da man mit einer Eiſenkonſtruktion viel einfacher und billiger die Aufgabe löſen kann.

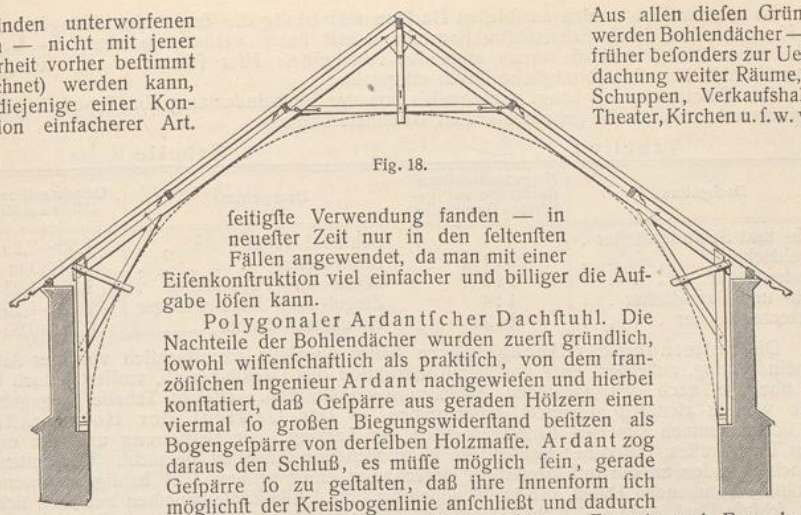


Fig. 18.

Polygonaler Ardantſcher Dachſtuhl. Die Nachteile der Bohlendächer wurden zuerſt gründlich, ſowohl wiſſenſchaftlich als praktiſch, von dem franzöſiſchen Ingenieur Ardant nachgewieſen und hierbei konſtatiert, daß Geſpärre aus geraden Hölzern einen viermal ſo großen Biegungswiderſtand beſitzen als Bogengeſpärre von derſelben Holzmaſſe. Ardant zog daraus den Schluß, es müſſe möglich ſein, gerade Geſpärre ſo zu geſtalten, daß ihre Innenform ſich möglichſt der Kreisbogenlinie anſchließt und dadurch einen ebenſo gefälligen Anblick gewährt wie die Bogengeſpärre. Er gab auch Formeln und Tabellen zur Berechnung ſolcher Dächer für die verſchiedenſten Ausführungsverhältniſſe. Als Beiſpiel für die Konſtruktion der Ardantſchen Polygonaldächer geben wir die in Fig. 18 dargeſtellte, die durch ihre Einfachheit und die Durchbildung ihrer Knotenverbindungen als eine Normalkonſtruktion gelten kann.

E. **Hallendächer** gehören ebenfalls, wie die Polygonaldächer, dem Syſtem der Dächer mit kombinierten Häng- und Sprengwerken an. Sie finden hauptſächlich beim Eiſenbahnhochbau ſowie bei induſtriellen Bauten Anwendung — vornehmlich bei Bahnhofshallen, Güter- und Ladehallen, Wagenſchuppen, Lokomotivremiſen u. ſ. w. —, bei denen es ſich um freie Ueberdachung eines weiten Raumes handelt und auf Benutzung des Dachbodenraumes nicht reflektiert wird. — Je nach dem ſpeziellen Zwecke und den ſonſtigen Verhältniſſen gibt es eine Unzahl von Konſtruktionen. Man kann aber zwei Haupttypen unterſcheiden: a) ſolche Hallendächer, bei denen nur ein Raum (eine Halle) überdacht wird; b) ſolche Dächer, wo an die eigentliche Halle beiderſeits noch Flug- oder Schutzdächer von mehr oder minder weiter Ausladung ſich anſchließen, wie dies bei Güter- und Ladehallen der Fall iſt.

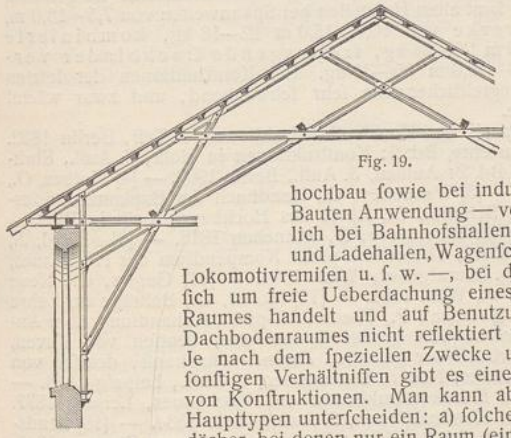


Fig. 19.

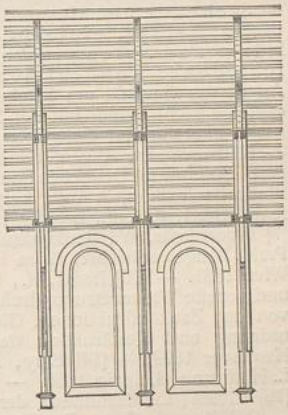


Fig. 19a.

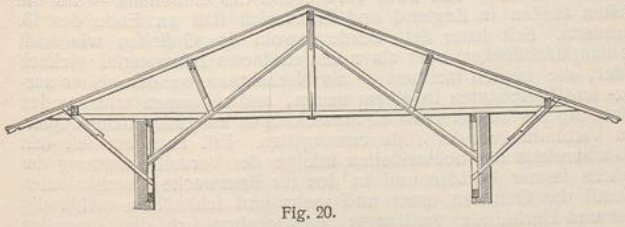


Fig. 20.

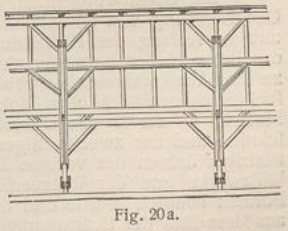


Fig. 20a.

In Fig. 19 und 20 ſind dieſe Haupttypen durch zwei der Praxis entnommene Beiſpiele (im Querſchnitt oder Profil und im Längenſchnitt) veranſchaulicht. Fig. 19 und 19a geben den von Moller entworfenen und ausgeführten (18,5 m weiten) Dachſtuhl der Reitbahn in Wiesbaden, Fig. 20 und 20a den Dachſtuhl einer Ladehalle von 10 m Lichtweite der Halle.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

In neuerer Zeit werden an ſolchen Dächern ſehr häufig die Zugbänder, Hängſäulen und die Knotenpunkte durch Eiſenkonſtruktionsteile erſetzt bezw. verſtärkt (armiert). — Vgl. die Artikel über Dach und die unten folgenden Abſchnitte. Hier ſeien nur noch einige auf Holzdachſtühle insgeſamt bezügliche Daten mitgeteilt.

Die Dachneigung hängt vornehmlich von der Dacheindeckung ab. Tabelle I. gibt das Neigungsverhältnis für die gebräuchlichſten Deckmaterialien.

Tabelle I.

Dachgattung	Neigungsverhältnis (Dachhöhe zur gehörigen Dachbreite)
Stroh- und Schindeldächer .	1 : 1
Ziegeldächer	1 : 1¼
Schieferdächer	1 : 2¼
Blech- und Pappdächer . .	1 : 4
Holzzementdächer	1 : 20

Tabelle II.

Dachgattung	Geſpärrentfernung (Mitte auf Mitte)
Schindeldächer	1,50—2,20 m
Strohdächer	1,50 m
Blech- und Pappdächer .	1,20—1,25 m
Ziegel- und Schieferdächer	1,00—1,25 m
Holzzementdächer . . .	0,80—0,90 m

Die Entfernung der Dachgeſpärre hängt ebenfalls hauptſächlich von der Art der Dacheindeckung, außerdem aber von der Konſtruktion des Dachſtuhls ab, variiert jedoch überdies noch je nach den ſpeziellen Ausführungsverhältniſſen. Die in Tabelle II. gegebenen Werte werden ziemlich allgemein angenommen. — Das Gewicht der Holzdachſtühle ſetzt ſich zuſammen aus den Einzelgewichten der Lattung, der Beſparrung und des eigentlichen Traggerüſtes. Hierüber werden die abweichendſten Angaben gemacht. Wir halten uns im nachfolgenden an die auf ſorgfältiger Berechnung einer großen Zahl häufig angewendeter Dachſtühle beruhenden Daten, die in [3] angeführt ſind. Alle Zahlenangaben beziehen ſich auf 1 qm ſchiefe Dachfläche — nicht Grundfläche oder Horizontalprojektion. — Dachlattung. Das Gewicht derſelben ſchwankt in ſehr engen Grenzen, nur zwiſchen 6 bis 8 kg, alſo im Mittel 7 kg. — Beſparrung. Das Gewicht derſelben liegt zwiſchen 12 bis 16 kg. Damit übereinſtimmend iſt das Gewicht der die Beſparrung erſetzenden und die Schalung unmittelbar aufnehmenden Pfetten der reinen Pfettendächer. — Die tragenden Teile des Dachgerüſtes. Das Eigengewicht dieſer Teile — der Stühle, Hängewerke u. ſ. w. — iſt natürlich von der Art der Tragkonſtruktion und von der Spannweite des Dachſtuhls abhängig, deshalb ſehr verſchieden. Bei den nachfolgenden Angaben iſt das Gewicht der Beſparrung ſelbſtverſtändlich ausgelaſſen. — Stehende und liegende Stühle, ſamt allen Holzteilen bei Spannweiten von 7,5—15,0 m, wiegen 7—13 kg, einfache Hängewerke von 10,0—18,0 m 12—18 kg, kombinierte Häng- und Sprengwerke bis zu 20 m 20—24 kg, freitragende Dachbinder verſchiedener Konſtruktion von 10,0—18,0 m 20—30 kg. Bei Konſtruktionen der letzten Art iſt das Gewicht pro Flächeneinheit begreiflicherweiſe ſehr ſchwankend, und zwar wächſt dasſelbe nicht immer mit der Spannweite.

Literatur: [1] Gottgetreu, R., Lehrbuch der Hochbaukonſtruktionen, 2. Teil, Berlin 1882. — [2] Breymann, Allgem. Baukonſtruktionslehre, Bd. 2: Konſtruktionen in Holz, 6. Aufl., Stuttgart 1900. — [3] Deutſches Bauhandbuch, Bd. 2: Aufbau, 5. Aufl., Berlin 1903. — [4] Mothes, O., Illuſtr. Baulexikon, 3. Aufl., Leipzig 1881. — [5] Wanderley, G., Handbuch der Baukonſtruktionslehre, Bd. 1, 3. Aufl., Leipzig 1867. — [6] Schmidt, O., Abriß des Hochbaues, Leipzig 1880. — [7] Frauenholz, W., Baukonſtruktionslehre für Ingenieure, II, München 1876. — [8] Michel, J., Prakt. Baugewerkslehre, Wien 1870. — [9] Derſ., Theoretiſch-prakt. Kompendium des Hochbaues, Wien 1881. — [10] Hand, R., Oeſterr.-ung. Bauratgeber, Wien 1894. — [11] Gugitz, G., Neue und neueſte Wiener Baukonſtruktionen u. ſ. w., Wien 1881. — [12] Moller, G., Beiträge zur Lehre von den Baukonſtruktionen, Gießen. — [13] Ardant, P., Theoretiſch-prakt. Abhandlung über Anordnung und Konſtruktion der Sprengwerke von großer Spannweite, deutſch von Kaven, Hannover 1879. — [14] Emy, A. R., Lehrbuch der geſamten Zimmermannskunſt, deutſch von L. Hoffmann, Leipzig 1860. — [15] Hittenkofer, Neuere Dachbinder, 2. Aufl., Leipzig 1875. — [16] Klaſen, L., Handbuch der Holz- und Eiſenkonſtruktionen des Hochbaues, Leipzig 1877. — [17] Menzel, C. A., Das Dach in ſeinen Konſtruktionen, 2. Aufl., Halle 1884. — [18] Landsberg, Th., Handbuch der Architektur, III. Teil, Bd. 2, 4. Heft: Dachkonſtruktionen, Stuttgart 1897.

Weinbrenner.

Eiſendachſtühle und mit Eiſen armierte Holzdachſtühle.

Die erſten Verwendungen des Eiſens — und zwar vorwiegend des Gußeiſens — für die Ueberdeckung von Räumlichkeiten fanden in England und Frankreich ſtatt zu Ende des 18. und zu Anfang des 19. Jahrhunderts. Seit jener Zeit wurde ſowohl das Gußeiſen wie auch das Schweißeiſen entweder als hauptſächlichſtes oder als untergeordnetes Baumaterial vielfach zu Dachkonſtruktionen verwendet, die freilich meiſtens — als Nachahmungen der bisher ausſchließlich gebräuchlichen Holz- und Steinbauten in einem neuen, andre Formen erfordernden Material — der für die Uebertragung der auftretenden Kräftewirkungen zweckdienlichen Querſchnitte und der zweckmäßigen Verbindungen der Teile ermangelten. Erſt nachdem ſeit den fünfziger Jahren des vorigen Jahrhunderts das Schweißeiſen infolge der Vervollkommnung der Walzwerke und der Walzverfahren immer leichter und in den für Bauzwecke vorteilhafteſten Formen käuflich wurde und damit das Gußeiſen mehr und mehr und ſchließlich vollſtändig aus dem Bau der Brückenträger und Dachbinder verdrängte, entwickelten ſich die rationellen Konſtruktionen der neueren Zeit, die es ermöglichten, daß der Eiſenbau auch auf dieſem Gebiet ſich den immer größeren Aufgaben gewachſen zeigte, welche die Entwicklung des Eiſenbahn- und Ausſtellungsweſens u. ſ. w. zeitigte. Auch für kleinere Verhältniſſe bietet der Dachbau in Eiſen Vorteile, ſo daß gegenwärtig hölzerne Dächer hauptſächlich nur noch beim bürgerlichen

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Wohnhaus verwendet werden. In erſter Linie ſind die Eiſenbahnen auf Eiſenbedachung angewieſen und Bahnſteige, Bahnhofshallen, Lagerhallen, Lokomotiv- und Wagenremiſen, Werkſtätten, aber auch Fabrikgebäude, Gasanſtalten, Ausſtellungsgebäude, Markthallen, Treib- und Palmenhäuſer, Theater, Muſeen, Kirchen werden mit Vorliebe, die erſtgenannten ſozuſagen ausſchließlich mit Eiſenkonſtruktionen eingedeckt.

I. Aus Holz und Eiſen gemiſchte Dächer. Immerhin haben ſich in der Uebergangszeit auch eine Anzahl aus Holz und Eiſen gemiſchte Bauformen ausgebildet, die ſich durch Zweckmäßigkeit auszeichnen, jetzt noch Beachtung verdienen, und deren hier kurz gedacht werden ſoll. Sie gewähren den ganz aus Holz gebauten Dächern gegenüber den Vorteil

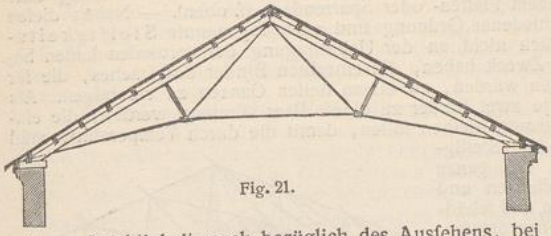


Fig. 21.

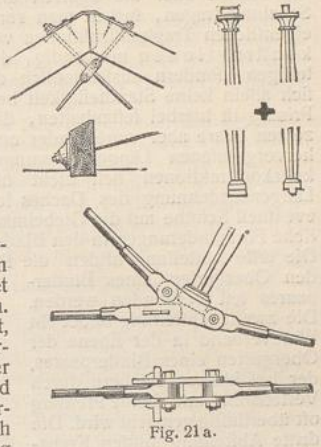


Fig. 21a.

größerer Leichtigkeit, auch bezüglich des Ausſehens, bei verhältnismäßig geringem Preis gegenüber den ganz aus Eiſen erſtellten. Auf abſolute Feuerſicherheit muß freilich verzichtet werden, was jedoch oft zuläſſig iſt, z. B. bei freiſtehenden Hallen. Die Zweckmäßigkeit in der Anordnung der Binder erfordert, abgeſehen von der Wahl reiner Fachwerksformen, die Herſtellung der gedrückten und gebogenen Teile aus Holz, der gezogenen aus Eiſen. Die Verwendung hölzerner Pfetten und Sparren geſtattet bequeme Befeſtigung der Einlattung und Verſchalung Die Verbindung der hölzernen Teile geſchieht durch Verzapfung oder mittels gußeiſerner Schuhe, die zweckmäßig womöglich zugleich die dem nämlichen Knotenpunkt angehörige eiſerne Strebe faſſen. — In Fig. 21, 21a und 22 ſind zwei Dachbinder dieſer Art dargeſtellt. Der erſtere — von der Bahnhofshalle zu Verſailles — gibt die Urform des Polonceau-Binders (vgl. weiter unten). Er zeigt zugleich deſſen Entſtehung aus zwei mit Eiſen armierten hölzernen Balken, die ſchief

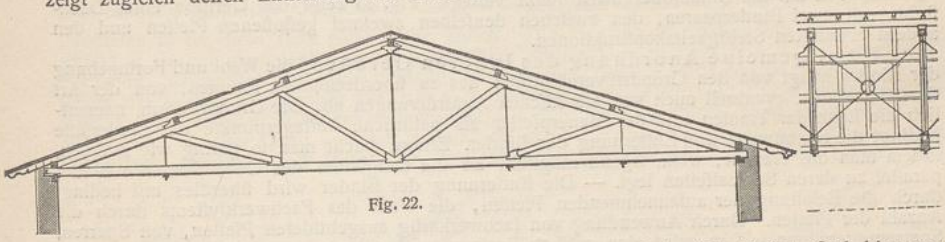


Fig. 22.

geſtellt und mittels einer horizontalen Zugſtange verbunden ſind. Die Pfoſten ſind hier aus Gußeiſen gebildet, die ſchmiedeeiſerne Spannſtange mit einem Keil zum Zweck der Regulierung der Länge verſehen. Fig. 22 ſtellt einen engliſchen Dachſtuhl (ſ. ſpäter) dar, deſſen gezogene Teile, mit Ausnahme des unteren Zugbaumes, der zugleich durch den Dachboden auf Biegen beanſprucht iſt, aus Rundeiſen, deſſen gedrückte aus Holz beſtehen. Die Berechnung dieſer Dächer bietet keine Eigentümlichkeiten, wenn ſie, wie die vorgeführten, reine Fachwerke darſtellen; ſie hat dann nach der gewöhnlichen Fachwerkstheorie (ſ. Fachwerk) zu geſchehen. Handelt es ſich aber um Nachbildungen der unreinen ſtatiſchen Gebilde alter Holzkonſtruktionen, ſo wird die Berechnung umſtändlicher, oft ſehr ſchwierig und unſicher. Einige Beiſpiele ſ. [8].

II. Eiſerne Dachſtühle. Die Vorteile der Dächer, deren Binder und Steifigkeitskonſtruktionen ganz aus Eiſen gebaut ſind — auch Dächer mit teilweiſer Verwendung von Holz zu Pfetten, Sparren, Schalung und Lattung gehören hierher —, beſtehen in deren faſt oder ganz vollkommenen Feuerſicherheit; in der Leichtigkeit und Eleganz ihres Ausſehens, verbunden mit großer Helligkeit; in der Schnelligkeit der Herſtellung, wo ſolche erwünſcht; in der Möglichkeit, auch ſehr weite Räume ohne Säulenſtellungen eindecken zu können, und in ihrer Dauerhaftigkeit.

Der äußeren Form nach kann man unterſcheiden: 1. Satteldächer mit geraden oder gekrümmten äußeren Dachflächen, wozu auch Säge- oder Sheddächer gehören; 2. Pult- und Perrondächer; 3. Zelt- und Pyramiden- oder Kegeldächer; 4. Kuppeldächer, eventuell auch: Dächer mit einer, mit zwei und mit mehr Dachflächen, mit lotrechten oder ſchiefen (abgewalmten) Schmalſeiten, mit Firſten oder mit Terraſſen. — Endlich unterſcheidet man noch zwiſchen Pfettendächern und Sparrendächern, je nachdem die Dacheindeckung mit ihrer Lattung, Schalung u. ſ. w. entweder unmittelbar durch die normal zu den Bindern laufenden Pfetten oder aber durch die parallel zu denſelben reſp. deren Obergurtung laufenden Sparren getragen wird.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Das innere Gerippe, das die Dacheindeckung zu tragen hat, beſteht aus den Hauptbindern, die meiſt von Langſeite zu Langſeite des Gebäudes laufen und die Laſten auf die Mauerpfeiler derſelben übertragen; den Neben- und Gratbindern, von denen die erſteren normal zu den Hauptbindern, die letzteren unter den Gräten des Daches nach den Ecken des Gebäudes laufen und die Dachlaſt zum Teil auf die Hauptbinder, zum Teil auf die Umfangsmauern abgeben; den Sparren und Pfetten, die in einfacher oder mehrfacher Anordnung die Verſchalung oder Lattung mit der äußerſten Dachhaut tragen. Die Pfetten laufen horizontal über die Obergurtungen der Hauptbinder (Binderſparren), auf die ſie die Dachlaſten übertragen, die Sparren parallel der Obergurtung der Hauptbinder über oder unter den Pfetten. Je nachdem die Pfetten oder die Sparren unmittelbar die Dachhaut mit ihrer eventuellen Lattung oder Schalung tragen, ſpricht man von einem Pfetten- oder Sparrendach (ſ. oben). — Neben dieſen eigentlichen Tragkonſtruktionen verſchiedener Ordnung ſind noch ſogenannte Steifigkeitskonſtruktionen notwendig, die ſich nicht an der Uebertragung der vertikalen Laſten beteiligen, ſondern ausſchließlich den Zweck haben, die einzelnen Binder des Daches, die für ſich allein keine Standfeſtigkeit beſitzen würden, zu einem ſteifen Ganzen zu vereinigen. Als Prinzip iſt hierbei feſtzuhalten, daß je zwei Binder zu einem Paar vereinigt werden, die einzelnen Paare aber voneinander unabhängig bleiben ſollen, damit die durch Temperaturwechſel hervorgerufenen Längenänderungen der Steifigkeitskonſtruktionen ſich nicht über die ganze Längenausdehnung des Daches fortpflanzen und eventuell Schübe auf die Giebelmauern und ſchädliche Formänderungen in den Bindern hervorrufen. Die erſte Abſteifung bilden die Pfetten, die mit den Obergurten eines Binderpaares feſt verbunden werden. Die zweite Abſteifung bildet ein Windverband in der Ebene der Obergurten eines Binderpaares, der bei kleinen Dächern durch Verſchalung und dichte Pfettung oft überflüſſig gemacht wird. Die dritte Abſteifung bilden Kreuzverbände zwiſchen den zwei Bindern eines Paares in lotrechten oder ſchiefen Ebenen, unter dem Firſt, in der Nähe der Traufen, eventuell noch in Zwiſchenebenen je nach der Bedeutung des Daches. Zwiſchen je zwei Binderpaaren werden die Pfetten beweglich geſtoßen mit Hilfe von Laſchen und ovalen Löchern in den Pfetten; oft auch werden dieſe Stoßverbindungen auf die Binderobergurten ſelbſt verlegt. Fig. 23 zeigt das Gerippe eines Dachſtuhls mit zwei Binderpaaren, den zwiſchen denſelben zweimal geſtoßenen Pfetten und den andern erwähnten Steifigkeitskonſtruktionen.

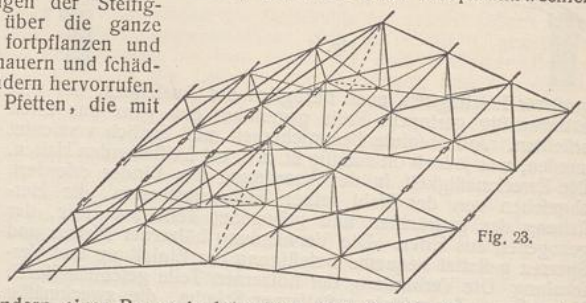


Fig. 23.

Die allgemeine Anordnung des inneren Gerüſtes, die Wahl und Formgebung der Binder hängt von den Grundrißverhältniſſen des zu überdeckenden Raumes, von der Art der Abdeckung, eventuell auch von äſthetiſchen Anforderungen ab. Die Grundrißform, namentlich die Lage der Traufen und der Mauerpfeiler als natürliche Auflagerpunkte der Binderfüße bedingt die Spannweite und Entfernung der Binder. Erſtere macht man ſo gering wie möglich, indem man die Traufen, wenn irgend möglich, an die Langſeiten des Gebäudes, die Binder parallel zu deren Schmalſeiten legt. — Die Entfernung der Binder wird überdies mit bedingt durch die Belaſtung der aufzunehmenden Pfetten, die Wahl des Fachwerkſyſtems durch die Anzahl der Pfetten. Durch Anwendung von fachwerkartig ausgebildeten Pfetten, von Sparren, Sparrenunterzügen u. ſ. w. wird eine größere Entfernung der Binder ermöglicht, wenn es die Lage der Mauerpfeiler erfordert. — Die Anzahl und Lage der Pfetten und Sparren ihrerſeits iſt beſtimmt durch die Stärke der praktiſch verwendbaren Profile in Verbindung mit dem Gewicht der Dachabdeckung und der äußeren Belaſtung (Schnee, Wind). — Vom ſtatiſch-ökonomiſchen Standpunkt aus wird man für reine Nutzbauten Binder mit geraden Obergurten wählen, Binder mit gekrümmten Obergurten dann, wenn an die äußere Form äſthetiſche Anforderungen geſtellt werden, wie bei Bahnhofshallen, Feſthallen u. ſ. w. Soweit die innere Anſicht in Frage kommt, iſt eine einfache, klare Gliederung mit möglichſter Vermeidung ſtörender Stabgewirre dem äſthetiſchen Eindruck günſtig. Daneben iſt die Anordnung der Lichtzufuhr von großer Bedeutung, vgl. S. 490, Oberlichter.

An ſpeziellen Fachwerkformen können die meiſten im Brückenbau üblichen Verwendung finden. Das Hauptaugenmerk iſt darauf zu richten, im Gegenſatz zu den alten Holzkonſtruktionen ſtatiſch reine Syſteme zu wählen (ſ. Fachwerk), die eine ſichere Berechnung und damit knappe Abmeſſung der tragenden Teile, alſo richtige Verwendung des Eiſens vom ſtatiſch-ökonomiſchen Standpunkte zulaſſen, was ſowohl bei ſtatiſch beſtimmten wie ſtatiſch unbeſtimmten Fachwerksformen der Fall ſein kann. — Allgemeine Regel iſt, möglichſte Ausnutzung der vorhandenen Konſtruktionshöhe zu erſtreben, weil mit dem Wachſen derſelben die inneren Spannungen abnehmen; ferner iſt Rückſicht auf die Stabilitätsverhältniſſe der Umfangsmauern zu nehmen. Dieſe verbieten entweder jeden Horizontalſchub und zwingen zur Wahl von Balkenträgern mit einerſeits beweglichem Auflager oder vom Bogen mit Zugſtange, oder aber, wenn der Bogen ohne dieſe gebaut werden ſoll, zur Wahl einer möglichſt tiefen Lage der Binderfüße, eventuell zur Verſtärkung der Mauern durch Strebepfeiler. — Bezüglich der Auflager iſt zu beachten, daß die Aenderungen der Temperatur, denen die Dächer im Wechſel von Tag und Nacht, Sommer und Winter unterworfen ſind, auch Aenderungen in der Spannweite der Binder bedingen. Erreichen dieſe erhebliche Beträge, ſo könnte bei feſtliegenden

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Enden ſowohl das Mauerwerk wie auch die Eiſenkonſtruktion ſelbſt ſchädliche Beanſpruchungen erleiden, weshalb ein Binderfuß beweglich angeordnet werden ſoll. Dabei werden alle feſten und alle beweglichen Auflager je auf eine Seite des Gebäudes gelegt, am zweckmäßigſten ſo, daß die vorherrſchende Windrichtung die Binderſeite mit dem feſten oder beweglichen Auflager trifft, je nachdem die Stabilität der Mauern größer iſt nach innen zu (bei Vorhandenſein innerer Scheidemauern) oder nach außen zu (bei Hallen mit äußeren Anbauten). — Je nach der Bedeutung des Daches und der Stärke der Umfangsmauern wird das bewegliche Auflager ein Gleitlager oder ein Rollen- reſp. Stelzenlager mit oder ohne Kippvorrichtung ſein. (S. Auflager und Auflager der eiſernen Brücken.) Gleitauflager ſind nur für kleine, leichte Dächer zuläſſig, bei denen die Binderfüße wegen der Gefahr des Abhebens durch Windſtöße meiſt noch eine Verankerung mit dem Mauerwerk in lotrechter Richtung erhalten. Die Bogenbinder erhalten entweder gelenkförmige (Kipp-)Lager oder ſeltener feſte Auflager. — Die Längenänderung der Balkenbinder kann man zu $^1/_{2000}$ der Spannweite annehmen, weniger oder mehr, je nachdem der innere Ausbau durch die Dachabdeckung beſſer oder ſchlechter gegen die äußeren Temperaturwechſel geſchützt iſt.

Ausführung der Eiſenkonſtruktionen. Im allgemeinen gelten die nämlichen Grundſätze wie im Brückenbau, es ſind daher nur einige ergänzende Einzelheiten zu erwähnen. Verwendung finden die meiſten im Eiſenbau überhaupt üblichen Walzeiſenſorten, früher hauptſächlich in Schweißeiſen, jetzt in Flußeiſen. Die Obergurten der Binder, die auf Druck und Knicken zu widerſtehen haben, werden für kleine Spannweiten aus ┬-Eiſen oder aus zwei Winkeleiſen (┐┌) zuſammengeſetzt. Für mittlere Spannweiten können zwei [-Eiſen (][) oder vier Winkel (╪) paſſende Gurtquerſchnitte liefern, auch der aus Stehblech, Winkeln und, wenn nötig, Kopfplatten zuſammengeſetzte ┬-Querſchnitt (⊤), der mit ſolchen wie auch der Kaſtenquerſchnitt (⊓) ſelbſt für ganz große Spannweiten reicht. Die letzteren Formen ſind zudem imſtande, Biegungsſpannungen aufzunehmen, und eignen ſich daher beſonders, ſelbſt für kleinere Dächer, wenn Pfetten noch zwiſchen die Knotenpunkte gelegt werden müſſen. Um die hierdurch erzeugten Biegungsſpannungen zu vermeiden, werden wohl auch die Obergurten der Binder für ſich ſelbſt wieder als Fachwerkträger mit naheliegenden Knotenpunkten ausgebildet. Für die Untergurten werden meiſt ebenfalls geſpreizte Profile, in gewiſſen Fällen auch ſtehende oder liegende Bandquerſchnitte oder Rundeiſen verwendet, letztere zwei Formen, wenn dieſe Teile für das Auge möglichſt in den Hintergrund treten ſollen, und natürlich immer nur dann, wenn in der Zuggurtung keine Druckkräfte auftreten können. Aus demſelben Grund werden daher auch oft die Wind- und Querverbände aus Rundeiſen ausgeführt. Für die Füllungsglieder werden, wenn ſie nur gezogen ſind, wie auch für kleines Gitterwerk, Flachbänder verwendet; meiſtens aber zieht man ebenfalls geſpreizte Querſchnitte vor von folgenden Formen: ⊥ L ⫩ ⌐L ⫩ ⊔ ⊟. Rundeiſen iſt für dieſe Teile nicht mehr üblich. Die Verbindung der einzelnen Teile geſchieht in Europa gegenwärtig faſt ausſchließlich mittels Vernietung (ſ. Nietverbindungen); doch ſind, namentlich in Süddeutſchland, eine Anzahl ſchöner Hallendächer vorhanden, bei denen die Verbindungen nach Gerbers Bolzenſyſtem ausgeführt ſind. In Amerika werden meiſt Gelenkbolzenverbindungen angewendet. — Die Füllungsglieder werden entweder unmittelbar an die Gurtungen genietet, namentlich wenn dieſelben Stehbleche beſitzen, oder die Vereinigung geſchieht mit Hilfe von Knotenblechen. In beiden Fällen ſind Gurten und

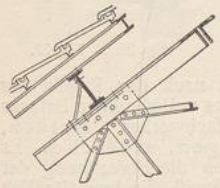


Fig. 24.

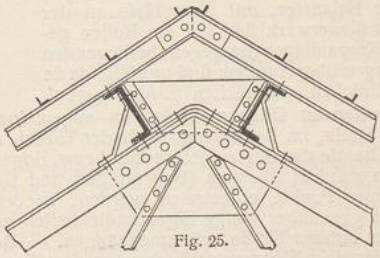


Fig. 25.

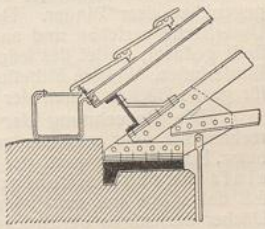


Fig. 26.

womöglich auch Streben ſymmetriſch zur Kraftebene anzuordnen und ſind ferner die Schwerachſen der Stäbe an jedem Knoten in einem Punkt zuſammenzuführen, um Verbiegungsſpannungen möglichſt zu vermeiden. Von dieſer Regel wird aus konſtruktiven Gründen oft abgewichen, und es kann auch unbedenklich dort geſchehen, wo die Streben keine oder nur eine geringe Teilkraft parallel zur Gurtung beſitzen, was z. B. beim franzöſiſchen Dachſtuhl der Fall iſt. Die Nietzahl zur Befeſtigung der Knotenbleche und der Stäbe ſowie zur Verbindung der aus verſchiedenen Teilen zuſammengeſetzten Gurtungen, die Gruppierung der Nieten u. ſ. w. geſchieht nach den im Art. Nietverbindungen gegebenen Regeln.

Auf die Ausbildung der Binderkonſtruktionen braucht hier nicht näher eingetreten zu werden, ſoweit für dieſelbe die allgemeinen Regeln des Eiſenbaues maßgebend ſind; es ſollen nur einige eigentümliche Einzelheiten der Dächer beſprochen werden. Dieſe finden ſich namentlich bei den Knotenpunkten, die faſt immer gleichzeitig zur Aufnahme der Pfetten ausgebildet werden, im beſonderen bei den Firſtpunkten und an den Binderfüßen, den Traufpunkten.

Fig. 24—26 zeigen einen Zwiſchenknoten, Firſt- und Traufpunkt eines Sparrendaches, deſſen ſämtliche Teile, auch Sparren und Latten, aus Eiſen gebildet ſind und das mit Falzziegeln

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

gedeckt iſt. Die Pfetten ſtehen normal zur Dachneigung, alle Glieder des Binders beſtehen aus doppelten Winkeleiſen und ſind mittels Knotenblechen verbunden. — Fig. 27 und 28 ſtellen Zwiſchenknoten der Obergurtung, Fig. 29 den Firſtpunkt von Sparrendächern mit hölzernen

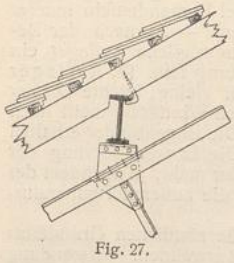


Fig. 27.

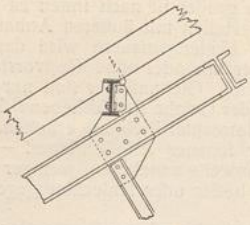


Fig. 28.

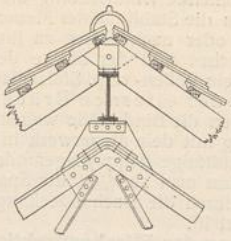


Fig. 29.

Fig. 30.

Sparren und Latten und lotrecht geſtellten eiſernen Pfetten dar. Die Gurten und Streben, wieder aus je zwei ſymmetriſchen Querſchnitten gebildet, ſind durch Knotenbleche verbunden, auf welche Pfetten gelagert ſind. — Fig. 30 und 31 geben den Knotenpunkt eines Pfettendaches in

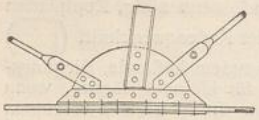


Fig. 34.

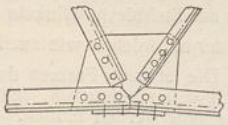


Fig 33.

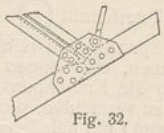


Fig. 32.

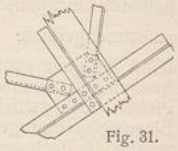


Fig. 31.

Anſicht und Grundriß, welch letzterer den Anſchluß der Windſtreben zeigt. Der Gurtquerſchnitt beſteht hier aus Stehblech und Winkeleiſen, auf denen die hölzernen Pfetten mit der Verſchalung unmittelbar aufliegen. — In den Fig. 32—34 ſind einige Knotenpunkte von Untergurtungen dargeſtellt. Fig. 32 entſpricht den Bauformen von Fig. 24—29, Fig. 33 zeigt einen einfachen ſtehenden, Fig. 34 einen ebenſolchen liegenden Bandgurt, erſterer von einer Gasanſtalt in Berlin (erbaut von Schwedler), letzterer von der Einſteighalle der Niederſchleſiſch-Märkiſchen Eiſenbahn Berlin (erbaut von Römer). In Fig. 35 iſt noch ein doppelter ſtehender Bandgurt ſichtbar. — Von Auflagern iſt in Fig. 26 ein gewöhnliches Gleitlager mit Verankerung des Binderfußes dargeſtellt, in Fig. 35 und 36 ein etwas vereinfachtes Kipp- und Rollenauflager, das für mittlere Spannweiten paſſend iſt. Eine Platte (Fig. 37), auf die Unterſeite des Binderfußes aufgenietet, greift mit ſeitlichen Ausſchnitten in die Naſen des oberen Balanciers und verhindert dadurch Verſchiebungen des Auflagers gegenüber dem Binder. Der Balancier, mit einer Naſe an der Unterfläche verſehen und aufs Mauerwerk ſtatt auf die Rollen geſtellt gedacht, bildet das feſte Kippauflager des gegenüberliegenden Binderfußes. Weitere Mitteilungen über Auflager ſind unnötig, da ſie für große Dächer denen der Brücken entſprechen (ſ. Auflager).

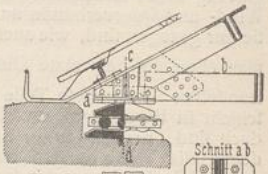


Fig. 35.

Fig. 36. Fig. 37.

Die Berechnung der eiſernen Dächer erfolgt im allgemeinen nach den Regeln der rechnenden oder zeichnenden Statik, im beſonderen nach der Theorie des vollwandigen Balkens bezw. Bogens oder nach der Theorie des Balkenfachwerkes bezw. Bogenfachwerkes (ſ. Balken, einfache und Balkenfachwerke, Bogen [Bogenträger] und Bogen, einfache). Es ſoll daher hier nur auf diejenigen Punkte eingetreten werden, in denen die Berechnung der Dächer derjenigen der Brücken gegenüber einige Eigentümlichkeiten aufweiſt, die hauptſächlich mit dem Vorhandenſein ſchiefer äußerer Kräfte zuſammenhängen. — Bei den Belaſtungen iſt zu unterſcheiden zwiſchen einerſeits dem Eigengewicht, das aus dem Gewicht der Dacheindeckung und demjenigen der Binder beſteht, wozu eventuell das Gewicht aufgehängter Böden oder Decken kommt, und anderſeits zwiſchen den zufälligen Laſten: Winddruck, Schneelaſt und eventuell Nutzlaſt der Wohnböden.

Ungefähre mittlere Gewichte von Dacheindeckungen für 1 qm ſchiefer Dachfläche ſind:

Einfaches Ziegeldach	60—100 kg	Zink und Eiſenblech auf Holzſchalung	40—50 kg
Doppeltes „	90—130 „	Schiefer auf Winkeleiſen	45 „
Falzziegeldach	70 „	Ebenes Eiſenblech auf Winkeleiſen	25 „
Schieferdach, gelattet	45— 55 „	Eiſenwellblech „ „	20 „
„ verſchalt	65— 75 „	Zinkwellblech „ „	15 „
Holzzementdach	120—160 „	Glas auf Sproſſeneiſen	35—40 „
Teerpappe	25— 35 „	(Näheres ſ. [2], S. 260, [4], S. 18.)	

Das Bindergewicht kann erſt dem ausführlichen Projekt genau entnommen werden; für die erſte Rechnung kann es eingeführt werden mit ungefähr 15—20 kg für leichtere und 20—30 kg für ſchwerere Dachſtühle pro Quadratmeter Horizontalprojektion des überdeckten Raumes

([4], S. 19). Uebrigens hängt das Bindergewicht zu ſehr von Spannweite und Binderentfernung ab, als daß dieſe Werte alle vorkommenden Fälle einſchließen würden. Ausgeführte Bauten zeigen zum Teil weſentlich höhere Gewichte [2], S. 268. Das Eigengewicht von Decken und Böden ſchwankt von 60 bis 450 kg/qm und iſt jedesmal beſonders zu ermitteln. Die Nutzlaſt für Böden und Decken kann angenommen werden zu

Wohnräume . . 150 kg/qm	Heuſpeicher . . 500 kg/qm	Warenſpeicher . . 750 kg/qm
Tanzſäle . . . . 250 „	Fruchtböden . . 500 „	Menſchengedränge 400 „

Um den Stößen der bewegten Laſten Rechnung zu tragen, werden dieſe Zahlen zweckmäßig noch erhöht, z. B. um 20%.

Die Schneelaſt iſt natürlich ſehr verſchieden in den verſchiedenen Klimaten; für Mitteleuropa kann man ſie zu 80 kg/qm horizontale Grundfläche einführen.

Winddruck. Der Winddruck kann erfahrungsgemäß ſchief von oben nach unten wirken und wird daher unter einem Winkel β von 10—15° zur Horizontalen geneigt angenommen. Er wird zerlegt in eine Teilkraft normal zur Dachfläche und in eine ſolche parallel zu derſelben. Die letztere iſt, abgeſehen von etwaiger Reibung an der Dachhaut, ohne Einfluß auf die Belaſtung des Daches; die erſtere berechnet ſich für die Flächeneinheit der ſchiefen Dachfläche zu $n = w \cdot \sin^2(\alpha + \beta)$ (Fig. 38), wenn w den Winddruck auf die Einheit der normal getroffenen Fläche bedeutet. Die Teilkraft ſenkrecht auf die Dachhaut wäre nämlich $w \cdot \sin(\alpha + \beta)$, ſie trifft aber auf eine im Verhältnis $\frac{1}{\sin(\alpha + \beta)}$ vergrößerte Fläche $a'\,b'$. Nach neueren Unterſuchungen iſt aber die Formel nicht einwandfrei (ſ. Winddruck). Den Normaldruck w nimmt man an zu 100—150 kg/qm im Binnenland und zu 250—270 kg/qm in Küſtengegenden. — Endlich bleibt noch zu erwähnen, daß die Dachhaut und ihre Unterlagen eine konzentrierte Menſchenlaſt zu 75 kg zu tragen imſtande ſein muß, um Schneeräumungsarbeiten und Reparaturen zu ermöglichen.

Sind alle Belaſtungseinheiten gegeben, ſo ermittelt man die der Entfernung der Binder und der Knotenpunkte entſprechenden, auf jeden dieſer Punkte entfallenden Laſten. Man wird hierbei die lotrechten Laſten zuſammenfaſſen, ſoweit dies möglich, den Wind aber geſondert behandeln. Für die Gurtungen kommt Totalbelaſtung durch Eigenlaſten und Schneelaſt nebſt Windbelaſtung auf die rechte bezw. linke Dachfläche in Frage. Bei den engliſchen Dachſtühlen werden auch die Streben durch Totalbelaſtung am ſtärkſten beanſprucht; in den übrigen Fällen muß für die Streben hälftige Schneebelaſtung berückſichtigt werden, ſolange die Dachflächen eben ſind. Nur bei ganz großen Dächern mit gebogenen Dachflächen, wo der Schnee beim Wegſchmelzen auch Bruchteile einer Dachhälfte bedecken kann, unter Umſtänden auch bezüglich der Nutzlaſt angehängter Böden wird es nötig, für die Streben die ungünſtigſten Belaſtungsfälle zu berückſichtigen (ſ. Hallendächer unter Dach, S. 491).

Abgeſehen von dieſen ſeltenen Fällen iſt daher alſo die Berechnung der Dächer einfacher als diejenige der Brücken, denn nach Ermittlung der verſchiedenen Belaſtungen erübrigt nur, für dieſelben die Stützendrücke zu beſtimmen, auf graphiſchem oder analytiſchem Wege in die Gurt- und Strebenkräfte zu zerlegen und die verſchiedenen Kräftearten zu ihren Größt- bezw. Kleinſtwerten zu vereinigen. Graphiſch geſchieht dies am beſten mit Hilfe von Cremonaſchen Kräfteplänen (ſ. d. und [8], S. 86 ff., [4], [9]—[11]), wo ſich graphiſch und analytiſch durchgeführte Rechnungen vorfinden, die als Beiſpiele dienen können.

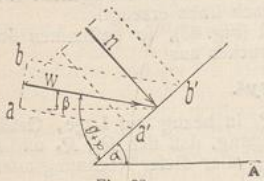


Fig. 38.

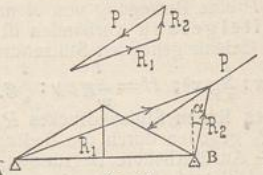


Fig. 39.

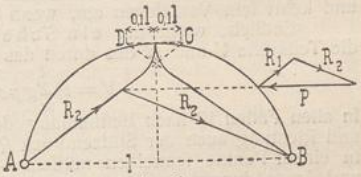


Fig. 40.

Die **Ermittlung der Stützen- oder Auflagerdrücke** weiſt nur inſofern einige Beſonderheiten auf, als die einwirkenden Laſten nicht faſt ausſchließlich lotrecht ſind wie bei Brücken, ſondern infolge des hinzutretenden Winddruckes ſchief mit verſchiedenartiger Neigung.

Bei Balkenträgern mit korrekter Auflagerung — ein Ende feſt, das andre auf Rollen gleitend — beſtimmen ſich auch für ſchiefe Laſten die Stützendrücke aus den bloßen Gleichgewichtsbedingungen (ſ. Cremonaſcher Kräfteplan, S. 481). Fehlt aber das Rollenauflager, ſo iſt die Richtung der Stützendrücke nicht ſicher beſtimmbar; ſie kann an dem Auflager, das verſchiebbar iſt — z. B. demjenigen B der Fig. 39 —, von der Lotrechten bis um den Reibungswinkel α abweichen, der für Eiſen auf Eiſen 10—15° beträgt. Man wird die für die Beanſpruchung des Trägers ungünſtigſte Lage des Stützendruckes B annehmen, wonach dann auch diejenige des feſten Auflagers A gegeben iſt.

Bei Sprengwerksträgern ſind die Bogentheorien zur Ermittlung der Stützendrücke anzuwenden. Für den Bogen beliebiger Form mit drei Gelenken und den Parabelbogen mit zwei Gelenken ſind die nötigen Andeutungen hinſichtlich horizontaler Kräfte unter Dach, S. 495 gegeben. Für den Kreisbogen findet man nach Keck [12] die Kräfteſchnittlinie angenähert nach Fig. 40, indem man die Geraden AC, BD tangential in die Scheitellotrechte übergehen läßt. Für unſtetige Formen der Sprengwerksträger mit weniger als drei Gelenken und ſolche mit ſtark wechſelndem Trägheitsmoment müſſen die allgemeinen Behandlungsarten der graphiſchen Statik zur Anwendung gelangen. Kennt man von vornherein die ungünſtigſte Belaſtungsart des Daches oder hat man überhaupt nur ganz wenige Belaſtungsfälle zu unterſuchen, ſo geht man am beſten

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

nach dem allgemeinen Arbeitsprinzip vor (ſ. [14] und [15]). Die Arbeit wird ziemlich umſtändlich, für kleinere Objekte hilft man ſich daher gern mit Annäherungen.

Wenn man es nur mit wenigen ſchiefen Laſten oder aber mit Konſtruktionen aus wenigen geraden Teilen beſtehend zu tun hat, kann man die richtigen Stützendrücke oft am einfachſten durch Anwendung der allgemeinen Theorie der Elaſtizitätsellipſe finden. Man teilt den Bogen in Elemente der Länge s, belaſtet deren Schwerpunkte mit den elaſtiſchen Gewichten $g = \frac{s}{EJ}$, wo J = Trägheitsmoment des Querſchnittes, E = Elaſtizitätsmodul des Baumaterials, und ermittelt deren Summe $G = \sum_0^l g$.

Für den Bogen mit feſten Auflagern (Fig. 41) beſtimmt man ferner die Höhenlage s des Schwerpunktes O der g, $s = \sum_0^l g y' : G$ und die beiden Trägheitsmomente $T_v = \sum_0^l g y^2$ und $T_h = \sum_0^l g x^2$, womit auch die Halbmeſſer der Geſamtträgheitsellipſe $i_v = \sqrt{T_v : G}$ und $i_h = \sqrt{T_h : G}$ gegeben ſind. Denkt man ſich nun das rechte Ende B feſtgehalten, das linke frei ſchwebend, ſo findet man die wagerechte und lotrechte Teilkraft H und V des linksſeitigen Stützendruckes R und deſſen Abſtand r vom Mittelpunkt O aus der Bedingung, daß derſelbe die Bewegungen dieſes mit dem freien Ende A feſt verbunden gedachten Punktes O wieder rückgängig mache, die er durch die Formänderung des durch die Laſt P beeinflußten Bogenteiles von B bis zum Laſtangriffspunkt W erlitten hat. Es iſt $H = P \sum_w^l g \cdot p \cdot y : T_v$;

$$V = P \sum_w^l g \cdot p \cdot x : T_h;\quad R_1 = \sqrt{H^2 + V^2},\quad r = M : R_1 = P \sum_w^l g p : G \sqrt{H^2 + V^2}.$$

Der Richtungsſinn des Stützendruckes R ergibt ſich aus der Ueberlegung, daß er ſelbſt wie die Laſt P um den Antipol dieſer letzteren bezüglich der Elaſtizitätsellipſe des abgeſchnittenen Stückes BW, aber in entgegengeſetztem Sinne, drehen, deſſen Lage ſich leicht abſchätzen läßt.

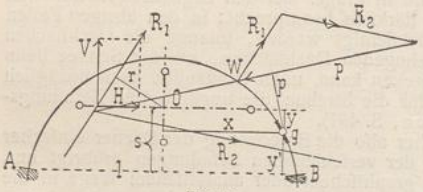


Fig. 41.

Beim Bogen mit zwei Gelenken (Fig. 42) iſt die lotrechte Teilkraft A des Stützendruckes direkt gegeben, $A = P \cdot b : l$, und die wagerechte Teilkraft H folgt aus

$$H = P\left(\tfrac{1}{2} G \cdot s \cdot b - \sum_w^l g \cdot p \cdot y\right) : \sum_0^l g y^2.$$

H iſt einwärts gerichtet für einen poſitiven Wert des Zählers. In dieſem bedeutet das erſte Glied den linksgerichteten Teilbetrag der Horizontalbewegung des freiſchwebenden Endes A unter dem Einfluß des lotrecht aufwärtswirkenden Stützendruckes A, wird alſo mit abwärtsgerichtetem A negativ; das zweite Glied bedeutet den nach rechts gerichteten Teilbetrag der Bewegung des freiſchwebenden Endes A unter dem Einfluß der Laſt P auf den Bogenteil BW und kehrt ſein Vorzeichen um, wenn P eine Bewegung von A nach links erzeugt.

Endlich, wenn nur ein Scheitelgelenk vorhanden iſt (Fig. 43), ſo beſtimmen ſich die Teilkräfte V und H des durch das Gelenk gehenden Stützendruckes aus

$$V = P \sum_w^l g p x : \sum_0^l g x^2;\quad H = \sum_w^l g p y : \sum_0^l g y^2.$$

In allen Fällen iſt nach Beſtimmung des linken Stützendruckes R_1 in bezug auf Lage, Größe und Richtung auch der Stützendruck R_2 gegeben durch die Bedingung, daß ſich R_1, R_2 und P in einem Punkte ſchneiden müſſen. — Ausführlichere Begründung aller dieſer Rechnungsarten und Anwendungen auf Perrondächer ſ. [13] und [14].

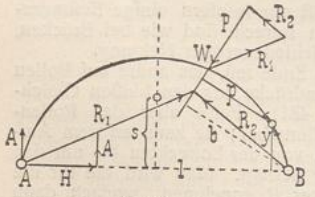


Fig. 42.

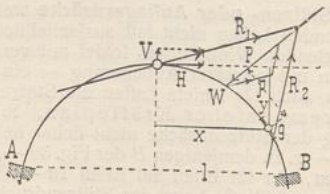


Fig. 43.

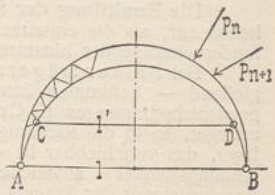


Fig. 44.

Erwähnung erfordern noch die Bogen mit Zugſtangen CD in einer Zwiſchenhöhe zwiſchen Fuß und Scheitel; der eine Bogenfuß kann verſchiebbar gelagert ſein, wie in Fig. 45 angedeutet, oder aber beide Füße ſind drehbar feſt, oder ſie ſind endlich durch eine zweite Zugſtange, die dann meiſt unter dem Boden liegt, miteinander verbunden. Die Stützendrücke bezw. inneren Spannungen beſtimmen ſich in dieſen Fällen mit Hilfe des Arbeitsprinzipes. Iſt nur die Zugſtange CD von der Länge l' vorhanden (Fig. 44) und ein Bogenende auf Rollen gelagert, ſo ermitteln ſich die Spannkräfte S der Stäbe dieſes einfach ſtatiſch unbeſtimmten Syſtems aus der Formel $S = S_o + X_a \cdot S_a$. Hier bedeutet S_o die Stabkräfte in dem durch Entfernung der Zugſtange CD ſtatiſch beſtimmt gemachten Syſtem für die Laſten P; S^a die Stab-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

kräfte für die alleinige Kraft $X_a = +1$ im Zugſtab. Beide Kräftegruppen ſind leicht durch Cremonaſche Kräftepläne oder auf anderm Wege zu ermitteln. X_a endlich iſt die für die Belaſtungen P wirklich auftretende Spannung in der Zugſtange CD und beſtimmt ſich aus

$$X_a = \Sigma S_o S_a \varrho : \left(\Sigma S_a^2 \varrho + \frac{l'}{E' F'} \right),$$

worin die Summen ſich über alle Stäbe erſtrecken, ϱ die Länge eines Stabes geteilt durch ſeine mit dem Elaſtizitätsmodul multiplizierte Fläche, d. h. alſo $\varrho = \frac{s}{EF}$, und $\frac{l'}{E' F'}$ das nämliche für die Zugſtange bedeutet. Die Kräfte S_a ſind O für die Strecken unterhalb der Zugſtange; rückt dieſe an den Fuß hinunter, ſo bleibt das Verfahren immer noch gültig; nur treten jetzt für alle Stäbe Kräfte S_a auf. — Iſt neben der Zugſtange CD noch eine die Bogenfüße AB verbindende vorhanden, wobei natürlich ein Fuß auf Rollen gleiten muß, ſo wird in erſter Linie durch Entfernen beider Zugſtangen das Syſtem wieder ſtatiſch beſtimmt gemacht und die Stabkräfte S_o für die äußeren Laſten P beſtimmt; darauf werden die $P = 0$, X_a aber $= +1$ angenommen, welcher Zuſtand wieder die Stabkräfte S_a; endlich wird $X_b = +1$ angenommen, welcher Zuſtand die Kräfte S_b liefert. Dann rechnen ſich die Geſamtkräfte jeden Stabes nach dem Ausdruck $S = S_b + X_a S_a + X_b S_b$, worin X_a und X_b die wirklichen Spannungen in den Zugſtangen unter den Laſten P bedeuten, die aus den beiden Gleichungen ſich finden:

Fig. 45a.

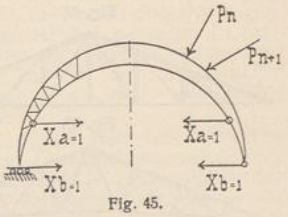


Fig. 45.

$$\left.\begin{aligned} \frac{X_a l'}{E' F'} &= \Sigma S_o S_a \varrho + X_a \Sigma S_a^2 \varrho + X_b \Sigma S_a S_b \varrho \\ \frac{X_b l}{E'' F''} &= \Sigma S_o S_b \varrho + X_a \Sigma S_a S_b \varrho + X_b \Sigma S_b^2 \varrho \end{aligned}\right\}.$$

Sind beide Bogenfüße drehbar feſt gelagert, ſo wird das auf die Ausdehnung der unteren Zugſtange ſich beziehende Glied $\frac{X_b l}{E'' F''} = 0$. Der Einfluß der Temperatur kann auf dem nämlichen Weg gefunden werden; ſ. Fachwerke, ſtatiſch unbeſtimmte, und [15]. Handelt es ſich um vollwandige Träger, ſo ſind die Formänderungen der Achſen für die Belaſtungszuſtände P, $X_a = -1$ und $X_b = -1$ zu ermitteln (Fig. 45).

Haben die Obergurten der Binder noch Laſten (Pfetten) zwiſchen den Knotenpunkten aufzunehmen, ſo ſind ſie für die vereinigte Wirkung von Druck und Biegung zu berechnen.

Die Pfetten ſind auf Biegen nach einer oder zwei Richtungen beanſprucht. Für eiſerne Dächer ſind hölzerne Pfetten nur berechtigt, wenn eine Lattung oder Schalung unmittelbar auf dieſen aufgebracht werden ſoll. In den übrigen Fällen ſind für eiſerne Dächer auch eiſerne Pfetten vorzuziehen. Für ſchwache Pfetten genügen gleichſchenkelige oder ungleichſchenkelige ⌊, für ſtärkere werden ⌐, ⊏ und ⌶-Eiſen verwendet. Genügen Walzprofile nicht mehr, wie es bei großen Binderentfernungen und ſchweren Dächern vorkommt, ſo müſſen zuſammengeſetzte Vollwandträger oder Gitterträger gewählt werden. Die Pfetten können lotrecht oder ſenkrecht zur Dachneigung geſtellt werden. Letzteres iſt vorteilhafter für nicht ſchwere, ſteile Dächer, auf denen der Schnee nicht mehr liegen bleibt und der Winddruck die weſentlichſte Belaſtung ausmacht, erſteres für flache, ſchwere Dächer, bei denen die lotrecht wirkenden Laſten des Schnees und der Dachabdeckung überwiegen. Für Dächer mittlerer Neigung iſt das ⌐-Eiſen ſenkrecht zur Dachfläche und mit dem unteren Schenkel abwärts gerichtet meiſt das vorteilhafteſte Profil, weil ſeine Hauptachſe ſich am meiſten der Mittelkraft der Laſten nähert, die zwiſchen die Lotrechte und die Senkrechte zur Dachneigung hineinfällt. Beträgt die Dachneigung mehr als etwa 15°, ſo muß bei der Berechnung der Pfetten dem Umſtand Rechnung getragen werden, daß die Richtung der Mittelkraft der Laſten nicht mit der Hauptachſe des Profilquerſchnittes zuſammenfällt. Man zerlegt am einfachſten die Mittelkraft nach den Richtungen der beiden Hauptachſen, für welche die Trägheitsmomente in den Tabellenwerken gegeben ſind, und ſummiert deren Wirkung für die ſtärkſt beanſpruchte Faſer. Behufs Entlaſtung der Pfetten vom Seitenſchub parallel der Dachfläche kann dieſer durch beſondere Zugſtangen, die durch die Stege der Pfetten geſteckt und mit dieſen feſt verbunden werden, nach den Firſtpfetten übertragen werden, wo er ſich für ſymmetriſche Belaſtungen aufhebt; oder es kann eine Anordnung nach Fig. 45a getroffen werden, bei der das liegende ⊏-Eiſen die Teilkraft parallel zur Dachfläche aufnimmt und auf die Binder überträgt. Eine derartige Anordnung kann bei ſchweren Dächern und hohen Pfetten auch aus dem Grund nötig werden, weil die Laſten nicht im Schwerpunkt des Profils, ſondern in Kopfhöhe angreifen und in ſolchen Fällen ein nicht unbeträchtliches Torſionsmoment erzeugen.

Die Pfetten werden, wenn ſie ſenkrecht zur Dachfläche ſtehen, meiſt einfach auf die Binder aufgenietet und noch, wenn es nötig erſcheint, durch beſondere Winkelſtücke oder gebogene Blechſtreifen gegen Kippen geſtützt, wenn ſie lotrecht ſtehen, meiſt an Knotenbleche angeſchloſſen. Beiſpiele finden ſich im Art. Dach (Hallendächer). Wird die Binderentfernung zu groß, ſo verwendet man, wie ſchon erwähnt, ſtatt Walzprofilen genietete Vollwandträger oder des leichteren Ausſehens halber Fachwerkträger. Erwähnenswert und vorteilhaft ſind die Gitterpfetten, die Schwedler bei den Hallenbauten der Berliner Stadtbahn anwendete. Es ſind dies Doppelpfetten mit drei Gurtungen, einer geraden Druckgurtung aus einem Winkeleiſen und zwei gekrümmten Zuggurtungen, aus Bandquerſchnitt beſtehend, die mit der erſteren durch

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Gitterwerk zu zwei aufeinander ſenkrecht ſtehenden Fachwerkwänden verbunden ſind. Die eine, in der Ebene der Dachfläche liegend, nimmt die Kräfte parallel zu dieſer auf, die zweite ſteht ſenkrecht zur Dachfläche und nimmt die zu dieſer ſenkrechten Laſtkomponenten auf. Um nicht durch die Pfetten infolge von Längenänderungen durch Temperaturwirkungen ſeitliche Schübe

Fig. 49.

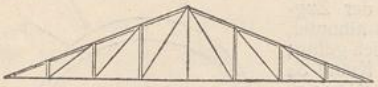


Fig. 50.

Fig. 51.

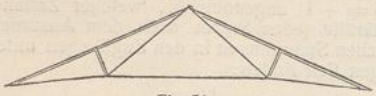


Fig. 54.

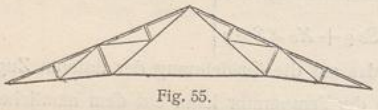


Fig. 55.

Fig. 56.

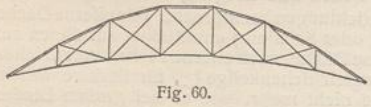


Fig. 60.

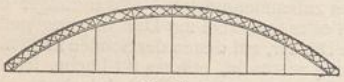


Fig. 61.

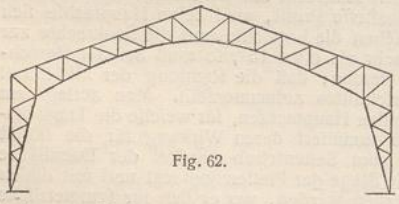


Fig. 62.

Fig. 47.

Fig. 46.

auf die Binder auszuüben, müſſen dieſelben, am beſten zwiſchen den je paarweiſe zuſammengefaßten Bindern, beweglich geſtoßen werden, was mittels ovaler Löcher und Schraubenverbindungen erreicht wird.

Fig. 48.

Die Steifigkeitskonſtruktionen werden in den ſeltenſten Fällen ſo ſtark beanſprucht ſein, daß die Rechnung auf zuläſſige Spannung brauchbare Querſchnitte ergeben würde; dieſelben werden meiſt ab-

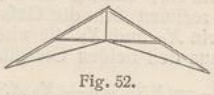


Fig. 52.

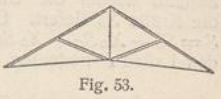


Fig. 53.

geſchätzt, wobei der Grundſatz maßgebend iſt, daß durch dieſe Konſtruktionsteile alle Arten von Schwankungen und Schwingungen, alſo Formänderungen, verhindert werden ſollen, was größere Querſchnitte, als ſie die Rückſicht auf die erlaubten Spannungen

Fig. 57.

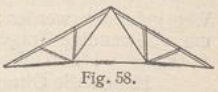


Fig. 58.

zuließen, rechtfertigt. Was die Beſtimmung der Querſchnitte der Bindergliedern ſelbſt betrifft nach Ermittlung der in ihnen herrſchenden Zug-, Druck- und Knickkräfte, ſo ſind vielfach abweichende Regeln und Vorſchriften in Uebung (ſ. Dimenſionenberechnung).

Fig. 59.

Zum Schluß ſoll noch eine Ueberſicht über diejenigen Fachwerksformen gegeben werden, die am häufigſten für eiſerne Dachbinder Verwendung finden.

Das einfache Satteldach (Fig. 46) findet für die kleinſten Spannweiten Verwendung; das Säge- oder Sheddach (Fig. 47) iſt ein Satteldach mit ungleich geneigten Dachflächen, das Pultdach (Fig. 48) iſt die eine Hälfte eines Satteldaches. — Der engliſche Dachſtuhl (Fig. 49—51) beſteht aus geradlinigen Streckbäumen und aus einer regelmäßigen Aufeinanderfolge von Füllungsgliedern. Er bildet ein reines und das denkbar einfachſte Fachwerk und kann ohne Aenderung des Bildungsgeſetzes für jede Spannweite benutzt werden. — Der deutſche Dachſtuhl (Fig. 52 und 53) iſt eine Abart des engliſchen Stuhles und eignet ſich nur für kleinere Spannweiten. — Der franzöſiſche Dachſtuhl, nach ſeinem Erfinder auch Polonceau-Stuhl genannt (Fig. 54—56), beſteht aus zwei ſchief geſtellten armierten Balken, die durch eine Zugſtange miteinander verbunden ſind. Durch Wiederholung der einfachen Armierung der urſprünglichen Form (Fig. 54) können ſtatt eines drei (Fig. 55) und mehr Unterſtützungspunkte für den oberen Streckbaum geſchaffen werden (Berechnung ſ. Polonceau-Dachſtuhl). In Fig. 56 (der Schwedleriſchen Abart des franzöſiſchen Dachſtuhles) iſt eine reichliche Anzahl von Stützpunkten durch Verwendung von Gitterſparren erreicht. — Der belgiſche Dachſtuhl (Fig. 57 und 58) mit zwei Stützpunkten des oberen Streckbaumes iſt eine Abart des franzöſiſchen und eignet ſich nur für mäßige Spannweiten. — Fig. 59 zeigt einen Typus der Binderformen mit geradem oberen und gekrümmtem unteren Streckbaum, die vielfach Verwendung finden, da ſich der innere Raum günſtig ausnutzen läßt und zugleich die Ein-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

deckung eine einfache wird. Auf beiden Seiten ſind nach einwärts fallende Pultdächer angehängt. — Der Sichelträger (Fig. 60) iſt die mit Vorliebe verwendete Form für Hallendächer. Beide Gurtungen ſind gekrümmt, ſei es nach Parabeln, Kreisbogen oder andern Kurven. Die Anordnung der Füllungsglieder iſt ſehr verſchieden, ebenſo die verwendeten Pfeilhöhen und die Stichhöhen der unteren Gurtung. Fig. 60 zeigt eine Form des Sichelträgers mit Pfoſten und gekreuzten Streben. — Auch der Parabelträger, in den der Sichelträger übergeht, wenn der untere Streckbaum geradlinig wird — den oberen als nach einer Parabel gekrümmt vorausgeſetzt —, findet Verwendung, ferner der Halbparabelträger, bei dem die Streckbäume nicht in einen Punkt zuſammengeführt ſind, ſondern an Endpfoſten von beſtimmter Höhe endigen. — Vom Bogenträger ſind hier zwei Formen gegeben. Fig. 61 ſtellt einen Fachwerkbogen mit gekrümmten Gurtungen und einer Zugſtange dar, die den Horizontalſchub aufzunehmen hat; die lotrechten Hängeſtangen haben nur die horizontale Zugſtange am Durchhängen zu verhindern. Fig. 62 endlich iſt ein Bogen mit Punktauflagern, der zugleich Dach und ſeitliche Abſchlußwände bildet. Mit Scheitelgelenk oder ohne ein ſolches — wie hier — wird dieſe Form mit großer Vorliebe für moderne Ausſtellungsbauten verwendet.

Literatur: [1] Heinzerling, Der Eiſenhochbau der Gegenwart, Heft 1, Aachen 1876, Heft 2, ebend. 1878. — [2] Gottgetreu, Lehrbuch der Hochbaukonſtruktionen: Eiſenkonſtruktionen, 3. Teil, Berlin 1885. — [3] Brandt, Lehrbuch der Eiſenkonſtruktionen, Berlin 1876. — [4] Handbuch der Architektur, I, 1 b: Statik der Hochbaukonſtruktionen, Darmſtadt 1889. — [5] Ebend., Raumbegrenzende Konſtruktionen. — [6] Scharowski, Muſterbuch für Eiſenkonſtruktionen, 2. Aufl., Bd. 1, Berlin 1892. — [7] Tetmajer, Schmiedeeiſerne Dächer, als Manuſkript autogr., Zürich 1880. — [8] Ritter, W., Anwendungen der graphiſchen Statik, 2. Teil, Zürich 1890. — [9] Müller-Breslau, Die graphiſche Statik der Baukonſtruktionen, 1. Teil, Leipzig 1887. — [10] Weyrauch, Beiſpiele und Aufgaben zur Berechnung der ſtatiſch beſtimmten Träger für Brücken und Dächer, Leipzig 1888. — [11] Handbuch der Ingenieurwiſſenſchaften: Brückenbau, 2. Aufl., Leipzig 1886/88. — [12] Keck, W., Vorträge über Elaſtizitätslehre, Hannover 1893. — [13] Schweizer. Bauzeitung, Bd. 32. — [14] Müller-Breslau, Die neuen Methoden der Feſtigkeitslehre, Leipzig 1893. — [15] Derſ., Graphiſche Statik der Baukonſtruktionen, Bd. 2, 1. Abt., Leipzig. — [16] Förſter, M., Die Eiſenkonſtruktion der Ingenieurhochbauten, 2. Aufl., Leipzig 1903.

G. Mantel.

Dachſtuhlſäulen (Stuhlſäulen), ſ. Dachſtuhl, S. 514.

Dachtraufe (Traufe), die untere Kante eines Daches, von der das Regenwaſſer abtropft, ohne von einer Rinne aufgefangen und abgeleitet zu werden. Auch bezeichnet man damit die Linie vor der Umfaſſungswand, die vom Traufwaſſer getroffen wird. Dieſe Linie ſoll ſtets innerhalb des eignen Grundes liegen.

Dachwand, bei einem Pultdache die Rückwand, an die ſich dieſes anlehnt.

Dachzerlegung, Dachausmittlung, Dachzerfallung nennt man die Darſtellung der Dachflächen und Sparren, Gräte und Kehlen in ihrer wahren Größe. Das Aufſuchen der wahren Geſtalten der Dachflächen behufs Feſtſetzung der Ausmaße der Dachſparren geſchieht wie folgt:

Iſt *a b c d e f a* (Fig. 1) ein Gebäudegrundriß, über dem ein Satteldach von gegebener Neigung α aufgebaut iſt, ſo ſchneiden ſich die über den Linien *a b*, *b c*, *c d*, *e f* und *f a* errichteten Dachflächen nach den Linien *b g*, *c h*, *i k*, *f i*, *g h*, *h i* und *a g*. Die Schnittpunkte von drei aneinander ſtoßenden Dachflächen heißen Anfallpunkte. Solche Anfallpunkte ſind z. B. die Punkte *a*, *b*, *g*, *h*, *i* u. ſ. w. Die unterſte Kante einer Dachfläche, längs der das Regenwaſſer abfließt, heißt Trauflinie, die oberſte Firſtlinie. Zwei Dachflächen, die aneinander ſtoßende Trauflinien enthalten, ſchneiden ſich nach einer Grat- bezw. Kehllinie, je nachdem der Winkel der Trauflinie ein aus- oder einſpringender iſt. In Fig. 1 iſt *c h* eine Gratlinie, *f i* eine Kehllinie. Die Ermittlung der wahren Geſtalten der Dachflächen vollzieht ſich durch Umlegung dieſer Flächen um die zugehörigen Trauf- bezw. Firſtlinien in die Ebene der Zeichnung. So iſt z. B. $b c g_1 h_1$ die wahre Geſtalt der Fläche *b c g h*, desgleichen iſt $g_1 h_1 i_3 f_3 a_3$ die wahre Geſtalt der Fläche *g h i f a* u. ſ. w., dabei iſt $m n_1 = m n$, $n_1 l_3 = n l$. Die weitere Konſtruktion iſt aus Fig. 1 erſichtlich.

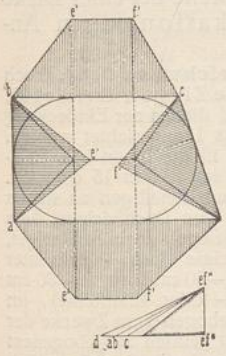


Fig. 2.

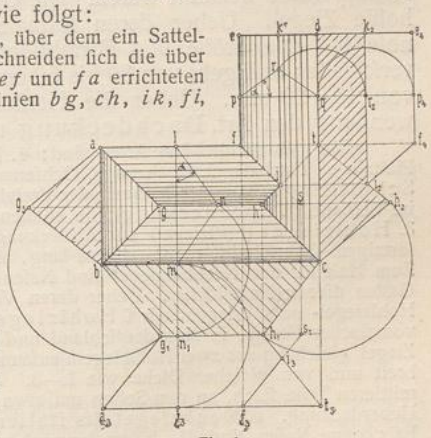


Fig. 1.

Sehr einfach bei rechteckigen Grundriſſen, überhaupt regelmäßigen Grundformen, iſt die Dachzerlegung bei unregelmäßigen mit Schwierigkeiten verknüpft. Wenn ſämtliche Dachflächen eines freiſtehenden Gebäudes die gleiche Dachneigung haben, fällt die Firſtlinie in die Mittelachſe der Grundfläche und die Kehlen und Gräte halbieren die einſpringenden Winkel und

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Ecken des Grundes (f. Fig. 2). Bei unregelmäßiger Grundfläche eines Gebäudes (f. Fig. 3) entftehen 1. bei gleicher Dachneigung ungleiche Dachhöhen, d. h. eine anfteigende Firftlinie; 2. bei wagerechter Firftlinie, windfchiefe Dachflächen und dadurch in der Dachftuhlkonftruktion gebrochene Pfetten und gekrümmte Kehl- oder Gratfparren. Diefen Schwierigkeiten

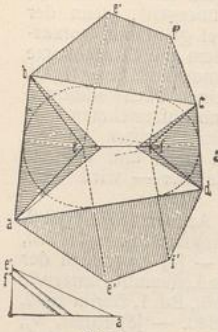


Fig. 3.

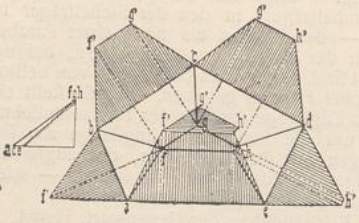


Fig. 4.

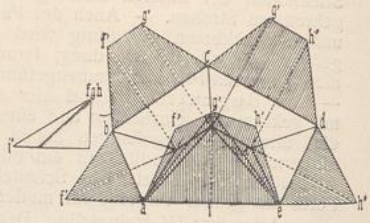


Fig. 5.

und Mängeln kann vorgebeugt werden durch 3. Anordnung einer Plattform (f. Fig. 4), bei der drei Firftlinien in gleicher Höhe entftehen. 4. Durch Zerlegen der unregelmäßigen bezw. windfchiefen Dachfläche in mehrere Dreiecke nach dem Lehrfatze, daß ein Dreieckfeld nie eine windfchiefe Fläche bildet (f. Fig. 5). Bei zufammengefetzten Grundformen erfolgt eine Zerlegung in einzelne Teile, für die unter Annahme gleicher Dachneigung die Beftimmung der Dachflächen, Firften, Kehlen u. f. w. (f. Fig. 6) vorgenommen wird. Sollen bei ungleichen Gebäudetiefen die Firften gleiche Höhe erhalten, fo wird dies erreicht a) durch ungleiche Dachneigung, b) durch Anordnung von Plattformen.

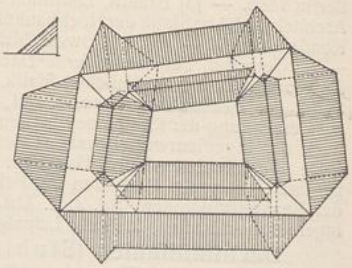


Fig. 6.

Literatur: Vonderlinn, Darft. Geometrie für Bauhandwerker, Stuttgart 1894; Opderbecke, A., Dachausmittlungen, Leipzig 1901.

Weinbrenner.

Dachziegel, aus Lehm gefertigte und gebrannte Steine von länglichflacher oder hohler Form, die ein einfaches oder mehrfaches Ueberdecken der Dachfläche geftatten. Die Anwendung der Ziegel zur Dachdeckung geht bis in das graue Altertum zurück. Man weiß, daß fie in Afien bereits vor der griechifchen Kulturperiode bekannt waren. Die Griechen und Römer verwendeten flache und hohle Ziegel. Ueber deren formale Ausbildung und Anwendung f. Schlußnote [1]. Die Größe und Formbildung ift nach Landesart, Klima u. f. w. fehr verfchieden und geht von 30 bis 50 cm Länge, 10 bis 25 cm Breite bei einer Dicke von 15—20 mm. Ueber die Herftellung f. Ziegelfabrikation, deren Anwendung den Art. Dachdeckung u. a. m.

Die gebräuchlichften Arten find: 1. Dachplatte oder Biberfchwanz (f. d.), auch Plattziegel, Flachziegel, Dachzunge, Ochfenzunge, Zungenftein; 2. halbe Ziegel, Ortziegel, Schnittlinge, von der halben oder dreiviertel Breite der Dachplatten, dienen zur Eindeckung im Verband (f. Dachdeckung); fie können auch mit dem Hammer aus 1. zugerichtet werden. 3. Hohlziegel (Firftziegel) zur Abdeckung von Firften und Gräten, ift meift von halbkreisförmigem Querfchnitt, ca. 35—40 cm lang, an dem einen Ende 12 cm, am andern 15 cm weit. Zum Halt für den Nachbarziegel find Nafen oder Falze angebracht; zum Befeftigen an fteilen Gräten dienen Nagellöcher. Ueber deren Verwendung zur Eindeckung von Dachflächen, dem Hohlziegel- oder Priegendach f. Hohlziegel. 4. Dachpfanne (Paßziegel, auch Breitziegel, von flacher Form), in Norddeutfchland und Holland üblicher, in der Linie eines ~ geformter Ziegel, gleichfam aus zwei Hohlziegeln zufammengefetzt, deren Größe: 35—40 cm lang, 25—30 cm breit und von gleicher Dicke wie 1.—3. 5. Schlußziegel (Kremp- oder Blattfteine), im mittleren Teile flach, an den Seiten um etwa 2 cm entgegengefetzt umgebogen zum Zwecke der Ueberdeckung. 6. Deckziegel des italienifchen Daches (f. d.) mit feitlich aufgebogenem Falz, ohne Nafen, find 41—50 cm lang, oben 33—39 cm, unten 25—31 cm breit, fo daß fie fich ineinander fchieben. Zur Ueberdeckung der Stoßfugen dienen Hohlziegel (Canali) von gleicher Länge. Die Unterlagen bilden kleinere Blättchen (Pianelli) von halber Größe der Deckziegel. 7. Rautenziegel, 28—33 cm im Geviert, mit zwei aufwärts und zwei abwärts gebogenen Falzen, am oberen Eck eine Nafe, find von gefälligem Ausfehen und können bei Anwendung verfchiedenfarbiger Glafur der Oberfläche eine reiche Muflerung des Daches bilden.

Verbefferte Fabrikate, an denen fowohl die Maße als die formale Ausbildung einen wefentlichen Fortfchritt zeigen, find die 8. Falzziegel, erfunden zu Altkirch im Oberelfaß von Gilardoni (Patent von 1841). Bei diefen find die Stoßfugen wie die Ueberdeckungen durch eine oder mehrfache Ueberfalzungen fo gedichtet, daß hiermit eine höchft vollkommene Eindeckung erzielt wird (f. Falzziegeldach). Die hohen Vorzüge diefer Art Ziegel haben

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

zu vielfacher Nachahmung und Ausbildung geführt und ſind es beſonders linksrheiniſche Fabriken, z. B. Forbach (Lothringen) und Jockgrimm (Rheinpfalz), die hervorragende Erzeugniſſe liefern. Die äußere Anſicht ſolcher Ziegel zeigt zwiſchen Falzen der Langſeite noch Rauten oder Streifen als Verſteifungen der Flächen. Größe der Falzziegel: Länge 35—43 cm, Breite 23—25 cm, Stärke ca. 10—12 mm. 9. Schuppenziegel, ein andres Fabrikat desſelben Erfinders, ſoll die äußere Oberfläche des Daches leichter und gefälliger und dem Schieferdache ähnlich geſtalten. 10. Bordziegel, dienen dazu, den Abſchluß der Falzziegeldächer am Ortgang in gefälliger Weiſe zu bilden; ſie erſetzen die ſonſt üblichen Ortgangbretter (ſ. d.). 11. Kaffziegel, Kappziegel, von der Größe eines oder zweier Falzziegel, mit einer halbkugelförmigen Haube überbaut, die vorn eine Luft- und Lichtöffnung bildet; an Scheunen und Speicherdächern verwendet. 12. Lichtziegel, mit einem Ausſchnitt und Falz zur Verglaſung, dient wie der Glasfalzziegel (ſ. Dachfenſter) zum Lichteinfall im Dachraum. 13. Kehlziegel, bilden den unteren Rand der Dachflächen an Kehlen, decken die ungleichmäßig abgeſchroteten Enden der Falzziegel und bilden eine durchgehende Kante mit Löchern zum Ablauf des Regenwaſſers. 14. Joffonziegel, eine in Frankreich beliebte, zierliche Ziegelart in Geſtalt eines Blattes.

Der gute Dachziegel muß hartgebrannt, von hellem Klang und froſtbeſtändig, die Bruchfläche gleichartig, feinkörnig und ohne eingeſprengte Kalkteile ſein. Proben der Haltbarkeit ſind: 1. die Ueberwinterung, d. h. Ausſetzen in Froſt und Eis, 2. Begießen mit kaltem Waſſer bei Rotglühhitze. Eine rauhe Oberfläche der Ziegel verhindert das raſche Ablaufen des Regenwaſſers und begünſtigt das Anſetzen von Mooſen, die durch feine Wurzeln das Losbröckeln der oberſten Haut herbeiführen. Dieſem Mißſtand vorzubeugen, zugleich auch um einen Schmuck des Daches zu bilden, werden die Ziegel mit farbiger Glaſur (ſ. d.) überzogen. Ein einfacheres Verfahren iſt das Anräuchern, das ſchon im Mittelalter in Holland üblich war. S. Ziegelfabrikation.

Literatur: [1] Handbuch der Architektur, 2. Teil, 1. Bd., S. 106 ff., Darmſtadt 1881; 2. Bd., S. 204 ff., Darmſtadt 1885. — [2] Mothes, Baulexikon, 2. Bd., Leipzig 1882. *Weinbrenner.*

Dacit, ſ. Andeſit.

Dächſel, ſ. Dachsbeil.

Dädaleum, ſ. Phänakiſtoſkop.

Dämmerung, der Uebergang zwiſchen der vollen Tageshelligkeit und dem Dunkel der Nacht.

Man unterſcheidet gewöhnlich zwiſchen „bürgerlicher“ und „aſtronomiſcher“ Dämmerung. Die erſtere rechnet man vom Moment des Untergangs der Sonne bis zu einer Zeit, zu der es eben noch möglich iſt, gewöhnliche Druckſchrift zu leſen, oder bis zum Erſcheinen der hellſten Sterne, und das Ende der aſtronomiſchen Dämmerung ſetzt man dann an, wenn alle dem bloßen Auge überhaupt wahrnehmbaren Sterne geſehen werden können. Aus dieſer Definition geht ſchon hervor, daß die Grenzen der Dämmerung nicht beſonders ſicher angegeben werden können. Zur Zeit des Endes der bürgerlichen Dämmerung befindet ſich die Sonne etwa 6° unter dem Horizont, und wenn die aſtronomiſche Dämmerung endigt, deren Zeitpunkt auch aus dem Verſchwinden des ſogenannten Dämmerungsſegmentes, einem hellen Bogen am Weſthimmel, der ſich nach Untergang der Sonne häufig recht deutlich wahrnehmen läßt, beſtimmt werden kann, befindet ſich die Sonne etwa 18° unter dem Horizont.

Scharfe Angaben für die Depreſſion der Sonne beim Ende oder Anfang der Dämmerung laſſen ſich alſo nicht machen; die Dämmerungskreiſe ſind mit dem Zuſtand der Luft jedenfalls veränderlich und wohl immer für Morgen- und Abenddämmerung verſchieden anzunehmen [1]. Die Dauer der Dämmerung ergibt ſich bei angenommenem Dämmerungskreis ($-h$) ſehr einfach als Differenz der Stundenwinkel der Sonne in der Zenitdiſtanz ($90° + h$) und zur Zeit des Aufgangs oder Untergangs (wobei Rückſicht auf die ſogenannte Tagverlängerung zu nehmen iſt, vgl. den Art. Auf- und Untergang der Geſtirne) [2]. Mit der Annahme $h_1 = -6°$ folgt hier eine Tabelle der bürgerlichen Dämmerungsdauer (für Mitteleuropa) in Minuten:

Geogr. Breite	1. Jan.	1. Febr.	1. März	1. April	1. Mai	1. Juni	1. Juli	1. Aug.	1. Sept.	1. Okt.	1. Nov.	1. Dez.
+45°	35	33	32	32	35	38	38	36	33	32	33	34
47	37	35	34	34	36	40	40	38	35	33	35	36
49	39	37	35	35	38	42	43	40	36	34	36	38
51	41	39	36	36	40	45	46	42	38	36	38	41
+53	43	41	38	38	42	47	48	44	39	38	40	43

Die Tabelle zeigt, daß die Dämmerungsdauer mit zunehmender geographiſcher Breite im Laufe des Jahres immer mehr ſchwankt. Mit der Annahme $h_2 = -18°$ iſt aus der folgenden Tabelle die Dauer der aſtronomiſchen Dämmerung (für die Breiten 40—60°, alſo Madrid-Konſtantinopel bis Chriſtiania-Petersburg) in Stunden und Minuten zu entnehmen:

Geogr. Breite	1. Jan.	1. Febr.	1. März	1. April	1. Mai	1. Juni	1. Juli	1. Aug.	1. Sept.	1. Okt.	1. Nov.	1. Dez.
+40°	1.39	1.34	1.31	1.34	1.45	2. 0	2. 4	1.50	1.38	1.32	1.33	1.37
45	1.48	1.43	1.39	1.43	1.59	2.26	2.34	2. 8	1.48	1.40	1.40	1.46
50	2. 1	1.54	1.49	1.55	2.21	3.47	—	2.39	2. 3	1.50	1.51	1.59
55	2.19	2. 9	2. 3	2.13	3. 7	—	—	—	2.26	2. 5	2. 6	2.16
+60	2.48	2.30	2.22	2.41	—	—	—	—	3. 8	2.25	2.26	2.42

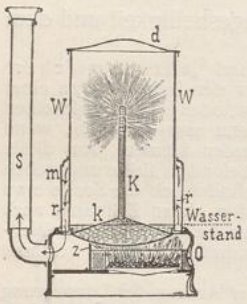
UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Wo keine Zahl in den Tabellen ſteht, bedeutet dies, daß die Sonne die Tiefe von 18° unter dem Horizont zum angegebenen Datum und in der angegebenen Breite überhaupt nicht erreicht, ſo daß die aſtronomiſche Dämmerung die ganze Nacht dauert. Die erſte Tabelle zeigt, daß in Süddeutſchland (49°) z. B. die kürzeſte bürgerliche Dämmerung (34 Minuten) Mitte März und Anfang Oktober eintritt (bei einer Sonnendeklination von wenigen Graden Süd) [6]. — Eine durch Jahrhunderte ſehr berühmt geweſene Aufgabe iſt die der „kürzeſten Dämmerung“; mit ihr haben ſich ſchon die erſten ausführlichen modernen Schriftſteller über die Dämmerungserſcheinungen beſchäftigt [3]. Die Aufgabe lautet: Es iſt der Tag anzugeben, an dem die Dämmerung, bei gegebener geographiſcher Breite des Beobachtungsorts, die kürzeſte Dauer hat. Die Aufgabe hat eine große Literatur hervorgerufen [4]; lange vor Erfindung der Infinitеſimalrechnung geſtellt, iſt ſie in der Tat einer ganz elementaren Behandlung fähig [5].

Literatur: [1] Vgl. Literaturangaben dazu, z. B. Wolf, Handbuch der Aſtronomie, I, 2, Zürich 1891, S. 476. — [2] Vollſtändige elementare Entwicklung, z. B. bei Hammer, Trigonometrie, Stuttgart 1885, S. 299—303. — [3] Als erſter vielleicht Nonius, De crepusculis liber unius, Liſſabon 1542. — [4] Geſammelt, für die ältere Zeit ziemlich vollſtändig, in der großen Bibliographie générale de l'Aſtronomie von Houzeau und Lancaster, Brüſſel, von 1882 an; das wichtigſte Neuere (Joh. und Jak. Bernoulli, die ſich über 5 Jahre lang mit der Aufgabe beſchäftigten, Lambert, Euler, d'Alembert, d'Arreſt, Stoll u. ſ. w.) ſ. a. bei Wolf, a. a. O., S. 477, oder bei Günther, Mathem. Geogr., Stuttgart 1890, S. 154; zur Dämmerung überhaupt ebend., S. 150 ff. — [5] Vgl. z. B. den Artikel „Dämmerung“ (von Brandes) in Gehlers Phyſikal. Wörterbuch, 2. Aufl., Bd. 2, Leipzig 1826, oder bei Hammer, a. a. O. — [6] Eine Reihe von Schilderungen des Verlaufes der Dämmerung und damit zuſammenhängender Erſcheinungen vgl. bei Arrhenius, S. A., Lehrbuch der kosmiſchen Phyſik, Leipzig 1903, S. 853 ff. *Ambronn.*

Dämpfapparat, in der Landwirtſchaft, Vorrichtung zum Dämpfen verſchiedener Futtermittel, wie Kartoffeln, Rüben, Spreu u. ſ. w.

Durch das Kochen mit Dampf werden die Zellen geſprengt (aufgeſchloſſen), wodurch das Futter leichter verdaulich wird, ohne daß ihm, wie beim Kochen in Waſſer, Nährſubſtanzen entzogen werden. Kann man den nötigen Dampf nicht dem Keſſel einer Brennerei oder Molkerei durch ein Verbindungsrohr entnehmen, ſo benutzt man Dämpfapparate. Bei den Dämpfapparaten, die z. B. von der Aktiengeſellſchaft Eckert, Berlin, und Paul Reuß, Artern, in guter Ausführung geliefert werden, iſt der Dampfentwicklungsraum und der eigentliche, im allgemeinen kippbare Dämpfraum voneinander getrennt ausgeführt. Der Dampf wird durch Rohre ins Dämpfgefäß eingeführt. — Ventzki in Graudenz vereinigt den Dampfentwicklungsraum und den Dämpfraum und erzielt dadurch bei einfachſter Konſtruktion ſehr gute Reſultate. Die Figur zeigt einen ſolchen „Schnelldämpfer“ größerer Ausführung im Schnitt. Das Dampfgefäß *W* mit dem Mantel *m* wird auf den Herd *z* mit Schornſtein *s* aufgeſetzt. Vor dem Anheizen gießt man ſo viel Waſſer in das Dampfgefäß, daß der Einſatzboden *k* etwa bis zur Häfte bedeckt iſt, wozu 1—2 Eimer erforderlich ſind, füllt die Kartoffeln oder dergl. ein und ſchließt den Deckel *d*. Der ſich entwickelnde Dampf tritt durch die Löcher des Rohres *K* in die Frucht. Wenn nach 30—50 Minuten der Dampf aus einem Sicherheitsventil ausſtrömt, hört man zu feuern auf und läßt das Faß noch etwa 15 Minuten ſtehen, dann iſt die Frucht gar. Nun läßt man das Kondenswaſſer ab, hebt den Keſſel mit Hilfe eines Hebegeſtells an und kippt ihn nach Oeffnen des Deckels um ſeine Drehzapfen aus. Der Kohlenverbrauch beträgt $1\frac{1}{4}$—$1\frac{1}{2}$ kg pro Zentner Kartoffeln. Schnelldämpfer wie beiſtehende Figur werden in den Größen von 65—630 l Inhalt ausgeführt und koſten 61—346 *M.* Die Herddämpfer faſſen 30—80 l und koſten 13—30 *M.* *Wrobel.*



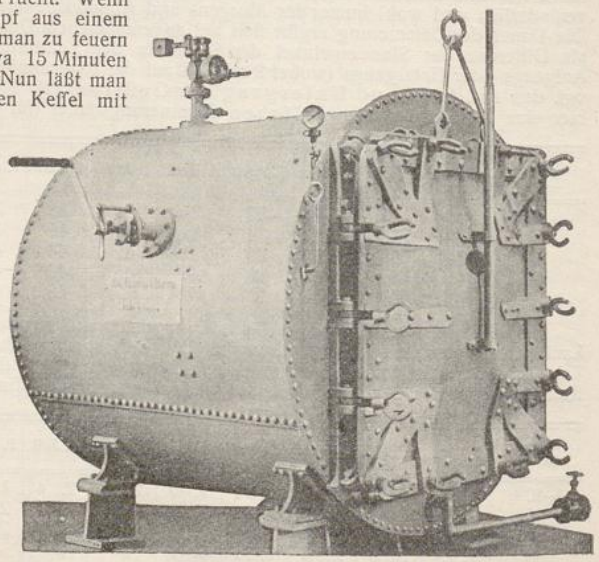


Fig. 1.

Dämpfen der Eiſenbahnſchwellen, ſ. Holzkonſervierung.

Dämpfen im Zeugdruck hat den Zweck, die aufgedruckten Farben zu entwickeln und auf der Faſer zu fixieren.

Es wird meiſtens in geſchloſſenen Dämpfkaſten (Fig. 1)

vorgenommen, in die man trockenen Dampf von einer gewissen Spannung einströmen läßt. Um das Abflecken der aufgedruckten Farben zu verhindern, werden die Gewebe gewöhnlich mit sogenannten Mitläufern in Wickelform gebracht und auf die im Dämpfkessel befindlichen Rollen gehängt. Diese Rollen werden von außen in Umdrehung versetzt, damit keine örtliche Dampfkondensation entstehen kann, wodurch ein Auslaufen der bedruckten Stellen auftreten würde. Die Dampfspannung und die Dämpfdauer richten sich nach der Natur der aufgedruckten Farben. Auch kontinuierliche Dämpfapparate werden vielfach benutzt, und Fig. 2 zeigt einen solchen, der als „Kleiner Mather & Platt-Apparat" bekannt ist. — Auch die bedruckten Wollwaren werden dem Dämpfen unterworfen, jedoch arbeitet man hierbei mit feuchtem Dampf von geringer Spannung. — Die fixierende Wirkung des Dämpfens beruht auf der hohen Temperatur des Dampfes, die das Verflüchtigen der den Druckfarben beigegebenen Lösungsmittel oder eine Dissoziation derselben (bei Anwendung von Aethylweinsäure u. s. w.) verursacht. Anderseits wirkt der Dampf auch wie das Wasser im Färbebade; er löst die Farbstoffe und bringt sie mit der Faser in engeren Zusammenhang [1]. In andern Fällen, besonders beim Aetzdruck, ruft die hohe Temperatur des Dampfes die Reaktion verschiedener Körper aufeinander hervor, die nun ihrerseits auf die gefärbte Unterlage einwirken. Hierauf beruhen beispielsweise die neueren Methoden, Indigo weiß und rot zu ätzen. Die Dampfhitze bringt auch Lösungen von Kasein, Ei- oder Blutalbumin zum Koagulieren, wodurch die solchen Lösungen zugemischten Körperfarben unlöslich auf der Faser fixiert werden. — Durch das Dämpfen wird auch Farblackbildung hervorgerufen bei Anwendung von sogenannten Beizenfarbstoffen. In einigen Fällen geht ein Verhängen der bedruckten Stoffe dem Dämpfen voraus. In der Färberei findet das Dämpfen auch Anwendung zum Avivieren der mit Türkischrot gefärbten Baumwolle, ferner in der Appretur verschiedener Gewebearten, endlich nach dem Crabben der Gewebe auf dem Zylinder (s. Dekatieren). — Aehnlich wird das Holz vor der Verarbeitung in der Holzstoffabrikation behandelt (s. Dampfholzschliff).

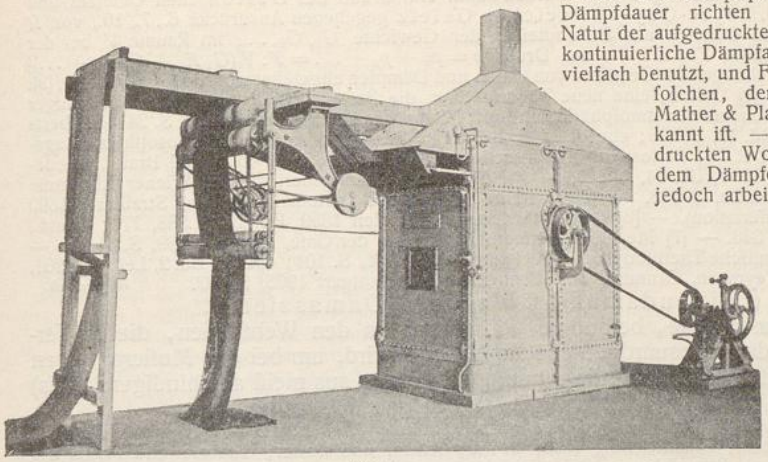


Fig. 2.

Literatur: [1] Rosenstiehl, Bulletin de la Société Indust. de Mulhouse, 1890, S. 401. *Ad. Singer.*

Dämpfer, s. Meßinstrumente, elektrische, und Spiritusfabrikation.

Dämpfung, s. Meßinstrumente, elektrische, Induktion.

Dängeln, Dängelmaschine, s. Dengeln.

Dänisch-Leder (Suède oder Chairleder), glacégares Handschuhleder, auf der geschlichteten oder dollierten Fleischseite gefärbt.

Däumling, s. Daumen.

Daguerreotypie, s. Photographie.

Dalben, s. Duc d'Alben.

Dallastypie, Verfahren zur Herstellung von Buchdruckplatten mittels Photogalvanographie (s. d.); außerhalb Englands ohne Verwendung.

Daltons Gesetz besagt, daß der Druck eines Gases durch andre im gleichen Raume befindliche Gase nicht geändert wird, so daß der Gesamtdruck eines Gemisches chemisch nicht aufeinander wirkender Gase gleich der Summe der Drücke ist, welche seine Bestandteile bei der gleichen Temperatur einzeln ausüben würden.

Dalton hat das Gesetz zuerst ausgesprochen und durch Versuche mit Luft und Dampf gestützt [1], während es Henry, Gay-Lussac, Regnault u. a. innerhalb gewisser Grenzen bestätigt fanden. Andrews zeigte jedoch durch Versuche bis zu einigen hundert Atmosphären [2], daß das Gesetz bei hohen Drücken nicht mehr genügt und alsdann geradezu unrichtige Resultate liefern kann. Für Dämpfe von schwefliger Säure und Kohlensäure fand Braun bei Partialdrücken von weniger als einer halben Atmosphäre noch merkliche Abweichungen [3]. Margules wies nach [4], daß die Abweichungen eines Gasgemisches vom Daltonschen Gesetz denselben Gang zeigen können wie die Abweichungen eines Gases vom Boyleschen Gesetz. Am ausführlichsten hat die Frage in neuerer Zeit Galitzine behandelt [5], [6], wobei wie in früheren Fällen konstatiert wurde, daß der Gesamtdruck für gewisse

Gemiſche und Drücke kleiner, für andre größer als die Summe der Partialdrücke iſt. Auf Grund aller Verſuche und der kinetiſchen Gastheorie [7] hat man das Daltonſche Geſetz, ähnlich dem Boyleſchen (ſ. d.), als einen Grenzausdruck anzuſehen, dem kein wirkliches Gas vollkommen entſpricht, der jedoch für techniſche Zwecke auf die ſchwerſt kondenſierbaren Gaſe ohne weiteres, auf Gemiſche von Gaſen und Dämpfen oder von verſchiedenen Dämpfen meiſt ebenfalls mit genügender Genauigkeit angewendet werden kann. Auf Grund des Daltonſchen Geſetzes ſind z. B. die im Art. Boyle-Gay-Luſſacſches Geſetz gegebenen Ausdrücke 6., 7., 10., von R [man hat für ein Gemiſch aus Beſtandteilen der Gewichte $G_1, G_2, \ldots$ im Raume V bei der abſoluten Temperatur $T = 273 + t$ den Druck $p = p_1 + p_2 + \ldots = T : V(G_1 R_1 + G_2 R_2 + \ldots)$] und weitere Beziehungen für Gemiſche von Gaſen und Dämpfen abgeleitet worden [6], S. 770, [8], [9].

Literatur: [1] Dalton, eine neue Theorie über die Beſchaffenheit gemiſchter luftförmiger Flüſſigkeiten, beſonders der atmoſphäriſchen Luft; Nicholſons Journal 1801, Bd. 5, S. 241; Gilberts Annalen 1802, Bd. 12, S. 385; ebend. 1803, Bd. 15, S. 21. — [2] Andrews, Philosophical Magazine 1876, Bd. 1, S. 78; Philosophical transactions 1887, Bd. 178 A, S. 45. — [3] Braun, Wiedemanns Annalen 1888, Bd. 34, S. 943. — [4] Margules, Sitzungsberichte der Wiener Akademie 1889, Bd. 98, Abt. 2 a, S. 883. — [5] Galitzine, Ueber das Daltonſche Geſetz, Straßburg 1890 (Inaugurationsdiſſertation). — [6] Derſ., Wiedemanns Annalen 1890, Bd. 41, S. 588, 770; ebend., 1891, Bd. 42, S. 348. — [7] Meyer, Die kinetiſche Theorie der Gaſe, Breslau 1899, S. 31, 93. — [8] Zeuner, Techniſche Thermodynamik, Leipzig 1900, Bd. 1, S. 104; ebend., Bd. 2, Leipzig 1901, S. 304. — [9] Weyrauch, Grundriß der Wärmetheorie I, Stuttgart 1905, S. 137. *Weyrauch.*

Damaſt (Leinendamaſt), ſ. Weberei, Damaszieren.

Damaſtmaſchine, beſondere Vorrichtung an den Webſtühlen, die in Verbindung mit dem Jacquardgetriebe angewendet wird, um bei den Muſtergeweben die den Damaſt kennzeichnende Bindung (Quadrate aus meiſt achtbindigem Atlas) zu erzeugen. Kurze Beſchreibung in [1], eingehende in [2].

Literatur: [1] Müller, Handbuch der Weberei, Leipzig 1894, S. 609. — [2] Lembke, Mechan. Webſtühle, 5. Fortſ., Braunſchweig 1893, S. 130; Kinzer und Walter, Theorie und Praxis der Ganzdamaſtweberei, Braunſchweig 1901; Zeitſchr. für die geſamte Textilinduſtrie 1903/04, S. 5, 87.

Damaſtpapier, weißes, naturfarbiges oder grundiertes, durch Preſſen mit Muſtern verſehenes Papier (ſ. Buntpapierſorten).

Damaſtſtahl (Damaszenerſtahl), ſ. Damaszieren.

Damaszieren, Eiſen und Stahl derart bearbeiten, daß ſie flammige und aderige Zeichnungen annehmen, fälſchlich auch das Einhämmern von Silber oder Gold in Metallarbeiten (Taufchieren), beſonders in Säbelklingen. Vgl. Goldarbeiten, Kunſtgewerbe.

In Europa ahmt man den Damaszenerſtahl nach, indem man dünne Stäbe von Stahl, weichem oder weißem und hartem oder grauem Eiſen übereinander legt, zuſammenſchweißt, dann mit Schraubſtock und Stange ſchraubenförmig umdreht, den ſo gewonnenen Stahl in vier oder mehr Teile zerſchneidet, dieſe wieder zuſammenſchweißt und dann die Operation des Drehens und Schweißens noch einigemal wiederholt. Um parallele Streifen oder regelmäßige Figuren zu erlangen, wird in die oberſte Platte eines Päckchens verſchiedenartiger Stahlplatten eine Zeichnung graviert. Beim Hämmern preßt ſich dann der Stahl von unten in die Höhlung der Gravierung, ſo daß ſämtliche Platten an dieſer Stelle eine Ausbiegung erhalten, die nach dem folgenden Aetzen als eine Damaszierung erſcheint. Bei der Moſaikdamaszierung werden die zuſammengewundenen Stäbe in kleine Stücke gehauen und dieſe aneinander gelegt, geſchweißt und geſchmiedet. Crivelli in Mailand ahmte echte Damaszenerklingen dadurch nach, daß er Schmiedeeiſen und Stahl in einer großen Anzahl dünner Schichten zuſammenarbeitete. Am einfachſten bringt man das geflammte Ausſehen, den ſogenannten Damaſt, hervor, wenn man das ſchon polierte Stück dünn mit Wachs überzieht, in dieſes die Flammenfiguren graviert und nun Scheidewaſſer aufbringt, wodurch die ſchönſten Damaſtfiguren entſtehen. Auch damasziert man Säbelklingen, indem man auf die polierte Klinge mit einer Miſchung von Kalk und Waſſer Flecke macht, an der Sonne trocknet, mit einer Auflöſung von Vitriol in Waſſer beſtreicht und nach einiger Zeit abwiſcht. Eine Damaszierung erhält man auch, wenn man mit einem Haarpinſel die Auflöſung eines gewöhnlichen Aetzgrundes in Terpentinöl da aufträgt, wo glänzende Verzierungen oder blanke Stellen erſcheinen ſollen, in verdünnte Salpeterſäure eintaucht oder der Wirkung aus einer Miſchung von Kochſalz und Schwefelſäure freiwerdender Salzſäuredämpfe ausſetzt, bis die Politur verſchwunden und eine gleichmäßige Mattierung an ihre Stelle getreten iſt. Nach Prechtl damasziert man Eiſen mit Platin, indem man dünne Stahlbleche oder Stahl- und Eiſenbleche mit einem Platindraht umwickelt, aufeinander legt, mit dickerem Stahldraht umwickelt, ſo daß des letzteren Windungen ſich berühren, um auf dieſe Weiſe noch nach außen eine hinreichende Lage Stahl zu geben. Das Ganze wird zuſammengeſchweißt und weiter verarbeitet. Läßt man den fertigen Gegenſtand blau anlaufen oder brüniert ihn, ſo tritt der glänzend weiße Platindamaſt auf blauem oder braunem Grund hervor. Damaszierte Säbelklingen werden auch oft parfümiert, indem man ſie über einem Kohlenfeuer glüht und dann mit einer Miſchung von Biſam, Zibet, grauer Ambra und Behenöl beſtreicht. *Andés.*

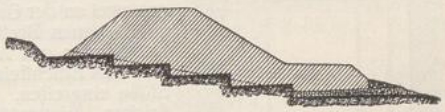
Damm, jede im Verhältnis zu ihrer Breite lang ausgedehnte Anſchüttung, dazu dienlich, den Unterbau für eine höher als das Gelände liegende Fahrbahn zu bilden oder Schutz gegen Ueberflutung zu bieten. Häufig werden beide Zwecke miteinander verbunden.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Befteht ein Straßen- oder Eifenbahndamm aus fchlechteren, wenig bindenden und wenig widerftandsfähigen Bodenarten, fo muß die Böfchung flach bis zu 1 : 4 (Höhe zu Ausladung) angelegt werden, während Sand, Kies, fandiger Ton, Steingerölle u. f. w. eine fteilere Böfchung bis zu 1 : $1^1/_4$ und 1 : 1 geftatten, befonders wenn letzteres Material genügend große und lagerhafte Stücke aufweift, die an den Böfchungen regelrecht verpackt und gefchichtet werden können. Ganz fteile Böfchungen laffen fich jedoch nur durch Stützmauern erreichen. Je weniger das Schüttungsmaterial vom Waffer aufgelöft und angegriffen wird, um fo beffer eignet es fich zur Dammfchüttung. Weniger widerftandsfähiges Material erfordert dagegen eine nachträgliche Befeftigung der Böfchungen (f. Böfchungsarbeiten). Am gefährlichften ift die Verwendung von gefrorener Erde, da diefe oft noch nach Jahren zu Sackungen und Senkungen und zum Auseinanderfließen des Dammes Veranlaffung geben kann. In gewiffen Höhen angebrachte Bermen (f. d.) verbreitern zwar die Bafis des Dammes, tragen aber zur Feuchthaltung des Dammes bei, indem fie dem Regen Gelegenheit zum Eindringen bieten. Henz [1], S. 137 empfiehlt, bei hohen Eifenbahndämmen 3—3,5 m unter der Krone auf beiden Seiten des Dammes eine Berme von 0,6—0,8 m Breite anzulegen, um die abgerutfchte oder fchmäler gewordene Krone wieder profilmäßig herftellen zu können. Auch werden derartige Bermen zu demfelben Zweck 1—1,25 m unter der Krone angebracht, wobei fie gleichzeitig den Streckenarbeitern beim Vorüberfahren von Zügen als ficherer Aufenthaltsort dienen können. Bei Dämmen, die dem Wafferangriff ausgefetzt find, wird die Berme in der Höhe der Waffer linie angeordnet, um den unteren Teil des Dammes zu verftärken.

Die Ausführung der Dämme gefchieht in der Weife, daß zunächft von der zu befchüttenden Fläche der Rafen oder die Ackerkrume abgehoben und zur fpäteren Verwendung für die Böfchungsabdeckung zur Seite gefetzt wird. Bei feitwärts abhängenden Befchüttungsflächen muß außerdem der Boden, wenn er waffer undurchläffig ift, terraffenförmig abgehoben werden (f. die Figur), damit kein Abrutfchen des Auftrages erfolgt [2], S. 95. Ift die zu befchüttende Fläche quellig und feucht, fo ift fie vor der Anfchüttung durch Sickerfchlitze oder Drainröhren zu entwäffern und trockenzulegen. Namentlich ift bereits beim Entwerfen des Dammes auf etwaige im Boden befindliche, geneigt liegende waffer undurchläffige Ton- oder Lehmfchichten zu achten, da diefe, in ihrer Oberfläche vom durchfickernden Waffer aufgeweicht und fchlüpfrig gemacht, leicht die Urfache von Dammbewegungen und Rutfchungen werden können, fobald durch das Gewicht der Anfchüttung das Gleichgewicht der über ihnen lagernden Erdmaffen geftört wird.

Bei nachgiebigem Sumpf- und Moorboden wird vielfach der Damm durch vorherige Ausbaggerung auf den feften Untergrund aufgefetzt. Liegt aber diefer feffe Untergrund fehr tief, und ift die Moornarbe tragfähig genug, fo muß fie forgfältig vor Verletzungen gehütet werden, wenn man den Damm ohne weiteres daraufletzen will. Ift die Moordecke nicht genügend tragfähig, fo fchlitzt man fie beidfeitig parallel zum Dammfuß in einiger Entfernung auf und verfenkt gleichzeitig mit dem allmählich anzufchüttenden Damm die Moordecke (f. a. Moorftraßen). Vor Beginn der Schüttung werden etwaige Seitengräben ausgeworfen und das Dammprofil wird in gerader Strecke alle 50 m, in Bögen oder Krümmungen alle 35—20 m durch Lattenprofile feftgelegt, wobei die Bekleidung der Böfchung (f. Böfchungsarbeiten) fowie das Sackmaß der Dammböfchungen berückfichtigt werden muß.



Die Schüttung felbft kann je nach den örtlichen Verhältniffen, dem Schüttungsmaterial und den zur Verfügung ftehenden Schüttgefäßen in verfchiedener Weife erfolgen, und zwar unterfcheidet man die Lagenfchüttung, die Kopffchüttung und die Seitenfchüttung (f. d.). Bei fehr breiten Anfchüttungen kann es von Vorteil fein, die Lagenfchüttung mit der Kopffchüttung zu vereinigen. Endlich ift noch die Gerüftfchüttung zu erwähnen, die bei der Lagenfchüttung mit feften Gerüften, bei der Kopffchüttung mit beweglichen Sturzgerüften betrieben wird.

Befondere Sorgfalt ift bei der Anfchüttung und Ueberfchüttung von in der Dammlinie befindlichen Bauwerken (Durchläffe, Brücken u. f. w.) zu verwenden. Hier darf nur in dünnen Lagen unter forgfältigem Stampfen an beiden Enden des Bauwerkes gleichmäßig angefchüttet werden. Wird Kopffchüttung angewendet, fo muß nicht allein an beiden Enden des Bauwerkes, fondern auch in genügender Höhe über demfelben die Anfchüttung in dünnen wagerechten Lagen ausgeführt werden, bevor mit der Kopffchüttung darüber weggegangen werden kann. Bei nachgiebigem Untergrund darf das Bauwerk nicht früher übergefchüttet werden, als bis der Damm auf beiden Seiten die volle Höhe erreicht hat und keine Senkung des Bodens mehr zu befürchten ift. Um ein Zufammenfchieben der Fundamente des Bauwerkes zu verhindern, müffen in diefem Fall Erdgewölbe angewendet werden; oder man führt die Schüttung ganz durch und beginnt die Fundierungsarbeiten erft nachdem fich der Damm gefetzt hat.

Literatur: [1] Henz, Prakt. Anleitung zum Erdbau, 3. Aufl., Berlin 1877, S. 134; Handbuch der Baukunde, Berlin 1892, Abt. 3, Heft 4, S. 46; Handbuch der Ingenieurwiffenfchaften, 3. Aufl., Leipzig 1897, Bd. 1, Abt. 2, Kap. 3, S. 100 u. 115, und Kap. 4, S. 189. — [2] Handbuch der fpeziellen Eifenbahntechnik, Leipzig 1882, Kap. 3, S. 94.

L. v. Willmann.

Damm. Bedeichungen an Gebirgsflüffen haben nicht allein den Zweck, einen Teil der Talfohle gegen Ueberfchwemmungen zu fchützen, fondern fie bilden in der Regel auch ein wichtiges Mittel zur Einfchränkung des Hochwafferbetts. Die diefem Doppelzweck dienenden Anlagen führen nur felten den Namen Deiche; in der Regel heißen fie Dämme.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Sehr wichtig ist ihre hochwasserfreie Lage, weil ein etwaiges Ueberströmen des Hochwassers weitgehende Zerstörungen der oft unter der Flußsohle liegenden Flächen zur Folge haben würde. Mit Rücksicht auf den großen Unterschied zwischen Niedrig- und Hochwasser wird den Gebirgsflüssen meistens ein besonderes Niedrigwasserbett gegeben, das die kleinen Wassermengen zusammenhalten und die Bildung von Serpentinen verhindern soll. Das Hochwasserbett wird dann durch die Dämme begrenzt, die durch den zwischen Dammfuß und Niedrigwasserbett liegenden Streifen ein schützendes Vorland erhalten (s. die Figur). Der großen Geschwindigkeit, die das Hochwasser des Gebirgsflusses erreicht, vermag eine Rasenbekleidung des Vorlandes nicht immer zu widerstehen. An ihre Stelle tritt deshalb mitunter eine Bepflanzung durch niedriges Gebüsch,

dessen Wurzeln die Festigkeit des Bodens erhöhen und dessen Zweige die Abflußgeschwindigkeit ermäßigen. Zur Befestigung der Innenböschung der Dämme wird vielfach Pflaster verwendet, weil sich dies am billigsten stellt, auch wird der Damm ganz oder teilweise in Mauerwerk ausgeführt (vgl. auch Doffierungen bei Deichen und Deichkappe). — An der Durance sind statt der Längsdämme Querdämme zur Ausführung gelangt, die in der Form langer Buhnen mit wagerechtem Rücken von der hochwasserfreien Linie des Ufers bis zum Flusse reichen und hier mit kurzen Flügeln versehen sind. Sie liegen über dem höchsten Wasserstand und haben eine Entfernung von 800—1000 m; ihr Zweck besteht darin, bei Hochwasser die Stärke der Strömung zu mäßigen und die Ablagerung von Sinkstoffen zu befördern. *Frühling.*

Damm, Verdämmung oder Verspünden, im Bergbau der Abschluß eines Grubenbaues gegen das Eindringen von schädlichen Luftarten oder von Wasser. Wetterdämme sollen den Eintritt der in einem Teile der Grube sich entwickelnden gefährlichen Gase, z. B. Schlagwetter, in die übrigen Grubenbaue hindern. Beim Ausbruch von Grubenbrand sperrt man das Brandfeld von den übrigen Grubenbauen ab, um den Austritt von Brandgasen (Kohlensäure und Kohlenoxydgas) zu verhüten und um die frische Luft, die den Grubenbrand anfachen würde, vom Feuerherd fernzuhalten.

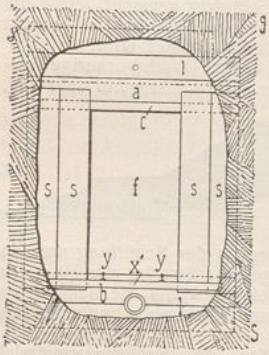


Fig. 1.

Vorläufig hergestellte Wetterdämme bestehen am zweckmäßigsten aus zwei an der Grubenzimmerung oder an eingelegten Spreizen angeschlagenen Bretterverschlägen, deren Zwischenraum mit feuchtem Lehm oder mit Asche ausgefüllt wird; endgültige Dämme führt man aus Bruchsteinen und Asche auf und läßt sie genügend in die Stöße eingreifen. Von außen werden die Fugen mit Lehm verstrichen. Wetterdämme werden gewöhnlich vollständig geschlossen. — Wasserdämme sind nach dem verwendeten Material entweder Holzdämme oder Mauerdämme, und zwar zerfallen die ersteren nach der Bauart in Balkendämme — die Balken liegen quer zur Richtung des Wasserdruckes — und in Keilverspünden: jedes Holz hat die Form einer abgestumpften Pyramide und liegt in der Richtung des Wasserdrucks, der Dammkörper bildet einen Teil einer Kugelschale und stützt sich gegen vier Widerlager. Die Verdichtung der Holzdämme erfolgt durch Verkeilen der Fugen. Die Mauerdämme werden in guten Ziegeln und Zementmörtel ausgeführt und sind entweder Zylinderdämme mit zwei Widerlagern oder besser Kugeldämme mit

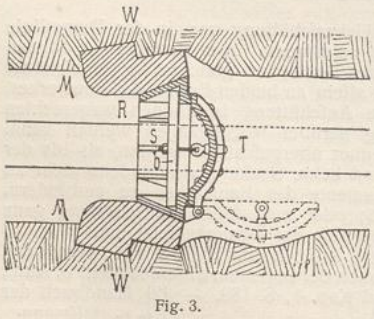


Fig. 3.

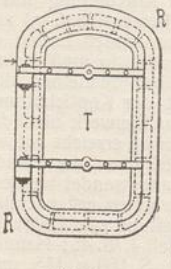


Fig. 4.

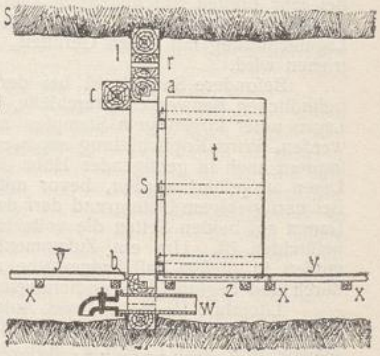


Fig. 2.

vier Widerlagern, die, wie beim Keilverspünden, eine abgestumpfte Pyramide bilden. Mauerdämme werden allmählich wasserdicht durch Versinterung der Poren. Da sie schon vor dem Einbrechen des Wassers hergestellt werden, haben sie häufig Oeffnungen für Fahrung und Förderung, die durch Türen (Dammtüren) aus Holz oder Schmiedeeisen verschließbar sind. Auch wird wohl zum allmählichen Ablassen des Wassers ein Wasserrohr mit Verschlußvorrichtung eingebaut.

Fig. 1 und 2 zeigen einen Balkendamm mit Holztür, auch Wasserblende genannt. Durch

Einbau ſtarker Balken in einen Schlitz *S*, der im ganzen Geſtein durch Schlegel- und Eiſenarbeit hergeſtellt iſt, wird ein Türrahmen gebildet, der die Oeffnung *f* für Fahrung und Förderung freiläßt. Zunächſt an der Firſte und der Sohle werden liegende Balken *l* eingebaut, die Verbindung der ſtehenden Balken *s* mit der Türkappe *a* und der Türſchwelle *b* erfolgt durch ſogenannte Verſätze, außerdem iſt zur Verſtärkung an der Türkappe ein Holz *c* vorgelegt. Sämtliche Hölzer werden im Schlitz durch Verkeilen oder Zementieren der Zwiſchenräume abgedichtet. Die aus zwei ſich kreuzenden Bohlenlagen gearbeitete Tür *t* bewegt ſich in Angeln und kann nach Entfernung eines kurzen Stückes Schienenlauf *z* geſchloſſen werden; der von rechts (in Fig. 2) zu erwartende Waſſerdruck würde ſie feſt andrücken. Das oben angebrachte Luftloch *r* ſoll die auf der Waſſerſeite vorhandene Luft entweichen laſſen und wird ſpäter mittels eines trockenen Spundes zugeſchlagen; das nahe der Sohle eingebaute Waſſerrohr *w* hat Hahnverſchluß. Auf der Strecke iſt durch Einbau der Stege *x*, auf denen die Laufpfoſten und Schienen *y* befeſtigt ſind, eine Waſſerſeige, d. h. ein Raum für das abfließende Waſſer, hergeſtellt.

Fig. 3 und 4 ſtellen einen gemauerten Kugeldamm mit eiſerner Dammtür *T* dar. Die Mauerung *M* ſtützt ſich in der Firſte, der Sohle und in den beiden Stößen gegen abgeſetzte Widerlager *W*. Der keilförmig gehaltene, gußeiſerne Türrahmen *R* iſt durch Rippen verſtärkt; an demſelben geht die aus Keſſelblech gewölbt geſchmiedete Tür *T* in Angeln. Die Anſchlagflächen ſind glattgehobelt, zur Dichtung dient geteerte Leinwand, die geſchloſſene Tür wird mittels zweier vor den Rand des Türrahmens gelegter Brücken *b* und dazugehöriger Schrauben *s* angezogen. Für eintrümige Pferdeförderung hat die Tür eine lichte Weite von 940 und eine lichte Höhe von 1720 mm. Die Bochumer Fabrik von Heintzmann & Dreyer baut derartige Dammtüren für jede Beanſpruchung und auch für zweitrümige Förderung.

Iſt, wie z. B. häufig im Braunkohlenbergbau, ein Schwimmſandeinbruch (ſ. Schwimmſand) zu befürchten, ſo pflegt man den Damm (auch Schutz genannt), um das Gebirge zu entwäſſern, ſo einzurichten, daß zwar der Sand zurückgehalten wird, das Waſſer aber abfließen kann. Dies erreicht man dadurch, daß ſtark abgeſpreizte Verſchläge aus kräftigen Hölzern und Brettern hergeſtellt und mit Stroh oder Fichtenreiſig in dicken Lagen hinterſtopft werden; dieſes Material dient als Filter und läßt nur reines Waſſer durch, deſſen Hebung mittels Pumpen keine Schwierigkeiten bereitet. — Abdämmungen durch Dammtüren kommen auch im Tunnelbau und in der Waſſerverſorgung vor; wir verweiſen z. B. auf die Anlagen in Wiesbaden und jene beim Simplontunnel, bei welch letzterer gegen Waſſerpreſſungen von 10 Atmoſphären abgedichtet wird. Zeichnungen und Beſchreibungen in [4] und [5].

Literatur: [1] Köhler, G., Lehrbuch der Bergbaukunde, 6. Aufl., Leipzig 1903, S. 706. — [2] Treptow, E., Grundzüge der Bergbaukunde, Wien und Leipzig 1903, S. 284. — [3] Löcker, H., Bau und Berechnung druckbelaſteter Mauerdämme. Bericht über den allgemeinen Bergmannstag, Wien 1903. — [4] Lueger, Waſſerverſorgung, Darmſtadt 1895, S. 361. — [5] Zeitſchr. d. Vereins deutſcher Ingen. 1904, S. 1639.

Treptow.

Dammar heißt im Malaiiſchen „Harz, Harzthräne, brennbares Harz, Fackel“ und in übertragener Bedeutung auch „Licht“ [2], [3]. Wir verſtehen unter Dammar Harze verſchiedener Abſtammung, die in Europa ſeit etwa 150 Jahren bekannt geworden ſind, obwohl ſchon Rumphius (geb. 1627) darüber Ausführliches mitgeteilt hatte. In der Heimat der Dammarpflanzen werden die Harze nach äußeren Merkmalen ohne Rückſicht auf die Stammpflanzen unterſchieden, als: Dammar putih, weißes Harz; Dammar batu, Steinharz; Dammar itam, ſchwarzes Harz; Dammar mekon, gelbes Harz; Dammar mata kutjing, Katzenaugenharz. Die Dammarpflanzen gehören den Familien der Koniferen, Dipterocarpaceen und Burſeraceen an [2], [3].

1. Das oſtindiſche Dammarharz, das echte Dammar, die am meiſten zu uns kommende und gebräuchlichſte Ware [1], [2], [4], [5] ſtammt von dem ſumatraniſchen Dammarbaume Shorea Wiesneri *Schiffn.* (Dipterocarpaceen) und vielleicht noch andern Shorea-Arten (Sh. selanica *Blume*); der Baum beſitzt an der Stammbaſis große Harzbeulen, und das Harz fließt aus Riſſen freiwillig aus, oft in ſtalaktitiſchen Maſſen am Baume herabhängend; es wird aber auch durch Harzung gewonnen [1], [4]. Das Harz „bildet gerundete, längliche, birnförmige, knollige oder ſtalaktitiſche Stücke oder formloſe Maſſen von verſchiedener Größe und blaß-zitronengelber Farbe, die durchſichtig, trübe, am muſcheligen Bruche glasglänzend, leicht zu einem weißen, faſt geruchloſen Pulver zerreiblich ſind, zwiſchen den Fingern etwas kleben, in Aether, Chloroform und Schwefelkohlenſtoff reichlich, weniger in Weingeiſt löslich ſind und ſtark klebende Löſungen geben. Das friſche Harz hat einen balſamiſchen, terpentinartigen Geruch; beim längeren Lagern, wobei die Stücke an der Oberfläche mit einem weißen Pulver ſich bedecken, wird es faſt geruchlos; gekaut, zerfällt es in ein weißes, an den Zähnen nicht haftendes Pulver“ [4]. B. Graf [5] findet eine zweibaſiſche Säure $C_{18}H_{33}O_3$ (1%), ferner in Alkohol unlösliche Beſtandteile (40%) und einen in Alkohol löslichen Teil mit der Formel $C_{10}H_{42}O_2$. Nach Tſchirch und Glimmann [6] iſt Dammar in Chloroform, Benzol, Schwefelkohlenſtoff und Schwefelſäure vollſtändig, in Aether, Alkohol, Toluol, Aceton, Anilin, Petroleumäther und Eſſigſäure nur teilweiſe löslich. Dieſelben Autoren fanden in Dammar folgende Stoffe: Dammarolſäure, eine kriſtalliniſche Reſinolſäure $C_{54}H_{77}O_3(OH)(COOH)_2 = 23\%$, Waſſer 2,5%, Aſche 3,5%, Unreinigkeiten 8,0%, α-Dammar-Reſen (alkoholllöslich) 40,0%, β-Dammar-Reſen (alkoholunlöslich) 22,5%, ätheriſches Oel, Bitterſtoff, als Verluſt bezeichnet 0,5%. — Dammar erweicht bei 75° C. und wird bei 150° klar und dünnflüſſig; in Chloralhydrat quillt es nur auf, während andre Sorten ſich darin löſen. Die verſchiedenen Löslichkeitsverhältniſſe in Alkohol leiſten keine

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

brauchbaren Unterfcheidungscharaktere (Verfälfchung mit Kolophonium nach Schweißinger, Pharm. Zentralblatt, Bd. 28, S. 459), wohl aber die Säurezahl, die nach Kremel 31 beträgt. Rowland Williams gab für drei Proben Dammar an:

	Verfeifungszahl	Säurezahl	Efterzahl	Aufnahmezahl für Jod
I.	3640	22,4	14	117,67
II.	3110	26,6	14,5	142,24
III.	4070	21,0	19,7	130,24

Nach früheren Angaben enthält Dammar etwas Gummi und mineralifche Subftanzen [7]. Spez. Gew. 1,04—1,12. Ferrichlorid und Bleiacetat fällen nach Hirfchfohn nicht, konzentrierte Schwefelfäure färbt rot. 2. Als Dammar wird auch das Harz von der Konifere Dammara orientalis *Lamb.* (gleich Agathis Dammara *Richard*) bezeichnet; es bildet den Manilakopal (f. Kopal) [2]. 3. Das auftralifche oder neufeeländifche Dammarharz von Dammara australis *Don.* bildet den Kaurikopal des Handels. 4. Dammar selan, ein gelbes, bräunliches und felbft fchwarzes Harz von Kolophoniumgeruch, fehr leicht pulverifierbar, ftammt von Shorea selanica *Blume* und deren Varietät latifolia (f. oben 1.). 5. Schwarzer Dammar (Dammar itam) ftammt von Canarium-Arten, gehört alfo zu den Elemiharzen (Burferaceen). 6. Das Saulharz [2], [3] ftammt von Shorea robusta *Roxb.* Der Piney-Dammar ift ein Talg von Vateria malabarica. — Die Abfälle bei der Auslefe der Stücke werden gefchmolzen, erfcheinen in feftem Zuftande als fchlackenartige, graugrünliche Maffen und bilden den Kunftdammar oder holländifchen Dammar. Die Löfung des Dammars (aber nur der farblofen Stücke) in Terpentinöl heißt Dammarlack (f. d.). Seine Farblofigkeit und Klarheit fowie der nicht zu grelle Glanz laffen eine ausgebreitete technifche Verwendung [7] desfelben zum Firnisüberzug für Gemälde, zu lichtem Anftrich für lichtes Holz, zur Einfchließung mikrofkopifcher Objekte u. f. w. zu. In der Pharmakopöe bildet er einen Beftandteil des Emplastrum adhaesivum.

Literatur: [1] Martiny, Encyklopädie der mediz.-pharmazeut. Naturalien- und Rohwarenkunde, Leipzig 1859, Bd. 2, S. 654. — [2] Wiesner, Rohftoffe des Pflanzenreiches, Leipzig 1900, 2. Aufl., Bd. 1, S. 253—264; daſelbſt reichliche Literaturangaben. — [3] Müller, C., Ueber Dammar und Dammar liefernde Pflanzen, Ber. der pharmaz. Gefellfchaft, 1891, Bd. 1, S. 363—382. — [4] Vogl, A., Arzneikörper, Kommentar zur 7. Ausgabe der öfterr. Pharmakopöe, Wien 1892, Bd. 2, S. 449. — [5] Graf, Archiv d. Pharmazie, 1889, Bd. 27, S. 97. — [6] Archiv d. Pharmazie, 1896, Bd. 234, S. 585. — [7] Andés, Fabrikation der Lacke, Wien 1895, S. 347. *T. F. Hanauſek.*

Dammarlacke, farblofe oder fchwach gelblich gefärbte Lacke, die hellften, die überhaupt hergeftellt werden, Löfungen von Dammar (f. d.), in Terpentinöl warm oder kalt bereitet, im erfteren Falle immer hell und klar, im letzteren durch in der Löfung fein verteiltes Waffer milchig getrübt, dienen zum Lackieren von weißen und ganz hellfarbenen Anftrichen (z. B. Marmorimitationen), trocknen zwar ziemlich rafch, bleiben aber weich, in der Wärme fogar klebrig und können für äußere Arbeiten nicht verwendet werden. Dammarlacke find ziemlich häufig Fälfchungen unterworfen, indem ein Teil des Dammars in denfelben durch weißes (gebleichtes) Kolophonium oder Galipot, auch dicken Terpentin erfetzt wird, wodurch folche noch weniger erhärten und rafcher zugrunde gehen. *Andés.*

Dammbalken, die in Falze eingelaffenen Balken von rechteckigem Querfchnitt zum Verfchluffe von Wehröffnungen.

Dammbewegungen entftehen entweder durch fchlechte Befchaffenheit der Anfchüttung [1] oder durch Bewegung des Untergrundes infolge von Gleichgewichtsftörungen [2]. Gelangt die Erde naß oder gefroren in den Damm oder ift fie untermifcht mit vegetabilifchen, der Fäulnis unterworfenen Stoffen, fo bildet fich bald ein Schlamm, der auseinander läuft (Fig. 1). Sind außerdem durch Anwendung der Seitenfchüttung (f. d.) fteile Lagen entftanden (Fig. 2), fo bleibt häufig ein hoher Kern ftehen, während die feitlichen Schichten abrutfchen.

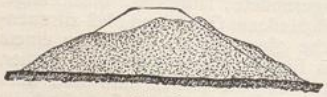


Fig. 1.

Fig. 2.

Ift in folchen Fällen die Erde nicht aufgelöft, fo genügt es, fie abzugraben und, fobald fie ausgetrocknet ift, in wagerechten Schichten wieder anzufchütten. Ift aber die Erde aufgelöft, alfo verdorben, fo ift es am geratenften, fie vollftändig zu entfernen und durch gute, wagerecht abgelagerte Erde zu erfetzen. Auch kann man unter Umftänden bei Dämmen, die aus fchlechter Erde gefchüttet werden müffen, wie bei den Einfchnitten (f. d.), durch Anbringung von Sickerfchlitzen den Waffer abzug befördern und den Damm dadurch trockenlegen.

Beruht die Dammbewegung auf einer Bewegung des Untergrundes, fo ift ihre Urfache durch Unterfuchung des letzteren zu ermitteln. In den meiften Fällen wird diefe Bewegung auf eine oder mehrere geneigt liegende waffer führende, undurchläffige Tonfchichten zurückgeführt werden können, auf deren fchlüpfriger Oberfläche infolge der geringeren Reibung die durch die Anfchüttung in ihrem Gleichgewicht geftörte obere Bodenfchicht abzurutfchen beginnt. Befonders gefährlich und fchwer zu ermitteln ift ein mehrfaches Uebereinanderliegen derartiger

Gleitſchichten. Das einzige Mittel, ſolcher Rutſchungen Herr zu werden, beſteht in der Trockenlegung der Gleitſchichten durch Abfangen etwaiger Quellen oberhalb der Anſchüttung und durch Ableitung der atmoſphäriſchen Niederſchläge, da hierdurch die Reibung auf den Gleitflächen vermehrt und ein Gleichgewichtszuſtand herbeigeführt werden kann, der andernfalls auch durch die ſtärkſten Stützmauern und Fußbankette nicht erzielt wird.

Literatur: [1] Handbuch der Baukunde, Berlin 1892, Abt. 3, Heft 4, S. 74. — [2] Handbuch für ſpezielle Eiſenbahntechnik, Leipzig 1882, Kap. 3, S. 108. — [3] Handbuch der Ingenieurwiſſenſchaften, 3. Aufl., Leipzig 1897, Bd. 1, Abt. 2, Kap. 4, S. 189. — [4] Henz, Prakt. Anleitung zum Erdbau, 3. Aufl., Berlin 1877, S. 158. — [5] Lorenz, Entwäſſerungs- und Bauarbeiten im Rutſchterrain, Zürich 1876.

L. v. Willmann.

Dammgrube, ſ. Eiſengießerei.

Dammkultur, Rimpaufche, ſ. Moorkultur.

Dammſtein des Hochofens, ſ. Roheiſen.

Dammtüre, ſ. Damm, S. 534.

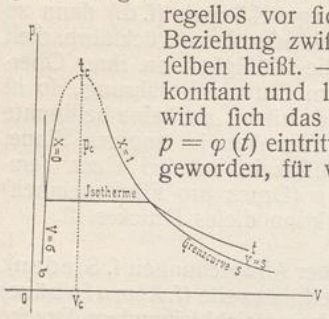
Dampf. Als Dämpfe pflegt man gasförmige Körper (ſ. d.) dann zu bezeichnen, wenn deren Herſtellbarkeit aus Flüſſigkeit oder deren Rückführbarkeit in ſolche mit in Betracht gezogen wird. Steht die Flüſſigkeit an ihrer Oberfläche mit der freien Atmoſphäre oder einem andern Gaſe in Berührung, ſo iſt der Beginn der Dampfbildung, das ſogenannte Verdunſten, an keine beſtimmte Temperatur gebunden. Dagegen beginnt das Verdampfen im engeren Sinne, die Bildung von Dampfblaſen im Innern der Flüſſigkeit, erſt bei einer Temperatur t, die allein von dem ſpezifiſchen Drucke p (Druck pro Flächeneinheit) an der Verdampfungsſtelle abhängt, d. h. eine Funktion dieſes Druckes iſt,

$$t = f(p), \qquad p = \varphi(t). \tag{1.}$$

Die Flüſſigkeit heißt dann ſiedend (Näheres und über Abweichungen ſ. Sieden). Für Waſſer von einer normalen Atmoſphäre Druck beiſpielsweiſe (ſ. Atmoſphäre) iſt $t = 100^0$. Eine Erniedrigung der Temperatur bei gleichbleibendem Drucke würde auch eine Verflüſſigung des Dampfes zur Folge haben, Verdampfungstemperatur oder Siedetemperatur und Verflüſſigungstemperatur ſind identiſch. — Wird einer Flüſſigkeit, auf deren Oberfläche ein beweglicher Kolben den konſtanten Druck p ausübt, Wärme zugeführt, ſo beginnt die Verdampfung, ſobald die Temperatur $t = f(p)$ erreicht iſt. Wird die Wärmezufuhr fortgeſetzt, ſo dauert auch die Verdampfung fort, bis keine Flüſſigkeit mehr vorhanden iſt, wobei ſich der Kolben fortwährend aufwärts bewegt. Nun beobachtet man, daß während dieſer ganzen Zeit die Temperatur konſtant $t = f(p)$ bleibt, trotz fortdauernder Wärmezufuhr und trotz der Volumenzunahme des Gemiſches von Dampf und Flüſſigkeit. Es beſteht alſo für dies Gemiſch keine Beziehung zwiſchen p, t und dem Volumen, ſondern nur die obige zwiſchen p und t. — Hätte man den Kolben von vornherein etwas über die Oberfläche geſtellt, ſo würde er einige Zeit an ſeiner Stelle geblieben ſein, dann aber bei genügender Dampferzeugung ebenfalls die Aufwärtsbewegung begonnen haben. Von dem gleichen Zeitpunkte an würde der Druck gewachſen ſein, wenn man den Kolben feſtgehalten hätte. Dies zeigt, daß ein beſtimmter Raum bei konſtanten p, t nur ein gewiſſes Dampfgewicht aufnehmen kann, das, wenn die Verdampfung andauert, erreicht werden muß. Man nennt daher dieſen über der Flüſſigkeit angeſammelten Dampf von größter Dichtigkeit geſättigten Dampf. Die Temperatur des geſättigten Dampfes iſt gleich der (normalen) Siedetemperatur $t = f(p)$. Wenn alſo auch das ſpezifiſche Volumen v (Volumen der Gewichtseinheit) eines Gemiſches von Dampf und Flüſſigkeit nicht durch p oder t beſtimmt iſt, ſo iſt dies doch für das ſpezifiſche Volumen s des reinen, geſättigten Dampfes (ohne Flüſſigkeitsbeimiſchung) der Fall. — Dämpfe mit und ohne Flüſſigkeitsbeimiſchung werden auch als naſſe Dämpfe und trockene Dämpfe bezeichnet. Iſt bei erſteren x das Verhältnis des Gewichts reinen Dampfes zum Geſamtgewicht, dann heißt x die ſpezifiſche Dampfmenge. Dieſelbe gibt damit auch das Gewicht des reinen Dampfes in der Gewichtseinheit Gemiſch an. Für reinen Dampf allein iſt $x = 1$, für reine Flüſſigkeit allein $x = 0$. Solange noch Flüſſigkeit vorhanden war, ſahen wir alle Wärme, die vom Beginn der Verdampfung an zugeführt wurde, für das Thermometer verſchwinden, da die Temperatur ſeither konſtant blieb. Man nannte dieſe verſchwundene Wärme früher allgemein latente Wärme; jetzt weiß man, daß ſie als Wärme gar nicht

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

mehr vorhanden ist, sondern zur Ueberwindung des äußeren Drucks p bei der Ausdehnung sowie der Wechselwirkung der Flüssigkeitsteilchen u. s. w. gedient hat, und nennt sie für die Gewichtseinheit Flüssigkeit häufiger Verdampfungswärme r. Wenn nun aber keine Flüssigkeit mehr vorhanden ist, so braucht man auch keine Wärme mehr zur Ueberwindung jener Wechselwirkung, und tatsächlich zeigt sich, daß mit weiterer Wärmezufuhr unter konstantem Drucke p nicht nur das Volumen, sondern auch der Druck wächst; der Dampf aber heißt jetzt überhitzt. Ueberhitzter Dampf hat also bei gleichem Drucke eine höhere Temperatur als gesättigter Dampf, und man bezeichnet als Ueberhitzung τ gerade diese Erhebung der augenblicklichen Temperatur über die dem augenblicklichen Drucke p entsprechende Sättigungstemperatur $f(p)$. Das gleichzeitige Wachsen von v und t beim Drucke p wird selbstverständlich nicht regellos vor sich gehen, es besteht für überhitzte Dämpfe eine Beziehung zwischen p, v, t, welche die Zustandsgleichung derselben heißt. — Erhält man die Temperatur überhitzten Dampfes konstant und läßt den Druck wachsen (Linie t in der Figur), so wird sich das Volumen verringern. Sobald hierbei der Druck $p = \varphi(t)$ eintritt (s. oben), ist aus dem überhitzten Dampf gesättigter geworden, für welchen bei konstanter Temperatur auch der Druck konstant bleibt und mit jeder Verringerung des Volumens ein Flüssigkeitsniederschlag verbunden ist. Da hiernach im Augenblick der Sättigung der größte Druck des Dampfes von bestimmter Temperatur erreicht ist, so hat man die gesättigten Dämpfe auch mitunter als Dämpfe im Maximo der Spannung bezeichnet. Wenn $\gamma = 1/v$ das Gewicht der Volumeneinheit bedeutet, dann ist für jeden trockenen Dampf im Sättigungspunkte



bei bestimmtem p: v am kleinsten, γ am größten, t am kleinsten, $\tau = 0$;
„ „ v: γ konstant, p am kleinsten, t am kleinsten, $\tau = 0$;
„ „ t: v am kleinsten, γ am größten, p am größten, $\tau = 0$.

Denkt man sich die Gewichtseinheit (1 kg) Flüssigkeit vollständig in gesättigten Dampf übergegangen und zu jedem spezifischen Volumen s desselben als Abszisse den entsprechenden Dampfdruck p als Ordinate angetragen (s. Figur), so erhält man als Ort der Ordinatenendpunkte eine Linie, die nach Zeuner die Grenzkurve heißt. Denken wir uns ebenso zu den spezifischen Volumen σ der Flüssigkeit im Siedepunkte die entsprechenden Drücke p als Ordinaten angetragen, so bestimmen die Endpunkte dieser Ordinaten eine zweite Grenzkurve σ. Ueber den etwaigen Zusammenhang beider Kurven s. Kritische Temperatur.

Sind die Linien s, σ verzeichnet, und wird der Zustand (s. d. und Wärmetheorie, mechanische, Energie) des betrachteten Körpers durch einen Punkt angedeutet, dessen Abszisse sein spezifisches Volumen v und dessen Ordinate seinen spezifischen Druck p darstellen, so läßt sich sofort beurteilen, ob man es mit überhitztem Dampfe, mit nassem Dampfe oder mit Flüssigkeit allein zu tun hat. Liegt der Punkt p, v über der Grenzkurve s, so ist der Dampf überhitzt; liegt p, v gerade auf der Grenzkurve s, so ist er rein gesättigt; liegt p, v zwischen den Grenzkurven s und σ, so ist er naß; liegt p, v auf der Grenzkurve σ, so haben wir reine Flüssigkeit im Siedepunkte, und liegt p, v zwischen σ und der Ordinatenachse, so haben wir reine Flüssigkeit unterm Siedepunkte. Die genauen Gesetze der Kurven σ, s sind nicht bekannt, für Wasserdampf kann man innerhalb der technisch wichtigen Drücke (jedenfalls von 0,1 bis 14 Atmosphären) mit Zeuner setzen:

$$p s^n = a \text{ mit } n = 1{,}0646,\ a = 1{,}7049, \qquad 2.$$

d. h. auch wegen $\gamma = \frac{1}{s}$:

$$\gamma = a p^{\frac{1}{n}} \text{ mit } \frac{1}{n} = 0{,}9393,\quad a = 0{,}6061, \qquad 3.$$

wobei p in Atmosphären zu 760 mm Quecksilbersäule oder 10333 kg pro Quadratmeter, s in Kubikmetern pro Kilogramm, γ in Kilogramm pro Kubikmeter auszudrücken sind. Die Uebereinstimmung dieser Formeln mit den in Tabelle III. unter Dampf, gesättigter, angeführten Werten (S. 540) nach Versuchen von Regnault zeigt folgende Zusammenstellung:

Für $p =$	0,5	1	2	3	4	6	8	10	12	14 Atm.
Nach Tabelle III $\gamma =$	0,315	0,606	1,163	1,702	2,230	3,263	4,274	5,270	6,254	7,228 kg
Nach Formel 3 $\gamma =$	0,316	0,606	1,162	1,701	2,229	3,262	4,274	5,270	6,255	7,229 „

Sollen in den Formeln 2. und 3. p in Kilogramm pro Quadratzentimeter (Neuatmosphären zu 10000 kg pro Quadratmeter), s und γ wie oben ausgedrückt werden, so hat man:

$$n = 1{,}0646,\quad a = 1{,}7617,\quad \frac{1}{n} = 0{,}9393,\quad a = 0{,}5875. \qquad 4.$$

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Weiteres f. Dampf, gefättigter, und Dampf, überhitzter, Clapeyronfche Gleichung, Verdampfungswärme, Gefamtwärme, Clauſiusfche Temperaturfunktion, Gasförmige Körper, Kritifche Temperatur, Siedetemperaturen, korrefpondierende, u. f. w. Ueber die Erklärung des Verdampfungsprozeſſes f. [2], Bd. 3, S. 12.

Literatur: [1] Rühlmann, Handbuch der mechanifchen Wärmetheorie, Bd. 1, Braunfchweig 1887, S. 129; Bd. 3, S. 559. — [2] Clauſius, Die mechanifche Wärmetheorie, Bd. 1, Braunfchweig 1887, S. 129; Bd. 3, Braunfchweig 1889—91, S. 12, 215. — [3] Wüllner, Lehrbuch der Experimentalphyſik, Bd. 2: Die Lehre von der Wärme, Leipzig 1896, S. 701. — [4] Winkelmann, Handbuch der Phyſik, Bd. 2, Abt. 2: Wärme, Breslau 1896, S. 652, 697, 839. — [5] Pfaundler, Müller-Pouillets Lehrbuch der Phyſik, Bd. 2, Abt. 2: Von der Wärme, Braunfchweig 1898, S. 185. — [6] Zeuner, Technifche Thermodynamik, Bd. 2: Die Lehre von den Dämpfen, Leipzig 1901. *Weyrauch.*

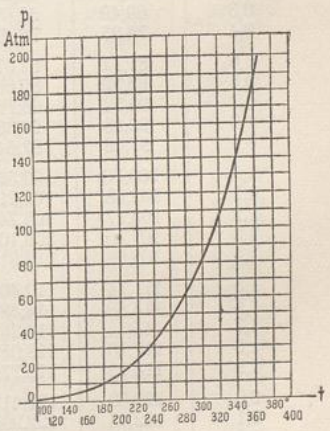
Dampf, gefättigter. Ueber diefen Begriff f. Dampf.

Die Beziehung zwifchen dem Drucke p und der Temperatur t des gefättigten Dampfes ($t = f[p]$ oder $p = \varphi[t]$) konnte bis jetzt nur empirifch ermittelt werden, wobei für technifche Zwecke insbefondere die umfaſſenden Verſuche von Regnault [1] in Betracht kommen. Zeuner hat danach u. a. die folgende Ueberſichtstabelle berechnet [11], S. 18.

Tabelle I. Temperatur t (nach Celſius) für gefättigte Dämpfe.

Druck p in Atm. zu 10333 kg pro qm	Waſſer	Aether	Alkohol	Aceton	Chloroform	Chlorkohlenſtoff	Schwefelkohlenſtoff	Queckſilber	Ammoniak	Schweflige Säure	Druck p in Atm. zu 10333 kg per qm
	Grad	Grad	Grad	Grad	Grad	Grad	Grad	Grad	Grad	Grad	
1	100,00	34,96	78,30	56,32	60,18	76,52	46,25	357,35	— 32,90	— 10,01	1
2	120,60	55,87	96,82	78,03	82,59	101,37	69,25	397,32	— 18,12	6,69	2
3	133,91	69,61	108,83	92,30	97,55	117,91	84,46	423,01	— 8,57	17,72	3
4	144,00	80,21	117,98	103,26	109,04	130,50	96,17	442,47	— 1,32	27,02	4
5	152,22	88,96	125,49	112,30	118,56	141,18	105,86	458,33	4,61	33,28	5
6	159,22	96,47	131,91	120,08	126,78	150,19	114,21	471,85	9,68	39,38	6
7	165,34	103,09	137,57	126,95	134,08	158,12	121,59	483,71	14,13	44,80	7
8	170,81	109,01	142,65	133,15	140,66		128,25	494,32	18,11	49,71	8
9	175,77	114,37	147,28	138,81	146,71		134,34	504,36	21,74	54,23	9
10	180,31	119,39	151,54	144,05	152,34		139,97	513,44	25,08	58,15	10

Für Waſſerdampf ergaben ſich weiter zu den in der erſten Kolumne der ausführlicheren Tabelle III. angeführten Drücken in Atmoſphären zu 760 mm Queckſilberſäule oder 10333 kg pro Quadratmeter die daneben ſtehenden Temperaturen nach Celſius. Die Regnaultſchen Verſuche mit Waſſerdampf reichen nur bis $t = 232{,}5°$, $p = 27{,}8$ Atmoſphären. Neuerdings haben Ramſay und Young [4], Cailletet und Colardeau [5] und noch umfaſſender Battelli [7] Verſuche bei höheren Temperaturen angeſtellt (bis zur kritiſchen Temperatur, ſ. d.). Die Reſultate ſchließen ſich denjenigen von Regnault gut an, wie der folgende Auszug durch Interpolation erhaltener Werte zeigt (Tabelle II.). Die Kurve $p = \varphi(t)$ verläuft danach etwa wie in beiſtehender Figur. Mit den Reſultaten Regnaults von 100—225° und ihren eignen Reſultaten von 225—365° konnten Cailletet und Colardeau genügend in Einklang bringen die empiriſche Formel von Bertrand [3]:



$$p = \frac{B\,T^m}{(C+T)^n}, \qquad \text{a.}$$

wenn geſetzt wurden: $C = 127$, $m = 57{,}074$, $n = 59{,}572$ und für p in Atmoſphären $\log n = 14{,}00527$, wie Tabelle II. zeigt. Zur Darſtellung der Regnaultſchen Verſuchsergebniſſe allein hatte Bertrand gewählt: $C = 126{,}37$, $m = 79{,}623$, $n = 88{,}578$ und für p in Atmoſphären $\log n = 34{,}21083$. Zur Verwendung bei Beſtimmung des Luftdrucks aus den Siedetemperaturen des Waſſers und der Siedepunkte von Thermometern aus Luftdruckbeobachtungen wurden im Auftrage der Phyſikaliſch-Techniſchen Reichsanſtalt die Tafeln von Wiebe [8] aufgeſtellt.

Um bei konſtantem Drucke p 1 kg gefättigten Dampf von der Temperatur $t°$ aus ebenſoviel Flüſſigkeit von 0° zu erzeugen, iſt eine Wärmemenge λ nötig, welche die Gefamtwärme (ſ. d.) des Dampfes heißt. Für Waſſerdampf kann man nach Regnault von 0 bis 230° ſetzen:

$$\lambda = 606{,}5 + 0{,}305\,t \text{ Kalorien.} \qquad 1.$$

Die Gefamtwärme zerfällt in die Flüſſigkeitswärme q (ſ. d.), zur Erhöhung der Flüſſigkeitstemperatur von 0 auf $t°$, und die Verdampfungswärme r (ſ. d. und Latente Wärme), zur Verwandlung der Flüſſigkeit von $t°$ in Dampf von $t°$,

$$\lambda = q + r, \qquad r = \lambda - q. \qquad 2.$$

Für Waſſerdampf hat man nach Regnault (die Reſultate verſchiedener Forſcher ſtimmen leider nicht gut überein): $q = t + 0{,}00002\,t^2 + 0{,}0000003\,t^3$ Kalorien. 3.

Dieſe Werte ſind in Kolumne 3 der Tabelle III. eingetragen. Aus 3. folgt die ſpezifiſche Wärme (ſ. d.) des Waſſers bei konſtantem Druck:

$$c = \frac{dq}{dt} = 1 + 0{,}00004\,t + 0{,}0000009\,t^2. \qquad 4.$$

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Tabelle II. Druck gefättigten Wafferdampfes.

Für t^0	Regnault mm	Regnault Atm.	Battelli mm	Battelli Atm.	Ramfay u. Young mm	Ramfay u. Young Atm.	Cailletet u. Colardeau Atm.	Nach a.	Nach a.
— 10	2,1	0,00	2,1	0,00				mit $C = 127$	0,00
0	4,6	0,01	4,4	0,01				$m = 57,074$	0,01
25	23,5	0,03	22,9	0,03				$n = 59,572$	0,03
50	92,0	0,12	90,4	0,12				$\log B =$	0,12
75	288,5	0,38	286,2	0,38				14,00527	0,38
100	760,0	1,00	760,4	1,00				1,0	1,00
125	1744	2,29	1757	2,31	1752	2,31		2,2	2,31
150	3581	4,71	3778	4,71	3568	4,69		4,5	4,78
175	6717	8,84	6674	8,78	6712	8,83		8,4	8,98
200	11689	15,38	11625	15,30	11625	15,30		14,8	15,56
225	19097	25,13	19124	25,16	19149	25,20	25,1	24,6	25,18
250			29951	39,41	29734	39,12	39,2	38,9	38,43
275			46816	61,60			59,4	59,1	mit $C =$
300			67620	88,97			86,2	86,2	126,37
325			94112	123,83			121,6	122,0	$m = 79,623$
350			126924	167,01			167,5	167,8	$n = 28,578$
365			149733	197,02			200,5	200,5	$\log B =$
									34,21083

Tabelle III. Gefättigte Wafferdämpfe.

1 p Atm. zu 760 mm	2 t Grad Celfius	3 q Kalorien	4 ϱ Kalorien	5 Apu Kalorien	6 u Kubikmeter	7 $\frac{\varrho}{u}$	8 γ Kilogramm
0,02	17,83	17,838	561,296	32,804	67,303	8,3398	0,0149
0,04	29,35	29,375	552,184	33,893	34,769	15,882	0,0288
0,06	36,56	36,601	546,481	34,569	23,641	23,116	0,0423
0,08	41,92	41,977	542,241	35,067	17,987	30,146	0,0556
0,10	46,21	46,282	538,848	35,464	14,552	37,029	0,0687
0,12	49,83	49,917	535,984	35,797	12,241	43,786	0,0817
0,15	54,37	54,477	532,393	36,213	9,9063	53,743	0,1009
0,2	60,45	60,589	527,584	36,764	7,5428	69,945	0,1326
0,3	69,49	69,687	520,433	37,574	5,1393	101,27	0,1945
0,4	76,25	76,499	515,086	38,171	3,9157	131,54	0,2553
0,5	81,71	82,017	510,767	38,637	3,1708	161,08	0,3153
0,6	86,32	86,662	507,121	39,045	2,6703	189,91	0,3743
0,7	90,32	90,704	503,957	39,387	2,3088	218,28	0,4329
0,8	93,88	94,304	501,141	39,688	2,0357	246,18	0,4910
0,9	97,08	97,543	498,610	39,957	1,8218	273,69	0,5486
1,0	100,00	100,500	496,300	40,200	1,6495	300,88	0,6059
1,1	102,68	103,216	494,180	40,421	1,5078	327,75	0,6628
1,2	105,17	105,740	492,210	40,626	1,3892	354,31	0,7193
1,3	107,50	108,104	490,367	40,816	1,2883	380,63	0,7756
1,4	109,68	110,316	488,643	40,993	1,2015	406,69	0,8316
1,5	111,74	112,408	487,014	41,159	1,1259	432,56	0,8874
1,6	113,69	114,389	485,471	41,315	1,0596	458,16	0,9429
1,7	115,54	116,269	484,008	41,463	1,0008	483,62	0,9982
1,8	117,30	118,059	482,616	41,602	0,9484	508,87	1,0533
1,9	118,99	119,779	481,279	41,734	0,9013	533,98	1,1083
2,0	120,60	121,417	480,005	41,861	0,8589	558,86	1,1629
2,1	122,15	122,995	478,779	41,981	0,8203	583,66	1,2176
2,2	123,64	124,513	477,601	42,096	0,7852	608,25	1,2719
2,3	125,07	125,970	476,470	42,207	0,7530	632,76	1,3263
2,4	126,46	127,386	475,370	42,314	0,7235	657,04	1,3803
2,5	127,80	128,753	474,310	42,416	0,6962	681,28	1,4343
2,6	129,10	130,079	473,282	42,515	0,6710	705,34	1,4881
2,7	130,35	131,354	472,293	42,610	0,6476	729,30	1,5418
2,8	131,57	132,599	471,328	42,702	0,6258	753,16	1,5954
2,9	132,76	133,814	470,387	42,791	0,6055	776,86	1,6488
3,0	133,91	134,989	469,477	42,876	0,5865	800,47	1,7021
3,1	135,03	136,133	468,591	42,960	0,5686	824,11	1,7556
3,2	136,12	137,247	467,729	43,040	0,5519	847,49	1,8086
3,3	137,19	138,341	466,883	43,119	0,5362	870,73	1,8615
3,4	138,23	139,404	466,060	43,196	0,5213	894,03	1,9147

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

1 p Atm. zu 760 mm	2 t Grad Celsius	3 q Kalorien	4 ϱ Kalorien	5 Apu Kalorien	6 u Kubikmeter	7 $\frac{\varrho}{u}$	8 γ Kilogramm
3,5	139,24	140,438	465,261	43,269	0,5072	917,31	1,9676
3,6	140,23	141,450	464,478	43,342	0,4940	940,24	2,0203
3,7	141,21	142,453	463,703	43,413	0,4814	963,24	2,0729
3,8	142,15	143,416	462,959	43,480	0,4695	986,07	2,1255
3,9	143,08	144,368	462,224	43,548	0,4581	1008,9	2,1780
4,0	144,00	145,310	461,496	43,614	0,4474	1031,6	2,2303
4,1	144,89	146,222	460,792	43,677	0,4371	1054,2	2,2826
4,2	145,76	147,114	460,104	43,739	0,4273	1076,8	2,3349
4,3	146,61	147,985	459,431	43,799	0,4179	1099,3	2,3871
4,4	147,46	148,857	458,759	43,859	0,4090	1121,7	2,4391
4,5	148,29	149,708	458,103	43,918	0,4004	1144,0	2,4911
4,6	149,10	150,539	457,462	43,975	0,3922	1166,3	2,5430
4,7	149,90	151,360	456,829	44,030	0,3844	1188,5	2,5949
4,8	150,69	152,171	456,204	44,085	0,3768	1210,6	2,6467
4,9	151,46	152,961	455,595	44,139	0,3696	1232,7	2,6984
5,0	152,22	153,741	454,994	44,192	0,3626	1254,7	2,7500
5,1	152,97	154,512	454,401	44,243	0,3559	1276,6	2,8016
5,2	153,70	155,262	453,823	44,293	0,3495	1298,5	2,8531
5,3	154,43	156,012	453,246	44,343	0,3433	1320,3	2,9046
5,4	155,14	156,741	452,684	44,392	0,3373	1342,1	2,9560
5,5	155,85	157,471	452,123	44,441	0,3315	1363,8	3,0073
5,6	156,54	158,181	451,577	44,487	0,3259	1385,4	3,0586
5,7	157,22	158,880	451,039	44,533	0,3205	1407,0	3,1098
5,8	157,90	159,579	450,501	44,579	0,3153	1428,5	3,1610
5,9	158,56	160,259	449,979	44,623	0,3103	1450,0	3,2122
6,0	159,22	160,938	449,457	44,667	0,3054	1471,5	3,2632
6,1	159,87	161,607	448,943	44,710	0,3007	1492,9	3,3142
6,2	160,50	162,255	448,444	44,753	0,2962	1514,2	3,3652
6,3	161,14	162,915	447,938	44,794	0,2917	1535,5	3,4161
6,4	161,76	163,553	447,448	44,836	0,2874	1556,7	3,4670
6,5	162,37	164,181	446,965	44,876	0,2833	1577,9	3,5178
6,6	162,98	164,810	446,483	44,916	0,2792	1599,0	3,5685
6,7	163,58	165,428	446,008	44,956	0,2753	1620,1	3,6192
6,8	164,18	166,047	445,534	44,994	0,2715	1641,2	3,6699
6,9	164,76	166,645	445,075	45,032	0,2678	1662,2	3,7206
7,00	165,34	167,243	444,616	45,070	0,2642	1683,0	3,7711
7,25	166,77	168,718	443,485	45,162	0,2556	1735,2	3,8974
7,50	168,15	170,142	442,393	45,250	0,2475	1787,1	4,0234
7,75	169,50	171,535	441,325	45,337	0,2400	1838,7	4,1490
8,00	170,81	172,888	440,289	45,420	0,2329	1890,1	4,2745
8,25	172,10	174,221	439,269	45,501	0,2263	1941,2	4,3997
8,50	173,35	175,514	438,280	45,578	0,2200	1992,1	4,5248
8,75	174,57	176,775	437,315	45,654	0,2141	2042,8	4,6495
9,00	175,77	178,017	436,366	45,727	0,2085	2093,3	4,7741
9,25	176,94	179,228	435,440	45,798	0,2031	2143,5	4,8985
9,50	178,08	180,408	434,539	45,868	0,1981	2193,5	5,0226
9,75	179,21	181,579	433,645	45,935	0,1933	2243,3	5,1466
10,00	180,31	182,719	432,775	46,001	0,1887	2293,0	5,2704
10,25	181,38	183,828	431,928	46,064	0,1844	2342,5	5,3941
10,50	182,44	184,927	431,090	46,127	0,1802	2391,7	5,5174
10,75	183,48	186,005	430,267	46,189	0,1763	2440,7	5,6405
11,00	184,50	187,065	429,460	46,247	0,1725	2489,5	5,7636
11,25	185,51	188,113	428,661	46,306	0,1689	2538,2	5,8864
11,50	186,49	189,131	427,886	46,362	0,1654	2586,8	6,0092
11,75	187,46	190,139	427,119	46,417	0,1621	2635,2	6,1318
12,00	188,41	191,126	426,368	46,471	0,1589	2683,4	6,2543
12,25	189,35	192,104	425,624	46,524	0,1558	2731,4	6,3765
12,50	190,27	193,060	424,896	46,576	0,1529	2779,3	6,4986
12,75	191,18	194,007	424,177	46,626	0,1500	2827,0	6,6206
13,00	192,08	194,944	423,465	46,676	0,1473	2874,5	6,7424
13,25	192,96	195,860	422,769	46,724	0,1447	2922,0	6,8642
13,50	193,83	196,766	422,080	46,772	0,1421	2969,3	6,9857
13,75	194,69	197,662	421,400	46,818	0,1397	3016,5	7,1072
14,00	195,53	198,537	420,736	46,864	0,1373	3063,4	7,2283

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Aus der Tabelle laffen fich ferner entnehmen:
die Verdampfungswärme $r=\varrho+Apu$ Kalorien, die Dampfwärme . . $J=q+\varrho$ Kalorien,
die Gefamtwärme . . . $\lambda=q+\varrho+Apu$ Kalorien, das Volumen von 1 kg $s=u+0{,}001$ cbm.
Die Verdampfungswärme r befteht aus der inneren Verdampfungswärme ϱ zur Vermehrung der Energie (f. d.) im verdampfenden Körper felbft und aus der äußeren Verdampfungswärme $r-\varrho$ für die Arbeit zur Ueberwindung des äußeren Drucks beim Uebergange vom Flüffigkeitsvolumen ins Dampfvolumen. Letztere ift gleich Apu, wenn

$$u=s-\sigma \qquad 5.$$

die Differenz der Volumen von 1 kg reinen Dampfes und reiner Flüffigkeit beim Drucke p und $1/A=W=424$ den Arbeitswert einer Wärmeeinheit in Meterkilogramm bedeuten (f. Wärmeäquivalent, mechanifches). Man hat alfo:

$$r=\varrho+Apu, \qquad 6.$$

während zwifchen der ganzen Verdampfungswärme r und der äußeren und inneren Verdampfungswärme die Clapeyronfche Gleichung (f. d.) befteht:

$$\frac{r}{Apu}=\frac{\varrho}{Apu}+1=\frac{T}{p}\frac{dp}{dt}. \qquad 7.$$

Für Waffердampf kann man nach Zeuner innerhalb der Grenzen der Regnaultfchen Verfuche bequemer fetzen:

$$\varrho=574{,}4-0{,}791\,t \text{ Kalorien}, \qquad 8.$$

während nach 2., 6. mit 1., 8. für die äußere Verdampfungswärme folgt:

$$Apu=31{,}1+1{,}096\,t-q \text{ Kalorien}. \qquad 9.$$

Die nach 8., 9. mit den q in Kolumne 3 der Tabelle III. berechneten Werte find in den Kolumnen 4 und 5 der letzteren eingetragen. Weiter enthält Tabelle III. die durch Divifion von Apu mit Ap ermittelten Differenzen u, die Quotienten $\varrho:u$ und die Gewichte

$$\gamma=\frac{1}{s}=\frac{1}{u+\sigma} \qquad 10.$$

von 1 kg reinem Dampfe, wobei, wie bei technifchen Berechnungen betreffend Dämpfe üblich, das Volumen von 1 kg Waffer konftant $\sigma=0{,}001$ cbm gefetzt wurde. Für s, γ gelten auch die am Schluffe des Art. „Dampf" erwähnten Näherungsformeln. Verfteht man noch unter Dampfwärme (f. d.) $J=q+\varrho$ denjenigen Teil der Gefamtwärme, der nicht zur Ueberwindung des äußeren Druckes verausgabt wird, fo läßt fich die Verteilung von λ aus folgendem Schema erfehen:

Gefamtwärme λ

Flüffigkeitswärme q	Innere Verdampfungswärme ϱ	Aeußere Verdampfungswärme Apu
Dampfwärme J		Verdampfungswärme r.

Bei Problemen betreffend gefättigten Dampf hat man es im allgemeinen nicht mit Dampf allein, fondern mit Dampf- und Flüffigkeitsgemifchen zu tun. In 1 kg Gemifch befinden fich dann x kg reiner Dampf (fpezififche Dampfmenge, f. Dampf) und $1-x$ kg reine Flüffigkeit, fo daß das Volumen von 1 kg, das fpezififche Volumen, fich ausdrückt:

$$v=xs+(1-x)\sigma=vu+\sigma. \qquad 11.$$

Für die gewöhnlich angenommenen Zuftandsänderungen (f. d. und Wärmetheorie, mechanifche) von Dampf- und Flüffigkeitsgemifchen, bei denen alle von außen zugeführte oder nach außen abgegebene Energie nur Wärme oder Arbeit ift, liefert die mechanifche Wärmetheorie folgende auf 1 kg bezogenen Hauptgleichungen [11], in denen dQ die Wärmezufuhr in Kalorien, dL die äußere Arbeit (f. d.) in Meterkilogramm und dU die Aenderung der Energie im Körper (Eigenenergie, innere Arbeit) in Meterkilogramm bedeuten:

$$dL=p\,dv, \qquad A\,dU=dq+d(\varrho x), \qquad 12.$$

$$dQ=A(dU+p\,dv)=dq+d(\varrho x)+A\,p\,dv, \qquad 13.$$

$$dQ=dq+d(rx)-\frac{rx}{T}dt=dq+T\,d\frac{rx}{T}, \qquad 14.$$

$$dQ=(1-x)\,c\,dt+r\,dx+h\,x\,dt. \qquad 15.$$

In 14. ift $T=273+t$ die abfolute Temperatur (f. d.), in 15. h die Clauſiusfche Temperaturfunktion (f. d.). Für die Aenderung der Entropie S (f. d.) hat man:

$$A\,dS=\frac{dQ}{T}=\frac{dq}{T}+d\frac{rx}{T}. \qquad 16.$$

Mittels diefer und der oben gegebenen Gleichungen können auch endliche Zuftandsänderungen von einem Anfangszuftand p_1, v_1 in einen Endzuftand p, v unterfucht werden, wobei zu beachten ift, daß t, T, c, q, ϱ, r, λ, s, γ nur vom Drucke p abhängen. Man erhält z. B. bei konftantem Drucke p (alfo auch konftanter Temperatur t):

$$v-v_1=u(x-x_1), \qquad L=pu(x-x_1),$$
$$U-U_1=W\varrho(x-x_1), \qquad Q=r(x-x_1),$$

bei konftantem Volumen v: $\quad xu=x_1u_1, \qquad L=0,$

$$Q=A(U-U_1)=q-q_1+\varrho x-\varrho_1x_1=q-q_1+x_1u_1\left(\frac{\varrho}{u}-\frac{\varrho_1}{u_1}\right),$$

und bei adiabatifchen Zuftandsänderungen (f. d.), d. h. Zuftandsänderung ohne Wärmezufuhr oder -abfuhr:

$$\tau+\frac{r}{T}x=\tau_1+\frac{r_1}{T_1}x_1, \qquad \text{mit } \tau=\int_0^t\frac{dq}{T}, \qquad L=U_1-U=W(q_1-q+\varrho_1x_1-\varrho x).$$

Für adiabatifche Zuftandsänderungen gefättigten Waffердampfes kann man übrigens nach Rankine und Zeuner genügend genau fetzen:

$$p\,v^k=p_1\,v_1{}^k \text{ mit } k=1{,}035+0{,}1\,x_1,$$

womit (vgl. Aeußere Arbeit):

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

$$L = U_1 - U = \frac{p_1 v_1 - p v}{k-1} = \frac{p_1 v_1}{k-1}\left[1-\left(\frac{v_1}{v}\right)^{k-1}\right] = \frac{p_1 v_1}{k-1}\left[1-\left(\frac{p}{p_1}\right)^{\frac{k-1}{k}}\right].$$

Selbſtverſtändlich gelten alle dieſe Gleichungen nur von $x=0$ bis $x=1$ oder von $v=\sigma$ bis $v=s$, d. h. ſo lange der Zuſtandspunkt p, v zwiſchen den Kurven σ und s liegt (vgl. Dampf). Mit Rückſicht auf die darin vorkommenden Größen $\frac{r}{T}$, τ, $\frac{dp}{dt}$, $h\,d\,t$ wird noch die Hilfstabelle IV nach Grashof [2], S. 168, und Zeuner [11], S. 62, beigefügt.

Tabelle IV. Gefättigte Waſſerdämpfe.

p Atmoſphären	t	Δt	$\frac{r}{T}$	Diff. für $\Delta t=1$	τ	Diff. für $\Delta t=1$	$\frac{dp}{dt}$ kg pro qm	$-\int_0^t h dt$
0,1	46,21		1,79917		0,15660			
		14,24		0,00749		0,00308		
0,2	60,45		1,69245		0,20047			
		9,04		0,00699		0,00298		
0,3	69,49		1,62927		0,22737			
		6,76		0,00668		0,00291		
0,4	76,25		1,58413		0,24707			
		5,46		0,00646		0,00287		
0,5	81,71		1,54888		0,26273		207,41	126,747
		4,61		0,00626		0,00283		
0,6	86,32		1,52000		0,27577			
		7,56		0,00607		0,00278		
0,8	93,88		1,47413		0,29681			
		6,12		0,00585		0,00274		
1,0	100,00		1,43834		0,31357		369,67	148,470
		5,17		0,00568		0,00270		
1,2	105,17		1,40899		0,32750			
		4,51		0,00554		0,00267		
1,4	109,68		1,38402		0,33954			
		4,01		0,00542		0,00264		
1,6	113,69		1,36230		0,35013			
		3,61		0,00531		0,00262		
1,8	117,30		1,34312		0,35959			
		3,30		0,00522		0,00260		
2	120,60		1,32588		0,36816		653,86	170,639
		7,20		0,00509		0,00257		
2,5	127,80		1,28924		0,38663			
		6,11		0,00493		0,00253		
3	133,91		1,25913		0,40207		909,22	183,778
		5,33		0,00479		0,00250		
3,5	139,24		1,23358		0,41537			
		4,76		0,00468		0,00247		
4	144,00		1,21129		0,42713		1146,57	193,163
		4,29		0,00458		0,00245		
4,5	148,29		1,19163		0,43763			
		3,93		0,00450		0,00242		
5	152,22		1,17395		0,44713		1371,00	200,457
		3,63		0,00442		0,00240		
5,5	155,85		1,15790		0,45586			
		3,37		0,00436		0,00239		
6	159,22		1,14322		0,46391		1585,43	206,394
		6,12		0,00426		0,00237		
7	165,34		1,11714		0,47841		1791,32	211,481
		5,47		0,00416		0,00234		
8	170,81		1,09441		0,49122		1990,00	215,862
		4,96		0,00406		0,00232		
9	175,77		1,07425		0,50272		2183,23	219,726
		4,54		0,00398		0,00230		
10	180,31		1,05618		0,51314		2370,92	223,178
		4,19		0,00391		0,00227		
11	184,50		1,03980		0,52267		2553,97	226,292
		3,91		0,00384		0,00226		
12	188,41		1,02477		0,53152		2732,60	229,134
		3,67		0,00378		0,00225		
13	192,08		1,01088		0,53976		2907,43	231,752
		3,45		0,00373		0,00223		
14	195,53		0,99802		0,54746		3078,75	234,165

Tabellen betreffend Waſſerdampf für Atmoſphären zu 10 000 kg pro Quadratmeter oder 1 kg pro Quadratzentimeter und Tabellen mit regelmäßig wachſenden Temperaturen t für Waſſer, Aether, Alkohol, Aceton, Chloroform, Chlorkohlenſtoff, Schwefelkohlenſtoff, Ammoniak, ſchweflige Säure, Kohlenſäure ſ. am Schluſſe von [11].

Literatur: [1] Regnault, Relation des expériences etc., I, Paris 1847, p. 465, 635, 729; II, Paris 1862, p. 365, 761. — [2] Grashof, Theoretiſche Maſchinenlehre, I: Hydraulik nebſt mechaniſcher Wärmetheorie etc., Leipzig 1875, S. 139. — [3] Bertrand, Thermodynamique, Paris 1887, p. 154. — [4] Ramſay und Young, On some of de Properties of Water and of Steam, Philo-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

sophical Transactions, A, 1892, p. 107. — [5] Cailletet et Colardeau, Nouvelle méthode de détermination du point critique, Application de cette méthode au cas particulier de l'eau et de la recherche de la lois des tensions de la vapeur d'eau saturée, Annales de chimie et de physique 1892, p. 519. — [6] Poincaré, Thermodynamik, Berlin 1893, S. 137. — [7] Battelli, Étude de la vapeur d'eau en rapport avec les lois de Boyle et de Gay-Lussac, Annales de chimie et de physique 1894, p. 408. — [8] Wiebe, Tafeln über die Spannkraft des Waſſerdampfes zwiſchen 76 und 101,5°, Braunſchweig 1894. — [9] Landolt und Börnſtein, Phyſikaliſch-chemiſche Tabellen, Berlin 1894. — [10] Winkelmann, Handbuch der Phyſik, II: Wärme, Breslau 1896, S. 480, 652, 697, 826. — [11] Zeuner, Techniſche Thermodynamik, II, Leipzig 1901, S. 9. — [12] Wiebe, Die Spannung des Dampfes über 100°, Zeitſchr. d. Vereins deutſch. Ing. 1904, S. 315 (Reduktion der Regnaultſchen Verſuchsreſultate auf das Meeresniveau und die Breite 45°). *Weyrauch.*

Dampf, überhitzter. Ueber dieſen Begriff ſ. Dampf.

Als Ueberhitzung τ wurde bezeichnet die Erhebung der augenblicklichen Temperatur t über die dem augenblicklichen Drucke p entſprechende Sättigungstemperatur t':

$$\tau = t - t' = T - T'. \qquad 1.$$

Die Zuſtandsgleichung (allgemeine Beziehung zwiſchen dem Drucke p, dem Volumen v und der Temperatur t) der überhitzten Dämpfe iſt nicht genau bekannt. Diejenigen Gleichungen, die das Verhalten der letzteren möglichſt vollſtändig wiedergeben ſollen (ſ. Gasförmige Körper), ſind nach v vom dritten oder einem durch Verſuche feſtzuſtellenden Grade, ſie liefern bei ihrer Verwendung in den wärmetheoretiſchen Formeln für techniſche Zwecke ungeeignete Beziehungen. Man war daher genötigt, nach bequemeren Näherungsgleichungen zu ſuchen, die das Verhalten der wichtigſten Dämpfe, insbeſondere des Waſſerdampfes, innerhalb der bei praktiſchen Fragen in Betracht kommenden Grenzen mit hinreichender Genauigkeit wiedergeben ſollten.

So entnahm der Verfaſſer [5], [16] aus den von Hirn [2] für verſchiedene p, t erhaltenen ſpezifiſchen Volumen v und den p entſprechenden Sättigungsvolumen s des Waſſerdampfes (Tabelle S. 540) die Zuſtandsgleichung $p(v - s) = R\tau$, $\qquad 2.$

worin R eine Konſtante, nämlich für p in Atmoſphären (zu 760 mm) $R = 0{,}004924$, für p in Kilogramm pro Quadratmeter $R = 50{,}880$. Die genügende Uebereinſtimmung mit Hirns Beobachtungen zeigt folgende Zuſammenſtellung:

Für p	und t	oder τ	nach Hirn v	nach 2. v
1 Atm.	118,5°	18,5°	1,74 cbm/kg	1,742 cbm/kg
1	141	41	1,85	1,852
2,25	200	75,65	0,92	0,936
3	200	66,09	0,697	0,696
3,5	196	56,76	0,591	0,588
3,5	246,5	107,26	0,657	0,659
4	165	21	0,482	0,474
4	200	56	0,522	0,517
4	246	102	0,575	0,574
5	162,5	10,28	0,376	0,374
5	205	52,78	0,414	0,416

Gleichung 2. läßt ſich auch ſchreiben:

$$pv = RT - f(p), \qquad 3.$$

worin $f(p)$ eine zunächſt beliebige Funktion des Druckes p bedeutet. Denn ſubtrahiert man von 2. den bei gleichem Druck dem Sättigungspunkt entſprechenden Ausdruck $ps = RT' - f(p)$, ſo ergibt ſich bei Beachtung von 1. wieder Gleichung 2. Ferner kann man nach 2. mit 1. ſetzen:

$$pv = R(T - P) \qquad 4.$$

und gelten dann in 3. und 4.: $f(p) = RT - ps = RP$, $\qquad 5.$

ſo daß auch P nur vom Drucke p abhängt. Für Waſſerdampf erhalten wir beiſpielsweiſe die in der folgenden Tabelle angeführten Werte.

Druck p	nach Regnault t'	nach Regnault s	nach 5. P
0,1	46,21	14,553	23,66
0,5	81,71	3,1718	32,63
1	100,00	1,6505	37,81
2	120,60	0,8599	44,33
3	133,91	0,5875	48,97
4	144,00	0,4484	52,74
5	152,22	0,3636	56,01
6	159,22	0,3064	58,87
7	165,34	0,2652	61,33
8	170,81	0,2339	63,79
9	175,77	0,2095	65,85
10	180,31	0,1897	68,05
11	184.50	0,1735	69,91
12	188,41	0,1599	71,73
13	192,08	0,1483	73.55
14	195,53	0,1383	75,31
Atm.	Grad C.	cbm/kg	Grad C.

Auf vorſtehende Formeln führen auch die übrigen Zuſtandsgleichungen, die gegenwärtig bei techniſchen Problemen in Gebrauch ſind, ſie bilden ſpezielle Fälle von 2. und 3. Während jedoch $f(p)$ und P durch 5. bereits beſtimmt ſind, machen dieſe Zuſtandsgleichungen noch beſondere Annahmen, wodurch mitunter Widerſprüche entſtehen können.

Nach Zeuner [3], [12] ſetzt man mit konſtanten R, C, μ: $pv = RT - Cp^{\mu}$, $\qquad 6.$

wonach in 3. und 4. gewählt werden:

$$f(p) = Cp^{\mu}, \qquad P = \frac{C}{R}p^{\mu}. \qquad 7.$$

Für Waſſerdampf ſoll $\mu = \frac{AR}{c_p}$ ſein, womit auch c_p konſtant angenommen wird. Auf Grund der Verſuche von Hirn und Regnault wären in 6., 7. zu verwenden für p in Atmoſphären (zu 760 mm), v in Kubikmetern pro Kilogramm:

$R = 0{,}004924$, $C = 0{,}18536$, $\mu = 0{,}25$, womit $P = 37{,}644\sqrt[4]{p}$,

für p in Kilogramm pro Quadratmeter, v in Kubikmetern pro Kilogramm:

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

$R = 50{,}880$, $C = 189{,}970$, $\mu = 0{,}25$, womit $P = 3{,}7337\sqrt[4]{p}$, oder auch die nur wenig davon abweichenden in [12], S. 221, gegebenen Werte. Gleichung 6. läßt ſich aus 2. oder 3. ableiten, wenn man c_p konſtant und eine gewiſſe Integrationskonſtante gleich Null einführt.

Neuerdings wird auch vielfach die von Tumlirz [11] zur Darſtellung der umfaſſenden Verſuchsreſultate mit Waſſerdampf von Battelli [9] gewählte Zuſtandsgleichung herangezogen:

$$p(v + c) = RT, \tag{8.}$$

worin R, c konſtant. Man ſetzt damit in 3. und 4.:

$$f(p) = cp, \qquad P = \frac{c}{R}p, \tag{9.}$$

und erhält dann c_p, c_v nur von der Temperatur abhängig und $c_p - c_v = AR$. Nach Tumlirz ſind für Waſſerdampf in 8., 9. anzunehmen für p in Atmoſphären (zu 760 mm), v in Kubikmetern pro Kilogramm: $R = 0{,}004520$, $c = 0{,}008402$, womit $P = 1{,}85885\,p$,
für p in Kilogramm pro Quadratmeter, v in Kubikmetern pro Kilogramm:
$R = 46{,}700$, $c = 0{,}008402$, womit $P = 0{,}0001799\,p$.

Die Verſuche, auf welchen dieſe Zahlen beruhen, fanden bei Temperaturen von -6 bis 231^0 und Drücken von 0,003 bis 28 Atmoſphären ſtatt. In der Nähe des Sättigungspunktes führen ſie auf Widerſprüche mit den Regnaultſchen Verſuchsergebniſſen [11], S. 1064; [15], S. 1883; [16], S. 25.

Für die gewöhnlichen Zuſtandsänderungen der Wärmetheorie, bei denen alle von außen zugeführte oder entzogene Energie nur Wärme oder Arbeit iſt, liefert die mechaniſche Wärmetheorie (ſ. d.) unter Vorausſetzung der Zuſtandsgleichungen 2.—4. folgende auf 1 kg des Dampfes bezogene Hauptgleichungen [5], [16], in denen dQ die Wärmezufuhr in Kalorien, dL die äußere Arbeit (ſ. d.) und dU die Aenderung der inneren Energie (Eigenenergie, innere Arbeit) in Meter/Kilogramm, $A = 1/W = 1/424$ das kaloriſche Arbeitsäquivalent bedeuten:

$$dL = p\,dv, \tag{10.}$$

$$A\,dU = c_v dT + \frac{c_p - c_v - AR}{R}\,p\,dv = (c_p - AR)\,dT + A\,p\,d\frac{f(p)}{p}, \tag{11.}$$

$$dQ = c_p dT - ART\frac{dp}{p} = c_v\,dT + \frac{c_p - c_v}{R}\,p\,dv, \tag{12.}$$

wozu die Aenderung der Entropie (ſ. d.) kommt:

$$dS = \frac{dQ}{AT} = \frac{c_p}{A}\frac{dT}{T} - R\frac{dp}{p}. \tag{13.}$$

Bei Verwendung dieſer Gleichungen pflegt die Bezeichnung eingeführt zu werden:

$$k = \frac{c_p}{c_p - AR}, \qquad \frac{AR}{c_p} = \frac{k-1}{k}, \qquad c_p - AR = \frac{AR}{k-1}, \tag{14.}$$

wonach k mit c_p veränderlich iſt. Wenn jedoch für c_p ein Mittelwert eingeführt wird, ſo hat dies nach 14. auch für k zu geſchehen. Dieſer Mittelwert kann entſprechend demjenigen von c_p je nach Umſtänden verſchieden ſein. Mit Mittelwerten von c_p, c_v erhält man für einen Uebergang von p_1, v_1, t_1 in p, v, t beiſpielsweiſe nach 11. die Aenderung der inneren Arbeit:

$$U - U_1 = \frac{c_v}{A}(t - t_1) + \frac{c_p - c_v - AR}{AR}L, \tag{15.}$$

nach 12. die Wärmezufuhr:

$$Q = c_v(t - t_1) + \frac{c_p - c_v}{R}L, \tag{16.}$$

und nach 13. die Aenderung der Entropie:

$$S - S_1 = \frac{c_p}{A}\log n\frac{T}{T_1} - R\log n\frac{p}{p_1}. \tag{17.}$$

Während die Gleichungen 10.—16. auch vom Standpunkte der Zuſtandsgleichungen von Zeuner und Tumlirz aus gelten, kommen auf Grund der Zuſtandsgleichung 6. von Zeuner weiter hinzu:

$$dU = \left(\frac{c_p}{AR} - 1\right)d(pv) = \frac{d(pv)}{k-1}, \tag{18.}$$

$$dQ = \frac{A}{k-1}(v\,dp + k\,p\,dv). \tag{19.}$$

Solange c_p, k nach Zeuner als konſtant gelten, ergibt 18. wie bei Gaſen die Aenderung der Energie U proportional der Aenderung des Produkts pv (aber nicht wie bei Gaſen proportional der Temperaturänderung) und die iſodynamiſche Kurve als Hyperbel. Es empfiehlt ſich jedoch, auch in 18. je nach Umſtänden verſchiedene Mittelwerte k zu verwenden, wodurch gute Uebereinſtimmung mit 11. erreicht werden kann. Bei beliebigem konſtanten k liefert 18. für einen Uebergang von p_1, v_1, t_1 in p, v, t unter Beachtung von 4.:

$$U - U_1 = \frac{pv - p_1v_1}{k-1} = \frac{R}{k-1}(T - P - T_1 + P_1). \tag{20.}$$

Auf Grund der Zuſtandsgleichung 8. von Tumlirz kommen zu 10.—17. die Gleichungen:

$$c_p - c_v = AR = c_v(k-1), \qquad k = \frac{c_p}{c_v}, \tag{21.}$$

$$dU = Wc_v\,dT = \frac{R\,dT}{k-1} = \frac{d[p(v+c)]}{k-1}, \tag{22.}$$

$$dQ = \frac{A}{k-1}[(v+c)\,dp + k\,p\,d(v+c)].$$

Nach 12. läßt ſich wegen 8. und 21. einfacher ſchreiben:

$$dQ = c_p\,dT - A(v+c)\,dp = c_v\,dT + A\,p\,dv. \tag{23.}$$

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Alle diese Gleichungen stimmen mit den entsprechenden für Gase überein, nur daß $v + c$ an Stelle von v getreten ist, wobei zu beachten, daß $d(v + c) = dv$. Soweit Mittelwerte von c_p, c_v, k verwendet werden, liefert 22. die Aenderung der Energie U wie bei Gasen proportional der Temperaturänderung (aber nicht wie bei Gasen proportional der Aenderung des Produkts pv) und die isodynamische Zustandsänderung übereinstimmend mit der isothermischen Zustandsänderung. Für einen Uebergang von p_1, v_1, t_1 in p, v, t hat man nach 22. bei beliebigem konstantem k:

$$U - U_1 = W c_v (t - t_1) = \frac{p(v + c) - p_1 (v_1 + c)}{k - 1}. \qquad 24.$$

Die vorstehenden Zustandsgleichungen und wärmetheoretischen Hauptgleichungen können nun wie die entsprechenden Beziehungen für Gase (s. d.) und gesättigte Dämpfe (s. S. 539) auf besondere Zustandsänderungen angewandt werden. Bei den meisten Anwendungen derselben interessieren in erster Linie die Werte der spezifischen Wärmen. Wir fassen im folgenden speziell den Wasserdampf ins Auge.

Nach Versuchen von Regnault [1], S. 167, bei Temperaturen von 122—231° konnte man für $p = 1$ Atmosphäre im Mittel setzen:

$$c_p = 0{,}48.$$

Dieser Wert wurde bisher meist auch für andre Drücke verwendet. Indessen liefern die wärmetheoretischen Hauptgleichungen auf Grund der Zustandsgleichung 2., 3. und der Versuchsresultate von Hirn und Regnault [5], [16], S. 27:

$$c_p = 0{,}430 + 0{,}000378\, t, \qquad 25.$$

$$c_v = c_p - \frac{0{,}12\, T}{w + \tau}, \qquad 26.$$

worin beispielsweise:

für $p =$	0,1	0,5	1	2	3	4	5	6	Atmosphären
$w =$	297,33	347,48	342,81	359,65	370,28	378,17	384,46	389,77°	
für $p =$	7	8	9	10	11	12	13	14	Atmosphären
$w =$	394,51	398,46	402,26	405,44	408,56	411,40	413,95	416,32°	

und für beliebige Drücke aus den bekannten Tabellen für gesättigte Dämpfe zu erhalten:

$$w = A p u \frac{T'}{r} + \frac{ps}{0{,}005242}. \qquad 27.$$

Im Ausdrucke ps ist p in Atmosphären einzusetzen. Die Beziehung 26. ist unabhängig von 25. und wäre also unter den erwähnten Voraussetzungen auch bei andern Ausdrücken von c_p zulässig.

Versuche von Mallard und Le Chatelier [6] über die Verbrennung explosibler Gasgemische bei Temperaturen bis 3000° ergaben:

$$c_p = c_v + 0{,}111 = 0{,}423 + 0{,}000365\, t, \qquad a.$$

welche Formel später infolge nochmaliger Berechnung mit Berücksichtigung andrer Resultate wie folgt abgeändert wurde [7], [10], S. 394:

$$c_p = c_v + 0{,}111 = 0{,}432 + 0{,}000318\, t. \qquad b.$$

Auf ähnliche Weise wie Mallard und Le Chatelier hat Langen [14] ermittelt:

$$c_p = c_v + 0{,}111 = 0{,}439 + 0{,}000239\, t, \qquad c.$$

während Grindley und später Grießmann [15] bei Drosselversuchen noch stärkere Zunahmen von c_p mit der Temperatur erhielten, jedoch innerhalb zu enger Grenzen, um Formeln daraus abzuleiten. Die Resultate der drei letzten Ausdrücke stimmen mit denjenigen von 25. gut überein, wie folgende Zusammenstellung zeigt:

	für $t =$	0	50	100	150	200	300	500	1000°
nach 25.	$c_p =$	0,430	0,449	0,468	0,487	0,506	0,544	0,619	0,808
„ a.	$c_p =$	0,423	0,441	0,460	0,478	0,503	0,532	0,605	0,788
„ b.	$c_p =$	0,432	0,448	0,464	0,478	0,494	0,527	0,591	0,750
„ c.	$c_p =$	0,439	0,451	0,463	0,475	0,478	0,511	0,578	0,678

Doch ist zu beachten, daß bei Ableitung von a., b., c. vom Boyle-Gay-Lussacschen Gesetze (s. d.) und vom Avogadroschen Gesetze (s. Gase) Gebrauch gemacht wurde, die für Wasserdampf nur bei sehr hohen Temperaturen genügend zutreffen, nicht bei solchen, wie sie beispielsweise bei Dampfmaschinen vorkommen.

Während nach obigen mit den gebräuchlichen Zustandsgleichungen im Einklang stehenden Ausdrücken die spezifische Wärme c_p bei konstantem Drucke unabhängig von diesem Drucke mit zunehmender Temperatur fortdauernd wachsen würde, haben neue Versuche von Lorenz [17] bei gewöhnlichen Ueberhitzungen eine Abnahme von c_p mit wachsender Temperatur und eine Zunahme mit wachsendem Druck ergeben. Seine Resultate ließen sich annähernd durch folgende Formel darstellen [19]:

$$c_p = 0{,}430 + 3600000 \frac{p}{T^3}, \qquad 28.$$

worin p in Kilogramm pro Quadratzentimeter (Neuatmosphären) einzusetzen, wie die nebenstehende Zusammenstellung zeigt.

Grad C. t	kg pro qcm p	Versuch c_p	Nach 28. c_p
207,6	6,82	0,622	0,651
279,3	6,82	0,568	0,575
321,0	6,94	0,555	0,547
222,4	8,97	0,698	0,696
262,0	8,98	0,640	0,640
313,8	8,98	0,570	0,590
205,4	4,31	0,583	0,572
295,0	4,05	0,484	0,510
338,9	3,94	0,478	0,492
207,6	1,93	0,531	0,493
294,0	1,89	0,492	0,467

Den Versuchen von Lorenz ist insofern besonderes Gewicht beizulegen, als die Werte von c_p unmittelbar nach dem Begriffe der spezifischen Wärme (s. d.) durch Messung zusammengehöriger Werte der Wärmezufuhr und Temperaturerhöhung erhalten wurden. Dieterici [20] fand die Beobachtungen von Lorenz im allgemeinen bestätigt, indem er auf Grund der Versuche von

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Ramſay und Young [8] und verſchiedener empiriſcher Ausdrücke die Energie U des überhitzten Waſſerdampfes bei mehreren konſtanten Temperaturen berechnete, die entſprechenden U-Iſothermen für v als Abſziſſe, U als Ordinate graphiſch auftrug und aus dem Verlaufe dieſer Kurven Schlüſſe auf die Art der Veränderlichkeit von c_p, c_v zog. Empiriſche Formeln für die ſpezifiſchen Wärmen haben ſich bei dieſem Verfahren bis jetzt nicht ergeben.

Zu beachten iſt, daß 25. und 28. die wirkliche ſpezifiſche Wärme bei konſtantem Druck in irgendeinem Zuſtand p, v, t ausdrücken ſollen, während die mittlere ſpezifiſche Wärme bei konſtantem Drucke zwiſchen zwei Zuſtänden p_1, v_1, t_1 und p, v, t nach 25. allgemein:

$$c_p = 0{,}430 + 0{,}000189\,(t + t_1), \tag{29.}$$

und nach 28. beiſpielsweiſe für eine Zuſtandsänderung bei konſtantem Drucke p:

$$c_p = 0{,}430 + 1800000\,p\,\frac{T + T_1}{T^2 T_1^2} \tag{30.}$$

und bei konſtanter Temperatur T: $c_p = 0{,}430 + 1800000\,\frac{p + p_1}{T^3}$. (31.)

Um bei konſtantem Drucke p 1 kg überhitzten Dampf von der Temperatur t oder Ueberhitzung τ aus ebenſoviel Flüſſigkeit von 0° zu erzeugen, iſt eine Wärmemenge λ nötig, welche die Geſamtwärme des Dampfes heißt. Sie läßt ſich ausdrücken:

$$\lambda = \lambda' + c_p \tau, \tag{32.}$$

worin die Geſamtwärme des geſättigten Dampfes vom Drucke p (ſ. Dampf, geſättigter):

$$\lambda' = q + \varrho + Apu \tag{33.}$$

und c_p die mittlere ſpezifiſche Wärme bei konſtantem Drucke, während des Ueberhitzens von t' bis t. Von der Geſamtwärme λ wird ein Teil zu äußerer Arbeit verbraucht, ausgedrückt bei Berückſichtigung von 2.:

$$AL = Apu + AR\tau, \tag{34.}$$

wovon Apu bis zum Beginn des Ueberhitzens, $AR\tau$ während des Ueberhitzens, der Reſt

$$J = q + \varrho + (c_p - AR)\tau \tag{35.}$$

[5], [16] dient zur Erhöhung der Eigenenergie U der Flüſſigkeit und des Dampfes und heißt nach Zeuner die Dampfwärme. Die Werte von q, ϱ, Apu, λ' für Waſſerdampf laſſen ſich aus der Tabelle S. 540 entnehmen, doch können auch empiriſche Formeln verwendet werden (ſ. Dampf, geſättigter), beiſpielsweiſe nach Regnault:

$$\lambda' = 606{,}5 + 0{,}305\,t'. \tag{36.}$$

Aus Beobachtungen der Geſamtwärme λ kann nach 32. auch die mittlere ſpezifiſche Wärme c_p von t' bis t erhalten werden. So fand Bach [13] bei Verſuchen über die Wärmeabgabe des überhitzten Waſſerdampfes durch zwei von Kühlwaſſer umſpülte Spiralen von je ca. 50 m Länge und 6 qm Oberfläche:

für Verſuch		I	II	III	IV
mit	$t =$	325,9	327,1	325,6	324,6°
und	$t' =$	128,0	146,3	160,5	170,5°
alſo	$p =$	2,6	4,4	6,4	8,2 kg/qcm
nach 32., 36	$c_p =$	0,624	0,574	0,534	0,536,

während ſich ergeben würde:

aus 25.	$c_p =$	0,516	0,520	0,522	0,524
aus 30.	$c_p =$	0,511	0,558	0,607	0,649.

Mit Rückſicht auf die bei den Temperaturen des Kühlwaſſers und des Verſuchsraums trotz der angewandten ſtarken Wärmeſchutzſchicht nicht ganz zu vermeidende Wärmeabgabe nach außen war anzunehmen, daß der erſte Verſuchswert etwas zu groß, die drei weiteren Werte etwas zu klein ſeien.

Literatur: [1] Regnault, Relation des expériences etc., II, Paris 1862, S. 167. — [2] Hirn, Théorie mécanique de la chaleur, Paris 1865, S. 202. — [3] Zeuner, Theorie der überhitzten Waſſerdämpfe, Zeitſchr. des Vereines deutſcher Ingen. 1867, S. 41. — [4] Hirn et Cazin, Mémoire sur la détente de la vapeur surchauffée, Annales de chimie et de physique 1867, X, p. 349. — [5] Weyrauch, Von den überhitzten Dämpfen, Zeitſchr. des Vereines deutſcher Ingen. 1876, S. 1, 71, 193; 1877, S. 241. — [6] Mallard et Le Chatelier, Sur les températures des combustions et les chaleurs spécifiques des gaz aux températures élevées, Annales des mines 1883, IV, p. 379 (insbeſondere S. 528). — [7] Wiedemanns Annalen, Beibl. 1890, S. 364. — [8] Ramſay und Young, On some of the Properties of Water and of Steam, Philosophical Transactions, A, 1892, S. 107. — [9] Battelli, Sulle proprietà termiche dei vapori, IV: Studio del vapor d'aqua, Memorie della reale accademia delle scienze di Torino, Serie II, Bd. 43, 1893, S. 63. — [10] Winkelmann, Handbuch der Phyſik, II: Wärme, Breslau 1896, S. 389, 839. — [11] Tumlirz, Die Zuſtandsgleichung des Waſſerdampfes, Sitzungsber. d. Akad. d. Wiſſenſch. in Wien, 1899, Bd. 108, Abt. IIa, S. 1058. — [12] Zeuner, Techniſche Thermodynamik, II, Leipzig 1901, S. 187. — [13] Bach, Zur Frage des Wärmewerts des überhitzten Waſſerdampfes, Zeitſchr. des Vereines deutſcher Ingen. 1902, S. 729. — [14] Langen, Unterſuchungen über die Drücke, die bei Exploſion von Waſſerſtoff und Kohlenoxyd in geſchloſſenen Gefäßen entſtehen, Zeitſchr. des Vereines deutſcher Ingen. 1903, S. 622. — [15] Grießmann, Die Erzeugungswärme des überhitzten Waſſerdampfes und ſein Verhalten in der Nähe der Kondenſationsgrenze, Zeitſchr. des Vereines deutſcher Ingen. 1903, S. 1852, 1880. — [16] Weyrauch, Ueber die ſpezifiſchen Wärmen des überhitzten Waſſerdampfes, Zeitſchr. des Vereines deutſcher Ingen. 1904, S. 24, 50. — [17] Lorenz, Die ſpezifiſche Wärme des überhitzten Waſſerdampfes, Zeitſchr. des Vereines deutſcher Ingen. 1904, S. 698. — [18] Lorenz, Techniſche Wärmelehre, München 1904, S. 273. — [19] Lorenz, Neuere Verſuche über die ſpezifiſche Wärme des überhitzten Waſſerdampfes, Zeitſchr. des Vereines deutſcher Ingen. 1904, S. 1189. — [20] Dieterici, Die kaloriſchen Eigenſchaften des Waſſers und ſeines Dampfes bei hohen Temperaturen, Zeitſchr. des Vereines deutſcher Ingen. 1905, S. 362.

Weyrauch.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Dampfabgangsrohr, f. Dampfleitungen für Schiffe.

Dampfabſperrventil, f. Dampfleitungen für Schiffe.

Dampfaſchwinde, f. Aſchtransportvorrichtung.

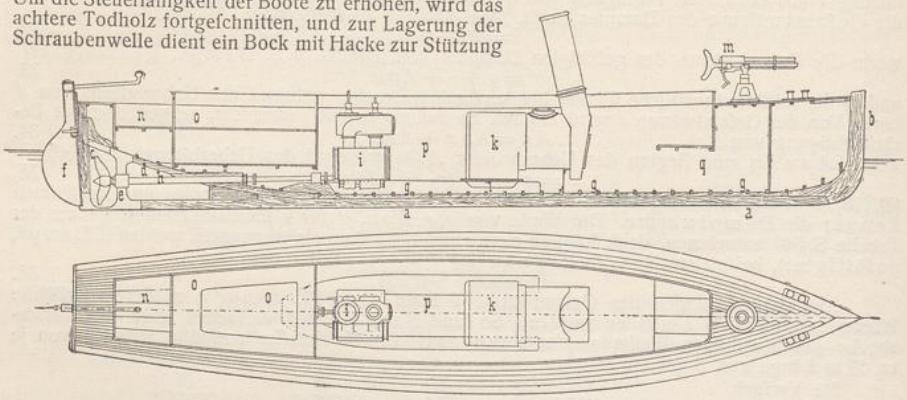
Dampfaufzüge, f. Aufzüge, Bd. 1, S. 376.

Dampfbarkaſſe, f. Dampfbeiboote.

Dampfbeiboote, kleinere Dampfer, die an Bord größerer Schiffe mitgeführt werden und für den Schiffsdienſt Verwendung finden. Sie ſind hauptſächlich bei Kriegsſchiffen und Dampfjachten in Gebrauch.

Derartige Dampfbeiboote ſind zurzeit in allen Kriegsmarinen eingeführt. Sie werden faſt durchweg wie die Barkaſſen und Pinaſſen aus Holz nach dem Diagonalſyſtem erbaut, und hierher entſtammt auch die Bezeichnung Dampfbarkaſſe und Dampfpinaſſe. Zur Sicherheit des Bootes bei ſchlechtem Wetter wurden früher an den Enden und zur Seite Luftkäſten eingebaut; neuerdings verzichtet man auf letztere und gibt dem Boot dafür eine größere Freibordhöhe und ein teilweiſes Deck, um es ſeefähiger zu geſtalten.

Um die Steuerfähigkeit der Boote zu erhöhen, wird das achtere Todholz fortgeſchnitten, und zur Lagerung der Schraubenwelle dient ein Bock mit Hacke zur Stützung



a Kiel. *b* Vorſteven. *c* Hinterſteven. *d* Gillung. *e* Schraubenbock. *f* Ruder. *g* Spanten. *h* Stevenrohr. *i* Maſchine. *k* Lokomotivkeſſel. *l* Aſchfall. *m* Revolverkanone. *n* Steuerluke. *o* Sitzraum. *p* Heizraum. *q* Munitionsraum.

des Heckruders. Dieſe Konſtruktion wurde zuerſt von White in Cowes eingeführt, und ſind die White-Boote faſt in allen Marinen vertreten. Die Beibootsmaſchinen werden durchweg als Hammermaſchinen konſtruiert. Die früheren Maſchinen waren ein- oder zweizylindrige Hochdruckmaſchinen, und der Abdampf puffte in den Schornſtein oder in eine Waſſerziſterne aus. Neuerdings ſind nur Compoundmaſchinen mit Kondenſation in Anwendung, um das Geräuſch das abgehenden Dampfes zu verhüten. Der Dampf kondenſiert entweder in einem Oberflächenkondenſator wie bei den Schiffsmaſchinen, oder er ſchlägt ſich in einem Kondenſationsrohr nieder, das am Kiel des Bootes außenbords entlang geführt iſt und vom Seewaſſer gekühlt wird. Die Größe der Dampfbeiboote ſchwankt von 7 bis 16 m Länge bei einem Geſamtgewicht von 1500 bis 16000 kg und einer Geſchwindigkeit von 6 bis 14 Knoten pro Stunde. Die größeren Boote finden auf Kriegsſchiffen als Wacht- oder Depeſchenboote Verwendung und werden zu dieſem Zweck mit einem Schnellfeuergeſchütz bezw. einem Torpedorohr zum Lancieren von Whitehead-Torpedos ausgerüſtet. Größere Beiboote zeigen ſchon den Typ der Torpedoboote. Dieſelben werden auch an Bord der Kriegsſchiffe geführt, dann aber aus Stahlblech gefertigt, und ſind unter dem Namen Torpedoboote 2. Klaſſe eingeführt.

Literatur: Brix, Bootsbau, Berlin 1892; Hauſer, Cours de construction navale, Paris 1886; Dick und Kretſchmer, Handbuch der Seemannſchaft, Berlin 1902; Mitteilungen aus dem Gebiet des Seeweſens 1887, S. 502; Klamroth, Leitfaden für den Unterricht in der Maſchinenkunde, Berlin 1902; Dampfbeiboot Kl. A der K. Marine, Zeitſchrift Schiffbau 1900, Nr. 4. *T. Schwarz.*

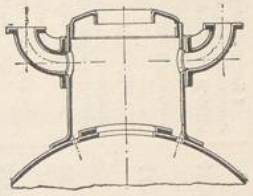
Dampfbremſe, f. Bremſen (für Eiſenbahnfahrzeuge), S. 269.

Dampfchloren, eine Operation der Zeugdruckerei, der die bedruckten Stückwaren unterworfen werden, um das Weiß der Stoffe zu regenerieren.

Durch das Seifen (bezw. andre Paſſagen) der bedruckten und gedämpften Waren wird ſelbſt bei den echteſten Farben und bei vorſichtigem Arbeiten das Weiß beeinflußt. — Man unterſcheidet Dampfchloren und Trockenchloren. Beim Dampfchloren werden die Stücke auf der Klotzmaſchine mit einer ſchwachen Chlorkalklöſung, der man etwas in Waſſer ſuspendiertes Ultramarinblau zuſetzt, imprägniert, worauf die Stücke durch einen mit Waſſerdampf gefüllten Kaſten gehen. Die nicht bedruckten Stellen benetzen ſich mehr als die bedruckten; hieraus folgt, daß das Chlor auf die unbedruckt gebliebenen Stellen mit größerer Intenſität einwirkt. Die Stärke der Chlorkalklöſung richtet ſich nach der Chlorechtheit der beim Druck angewendeten Farben. Anilinfarben werden in der Regel dem Dampfchlor nicht ausgeſetzt. Das Dampfchloren findet beim Druck von Alizarinroſa und Türkiſchrot viel Anwendung. *Ad. Singer.*

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Dampfdom, ein auf Dampfkeſſeln bezw. Oberkeſſeln aufgeſetzter, mehr oder weniger großer, geſchloſſener Zylinder, der als Erweiterung des Dampfraumes dient. Er ſoll die Dampfentnahme in möglichſt großer Entfernung vom Waſſerſpiegel des Keſſels zur Erzielung trockenen Dampfes ermöglichen, weshalb die Dampfleitungen ſtets an den Dom anſchließen.



Die Figur zeigt einen Dampfdom, wie er für ortsfeſte Keſſel faſt immer ausgeführt wird. Zur Aufnahme der Sicherheitsventile und der Ventile für die Dampfleitungen ſind gußeiſerne oder Stahlgußſtutzen mit untergelegten Stemmblechen angenietet. Die ovale Einſteigöffnung am Dom in den Abmeſſungen 300 × 400 bezw. 350 × 450 mm wird durch einen Mannlochdeckel verſchloſſen. Der Ausſchnitt im Keſſelmantel in denſelben Abmeſſungen iſt durch einen aufgenieteten Flacheiſen- oder Winkeleiſenring verſtärkt; hierbei ſoll mit Rückſicht auf die geringere Schwächung dieſes Mantels die kurze Seite der elliptiſchen Oeffnung in der Längsrichtung des Keſſels liegen. Erfahrungsgemäß wird die Erzielung trockenen Dampfes auf dem Dampfdom nur in unvollkommener Weiſe erreicht und wird an deſſen Stelle beſſer in der ganzen Länge des Waſſerſpiegels ein Dampfentnahmerohr in den Dampfraum des Keſſels eingebracht, das durch die in ſeinem oberen Teil befindlichen Längsſchlitze den ſich entwickelnden Dampf gleichmäßig abziehen läßt.

G. Schwarz.

Dampfdreſchmaſchine, ſ. Dreſchmaſchine.

Dampfdruckkurve, ſ. v. w. Druckkurve, ſ. Aeußere Arbeit.

Dampfdruckreduzierventile, ſ. Druckverminderungsventile.

Dampfdynamo, ſ. Dynamomaſchinen.

Dampfegge, ſ. Maſchinenpflug.

Dampfentöler, ſ. Oelabſcheider.

Dampfentwäſſerungsapparate, ſ. Dampfwaſſerableiter.

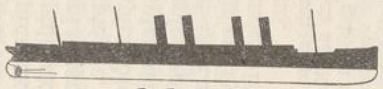
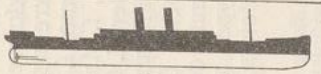
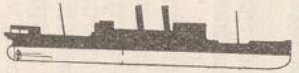
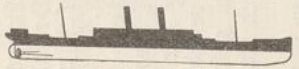
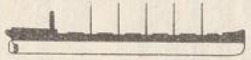
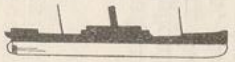
Dampfertypen. Die Benutzung der Dampfkraft zur Fortbewegung der Schiffe hat im Laufe der Zeit, den verſchiedenen Zwecken entſprechend, die mannigfachſten Typen von Dampfern geſchaffen, die teilweiſe nach der Art des treibenden Motors, teilweiſe nach dem Hauptverwendungszweck benannt worden ſind.

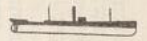
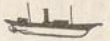
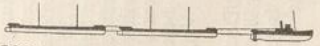
Je nach dem Motor unterſcheidet man Schraubendampfer, Raddampfer und Turbinendampfer, nach der Konſtruktion des Schiffes für Fluß- oder Seeſchiffahrt Fluß- und Seedampfer. Zu erſteren gehören im beſonderen die Hinterrad- oder Heckraddampfer, die mit einem Schaufelrad am Heck verſehen ſind, um enge Flußläufe, Schleuſen u. ſ. w. paſſieren zu können. Die Seedampfer gliedern ſich in Frachtdampfer oder Transportdampfer, die für die Beförderung von Gütern beſtimmt ſind; in gemiſchte Fracht- und Paſſagierdampfer, die im beſonderen für Maſſengüter, Paſſagiere und Auswanderer eingerichtet ſind, in Schnelldampfer mit großer Geſchwindigkeit für den Paſſagierverkehr, ſowie die verſchiedenen Poſtdampfer für große und kleine Fahrt. Für Sport und Vergnügungszwecke gibt es Dampfjachten und mannigfache Luftfahrzeuge mit Maſchinenbetrieb. — Für den Hafendienſt dienen die Lotſendampfer, Eisbrecher, Schleppdampfer (Bugſierdampfer) und Fährdampfer. Die Bergungsdampfer ſind dazu beſtimmt, Rettungsdienſte zu verrichten bei geſtrandeten bezw. havarierten Schiffen; zu gleichem Zweck dienen die Pumpendampfer. — Fiſchdampfer ſind ſogenannte Dampfquatzen, d. h. Dampfer, deren Laderaum zur Aufnahme lebender Seefiſche eingerichtet iſt. Die Spezialiſierung und Gliederung der Dampferflotten in beſondere Schiffstypen verdankt ihre Entſtehung dem ſtetig ſich ſteigernden Maſſentransport von Rohmaterialien und Einheitswaren wie Kohle, Erze, Petroleum, Holz, Getreide, Baumwolle, Fleiſch, lebendes Vieh u. dergl., ſowie der gewaltigen Zunahme des Perſonenverkehrs für die transatlantiſchen Fahrten [2]. Dem Maſſentransport dienen die Erzdampfer mit zahlreichen breiten Luken, die Petroleumtankdampfer mit zahlreichen Tanks zur Aufnahme des Petroleums bezw. Oels, die Kohlen- und Getreidedampfer mit Einrichtungen, um das Ueberſchießen der Ladung zu vermeiden, die Dampfer für Vieh- und Fleiſchtransport mit Einrichtungen zum Aufſtellen des Viehes und Kühlräumen für die Konſervierung des friſchen Fleiſches. Der neueſte Frachtdampfer für Erze, Auguſtus B. Wolvin, für die nordamerikaniſchen Binnenſeen, beſitzt bei einer Schiffslänge von 170 m im ganzen 33 Ladeluken von 2,7 m Länge und 10 m Breite [3]. Für den Perſonenverkehr allein eingerichtet ſind die modernen transatlantiſchen Schnelldampfer mit Geſchwindigkeiten bis zu 24 Seemeilen pro Stunde über den Ozean, während die kombinierten Fracht- und Paſſagierdampfer mit Geſchwindigkeiten bis zu 17 Seemeilen wegen ihrer Größe vom reiſenden Publikum ſtetig mehr bevorzugt werden [4]. Ein modernes Verkehrsmittel ſind die Seeſchlepper, die als Schleppzüge mit 2—3 Seeleichtern die Oſtſee befahren und in Amerika einen Güterverkehr zwiſchen den Häfen der Union vermitteln. Vgl. die Tabelle S. 550 und [1].

Literatur: [1] Schwarz, T. und Halle, E. v., Die Schiffsbauinduſtrie in Deutſchland und im Auslande, Berlin 1902. —]2] Nauticus, Der Einfluß des Schiffbaus auf die Wirtſchaftlichkeit der Schiffahrtsbetriebe, Berlin 1902. — [3] Zeitſchrift des Vereins deutſcher Ingenieure 1904, S. 1052. — [4] Nauticus, Der transatlantiſche Schnelldampferbetrieb und ſeine vorausſichtliche Weiterentwicklung.

T. Schwarz.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

	Größe	Maschinenleistung	Geschwindigkeit	
	Brit. Reg.-T.	in P S.	Seemeilen	
Schnelldampfer „Kaiser Wilhelm II." . . . . (Norddeutscher Lloyd, Bremen.)	20000	38000	24	
Fracht- u. Passagierdampfer „Großer Kurfürst" . . (Norddeutscher Lloyd, Bremen.)	13182	8250	16	
Fracht- u. Passagierdampfer „Graf Waldersee" . . (Hamburg-Amerikan. Paketfahrt-Aktiengesellschaft.)	13148	5000	13	
Fracht- u. Passagierdampfer „Moltke" und „Blücher" (Hamburg-Amerikan. Paketfahrt-Aktiengesellschaft.)	etwa 12600	9500	17	
Fracht- u. Passagierdampfer „Barbarossa" . . . . (Norddeutscher Lloyd, Bremen.)	10769	7000	14,5	
Erzdampfer	6000	2250	10	
Fracht- u. Passagierdampfer „Kronprinz" . . . . (Deutsch-Ostafrika-Linie, Hamburg.)	5645	3200	15	
Frachtdampfer . . . . (Ostasiatische Kompagnie, Kopenhagen.)	5000	2200	11	
Frachtdampfer „Tijuca" . (Hamburg-Südamerikan. Dampfschiffahrtsgesellsch., Hamburg.)	4801	2000	11	
Dampfjacht „Prinzessin Viktoria Luise" . . . . (Hamburg-Amerikan. Paketfahrt-Akiengesellschaft.)	4409	3600	16	
Tankdampfer „Aug. Korff" (Deutsch-Amerikan. Petroleumgesellschaft, Hamburg.)	4055	1650	10	

	Größe	Maschinenleistung	Geschwindigkeit	
	Brit. Reg.-T.	in PS.	Seemeilen	
Eisenbahnfähre Warnemünde-Gjedser	2382	2400	13,5	
Frachtdampfer „Bingen" . . (Dampfschiffsgesellschaft „Argo", Bremen.)	1221	600	10	
Passagierdampfer „Nixe" . . (Norddeutscher Lloyd, Bremen.)	843	1900	15	
Eisenbahnfähre Stralsund-Rügen	703	620	9,5	
Passagierdampf. „Prinz Sigismund" (Sartori & Berger, Kiel)	697	1400	15	
Ostseedampfer (Sprenger, Stettin)	677	400	9	
Bergungsdampfer, Schlepper u. Eisbrecher „Haidamak"	500	2000	13,5	
Gouvernem.-Dampfer „Kaiser Wilhelm II." (Ausw. Amt, Berlin)	495	450	12	
Dampfjacht „Lensahn" . . (S.K.H. d. Großherzog von Oldenb.)	420	1000	14,5	
Küstendampf. „Epe" u. „Oyo" (Woermann-Linie, Hamburg.)	326	220	8	
Wasserfahrzeug . . . . . (Kaiserliche Werft, Kiel.)	220	150	8	
Seeschlepper	175	500	11	
Zwei Seeleichter	320	—	—	
Fischdampfer	160	300	11	
Spritzendampfer . . . . . (Kaiserliche Werft, Kiel.)	20	50	7,5	

UNIVERSITÄTS-BIBLIOTHEK PADERBORN

Dampffarben, folche Druckfarben, die zu ihrer Fixierung und Entwicklung der Einwirkung des Dampfes bedürfen.

Dampffarben werden heute in der Zeugdruckerei mit Ausnahme von einigen wenigen Fällen (Aetzen von Küpenblau und Türkifchrot, Anilinoxydationsfchwarz, auf der Faſer erzeugte Azofarbſtoffe) faſt ausfchließlich angewendet. Die Dampffarben erhalten außer dem betreffenden Farbſtoff bezw. der Farbſäure eine oder mehrere Beizen, mit geeigneten Löfungsmitteln verfetzt; beim Dämpfen findet Lackbildung und Fixierung auf der Faſer ſtatt. — Alle Anilinfarbſtoffe, Alizarinfarben, Albuminfarben u. f. w. werden als Dampffarben aufgedruckt, und diefelben finden fowohl für Baumwolle als auch für Wolle, Seide und Halbſeide Anwendung. *Ad. Singer.*

Dampffaß, ſ. Spiritusfabrikation.

Dampffeuchter, Vorrichtung zum Feuchten, Matrifieren des endlofen Papiers in der Papiermafchine (ſ. Papierfabrikation).

Dampffeuerſpritze, ſ. Feuerfchutz und Feuerrettungswefen.

Dampfgarantien, ſ. Dampfverbrauchsziffer.

Dampfgraber, eine Straßenlokomotive, die an einer Seite oder hinten ein Syſtem von Grabgabeln befitzt, die bei der Fortbewegung der Mafchine in Tätigkeit treten und den Boden in ähnlicher Weife bearbeiten follen, wie es mit dem Spaten von Hand gefchieht.

Von folchen Apparaten find zu nennen der 1879 in England vorgeführte „Pedeſtrian“ von Darby und der 1886 erſtmals in Deutfchland in Arbeit gezeigte Dampfſpatpflug von Frank Proctor. — Auf der Weltausſtellung Paris 1900 war ein Apparat von Nuba Pafcha, Kairo, ausgeſtellt, bei dem zwei mit Zinken befetzte Scheiben am hinteren Ende der Lokomotive quer zur Bewegungsrichtung rotierten und das Erdreich dabei in Streifen zerlegen und teilweife umwenden ſollten. — Diefe Apparate haben für unſre Verhältniſſe keinen praktifchen Wert, weil ſie den größten Teil der verfügbaren Kraft zu ihrer eignen Fortbewegung verbrauchen, durch die breiten Räder das Erdreich, das ſie lockern ſollen, feſtdrücken und ungleiche Arbeit liefern fowie den Boden ungenügend umwerfen. Der hohe Preis im Verein mit der geringen Maximalleiſtung fchließen jeden Wettbewerb mit den Mafchinenpflügen (ſ. d.) aus. Ob die neuerdings von verfchiedenen Seiten aufgenommenen Verfuche, die Dampfmafchine durch Explofionsmotore zu erfetzen und dadurch die tote Laſt herabzufetzen, zu brauchbaren Refultaten führen werden, läßt ſich zurzeit noch nicht beurteilen. *Wrobel.*

Dampfgummi, gleichbedeutend mit Dextrin, befonders jener Sorte, die gelbliche, glafige Stücke vom Ausfehen des arabifchen Gummis bildet; ſ. Dextrinfabrikation. *Reinitzer.*

Dampfhämmer. Bei den zu den Parallel- oder Rahmenhämmern gehörigen Dampfhämmern (ſ. Hammer) wird der Hammerbär oder Fallblock durch Dampfdruck auf einen durch eine Kolbenſtange mit dem Bär verbundenen Kolben gehoben. Der Bär fällt entweder nur durch ſein Eigengewicht herab oder wird außerdem durch Dampfdruck nach abwärts gefchleudert. Wagerecht arbeitende Dampfhämmer (ſ. unten) ſind nur in geringer Anzahl zur Ausführung gelangt. Die Vorzüge der Dampfhämmer gegenüber den Hebel-(Aufwerf-) Hämmern (Bd. 1, S. 371) beſtehen darin, daß die Hammerbahn zur Amboßbahn unabhängig von der Stärke des Werkſtücks ſtets parallel iſt, und daß die Schlagſtärke beliebig geändert werden kann, entweder durch Veränderung der Hubhöhe oder durch Droſſelung des Abdampfes oder durch Gegendampf unter dem Kolben.

Fig. 1.

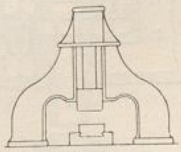


Fig. 2.

Die Dampfhämmer werden in ausgedehntem Maße in Hüttenwerken zum Schmieden der Luppen und Pakete, in Gußſtahlfabriken, Mafchinenfabriken, Eifenbahnwerkſtätten, Gewehrfabriken, Schmieden, Kupferfchmieden, Keſſelfchmieden u. f. w. verwendet. Ihrer verfchiedenen Verwendungsart entſprechend fchwankt das Fallgewicht bei kleinen Hämmern von 25 bis 1600 kg, bei großen von 1000 bis 15000 kg und mehr. Große Dampfhämmer werden heute vielfach durch Schmiedepreſſen (ſ. d.) verdrängt.

Die Dampfhämmer beſtehen aus dem Hammergerüſt, aus der Schabotte (ſ. d.) mit dem Amboß und Fundament, aus dem Hammerbär oder Fallblock und dem Dampfzylinder mit der Steuerung.

Das Hammergerüſt muß möglichſt kräftig und fchwer ausgebildet ſein, um vermöge ſeiner Maſſe die Stöße und Erfchütterungen gut aufnehmen zu können. Es dient zum Tragen des Dampfzylinders und zur Führung des Fallblocks. Für kleine Dampfhämmer bis etwa 800 kg Fallgewicht wählt man einen einzigen Ständer, für große Dampfhämmer einen Doppelſtänder; erſterer wird meiſtens als Hohlguß hergeſtellt, letzterer auch aus genieteten Blechträgern oder aus Säulen. In Fig. 1—8 ſind häufig vorkommende Gerüſtformen dargeſtellt. Fig. 1 iſt ein überhängender Ständer für kleine Dampfhämmer. Der Ständer iſt zuweilen durchbrochen, um lange Schmiedeſtücke von vorn hindurchführen zu können. Fig. 2 zeigt ein gabelförmiges Gerüſt. Es wird auch mit geraden Schenkeln ausgeführt und gleicht dann dem Geſtell einer

ſtehenden Dampfmaſchine. Die Hämmer Fig. 3—5 dienen zur Bearbeitung ſehr großer Schmiedeſtücke, zur Anfertigung von Rädern und Kupferarbeiten. Das bogenförmige Gerüſt Fig. 3 beſteht aus einzelnen zuſammengeſetzten Gußſtücken, das Gerüſt Fig. 4 iſt aus Blechen zuſammengenietet; bei dem Gerüſt Fig. 5 ruht ein genieteter Träger auf Säulen. Bei dem Hammer Fig. 6 gleitet der Hammerklotz zwiſchen ſchmiedeeiſernen Säulen; der Hammer dient beſonders zur Herſtellung von Gegenſtänden in

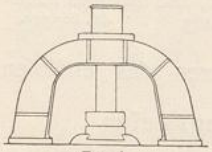


Fig. 3.

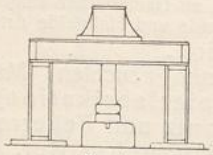


Fig. 4.

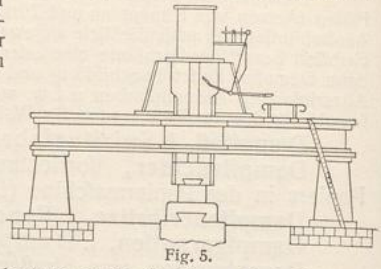


Fig. 5.

Matrizen. Der hängende Hammer Fig. 7 findet zur Bearbeitung großer Gefäße, z. B. in Kupferſchmieden, oder zum Schweißen von Keſſelröhren Verwendung. Mit dem Doppelhammer Fig. 8 kann ein Arbeitsſtück gleichzeitig an verſchiedenen Stellen bearbeitet werden. Beide Hämmer arbeiten voneinander unabhängig. Ebenſo werden auch drei und mehr Hämmer zuſammengeſetzt. Der Hammer Fig. 9 [1] dient zum Schweißen der Feuerzüge von Dampfkeſſeln.

Nach der Wirkungsweiſe des Dampfes unterſcheidet man einfach wirkende und doppelt wirkende Dampfhämmer. Bei den erſten fällt der Hammerbär durch ſein eignes Gewicht herab, bei letzteren wird die Fallwirkung durch Dampfdruck vermehrt. Erſtere arbeiten nur mit Unterdampf, letztere mit Unter- und Oberdampf. Der Ober-

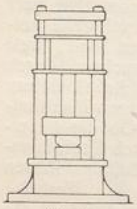


Fig. 6.

Fig. 7.

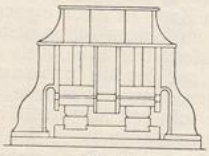


Fig. 8.

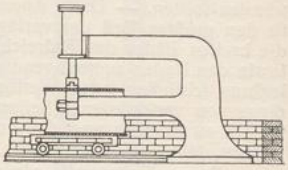


Fig. 9.

dampf tritt entweder von der unteren Kolbenſeite auf die obere über und kommt hier durch ſeine Expanſion zur Wirkung, oder es wird friſcher Dampf auf die obere Kolbenfläche geleitet. Hierbei wirkt der Unterdampf dauernd oder periodiſch wie bei doppeltwirkenden Dampfmaſchinen. Es ergibt ſich hiernach folgende Einteilung:

I. Einfach wirkende Dampfhämmer, die nur mit Unterdampf arbeiten;

II. Doppelt wirkende Dampfhämmer, die mit Unter- und Oberdampf arbeiten, und zwar 1. mit übertretendem Oberdampf, 2. mit friſchem Oberdampf und α) mit dauernd wirkendem Unterdampf, β) mit periodiſch wirkendem Unterdampf.

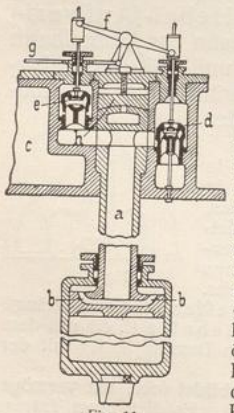


Fig. 11.

Zu **Gruppe I** gehören die Dampfhämmer von Naſmyth, Condie, Cavé und Morriſon.

Bei dem Naſmyth-Hammer (Fig. 10) [3] tritt der Dampf nach Oeffnung des Einlaßſchiebers *a* durch den Hebel *b* in die Ventilkammer. Das Einlaßventil *c* und das Auslaßventil *d* werden abwechſelnd durch den Doppelhebel *e* geſchloſſen oder geöffnet. Dieſer wird mit Hilfe des Geſtänges *f* entweder durch den Handhebel *g* oder durch einen am Hammerbär befindlichen Anſchlag bewegt. Bei geöffnetem Einlaßventil *c* tritt der Dampf durch den Kanal *h* unter den Kolben. Das über dem Kolben befindliche Luft- und Dampfgemiſch entweicht durch die Oeffnungen *k* in den Auspuffraum. Sobald der aufwärtsgehende Kolben die Oeffnungen *k* überſchritten hat, wird das Gemiſch über dem Kolben zuſammengepreßt und bildet ein elaſtiſches Widerlager. Bei Umſteuerung der Ventile tritt der Dampf aus dem Kanal *h* durch das Ventil *d* und den Austrittskanal *i* in den Auspuffraum. Damit der Kolben ſeine höchſte Stellung nicht überſchreitet, iſt ein Ventil *l* angeordnet, durch das dem Kolben aus dem Rohr *m* Friſchdampf entgegentritt, ſobald es von dem Kolben in die Höhe geſtoßen wird. Um den Schlag des

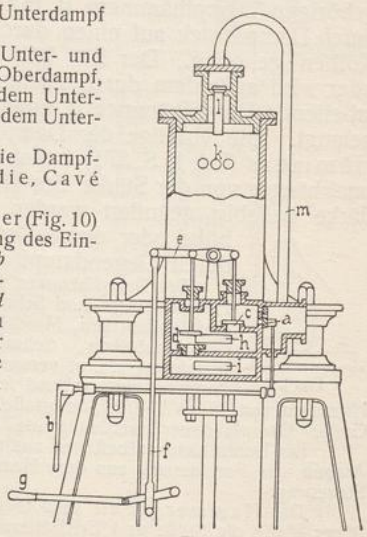


Fig. 10.

Hammers zu mildern, kann man dem Kolben, bevor er seinen Weg zurückgelegt hat, Frischdampf entgegentreten lassen. Der Nasmyth-Hammer ist vielfachen Aenderungen unterworfen worden; so ist an Stelle der Ventilsteuerung Schiebersteuerung getreten. Der Hammer führt starke oder schwache Schläge aus, je nachdem der Handhebel früher oder später ausgeschaltet wird. Er arbeitet mit voller Kraft, wenn der Hebel vom Arbeiter unberührt bleibt. Die Nachteile des Nasmyth-Hammers sind große Hubhöhe, daher langsames Arbeiten, langer Hammerbär und geringe Stabilität.

Der Condie-Hammer (Fig. 11)[3] ist die kinematische Umkehrung des Nasmyth-Hammers. Der Dampfzylinder bildet den Hammerbär. Die Kolbenstange und der Kolben sind fest mit dem Hammergestell verbunden. Durch die hohle Kolbenstange *a* und die Kanäle *b* tritt der Dampf über den Kolben und hebt den Zylinder. In dem gußeisernen Kasten *c* befindet sich das Einlaßventil *d* und das Auslaßventil *e*, die durch den Hebel *f* abwechselnd geöffnet und geschlossen werden. Die unter Federdruck stehende Zugstange *g* sucht das Einlaßventil stets zu öffnen. Die Umsteuerung erfolgt durch einen Anschlag selbsttätig oder von Hand. Die Kolbenstange ist kugelförmig gelagert, um eine geringe Bewegung der Kolbenstange zu ermöglichen und Brüche zu vermeiden. Das Hohlstück *h* wird durch eine Schraube gehalten und ist so stark gewählt, daß es zerbricht, wenn der Kompressionsdruck unter dem Kolben einen bestimmten Höchstwert erreicht. Der Condie-Hammer ist aus dem Bestreben entstanden, durch Verringerung der Hammerhöhe eine größere Stabilität zu erzielen. Seine Nachteile bestehen darin, daß der Zylinder sehr lang ausfällt, daß die Dichtung der Kolbenstange wegen ihrer Stärke schwierig ist, daß der Zylinder als Fallbär starken Stößen ausgesetzt ist und daß der Raum unter dem Hammer wegen der großen Ausdehnung des Zylinders und der tief herabreichenden Führungen beschränkt ist.

Fig. 12.

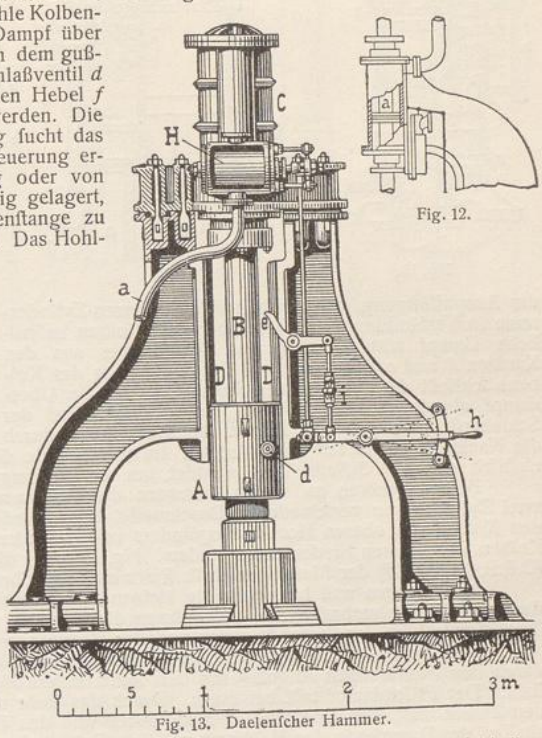


Fig. 13. Daelensicher Hammer.

Der Cavésche Hammer unterscheidet sich von dem Nasmyth-Hammer nur durch die Anordnung der Ventile und Ventilkammern. Es sind zwei getrennte Ventilkammern für Eintritt und Austritt vorhanden. In jeder wird durch einen gemeinsamen Hebel ein Doppelsitzventil geöffnet oder geschlossen.

Der Morrison-Dampfhammer (Fig. 12) hat eine sehr starke, durchgehende Kolbenstange *a*, so daß die Stopfbüchsen im oberen und unteren Zylinderdeckel dem Hammer hinreichende Führung geben. Dadurch wird eine Führung des Hammerbärs entbehrlich. Um den Hammer gegen Verdrehen zu sichern, erhält der obere Teil der Kolbenstange eine Abflachung. Die Vorzüge des Hammers sind geringe Höhe, daher große Stabilität, und wegen der fortfallenden Führungen ein freier Arbeitsraum unter dem Hammer; ein Nachteil ist die schlechte Abdichtung der Stopfbüchse wegen der abgeflachten Kolbenstange.

Zur **Gruppe II,** 1 gehören zunächst die Hämmer von Daelen und Türk. Bei ihnen wird der zum Heben des Hammers verwendete Dampf dadurch zur Vergrößerung der Fallwirkung verwendet, daß er auf die entgegengesetzte, um den Querschnitt der Kolbenstange größere Kolbenfläche trifft und infolge des dadurch hervorgerufenen Ueberdruckes den Kolben abwärts schleudert. Beide Hämmer haben eine sehr starke Kolbenstange. Die Steuerungsvorrichtung bei dem Daelen-Hammer (Fig. 13) besteht aus dem Wilson-Hahn (Fig. 14 und 15). Der Dampf tritt bei *a* in das Innere *b* des Hahns und von hier unter den Kolben. Der über dem Kolben befindliche Dampf entweicht bei *c*. Wenn der Steuerhebel *e* durch den Anschlag *d* bewegt wird, so wird der Hahn *H* (Fig. 13) in die Stellung der Fig. 14 gedreht, wodurch der unter dem Kolben befindliche Dampf abgesperrt wird. Durch die weitere Drehung des Hahnes in die Stellung nach Fig. 15 werden die Räume über und unter dem Kolben in Verbindung gebracht, so daß der Unterdampf in den oberen Zylinderraum strömt und hier expandiert. Die Steuerung erfolgt aus freier Hand oder selbsttätig. Der Hammer wird stillgesetzt, wenn der Hahn in seine mittlere Stellung Fig. 14

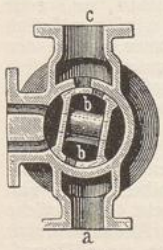


Fig. 15.

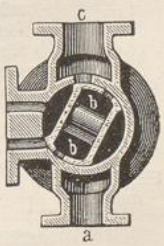


Fig. 14.

gebracht wird. Durch vorzeitige Oeffnung des Kanals läßt sich der Schlag durch Gegendampf mildern.

Beim Türk-Hammer (Fig. 16) [3] tritt der Dampf durch den Kanal *a* in den Zylinder unter den Kolben und durch den Kanal *b* in den Schieberkaſten. Beim Heben des Kolbens überdeckt der Schieber die Kanäle *c* und *d*, von denen der erſte mit

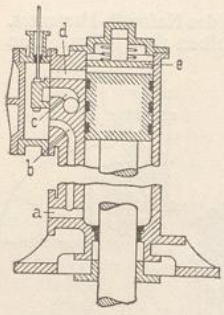


Fig. 16.

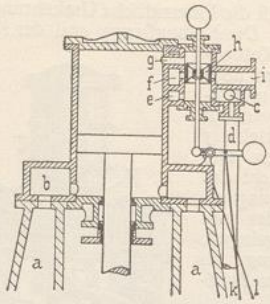


Fig. 18.

Fig. 20.

Fig. 19.

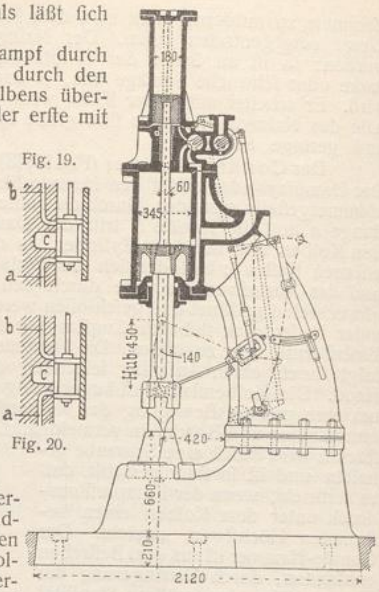


Fig. 17.

der Auspufföffnung, der zweite mit dem oberen Zylinderraum in Verbindung ſteht. Der über dem Kolben befindliche Dampf tritt während des Kolbenhubes aus den Kanälen *d* und *c* aus. Kurz vor der Endſtellung des Kolbens ſchließt der Schieber den Kanal *d*, ſo daß der Oberdampf abgeſperrt wird und als Puffer dient. Bei der Schieberſtellung nach Fig. 16 tritt der Unterdampf durch die Kanäle *b* und *d* auf die Oberſeite. Im oberen Teile des Zylinders iſt eine durch eine Feder elaſtiſch gelagerte Scheibe *e* angeordnet, um die Wirkung des Dampfkiſſens zu verſtärken.

Ferner gehören zu dieſen Hämmern die Verbunddampfhämmer. Bei ihnen ſind zwei Zylinder von verſchiedenem Durchmeſſer übereinander angeordnet. Der Dampf tritt unter den Kolben des oberen Hochdruckzylinders und, nachdem er den Bär gehoben hat, über den Kolben des unteren Niederdruckzylinders. Fig. 17 zeigt die Konſtruktion eines Verbundhammers (D.R.P. Nr. 50712) der Maſchinenfabrik Reinecker, Chemnitz [4].

Alle neueren und beſonders die kleinen Dampfhämmer arbeiten mit friſchem Oberdampf. Wenig verbreitet ſind unter ihnen die Hämmer mit dauernd wirkendem Unterdampf. Zu dieſen gehört der Farcot-Hammer und der Hammer von Türk.

Der Farcot-Hammer (Fig. 18) [3] beſitzt ein hohles, mit Dampf gefülltes Gerüſt *a*, das durch den ringförmigen Anguß *b* mit dem Raum unterhalb des Kolbens dauernd in Verbindung ſteht. Der Friſchdampf tritt bei *c* ein. Durch das Rohr *d* und ein Druckausgleichventil, das den Zweck hat, den Dampfzufluß zum Geſtell und den Druck in demſelben zu regeln, wird ein Teil des Dampfes in den Hohlraum geleitet. Beim Aufgang des Kolbens ſchließt der Schieber *h* den Kanal *e*, und der Dampf über dem Kolben tritt durch die Kanäle *g* und *f* zur Ausſtrömöffnung *i*. Bei der höchſten Kolbenſtellung wird der Schieber durch das Geſtänge *k*, *l* umgeſteuert, ſo daß Dampf über den Kolben treten kann. Der unter dem Kolben zuſammengepreßte Dampf tritt durch das Ausgleichventil und das Rohr *d* in den oberen Zylinder. — Während beim Farcot-Hammer der Schlag durch den verſchieden ſtarken Dampfdruck hervorgebracht wird, iſt beim Türkſchen Hammer der Dampf auf beiden Seiten des Kolbens gleich geſpannt. Wegen der ſtarken Kolbenſtange übertrifft der auf dem Kolben ruhende Druck den unteren. Nur der obere Kanal wird abwechſelnd geöffnet und geſchloſſen. Der Unterdampf wird beim Fall des Hammers in den Schieberkaſten zurückgepreßt, der Oberdampf puffit aus.

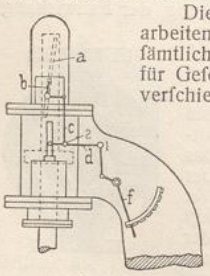


Fig. 21.

Die Hämmer mit Oberdampf und periodiſchem Unterdampf arbeiten in derſelben Weiſe wie doppelt wirkende Dampfmaſchinen, und zwar ſämtlich mit Handſteuerung und ſelbſttätiger Steuerung. Erſtere wird gewöhnlich für Geſenkarbeit, letztere für Streckarbeit verwendet. Die Hämmer ſind in den verſchiedenſten Konſtruktionen zur Ausführung gekommen. Sie unterſcheiden ſich im weſentlichen durch die Steuerung. Die Art der Dampfverteilung geht aus Fig. 19 und 20 hervor. Wenn ſich der Schieber nach oben bewegt, geht der Kolben herunter. In Fig. 19 ſteht der Schieber in ſeiner oberſten Stellung, der Dampf ſtrömt durch den Kanal *a* unter den Kolben und hebt dieſen, der Dampf über dem Kolben tritt durch den Kanal *b* in die Ausſtrömöffnung *c*. In der höchſten Stellung des Kolbens wird umgeſteuert und der Schieber in die Lage Fig. 20 gebracht. Der friſche Dampf tritt durch den Kanal *b* über den Kolben, der Abdampf durch Kanal *a* zum Auspuff. Der Schieber hat gegenüber einer Dampfmaſchinenſteuerung eine andre, und zwar eine geringere Ueberdeckung, alſo größere Eröffnung für den Oberdampf. Die Kolbenſtangen dieſer Hämmer ſind ſehr ſtark gehalten, da ſie im Gegenſatz zu den nur auf Zug beanſpruchten Kolbenſtangen älterer Hämmer auch zur Druckübertragung dienen. Der Bär iſt verhältnismäßig klein. Beim Sellerſchen

Dampfhammer (Fig. 21) dient eine in der Verlängerung der Kolbenſtange angeordnete, ſpitzwinklig zur Kolbenſtange verlaufende Nut *a* zur Steuerung. Bei der Bewegung des Hammers wird der Hebel *b* durch einen in der Nut gleitenden Anſatz nach rechts und links gedreht und dadurch mit Hilfe der Stange *c* und der im Drehpunkt 1 ſich drehenden Stange *d* die Schieberſtange hin und her bewegt. Durch den Handhebel *f* läßt ſich der Drehpunkt 1 verſtellen. In der höchſten Lage des Hebels

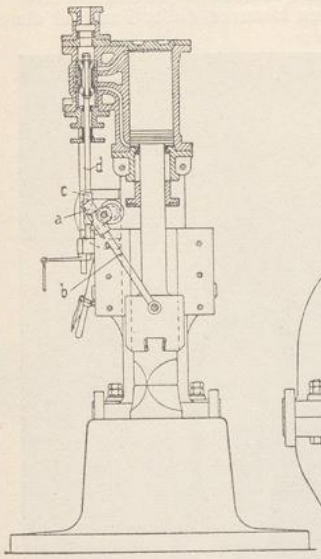


Fig. 25.

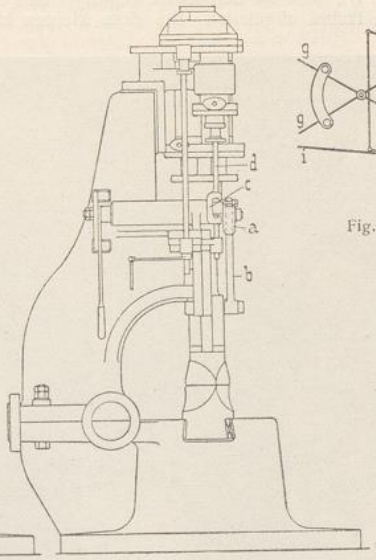


Fig. 26.

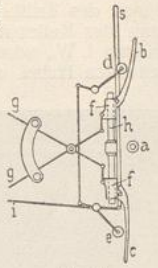


Fig. 22.

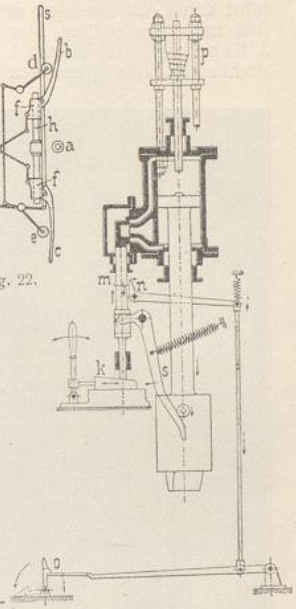


Fig. 23.

beginnt die Einſtrömdauer für den Oberdampf frühzeitig, für den Unterdampf ſpät oder gar nicht, in der tiefſten Lage umgekehrt. Im erſten Falle ſind die Schläge ſtark, im zweiten ſchwach. Soll von Hand geſteuert werden, ſo wird der Handhebel *f* bewegt; die Stange *d* ſchwingt dann um den Drehpunkt 2, der nunmehr feſt iſt, da der Hebel *b* wegen der Nut *a* in der Kolbenſtange an ſeitlicher Bewegung gehindert iſt. — Die Steuerung des Dampfhammers von Naylor, dem erſten Konſtrukteur dieſer Hämmer, zeigt Fig. 22. Bei der ſelbſttätigen Steuerung ſchlägt die am Hammerbär befeſtigte Rolle *a* beim Auf- und Abgehen des Bärs gegen die Hebel *b* und *c*. Wenn der Hebel *b* die Rolle *d* nach links drückt, hebt ſich durch Hebelverbindung die Schieberſtange *s*; wird die Rolle *e* nach links gedrückt, ſo ſenkt ſich der Schieber. Die Hebel *b* und *c* ſind in Hülſen *f* gelagert, die ſich durch die Hebel *g g* an der Stange *h* verſtellen laſſen, wodurch der Hub des Hammers geregelt werden kann. Zur Steuerung von Hand dient der Handhebel *i*. — Beim Ringhoffer-Dampfhammer wird die Steuerungsbewegung vom Hammerbär durch einen Gelenkhebel abgeleitet. — Bei dem Univerſaldampfhammer von Henckels [2] (Fig. 23) wird, ähnlich wie beim Naylor-Hammer, die Bewegung des Bärs dadurch auf den Schieber übertragen, daß eine Rolle an einem unter Federdruck ſtehenden Hebel *s* entlang gleitet, von deſſen Form, ſoweit die Rolle den Hebel berührt, die Steuerung

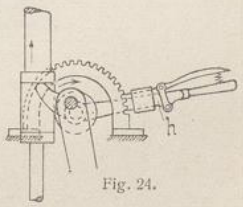


Fig. 24.

abhängig iſt. Die ſtarke, wie ein Dampfkolben wirkende Schieberſtange hat das Beſtreben, den Schieber ſtets nach unten zu bewegen; beim Niedergang des Bären wird der Schieber nach oben gedrückt. Wird durch einen Keil *k* die Schieberbewegung nach unten begrenzt, ſo daß nur wenig Dampf von oben eintreten kann, ſo ſpielt der Hammerbär auf und ab, ohne das Werkſtück zu treffen. Je weiter der Keil zurückgezogen wird, um ſo mehr Dampf tritt ein und um ſo kräftiger wird der Hammerſchlag. Bei ganz zurückgezogenem Keil kommt der Dampf voll zur Wirkung. Um zu verhüten, daß der Kolben gegen den Deckel ſchlägt, bevor er Oberdampf erhalten hat, was beim Inbetriebſetzen des Hammers vorkommen kann, da der Schieber ſich bei längerem Stehen feſtſetzt, hat der Zylinder eine Pufferfeder *p* erhalten, die den Stoß abfängt. Der Schlepphebel *s* verläuft an ſeinem unteren Ende parallel zur Kolbenſtange. Dadurch wird erreicht, daß auch in den tieferen Stellungen des Bärs der Schieber unabhängig von der Stärke des Werkſtückes in ſeiner Lage bleibt. Die Achſe des Schlepphebels *s* iſt exzentriſch gelagert (Fig. 24). Durch Drehen des Steuerhebels *h* wird die Achſe und der Schieber gehoben und ſo die Einſtrömung für den Unter- oder Oberdampf dem jeweiligen Zweck angepaßt. Der Hebel *h* dient auch zum Anwärmen der Maſchine. — Um einzelne Schläge ausführen zu können, hat die Schieberſtange eine Einkerbung *m* erhalten, in die ſich eine unter Federdruck ſtehende Klinke *n* einlegen kann, die gewöhnlich durch den Haken *o* zurückgehalten wird. Sobald dieſer

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

zurückgelegt wird, greift die Klinke in die Einkerbung *m* ein und hält den Schieber in der oberen Lage feſt, wodurch der Kolben von untenher Dampf erhält. Wird die Klinke ausgerückt, ſo gleitet der Schieber nach unten, und der Kolben führt den Schlag aus. Der Schieber wird hierdurch wieder umgeſteuert, ſo daß der Kolben Unterdampf erhält und ſofort wieder nach oben bewegt wird. Durch die Klinke wird er dann in ſeiner Lage feſtgehalten. Der Hammer führt daher, ſolange man den Tritthebel niedergedrückt hat, einzelne Schläge aus, deren Stärke ſich nach der Stellung des Keiles *k* richtet. — Bei den Dampfhämmern der Maſchinenfabrik J. Banning A.-G., Hamm i. W., wird die Schieberbewegung vom Fallblock durch einen in einer drehbaren Muffe gleitenden Hebel abgeleitet. Bei dem kleinen Hammer dieſer Firma iſt die

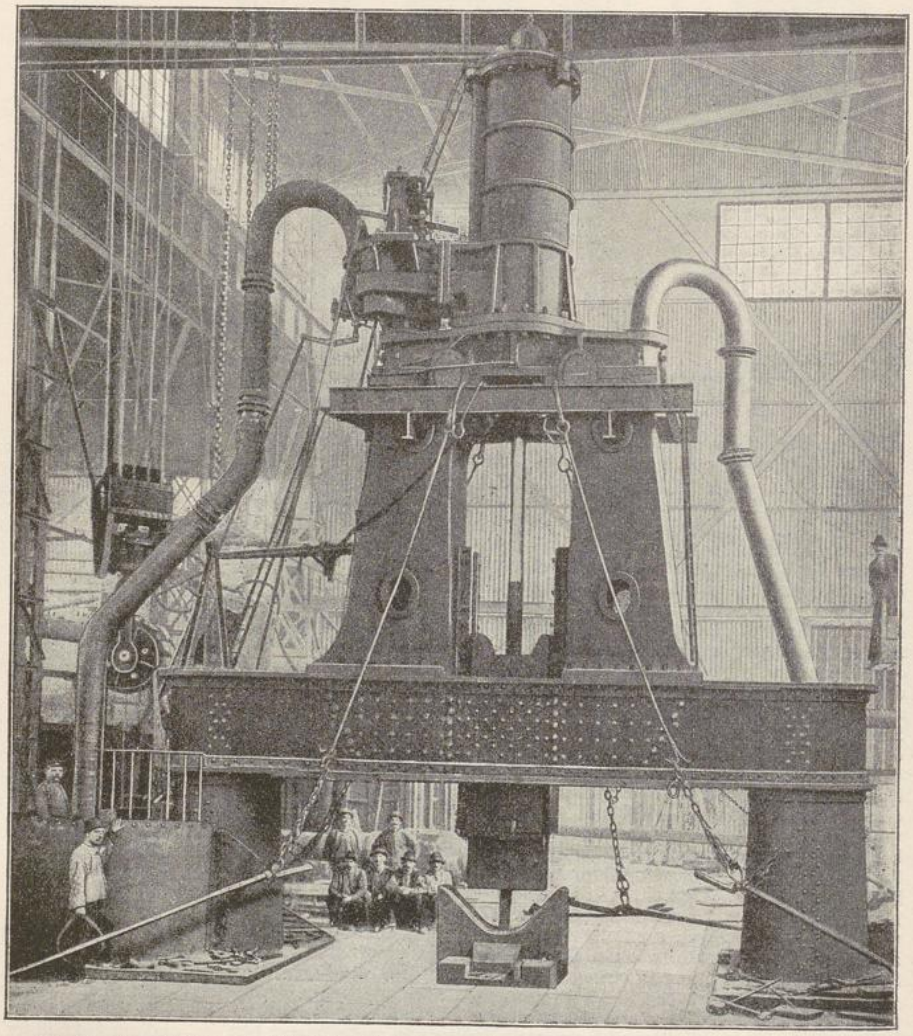


Fig. 27. Dampfhammer von 15000 kg Fallgewicht, ausgeführt von J. Banning, A.-G., Hamm i. W., für das Borſigwerk, Oberſchleſien.

Schabotte mit dem Hammergerüſt aus einem Stück gegoſſen. Beim größeren Hammer ruht die Schabotte auf einem beſonderen Fundament. Der Kolben, die Kolbenſtange und der Bär ſind aus einem Stück hergeſtellt, ſo daß der untere Zylinderdeckel und die Stopfbüchſe zweiteilig gebaut werden müſſen. Die Steuerung des Hammers, wie Fig. 25 und 26 zeigen, erfolgt mittels einer ſchwingenden Hülſe *a*, in der eine am Bär angelenkte Stange *b* gleitet. An dieſer Hülſe ſitzt ein Daumen, der in eine Ausſparung *c* der Schieberſtange *d* eingreift und ſie nach oben drückt. Nach unten wird die Schieberſtange durch eine Feder bewegt. Nach Ausſchaltung der Selbſtſteuerung kann mit Handſteuerung gearbeitet werden. Der große Dampfhammer derſelben Firma (Fig. 27) von 15000 kg Fallgewicht hat Ventilſteuerung und kann mit und ohne Oberdampf arbeiten. — Bei den Dampfhämmern Fig. 28 und 29 von G. Brinkmann & Co., Witten a. d. Ruhr,

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

ist an den Bär die Steuerstange *a* angelenkt, die in der um den Zapfen *b* schwingenden Hülse *c* gleitet. Die Hülse ist durch die Stange *d* mit dem doppelarmigen Hebel *e* verbunden, der die Stange *f* des Röhrenschiebers bewegt. Am Bolzen *g* des Hebels *e* greift der einarmige Hebel *h* an, der mit der Welle *i* ein Stück bildet. An der andern Seite des Hammers trägt die Welle *i* den Hebel *k*, der durch den Handhebel *l* bewegt wird. Durch den Hebel *k*

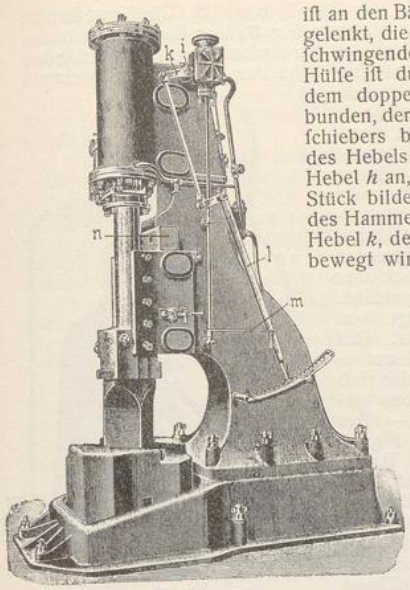


Fig. 29.

Fig. 31.

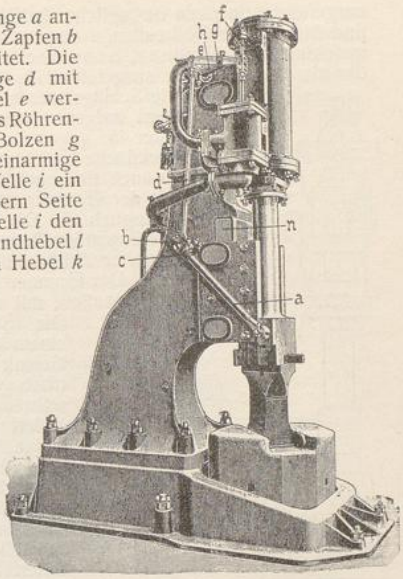


Fig. 28.

kann daher der Drehpunkt des Hebels *e* gehoben und gesenkt und dadurch die Schlagstärke geregelt werden. Durch den Hebel *l* lassen sich Einzelschläge ausführen. In der höchsten Lage des Drehpunktes wird der Bär in seiner höchsten Stellung gehalten. Durch die Handkurbel *m* wird das Dampfeinlaßventil bewegt. Der Hub des Bärs ist oben durch einen Prellklotz *n* begrenzt. — Fig. 30 zeigt einen Brinkmann-Hammer von 500 kg Fallgewicht mit seinem Unterbau. Die Schabotte und der Hammer haben getrenntes Fundament. Elastische Holzplatten übertragen den Stoß auf dasselbe. Das Hammergestell besteht aus Hohlguß, der Dampfeintritt erfolgt durch das Rohr *a*, der Austritt durch *b*. Zur Steuerung dient ein entlasteter Kolbenschieber; *c* sind Schächte im Fundament, von denen aus sich die Fundamentschrauben und die Verankerung untersuchen lassen. — Von derselben Firma werden auch Dampfhämmer

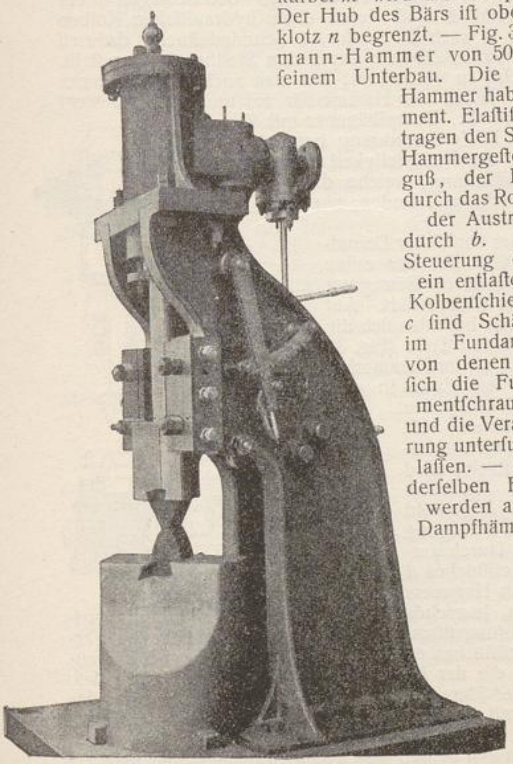


Fig. 32.

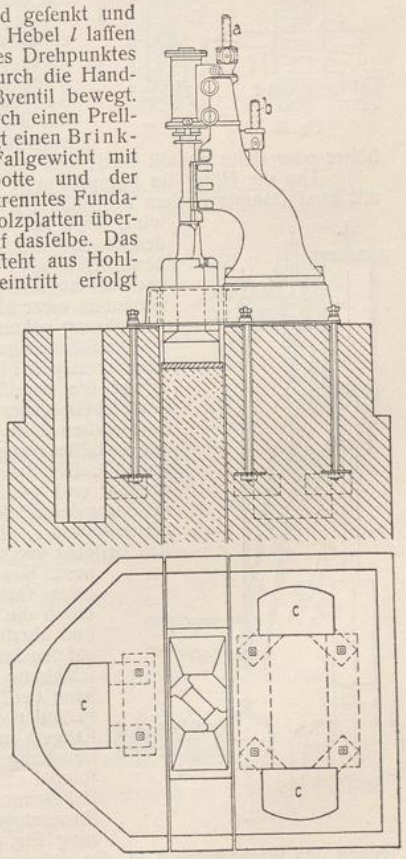
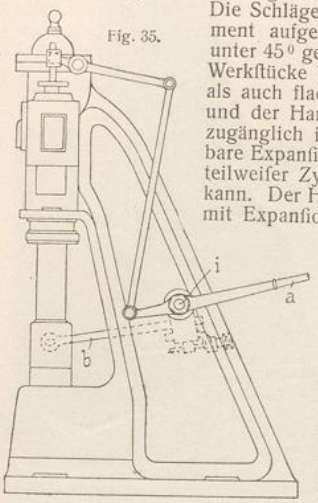


Fig. 30.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

ausgeführt, die ohne bewegliche Zwiſchenteile arbeiten, wie Fig. 31 zeigt [2]. Die Dampfkanäle ſind hier in der Kolbenſtange angeordnet. — Bei dem Hammer Fig. 32 der Kalker Werkzeugmaſchinenfabrik Breuer, Schumacher & Co. A.-G., Kalk, iſt der Amboß vom Hammerſtänder, der als Doppelſtänder ausgebildet iſt, getrennt und geht durch die Fundamentplatte hindurch.

Fig. 35.



Die Schläge werden von einem Holzfundament aufgenommen. Der Hammerbär iſt unter 45° gegen die Führung geneigt, damit Werkſtücke beliebiger Länge ſowohl gereckt als auch flach geſchmiedet werden können und der Hammer von zwei Seiten bequem zugänglich iſt. Die Hämmer haben verſtellbare Expanſionsſteuerung, ſo daß der Bär mit teilweiſer Zylinderfüllung gehoben werden kann. Der Hammer fällt mit Volldruck oder mit Expanſion, mit und ohne Kompreſſion.

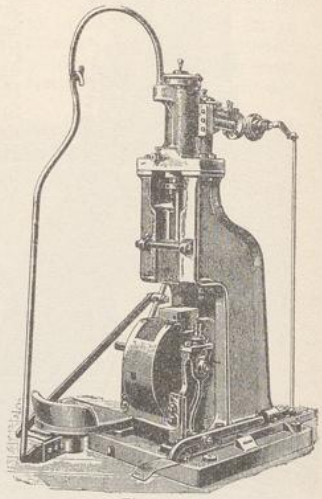


Fig. 33.

Die Steuerung erfolgt von einem Gelenkhebel aus. Das Gelenk des Hebels iſt exzentriſch gelagert, ſo daß der Hub während des Betriebes geändert werden kann. — Der kleine Dampfhammer Fig. 33 der Maſchinenfabrik Fritz Hürxthal, Remſcheid, hat eine drehbare Schabotte und einen am Zylinder hängenden beweglichen Sitz für den Arbeiter. Der Schmied hat hierbei beide Hände frei und kann mit dem linken Fuß den Sitz vor- und rückwärts ſchieben, mit dem rechten Fuß das Dampfeinlaßventil und damit die Anzahl der Schläge und die Schlagſtärke regeln. Die Schabotte kann auch feſt geſtellt und als feſter Amboß benutzt werden. — Der Hammer der Firma Schwarzkopff (Fig. 34) arbeitet mit 400—800 Schlägen in der Minute. Der Amboß *a* iſt durch einen hydrauliſchen Kolben unterſtützt, der je nach der Stärke des Schmiedeſtückes dadurch höher oder tiefer geſtellt wird, daß man den Tauchkolben *c* durch den Stellhebel *d* verſtellt.

Fig. 36.

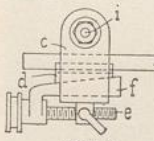
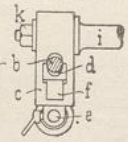


Fig. 37.



Um die Höhe der Dampfhämmer möglichſt zu verringern, hat man auch Dampfhämmer mit zwei Dampfzylindern ausgeführt, zwiſchen denen der Hammerbär auf und nieder bewegt wird. Man hat auch verſucht, Dampfhämmer mit Kondenſatoren auszuführen. Dieſe Anordnung hat ſich gut bewährt, iſt aber wegen der Koſtſpieligkeit der Anlage und der ungünſtigen Aufſtellung, welche die Kondenſatoren in einer Hammerſchmiede finden, nur ſelten zur Ausführung gekommen.

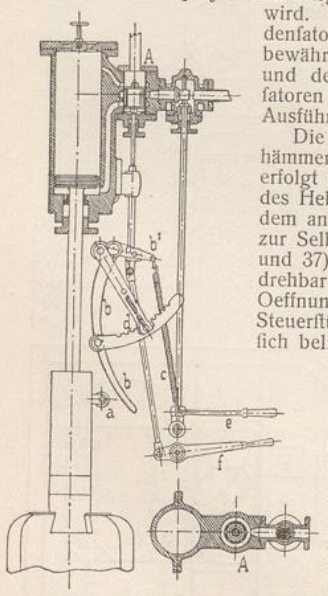


Fig. 38.

Die Steuerungen zweier engliſcher Dampfhämmer zeigen Fig. 35—38. Bei der erſten erfolgt die Handſteuerung durch Bewegung des Hebels *a*, der auf der Welle *i* ſitzt. Auf dem andern Ende der Welle befinden ſich die zur Selbſtſteuerung dienenden Teile (Fig. 36 und 37). Die Stange *b* [5] iſt im Hammerbär drehbar und greift mit dem Ende in eine Oeffnung des auf der Achſe *i* ſitzenden Steuerſtückes *c*. Die Oeffnung läßt ſich beliebig vergrößern und verkleinern. Das Steuerſtück *c* wird beim Gang des Hammers durch die Stange *b* gedreht und überträgt die Bewegung auf den Schieber. Durch Verſchiebung des Keilſtückes *d* kann der Hub des Hammers verändert werden, je nachdem der Spielraum für die Steuerungsſtange *b* im Steuerungsſtück *c* kleiner oder größer iſt. Die Verſchiebung des Keilſtückes erfolgt durch Drehung der Schraubenſpindel *e*, durch die der Keil *f* vor- oder zurückgezogen wird. Bei Benutzung der Handſteuerung wird die Schraube *k*, die das Steuerungsſtück mit der Welle *i* verbindet, gelöſt. Bei der Steuerung Fig. 38 [6] ſtößt beim Aufgang des Kolbens die Rolle *a* gegen den Winkelhebel *b*, *b*¹, der hinten zwiſchen den beiden Seitenwänden des Gerüſtes gelagert iſt und mit dem Verteilungsſchieber in Verbindung ſteht. Dieſer wird daher gehoben, der Dampf-

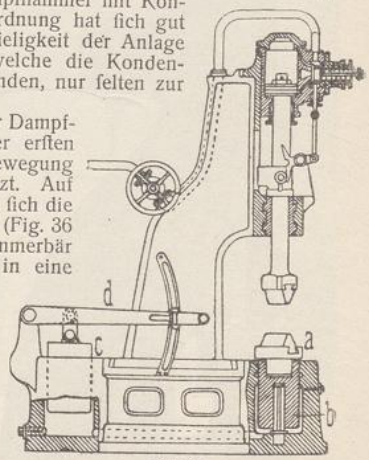


Fig. 34.

raum unter dem Kolben mit dem Abzugsrohr in Verbindung gefetzt und in den Raum über dem Dampfkolben Frifchdampf geleitet. Sobald die Rolle *a* den Steuerungshebel verläßt, kehrt diefer durch die Spiralfeder *c* in feine frühere Stellung zurück. Dadurch, daß man die Stellung des Steuerungshebels *b*, b^1 mit Hilfe des Stellarmes *d* verändert, wird die Hubhöhe des Hammers verringert oder vergrößert. Wird der Winkelhebel ganz zurückgezogen, fo läßt fich der Hammer durch den Handgriff *f* fteuern. Der Abfperrfchieber wird durch den Hebel *e* mit Hilfe einer Zugftange verftellt.

Bei den **wagerecht arbeitenden Hämmern** werden zwei gleichfchwere auf Rollen oder Schienen gleitende Hammerbären durch Dampfdruck gegeneinander bewegt. In der Mitte zwifchen ihnen befindet fich das Werkftück, das gleichzeitig von beiden Seiten den Schlag erhalten muß. Um dies zu erreichen, werden die Steuerungen der beiden Zylinder und die Hammerbewegungen voneinander abhängig gemacht. Dies gefchieht bei einem liegenden Dampfhammer von Ramsbottom durch eine unter dem Hammer angeordnete Spindel mit fteilem Rechts- und Linksgewinde, auf der fich eine an jedem Bär befeftigte Mutter verfchiebt. Da beide Gewinde gleiche Steigung haben, fo find auch die Wege der Hammerbären einander gleich. — Bei einem andern wagerecht arbeitenden Dampfhammer von Ramsbottom werden beide Hammerbären durch Gelenkftangen, die vom Kopfe der Kolbenftange eines in der Mitte unter ihnen fenkrecht aufgeftellten Dampfzylinders ausgehen, gleichmäßig bewegt.

Die Vorzüge der wagerechten Hämmer liegen in dem Fortfall der Schabotte und der fchweren Fundamentierung, da die auftretenden Stöße fich gegenfeitig aufheben, ferner in der geringen Raumbeanfpruchung und dem freien Arbeitsraume, die Nachteile darin, daß die Werkftücke nur fchwer gleichzeitig von beiden Hammerbären getroffen werden, und in der Schwierigkeit, die Stopfbüchfen der ftarken, auf Druck beanfpruchten Kolbenftangen dicht zu machen.

Ueber Fundamentierung von Dampfhämmern f. Schabotte.

Arbeitsverhältniffe und Berechnung von Dampfhämmern. Mit wachfendem Fallgewicht wächft auch die Hubhöhe und nimmt die Hubzahl ab. Folgende Tabelle [7] gibt ungefähr das Verhältnis von Fallgewicht zu Fallhöhe und Hubzahl an:

Fallgewicht in kg	Fallhöhe in mm	Hubzahl in 1 Minute	Fallgewicht in kg	Fallhöhe in mm	Hubzahl in 1 Minute
50	150	500	500	800	180
75	200	500	600	800	170
100	320	400	750	870	150
150	340	375	1000	910	100
200	400	350	2000	1210	80
250	470	300	3000	1520	60
300	550	250	4000	1680	50
400	630	200			

Die Hubzahl fteigt bei kleinen Hämmern fogar bis auf 800.

A. Ledebur gibt folgende Tabelle:

Anwendung der Dampfhämmer	Fallgewicht kg	Hubhöhe mm	Schlagzahl pro Minute
In Schmiedewerkftätten, für kleine Gegenftände . .	50—500	150—600	200—400
für größere Gegenftände .	500—1000	600—1000	100—200
In Puddelwerken zum Verdichten der Luppen . .	1500—2500	1000—1500	80—100
In Eifenwalzwerken zum Schweißen und Verdichten für mittlere Gegenftände	2500—5000	1250—1800	80—100
für größere Gegenftände (Brammenhämmer) .	5000—10000	1500—2400	60—80
In Beffemerwerken und Gußftahlfabriken für mittlere Gegenftände .	10000—20000	2000—3000	60—80
für größere Blöcke . . .	20000—50000	3000—3200	60

Die Hubhöhe H beträgt etwa $H = 0{,}025\sqrt{G}$, wenn G das Fallgewicht ift. — Nach Kick verhalten fich zur Erzielung ähnlicher Formänderungen an ähnlichen Körpern aus demfelben Metall die Schlagarbeiten wie die Rauminhalte der Körper.

Berechnung nach v. Hauer (nach „Hütte“).

Bezeichnet allgemein

G das Fallgewicht des Hammers mit Kolben und Kolbenftangen in Kilogramm,
H die Hubhöhe des Hammers in Metern,
H_1 die Hubhöhe, bei der die Umfteuerung erfolgt, in Metern,
R den Reibungswiderftand in Kilogramm,
d den Kolbendurchmeffer in Metern,
F die ganze Kolbenfläche in Quadratmetern,
rF die Kolbenfläche nach Abzug des Kolbenftangenquerfchnittes, in Quadratmetern,
$A = 10000$ kg/qm den Druck von 1 Atmofphäre,
p die abfolute Spannung des einftrömenden Dampfes in Atmofphären,
p' die abfolute Spannung des abftrömenden Dampfes in Atmofphären,
e den Expanfionsgrad des Unterdampfes (= Hubhöhe : Volldruckhöhe),
$e' = \dfrac{H - H_1 + z}{z}$ den Kompreffionsgrad, worin z die Entfernung der höchften Kolbenftellung vom oberen Zylinderdeckel in Metern,

$$\beta = \frac{1 + \log n\, e}{e} \text{ und } \beta' = \frac{e' \log n\, e'}{e' - 1}.$$

Für	$e = 1{,}25$	1,5	1,75	2
ift	$\beta = 0{,}979$;	0,937;	0,891;	0,847.
Für	$e' = 3$	4	5	6
ift	$\beta' = 1{,}648$;	1,848;	2,012;	2,150,

fo ift für:

a) Hämmer mit Expanfion.

α) Hämmer ohne Oberdampf und Prellung.

$$F > \frac{G+R}{A\,[r\,(\beta p-1)+1-p']}; \qquad H_1 = H\,\frac{G+R+AF\,(p'-1)\,(1-r)}{AFr\,(\beta p-p')}.$$

Für $r = 0{,}97$, $p' = 1{,}1$ und $R = 0{,}08\,G$ wird:

$$F > \frac{G}{8981\,[\beta p-1{,}103]}; \qquad H_1 = H\,\frac{G+27{,}8\,F}{8981\,F\,(\beta p-1{,}1)}.$$

β) Hämmer ohne Oberdampf, mit Prellung.

$$F > \frac{G+R}{A\,[r\,(\beta p-1)+1-p']} \qquad H_1 = H\,\frac{G+R-AF\,(rp'+1-r-\beta' p')}{AF\,[r\,(\beta p-p')+p'\,(\beta'-1)]}.$$

Für $r = 0{,}96$, $p' = 1{,}1$ und $R = 0{,}08\,G$ ift:

$$F > \frac{G}{8888\,(\beta p-1{,}104)}; \qquad H_1 = H\,\frac{G+10185\,F\,(\beta'-0{,}996)}{10185\,F\,(0{,}873\,\beta p+\beta'-1{,}96)}.$$

γ) Hämmer mit Oberdampf und Expanfion des Unterdampfs.

$$F > \frac{G+R}{A\,[r\,(\beta p-1)+1-p']}; \qquad H_1 = H\,\frac{G+R+AF\,(p-rp'+r-1)}{AF\,[r\,(\beta p-p')+p-p']}.$$

Für $p' = 1{,}1$ und $R = 0{,}08\,G$ wird:

$$F > \frac{G}{9259\,[r\,(\beta p-1)-0{,}1]}; \qquad H_1 = H\,\frac{G+9259\,F\,[p-0{,}1\,r-1)}{9259\,F\,[r\,(\beta p-1{,}1)+p-1{,}1]}.$$

δ) Hämmer mit expandierendem Oberdampf (nach Daelen).

$$F = \frac{1}{A}\,\frac{(G+R)\,H}{H_1\,(rp-1)+H\,(2-p'-r)-M\log n\,c},$$

worin $c = \dfrac{H-H_1\,(1-r)}{rH}$ und $M = H_1\,(rp-p')+Hp'$ ift.

H_1 ift um fo kleiner gegen H zu wählen, je größer die Anzahl und Stärke der Schläge werden foll.

Für $p' = 1{,}1$ und $R = 0{,}08\,G$ ift:

$$F = \frac{GH}{9259\,H_1\,(rp-1)+H\,(0{,}9-r)-M\log n\,c}.$$

b) Hämmer ohne Expanfion.

Für diefe Hämmer gelten die vorftehenden allgemeinen Formeln, wenn $e = 1$, alfo auch $\beta = 1$ gefetzt wird.

Die Berechnung nach Grashof ift in [8] nachzufehen.

Der Durchmeffer der Kolbenftange beträgt für Dampfhämmer mit dicker Kolbenftange $^1/_2$—$^5/_8\,d$, für Dampfhämmer mit dünner Kolbenftange:

bei einem Hube von	zum Schmieden von Eifen	zum Schmieden von Stahl
weniger als 1 m	$^1/_{12}$—$^1/_{10}\,d$	$^1/_{10}$—$^1/_8\,d$
1—2 m	$^1/_{10}$—$^1/_8\,d$	$^1/_8$—$^1/_6\,d$
mehr als 2 m .	$^1/_8$—$^1/_6\,d$	$^1/_6$—$^1/_5\,d$;

bei Anwendung von frifchem Oberdampf nehme man den Durchmeffer der Kolbenftange etwa 25 % ftärker.

Literatur: Weisbach-Herrmann, Ingen.- u. Mafchinenmechanik, 3. Teil, Braunfchweig 1888; v. Hauer, Die Hüttenwefensmafchinen, Wien 1867; Redtenbacher, Refultate f. d. Mafchinenbau, 6. Aufl. (v. Grashof), Heidelberg 1875; Killer, O., Riedler, A., und Seeburg, L., Dampfhämmer, Graz 1871; Ledebur, Mechanifche Technologie, Braunfchweig 1905; Beckert, Th., Leitfaden der Eifenhüttenkunde, Berlin 1885; Bulletin Technologique, Paris, Janvier 1888; Codron, C., Procédés de Forgeage, Paris 1898. — [1] Maffey, B. u. S., Manchefter, Katalog Dampfhämmer. — [2] Haedicke, Die Technologie des Eifens, Leipzig 1900. — [3] Ihering, A. v., Mechanifche Technologie, Leipzig 1904. — [4] Specht, K., Die Maffenfabrikation im Mafchinenbau, Berlin 1893. — [5] Zeitfchr. f. Werkzeugmafchinen und Werkzeuge 1897—98, S. 70. — [6] Ebend., 1896—97, S. 204. — [7] v. Hoyer, Die Verarbeitung der Metalle und des Holzes, Wiesbaden 1897. — [8] Uhland, W. H., Handbuch für den praktifchen Mafchinenkonftrukteur, Berlin. — Ferner Zeitfchr. des Vereins deutfcher Ingen. 1877, S. 229; 1896, S. 544; 1890, S. 1386; 1891, S. 880; 1902, S. 384; Zeitfchr. f. Werkzeugmafchinen und Werkzeuge 1896—97, S. 22, 52 und 188; 1897—98, S. 369; 1901—02, S. 458; 1902—03, S. 69; 1903—04, S. 229. Von Patenten über Dampfhämmer find folgende zu nennen: D.R.P. Nr. 54155 (Expanfionsfchieber, während des Ganges einftellbar), D.R.P. Nr. 91183 (Verbunddampfhammer), Nr. 97225 (Uebergang von Handfteuerung zur Selbftfteuerung durch Drehen eines Handfchiebers), Nr. 147207 (Dampfhammerfchieber zur Verminderung ftarker Kompreffion unter dem herabgehenden Kolben).

Dalchow.

Dampfhafpel (Dampffördermafchine), f. Schachtförderung.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Dampfheizung, ſ. Heizung geſchloſſener Räume.

Dampfheizung auf Schiffen hat ſich auf Paſſagierdampfern und Kriegsſchiffen in neuerer Zeit allgemein eingebürgert. Sie bietet nicht allein eine Annehmlichkeit für den Bordbewohner, ſondern iſt auch für die Erhaltung der Maſchinen und Schiffskeſſel zweckmäßig. Die Dampfheizung beſteht aus kupfernen Dampfrohren, die den Heizdampf von den Schiffskeſſeln oder vom Hilfskeſſel zu den Heizkörpern leiten, und einer Kondenswaſſerleitung, die das Kondenswaſſer zu den Kondenstöpfen und der Ziſterne führen. Von der Ziſterne wird das Kondenswaſſer wieder den Keſſelſpeiſepumpen zugeführt. Die Heizkörper beſtehen aus gezogenen kupfernen Schlangenrohren. Die Dampfheizung arbeitet mit einer Dampfſpannung bis zu 2 Atmoſphären, reguliert durch ein Druckreduzierventil. Die Größe der Heizkörper richtet ſich außer nach der Größe der Räume im beſonderen danach, ob dieſelben an der Außenhaut liegen und mit Holz oder Kork iſoliert ſind. Sie ſind ſo bemeſſen, daß man bei ſtrengem Winter eine Wärme von 10—15° C. erreichen kann. Im Maſchinen- und Heizraum genügt eine Temperatur von 5° C.

Literatur: Dick, C., und Kretſchmer, O., Handbuch der Seemannſchaft, Berlin 1902; Klamroth, Leitfaden für den Unterricht in der Maſchinenkunde, Berlin 1902. *T. Schwarz.*

Dampfholzſchliff (brauner Holzſchliff), eine namentlich zur Herſtellung von braunem Packpapier, dem ſogenannten Leder- oder Lignitpapier, verwendete, aus zerfaſertem, gedämpftem Holze beſtehende Maſſe.

Sie wird in der Weiſe hergeſtellt, daß man aus mittels Kreisſägen kleingemachtem Holz durch Dämpfen unter einem Druck von 4—6 Atmoſphären in 8—14 Stunden in einem (gewöhnlich ſtehenden) Keſſel und durch darauffolgendes Kochen das Lignin vollkommen löſt und entfernt und demzufolge mittels des nun folgenden Zerfaſerns des Holzes weiche, biegſame, leicht verfilzbare, längere Holzfaſern erhält, die für ſich ohne Beimengung von Hadernzeug zur Herſtellung eines Papieres geeignet ſind. Da ſich in den Kochern auch Ameiſenſäure bildet, müſſen dieſe im Innern mit einem gewöhnlich aus Kupfer beſtehenden Ueberzuge verſehen werden. Die Konſtruktion der Kocher iſt überhaupt der wichtigſte und ſchwierigſte Teil des Betriebes, da die Anwendung des gegen chemiſche Einflüſſe widerſtandsfähigeren Gußeiſens wegen der hohen Innenſpannung nur unter beſonderen Sicherheitsmaßregeln zuläſſig iſt. Als Rohmaterial wird Fichten- und Kiefernholz verwendet, das in vielen Fällen zuerſt gedämpft, dann zu Würfeln zerſchnitten, in Kollermühlen zerkleinert und endlich im Raffineur verfeinert wird. Je nachdem die Zeit des Dämpfens geändert wird, zeigt auch der Stoff verſchiedene Nuancen von Braun. S. a. Holzzeug.

Literatur: Dropiſch, B., Holzſtoff und Holzcelluloſe, 1877, S. 67; Hoyer, E. v., Die Fabrikation des Papiers, Braunſchweig 1887, S. 181; Schubert, Die Holzſtoff- oder Holzſchliff-fabrikation, 1898, S. 86. *Maxim. Kraft.*

Dampfindikator (Dampfmeſſer, Spannungsmeſſer), ſ. Indikator.

Dampfjacke, ſ. v. w. Dampfmantel (ſ. d.).

Dampfkalomel, ſ. Queckſilber.

Dampfkeſſel dienen zur Erzeugung von Betriebs- oder Heizdampf. Je nach der Bauart unterſcheidet man liegende und ſtehende Keſſel; die letzteren finden nur für Spezialzwecke und kleinere Heizflächen Verwendung. Nach der Art ihrer Aufſtellung zerfallen ſie in ortsfeſte Keſſel, von denen die einzelnen Syſteme hier beſchrieben werden und in bewegliche Keſſel als Lokomobil-, Lokomotiv-, Dampfſtraßenwalzen- und Schiffskeſſel, die in beſonderen Artikeln behandelt werden ſollen.

Waſſer- und Dampfraum. Jeder Keſſel beſitzt zwei durch den Waſſerſpiegel getrennte Räume, den Waſſer- und den Dampfraum, deren Größe ſich jeweils nach der Beſtimmung des Keſſels richtet. Der im Keſſel befindliche Waſſerinhalt ermöglicht einen Ausgleich der unvermeidlichen Schwankungen; je größer dieſer Inhalt, um ſo kleiner die Schwankungen in der Dampfſpannung, je größer aber auch die Zeit zum Anheizen des Keſſels. Die Größe der verdampfenden Oberfläche iſt auf die Beſchaffenheit des Dampfes, ob trocken oder naß, von Einfluß: je größer der Waſſerſpiegel, deſto trockener der Dampf. Als Speiſeraum wird der abwechſelnd mit Waſſer und Dampf gefüllte Keſſelraum zwiſchen dem höchſten und tiefſten Waſſerſtande bezeichnet. Sein Inhalt, der von der Oberfläche des Waſſers abhängig iſt, wirkt ausgleichend ſowohl auf die Dampfentnahme als auf die Speiſung. Keſſel mit großem Waſſer- und Speiſeraum eignen ſich daher für Betriebe, in denen plötzlich große Mengen Dampf benötigt werden, beſſer als ſolche, bei denen dieſe Räume klein ſind. Im Dampfraume wird der Dampf von etwa mitgeriſſenem Waſſer befreit; erhält der Keſſel einen Dampfdom (ſ. d.) oder Dampfſammler, ſo wird der Dampf dieſem als höchſt gelegenen Punkte entnommen.

Feuerung. Als feſte Brennſtoffe kommen für Dampfkeſſelfeuerungen vornehmlich die Steinkohlen in Betracht. Braunkohlen und Torf finden hierfür mehr örtliche Verwendung, gleichwie die Holzabfälle und Späne in Sägereien und die Lohe in Gerbereien; Koks wird ſelten unter Dampfkeſſeln verbrannt. Von den flüſſigen Brennſtoffen werden Rohpetroleum ſowie die Rückſtände von der Brennöl- und Schmieröldeſtillation verwendet. Die Verwendung beſchränkt ſich indeſſen der Transportkoſten und der Zölle wegen nur auf Gegenden in der Nähe des Fundortes. Dampfkeſſel mit Gasfeuerung kommen auf Hüttenwerken vor; ſoweit es ſich um Krafterzeugung handelt, werden aber in neuerer Zeit die aus Hochöfen oder Koksöfen entweichenden Gaſe direkt und mit ungleich größerer thermiſcher Ausbeute in Gasmotoren verbrannt.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Die feſten Brennſtoffe gelangen auf einem Roſte zur Verbrennung. Derſelbe beſteht in der Regel aus einer Anzahl nebeneinander gelegter Stäbe, zwiſchen denen die Verbrennungsluft durch die Roſtſpalten zutritt. Der meiſtverbreitete iſt der horizontal oder wenig nach hinten geneigt liegende Planroſt (ſ. Fig. 3, 6, 9, 10, 11, 16, 17, 18, 19 und 22). Große Planroſte, bei denen die gleichmäßige Aufgabe des Brennſtoffes über die ganze Roſtfläche ſchwierig iſt, werden durch mechaniſche Vorrichtungen beſchickt, bezw. werden die Roſtſtäbe wie beim Kettenroſt aus vielen Gliedern gebildet, die als breites Band über zwei ſich langſam drehende und mechaniſch angetriebene Rollen gelegt ſind, auf denen der Brennſtoff außen aufgegeben, allmählich nach innen transportiert und verbrannt wird. Bei der Schrägroſtfeuerung, wie ſie die Tenbrink-Feuerung und die Kuhnſchen Keſſel (Fig. 4) beſitzen, werden die Kohlen von außen durch einen Fülltrichter aufgegeben und gleiten bei der Verbrennung langſam auf den Roſtſtäben nach unten. Der Vorzug dieſes Roſtes beſteht darin, daß die von unten aufſteigenden glühenden Verbrennungsgaſe den friſchen Brennſtoff anwärmen und die hierbei frei werdenden Kohlenwaſſerſtoffgaſe mit geringem Luftüberſchuß faſt vollſtändig verbrennen, wodurch neben Rauchverminderung eine hohe Ausnutzung des Brennſtoffes erzielt wird. Der Schrägroſt iſt leicht zu bedienen; bei forciertem Feuer und ſtark ſchlackender Kohle iſt aber darauf zu achten, daß die Roſtſtäbe in ihrem unteren Teil nicht verbrennen. Der Treppenroſt findet Verwendung bei der Verbrennung von Braunkohlen, Sägeſpänen, Lohe, Steinkohlengrus und des bei der Kohlenwäſche abfallenden naſſen Schlammes. Der Roſt iſt unter einem Neigungswinkel von ca. 30° eingebaut, die Roſtſpalten ſind wagerecht angeordnet, um das Durchfallen des Brennſtoffes zu verhindern. Der Brennſtoff wird meiſtens durch Fülltrichter aufgegeben, bei Sägeſpäne- und Lohefeuerung erhält der Trichter einen als Speiſeorgan dienenden Haſpel, den Füllhaſpel. Eine Abart des Treppenroſtes iſt der ſpeziell für die Verbrennung der oberbayriſchen Klarkohle eingerichtete Münchner Stufenroſt. Minderwertige, grieſige oder auch ſehr ſchlackenreiche Kohlen können gemahlen und unter Dampfkeſſeln in den ſogenannten Kohlenſtaubfeuerungen mit Vorteil verbrannt werden. Der Kohlenſtaub wird mit Luft vermiſcht in den vorher durch ein Holzfeuer hoch erhitzten Verbrennungsraum mittels beſonderer Vorrichtungen eingeblaſen. Die Verbrennung erfolgt ſehr vollkommen unter geringem Luftüberſchuß, der Staub muß aber fein gemahlen und ſehr trocken ſein. Je nachdem der Roſt ſich vor, unter oder im Keſſel befindet, bezeichnet man die Feuerung als Vor-, Unter- oder Innenfeuerung. (S. a. Brennſtoffe und Feuerungsanlagen.)

Heizfläche und Wärmeübertragung. Die auf dem Roſte bei der Verbrennung entſtehende Wärme wird an das Keſſelwaſſer durch Vermittlung der Heizfläche übertragen. Die Heizfläche iſt derjenige Teil des Keſſelmantels oder der Keſſelrohre, der auf der einen Seite der Oberfläche vom Keſſelwaſſer beſpült und auf der andern Seite von den Heizgaſen beſtrichen wird. Von der Größe dieſer Heizfläche hängt unter ſonſt gleichen Umſtänden die Verdampfungsfähigkeit des Keſſels in erſter Linie ab. Man unterſcheidet direkte oder indirekte Heizfläche, je nachdem die Keſſelfläche vom Feuer ſelbſt oder nur von den Heizgaſen berührt wird. Die Wärmeaufnahme erfolgt durch Strahlung vom Feuer, durch Leitung bei der Berührung mit den Heizgaſen und durch Rückſtrahlung vom heißen Mauerwerk aus; die Wärmeabgabe findet ſtatt durch Berührung der Wandungen mit Waſſer oder Dampf. Hinſichtlich der Bewegungsrichtungen der Heizgaſe einerſeits und des Keſſelwaſſers anderſeits kann der Wärmeübergang ſich im Parallel-, Gegen- oder Querſtrom vollziehen. Beim Parallelſtrom haben Heizgaſe und Waſſer die gleiche Richtung, beim Gegenſtrom ſind ſie einander entgegengeſetzt, und beim Querſtrom treffen die Gaſe die Heizflächen ſenkrecht. Der Wärmeübergang iſt bei Gegen- und Querſtrom größer als bei Parallelſtrom; man ſucht daher die Heizgaſe möglichſt nach der erſteren Art zu führen, wenn nicht — wie bei Waſſerrohrkeſſeln — andre Gründe dagegen ſprechen. Die Zugführung geſtaltet ſich durch die Einmauerung meiſtens ſo, daß an einem Keſſel alle drei Richtungen vorkommen. Die Keſſel mit gemeinſchaftlichem Waſſer- und Dampfraum liefern geſättigten, mehr oder weniger naſſen Dampf. Zur Erzeugung von überhitztem Dampf, wie ſolcher mit Vorteil in Dampfmaſchinen oder für beſtimmte Heiz- und Trockenvorrichtungen zur Anwendung kommt, werden beſondere Ueberhitzer in direkter Verbindung mit dem Keſſel in die Feuerzüge eingebaut. Dieſelben beſtehen in der Hauptſache aus Rohrſchlangen, in denen der aus dem Keſſel kommende geſättigte oder noch geringe Mengen Waſſer mit ſich führende Dampf getrocknet und überhitzt wird. (S. a. Ueberhitzer.)

Vorwärmer (ſ. d.), in denen das Speiſewaſſer vor ſeinem Eintritt in den Keſſel erwärmt wird und die durch die Abgaſe geheizt werden, erweiſen ſich bei vielen Keſſelanlagen als ſehr vorteilhaft. Dieſelben werden in den letzten Zug oder in eine Erweiterung des Fuchſes gelegt; ſie ſind meiſtens aus einer größeren Anzahl Rohren von Schmiede- oder Gußeiſen, ſeltener Kupfer, zuſammengeſetzt, durch die das Speiſewaſſer langſam fließt, während ſie von außen von den abziehenden Gaſen beheizt werden.

Keſſelſyſteme. Eine Keſſelanlage muß den örtlichen Verhältniſſen ſowohl hinſichtlich des zur Verfügung ſtehenden Baugrundes als der Eigenſchaften des Brennmaterials und des Speiſewaſſers angepaßt werden; maßgebend für die Wahl des Keſſels bezw. des Syſtems ſind neben der rationellen Ausnutzung des Brennſtoffes, bequemen inneren und äußeren Reinigung und einfachen Bedienung eine für die in Ausſicht genommene Dampfſpannung große Betriebsſicherheit gewährende und wenig Reparatur erfordernde Konſtruktion. Bei den im Maſchinenbetrieb verwendeten Keſſeln kommen in Anwendung: Walzenkeſſel (Bouilleur- oder Siederohrkeſſel), Flammrohrkeſſel, Rauch- und Waſſerröhrenkeſſel.

Der **Walzenkeſſel** oder Wattſche Keſſel (Fig. 1) iſt ein einfacher Zylinderkeſſel mit Unterfeuerung und einfachem Feuerzug. Derſelbe iſt nur für ſehr kleine Keſſelanlagen verwendbar; die Heizfläche und Heizgasausnutzung iſt zu gering, letztere beſonders dann, wenn die Gaſe, ſtatt in Schlangenlinien geführt zu werden, glatt unter dem Keſſel durchziehen. Ein Haupt-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

nachteil dieſer Keſſel iſt, daß ſich Keſſelſtein und Schlamm vornehmlich im vorderen über dem Roſt liegenden Teil anſammeln, weil infolge der ſtarken Verdampfung über der Feuerplatte dort fortwährend Waſſer aus dem hinteren Teil nachſtrömt, wodurch der Schlamm nach vorn geſchleppt wird. Dieſer Keſſel wird, wie auch der aus einem Walzenkeſſel und zwei oder mehreren Siedern zuſammengeſetzte Bouilleurkeſſel (ſ. d.), jetzt kaum mehr ausgeführt. — Dagegen findet der mehrfache Walzenkeſſel als Batterie- oder Etagenkeſſel (ſ. d.) noch vielfach Anwendung. Derſelbe gibt trotz des umfangreichen Keſſelgemäuers bei Kammereinmauerung mit ſchlangenförmiger Führung der Heizgaſe eine Ausnutzung des Heizwertes der Kohle bis zu 68%, er iſt verhältnismäßig billig in der Herſtellung, leicht zu reinigen und verwendbar für hohe Dampfſpannungen bei minderwertigem Brennſtoff.

Einen beſſeren Wirkungsgrad haben die **Flammrohrkeſſel,** die engliſchen Urſprungs ſind, woher auch die Bezeichnung Cornwallkeſſel für den Einflammrohrkeſſel und Lancaſhirekeſſel für den Zweiflammrohrkeſſel ſtammen. Der Flammrohrkeſſel bildet namentlich im Vergleich zum Walzenkeſſel trotz ſeiner Kompliziertheit und Koſtſpieligkeit das meiſtverbreitete Keſſelſyſtem. Infolge kleineren Waſſerraums läßt er ſich leichter anheizen und entwickelt raſcher Dampf. Die auf den Quadratmeter Heizfläche entwickelte Dampfmenge iſt infolge der Innenfeuerung und des geringeren Mauerwerks größer als beim Walzenkeſſel; auch wird die Einmauerung weit einfacher. — Bei der Konſtruktion der Flammrohrkeſſel muß auf die verſchiedenartige Ausdehnung der einzelnen Keſſelteile beſonders Rückſicht genommen werden, da namentlich die Flammrohre weſentlich höheren Heizgastemperaturen ausgeſetzt ſind als der Keſſelmantel und dieſer ſelbſt noch bei mehrfachen Feuerzügen verſchieden ſtark erwärmt wird. Die ungleiche Erwärmung hat hauptſächlich bei glatten Flammrohren und gewölbten Keſſelböden leicht Undichtwerden der Nietnähte zur Folge. Zur Verhütung dieſes Uebelſtandes empfiehlt es ſich, das Flammrohr vor dem Einnieten und während desſelben etwas anzuwärmen, weil hierdurch der nachteilige Einfluß der höheren Erwärmung der Flammrohre im Betrieb von den Nietverbindungen teilweiſe ferngehalten werden kann.

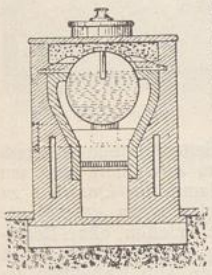


Fig. 1.

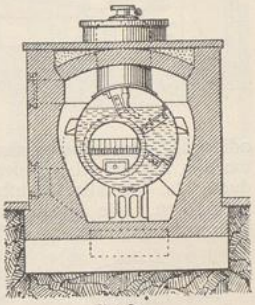


Fig. 2.

Beim Einflammrohrkeſſel legt man häufig das Flammrohr aus der vertikalen Mittellinie ſeitlich gegen den Keſſelmantel (Fig. 2). Man gewinnt hierdurch an Raum zum Befahren des Keſſels und eine beſſere Waſſerzirkulation, da das Waſſer an der engeren Stelle ſtärker erwärmt wird als an der entgegengeſetzten Seite. Die Führung der Feuergaſe wird verſchieden gewählt: gewöhnlich ſtreichen ſie durch die Flammrohre, teilen ſich nach beiden Teilen des Keſſelmantels und ziehen am unteren Teile des Keſſelmantels nach dem Schornſtein. Es iſt dieſe Heizgasführung zweckmäßiger als jene, bei der die Heizgaſe aus den Flammröhren erſt an einer Seite des Keſſels vorbeiziehen und dann an der andern zum Schornſtein. Als empfindliche Schattenſeite der Flammrohrkeſſel wird die Beanſpruchung der Flammrohre auf äußeren Druck betrachtet. Die einzelnen Flammrohrſchüſſe werden daher ſtets durch Winkelringe oder Umbörtelung der Ränder verſteift. Eine ſehr wirkſame Verſteifung glatter Flammrohre läßt ſich durch die ſogenannten Gallowayſtutzen (vgl. a. Gallowaydampfkeſſel), die als koniſche Röhren in die Flammröhren quer eingeſetzt und mit dieſen vernietet werden, erzielen (Fig. 3).

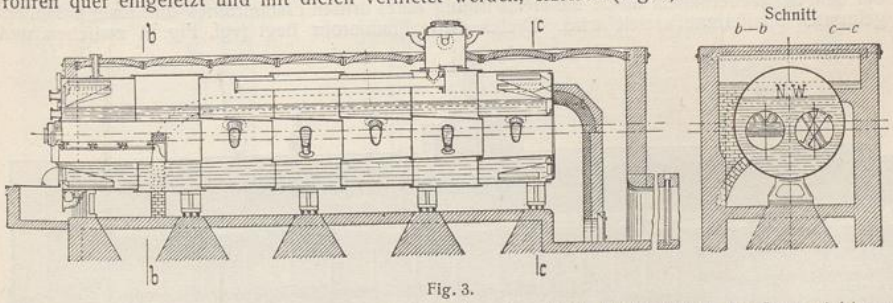


Fig. 3.

Größeren Widerſtand gegen äußeren Druck und größere Elaſtizität in der Längsrichtung als die glatten Flammrohre bieten die Wellrohre, die für größere Flammrohrkeſſelanlagen allgemein üblich geworden ſind. Die Widerſtandsfähigkeit der Wellrohre auf äußeren Druck iſt ungefähr gleich derjenigen der glatten, auf inneren Druck beanſpruchten zu ſetzen. Durch die Wellrohre und die Querſtutzen wird eine Vergrößerung der direkten Heizfläche ſowie eine beſſere Ausnutzung der Heizgaſe inſofern erreicht, als letztere beim Durchſtreichen der Flammrohre in Wirbelung geraten bezw. der Kern der Heizgaſe durch die Querſtutzen ebenſo ausgenutzt wird als der am Flammrohrmantel vorbeiſtreichende Teil.

Zur Verminderung von Rauch und zu beſſerer Ausnutzung des Brennmaterials werden von G. Kuhn G. m. b. H. in Stuttgart-Berg Flammrohrkeſſel mit Schrägroſtfeuerung gebaut.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Das Flammrohr dieſer Keſſel (Fig. 4) hat an ſeinem vorderen Ende einen erweiterten Schuß, in den das als Feuerbrücke dienende liegende Querrohr eingenietet iſt. Die Verbrennungstemperatur iſt am unteren Ende des Roſtes am größten, die hocherhitzten Feuergaſe ſtrömen über die durch einen Fülltrichter aufgegebenen Kohlen nach rückwärts und wärmen dieſelben an, wobei die entſtehenden Deſtillationsprodukte von der aufſteigenden Flamme entzündet und teilweiſe

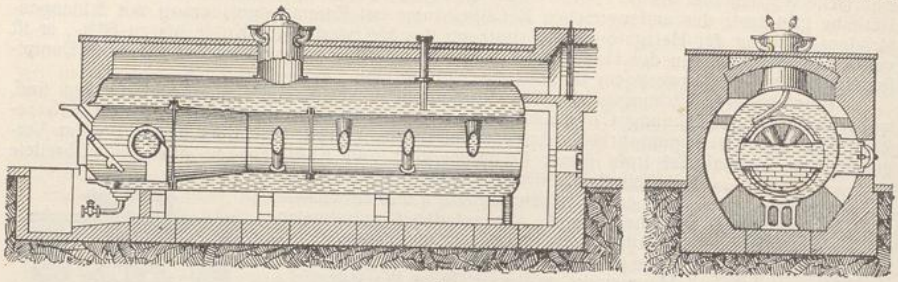


Fig 4.

oder ganz verbrannt werden. Das geſchweißte Querrohr iſt nach beiden Seiten koniſch erweitert, um den raſchen Abzug der ſich hier reichlich bildenden Dampfblaſen zu erleichtern und um durch das lebhafte Nachſtrömen von Waſſer die Ablagerung von Schlamm im Querrohr zu verhindern. Die Ausnutzung des Brennſtoffes beträgt bei dieſen Keſſeln, wenn gute Kohle verfeuert wird, bis zu 80 % des Heizwertes und darüber. Sie können indeſſen ohne Beeinträchtigung der guten Verbrennung nur mäßig forciert werden, auch muß mit Rückſicht auf das leichte Feſtbrennen von Keſſelſtein im Querrohr das Speiſewaſſer gut gereinigt ſein. Denſelben Zweck wie der Kuhnſche Keſſel verfolgen die Tenbrink-Keſſel (ſ. d.).

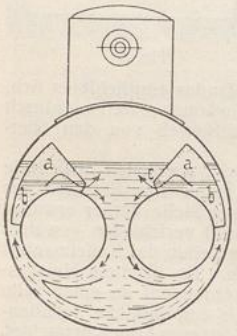


Fig. 5.

Der bekanntlich nur geringe Waſſerumlauf im Zweiflammrohrkeſſel wird zuweilen durch Einſetzen beſonderer Vorrichtungen zu verbeſſern geſucht. Eine derartige Vorrichtung iſt die Waſſerumlaufkappe nach Patent Voigt. Wie aus Fig. 5 erſichtlich, ſind über den beiden Flammrohren zwei nach oben geſchloſſene Kappen *a* angebracht. Der unter dieſen ſich entwickelnde Dampf drückt den Waſſerſpiegel bis an die Mündungsunterkante bei *c* herab und entweicht durch die außen überſtehende Waſſermenge nach dem Dampfraum. Das ſchnelle Abſtrömen von Dampf und Waſſer an dieſer Stelle bewirkt ein lebhaftes Nachſtrömen der unteren kalten Waſſermengen, die, durch die unterhalb der Flammrohre eingebauten Zungen und die Scheidewände *b* geführt, in rotierende Bewegung geraten und ſtetig um die Flammrohre kreiſen. Durch dieſen zwangläufigen Waſſerumlauf ſoll das Anbrennen von Keſſelſtein an den heißen Blechen vermieden und die Verdampfung geſteigert werden.

Um die Temperaturen im Keſſelwaſſer möglichſt raſch und vollſtändig auszugleichen, baut die Firma H. Pauckſch, A.-G. in Landsberg a. W., einen Dreiflammrohrkeſſel D.R.P., bei dem der Waſſerumlauf durch die Heizwirkung eines dritten Flammrohres und einer beſonders geformten Speiſerinne erzielt wird. Dieſes dritte Flammrohr liegt (vgl. Fig. 6) zwiſchen und

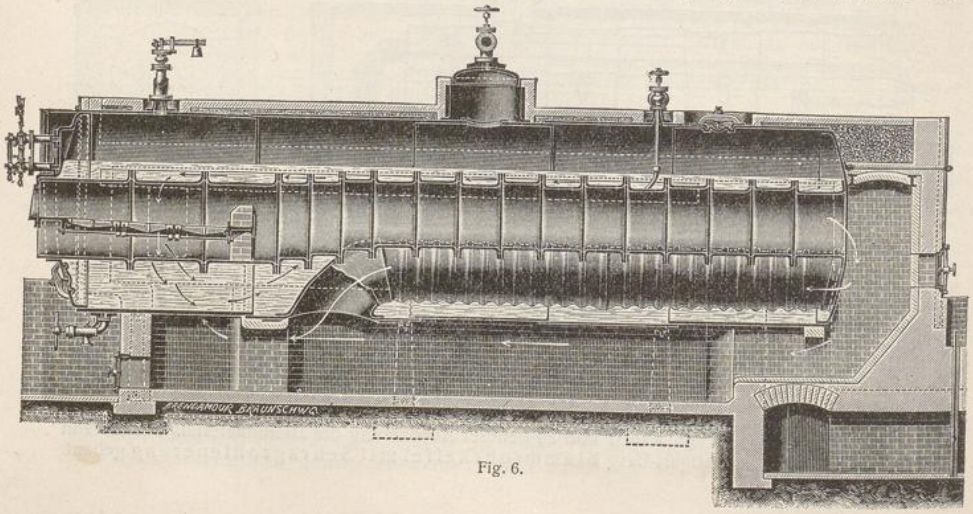


Fig. 6.

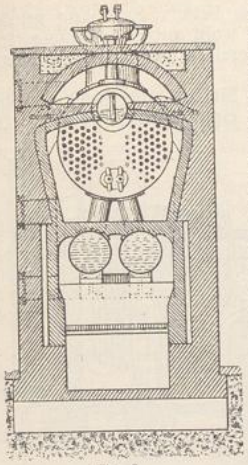


Fig. 8.

unter den beiden äußeren durchgehenden Flammrohren, in denen die Roſte eingebaut ſind; es iſt, wie dieſe, in den hinteren Boden eingenietet und mündet auf etwa ein Drittel der Keſſellänge vom andern Boden entfernt in einem Krümmer unten am Keſſelmantel aus. Die aus den beiden eigentlichen Flammrohren kommenden Gaſe werden dem dritten Flammrohr entweder ganz oder nur teilweiſe zugeführt, zu welchem Zweck im Unterzug eine Regulierklappe angeordnet iſt. Oberhalb der Flammrohre iſt eine an beiden Enden geſchloſſene Speiſerinne ſo eingebaut, daß deren Ränder faſt bis an den Waſſerſpiegel heranreichen. Das Speiſewaſſer tritt am hinteren Ende in die Rinne ein und gelangt in dieſer vorgewärmt durch ihre nach unten gekehrte Mündung in den vorderen Teil des Keſſels. Der Auftrieb der über dem dritten Rohr aufſteigenden Dampfblaſen und das in der Nähe des Krümmers niederſinkende Speiſewaſſer bewirken einen lebhaften Waſſerumlauf in der Längsrichtung des Keſſels. Da die ganze Waſſermaſſe hierdurch ziemlich raſch und annähernd überall gleiche Temperatur annimmt, ſo wird die Zeit zum Anheizen bei dieſen Keſſeln erheblich abgekürzt. Infolge der wirkſamen Erwärmung des Speiſewaſſers in der Rinne ſcheiden ſich ſeine feſten Beſtandteile vornehmlich in dieſer aus und lagern ſich in ihr ab. Die Rinne muß daher je nach der Beſchaffenheit des Speiſewaſſers und wenn ſie ihren Zweck als Zuleitungsorgan dauernd erfüllen ſoll, entſprechend oft gereinigt werden.

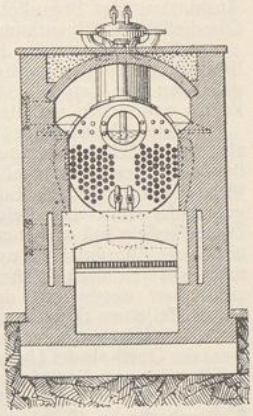


Fig. 7.

Heiz- oder Rauchröhrenkeſſel. Dieſe Keſſel ſind, wie Fig. 7 zeigt, mit einer größeren Anzahl kleiner Rohre durchzogen, die im Innern die Heizgaſe führen und außen von Waſſer umſpült ſind. Die Rohre werden in den Rohrwänden bezw. Keſſelböden durch Einwalzen, ſeltener auch noch durch Umbördeln befeſtigt. Der äußere Durchmeſſer der Rohre ſchwankt zwiſchen 50 und 100 mm bei einer Länge bis zu 5 m, der Luftzug iſt bei weiten Rohren beſſer als bei engen, auch laſſen ſich die erſteren leichter reinigen, dagegen nutzen enge Rohre die Wärme beſſer aus. Damit in einem Keſſel von gegebenem Durchmeſſer tunlichſt viele Rohre untergebracht werden können und für das ungehinderte Aufſteigen der Dampfblaſen möglichſt ſenkrechte Zwiſchenräume zwiſchen den Rohren verbleiben, wählt man für die Anordnung der Rohre häufig die Einteilung im Sechseck, wie ſie aus den Figuren 7 und 8 erſichtlich iſt. Die Zugführung bei dem mit Unter- oder Vorfeuerung verſehenen Rauchrohrkeſſel nach Fig. 7 erfolgt ſo, daß die Gaſe zuerſt unter dem Keſſelmantel hinziehen, dann durch die Rohre zurückkommen und zuletzt über dem Keſſel nach der Eſſe abziehen. Die Rohre ſind in zwei Gruppen untergebracht, mit einem Zwiſchenraum von 300—350 mm, der zum Befahren des Keſſels dient.

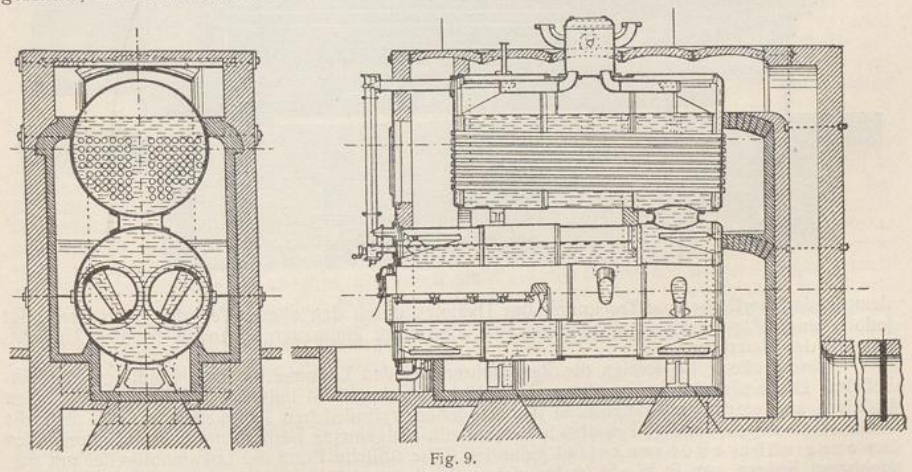


Fig. 9.

Um die Befeſtigungsſtellen der Rauchrohre mehr zu ſchonen, führt man bei großen Keſſeln und ſoweit es der Roſt und die Feuerzüge geſtatten, zuweilen die Gaſe zuerſt durch den Unterzug, dann durch zwei Seitenzüge zurück und ſchließlich durch die Rohre wieder nach hinten.

Die Rauchröhrenkeſſel beanſpruchen bei großer Heizfläche ſehr wenig Platz und laſſen ſich ſchnell anheizen. Sie ſind aber ſchwer zu reinigen und verlangen deshalb möglichſt

weiches, keinen Keſſelſtein abſetzendes Speiſewaſſer. Sie werden behufs Erſtellung großer Heizflächen auf beſchränktem Baugrunde und in beſonderen Fällen wohl auch zur geſteigerten Ausnutzung des Brennſtoffes mit Walzen- oder Flammrohrkeſſeln vereinigt, wobei ſie dann als Oberkeſſel der Einwirkung der direkten Flammen entzogen ſind.

Fig. 8 zeigt einen Rauchröhrenkeſſel in Verbindung mit zwei Siedern, die durch je zwei Stutzen mit erſterem verbunden ſind. Der Keſſel wird am beſten ſo eingemauert, daß die Heizgaſe, von den Unterkeſſeln kommend, zuerſt den Mantel des Oberkeſſels beſtreichen und dann durch die Heizrohre abziehen.

Ein Flammrohrkeſſel als Unterkeſſel mit darüberliegendem Heizrohroberkeſſel iſt in Fig. 9 dargeſtellt. Entgegen der früher bei dieſen Doppelkeſſeln faſt allgemein üblichen Anordnung, wonach der beſſeren Waſſerzirkulation wegen nur der Oberkeſſel einen Dampfraum hatte, iſt jetzt meiſtens ſowohl der Ober- als der Unterkeſſel mit einem Dampfraum verſehen. Die verdampfende Waſſeroberfläche iſt hierbei doppelt ſo groß, der Keſſel liefert daher trockeneren Dampf als im erſteren Falle. Ober- und Unterkeſſel ſind hinten durch einen weiten Stutzen verbunden. Der Dampfraum im Unterkeſſel wird durch den Einbau einer Scheidewand gebildet und iſt durch deren unteren Rand, bis zu dem der Dampf den Waſſerſpiegel herunterdrückt, begrenzt. Der im Unterkeſſel erzeugte Dampf gelangt durch das an der vorderen Stirnſeite befindliche Ueberſtrömrohr nach dem Oberkeſſel. Die Speiſung geſchieht mit Vorteil in den Unterkeſſel, damit die Schlammablagerung von dem ſchwer zu reinigenden Oberkeſſel nach Möglichkeit ferngehalten wird.

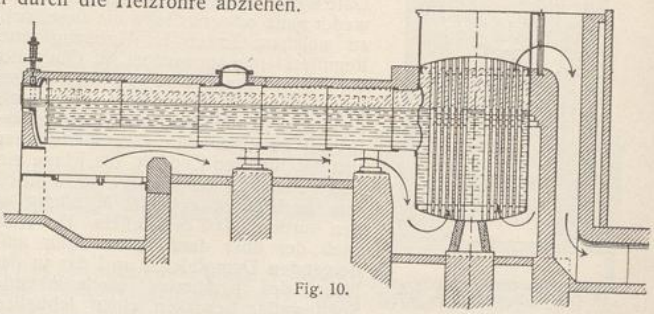


Fig. 10.

Der Dupuis-Keſſel (Hammerkeſſel, Fig. 10) beſteht ebenfalls aus einem horizontal liegenden Walzenkeſſel, der an ſeinem hinteren Ende an einen ſtehenden Röhrenkeſſel ſich anſchließt. Die Konſtruktion ergibt große verdampfende Oberfläche und Trocknung des Dampfes durch den oberen Teil der Heizrohre, zeigt jedoch ungünſtige Schlammablagerung und ſchwierige Einmauerung ſowie leichtes Undichtwerden der Heizröhren.

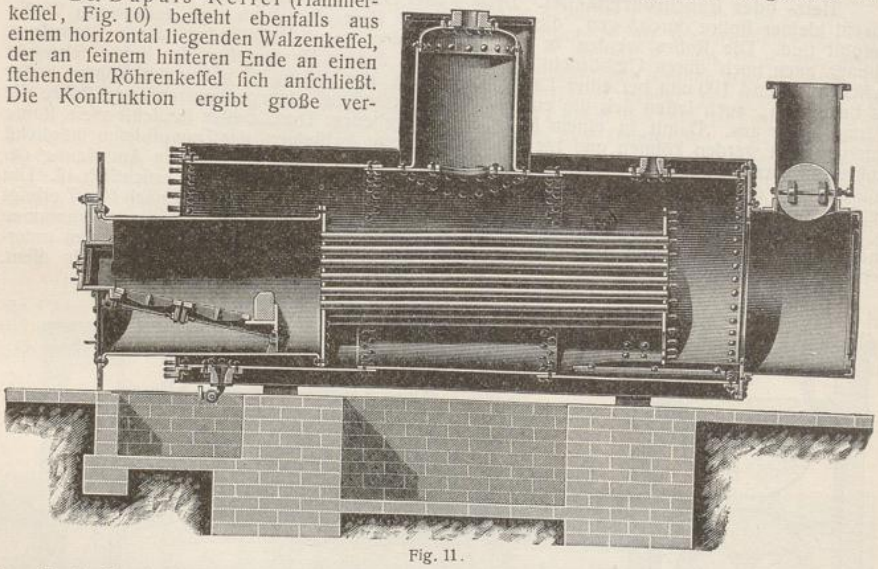


Fig. 11.

Eine große Rolle ſpielen die Rauchröhren bei den Lokomotiv-, Lokomobil- und Schiffskeſſeln. Die Keſſel der Lokomotiven, Dampfſtraßenwalzen und teilweiſe auch der Lokomobilen beſtehen aus einem von Heizrohren durchzogenen zylindriſchen Langkeſſel, an den ſich die rechteckige doppelwandige Feuerbüchſe anſchließt. Allgemeine Verbreitung hat bei Lokomobilen der ausziehbare Röhrenkeſſel gefunden. Die übliche Form der Lokomobilkeſſel mit ausziehbaren Röhren von R. Wolf in Magdeburg-Buckau zeigt Fig. 11, in der das Röhrenbündel bereits vom Keſſelmantel getrennt dargeſtellt iſt. Der Roſt iſt im Innern einer zylindriſchen Feuerbüchſe untergebracht, an die ſich in der Verlängerung ein Heizröhrenbündel anſchließt. Feuerbüchſe ſamt Röhrenſyſtem werden mit dem Keſſelmantel bezw. mit der hinteren Keſſelwand nicht vernietet, ſondern verſchraubt und die Auflagfläche der Flanſchen mit umſponnenen Gummiringen abgedichtet. Durch Löſen dieſer beiden Verſchraubungen kann die Feuerbüchſe

mit dem Röhrenbündel herausgezogen werden und letzteres iſt dadurch für die Reinigung vollkommen freigelegt und zugänglich gemacht. An den Keſſel ſchließt ſich nach hinten eine Rauchkammer an, die gewöhnlich auch den eiſernen Schornſtein trägt. Der Dampfraum und der Waſſerſpiegel ſind bei dieſen Keſſeln verhältnismäßig klein, der erzeugte Dampf wird daher leicht naß. Der geringe Waſſerumlauf im Verein mit dem Fehlen einer Beheizung des Mantels verurſacht leicht Lecken des letzteren. Beſonders während des Anheizens erfährt der Mantel durch die erheblichen Temperaturunterſchiede zwiſchen ſeiner oberen und unteren Oberfläche ungleiche Ausdehnung, wodurch Spannungen entſtehen, die auf ein Undichtwerden der Nietnähte hinwirken.

Schiffskeſſel mit Flammrohren, Feuerkiſte und rückkehrenden Heizrohren, die auch nur geringen Waſſerumlauf haben und dadurch ebenfalls unter den vorerwähnten Mißſtänden leiden, werden neuerdings faſt allgemein mit Vorrichtungen verſehen, die einen ſchnellen Temperaturausgleich im Keſſelwaſſer bewirken ſollen. Eine ſolche Vorrichtung, die ſich auch in die gewöhnlichen ortsfeſten Rauchröhrenkeſſel bezw. Lokomobilkeſſel einbauen läßt, iſt der Howaldſche Temperaturausgleicher. Dieſer beſteht aus einer am Boden des Keſſels gelegenen Rohrſchlange, deren nach oben gebogene Enden in den Dampfraum geführt ſind. Sobald ſich Dampf im Keſſel entwickelt, wird das untere Keſſelwaſſer durch die Rohrſchlange erwärmt; das hierbei in der Schlange ſich bildende Kondenswaſſer wird nach außen durch einen vorgeſchalteten Kondenstopf abgeleitet und der Speiſepumpe wieder zugeführt. — Dem gleichen Zweck dient die Waſſerumlaufvorrichtung von Altmayer. Dieſe beginnt zwar ihre Tätigkeit erſt bei einer gewiſſen Geſchwindigkeit der aufſteigenden Dampfblaſen, bewirkt aber dann nicht nur einen ſchnellen Temperaturausgleich des ganzen Keſſelinhaltes, ſondern ſchafft auch einen geſteigerten Waſſerumlauf. Die aus Fig. 12 erſichtliche Einrichtung liefert die beſten Ergebniſſe, wenn ſie ſaugend und drückend wirkt. Zu dieſem Zwecke wird der ſaugende Doppeltrichter hinten an der Feuerbüchſe angebracht, an der eine ſtarke Verdampfung ſtattfindet. Die unter dem Trichter aufſteigenden Dampfblaſen treten mit einer gewiſſen Geſchwindigkeit durch den Trichterhals nach oben aus und ſaugen hierdurch den Rohrinhalt an. Das Rohr mit drückender Wirkung wird vorn an der Stirnwand eingebaut, an der die Feuergaſe den Keſſel verlaſſen und die Verdampfung nur eine mäßige iſt. Die obere Ausmündung des Trichters liegt hierbei im Dampfraum, und es wird die ſchwer verſtändliche, aber tatſächlich beobachtete Wirkungsweiſe ſo erklärt, daß die mit nur mäßiger Geſchwindigkeit durch den Trichterhals tretenden Dampfblaſen hier genügend Zeit finden, um das mitgeriſſene Waſſer auszuſcheiden, und daß die Stauung der Dampfblaſen hinreicht, um dieſes Waſſer nach unten zu führen.

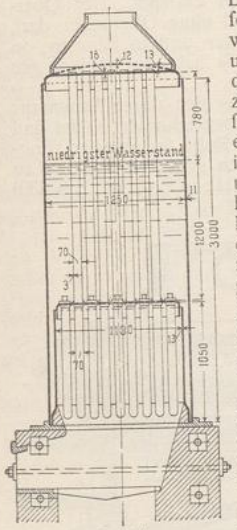


Fig. 14

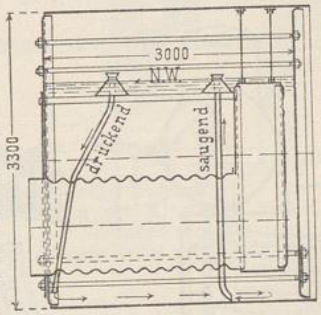


Fig. 12.

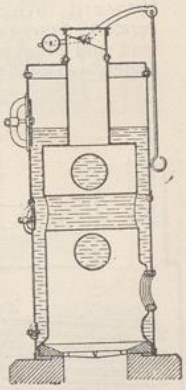


Fig. 13.

Für Dampfkrane, Rammen, Schiebebühnen u. ſ. w. kommen infolge der geringen Platzinanſpruchnahme vielfach ſtehende Feuerbüchskeſſel mit Querſiedern oder Heizrohren zur Anwendung. — Der Lachapelle-Keſſel (Fig. 13) hat eine zylindriſche Feuerbüchſe, in der übereinander und verſetzt eine Anzahl Querſieder eingeſchweißt oder eingenietet, bei kleineren Rohren auch eingewalzt und umgebördelt ſind. — Beim Field-Keſſel ſind die am unteren Ende zugeſchweißten Siederohre mittels koniſcher Bunde leicht in die Feuerbüchsdecke eingetrieben und werden durch den Dampfdruck abgedichtet. In dieſen Rohren hängen engere, an beiden Enden offene Blechrohre, die beinahe bis auf den Boden der äußeren Rohre reichen und einen Waſſerumlauf in dieſen hervorrufen ſollen. Fig. 14 zeigt einen ſolchen mit durchgehenden Heizrohren kombinierten Keſſel. — Die ſtehenden Feuerbüchskeſſel beanſpruchen wenig Platz, ſie geben aber mit ihrer geringen verdampfenden Oberfläche naſſen Dampf, auch roſtet die Feuerbüchſe unten leicht durch.

Waſſerröhrenkeſſel. Dieſelben haben im Verhältnis zu ihrer Heizfläche einen ſehr kleinen Waſſerraum — gehören zu den Kleinwaſſerraumkeſſeln — und ſind daher für plötzlich größere Dampfentnahmen ſowie für ſehr wechſelnden Betrieb nicht geeignet. Ihre Hauptvorteile beſtehen in der Anwendung hoher Dampfſpannung bei geringer Exploſionsgefahr und Beanſpruchung ſehr geringen Raumes für große Keſſelheizflächen. Die Waſſerröhrenkeſſel ſind wegen ihrer Vielgliedrigkeit konſtruktiv komplizierter wie die Großwaſſerraumkeſſel, in der Herſtellung jedoch nicht ſelten einfacher. Die Anlagekoſten beider Syſteme für gleiche Leiſtung unterſcheiden ſich heute bei gleich guter Ausführung nicht mehr weſentlich. Ein beſonderer Vorzug der Waſſerröhrenkeſſel beſteht noch in ihrer leichten Transportfähigkeit, und ſind ſie daher für überſeeiſche Anlagen und ſolche in hochgelegenen Gebirgsorten beſonders geeignet. Waſſer-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

röhrenkeſſel wurden ſchon anfangs des vorigen Jahrhunderts angewendet. — Die verſchiedenen Syſteme unterſcheiden ſich konſtruktiv in der Verbindungsweiſe der einzelnen Rohre untereinander und mit den Dampfſammlern.

1. Verbindung der einzelnen Rohre unter ſich durch Kappen zu einfachen oder doppelten, ſtehenden Elementen. Zu dieſen gehören die Ausführungen von Belleville (ſ. Belleville-Keſſel), De Nayer, Root u. a. — In Fig. 15 iſt die Verbindungsweiſe der Röhren und Kappen eines Root-Keſſels ſchematiſch wiedergegeben, und in Fig. 16 ein Root-Keſſel mit Oberkeſſel dargeſtellt. Die 100 mm weiten, ſchmiedeeiſernen Rohre ſind an beiden Enden mit Kopfſtücken feſt verbunden, die ihrerſeits durch gußeiſerne Knieſtücke derart verbunden ſind, daß der ſich entwickelnde Dampf durch ſie direkt nach dem Dampfſammler entweichen kann. Die Dichtung in den Rohrverbindungen iſt metalliſch mittels doppelt koniſcher Ringe, die ſich teils in die Kappen, teils in die Knieſtücke einlegen; die Speiſung erfolgt in das unterſte Querrohr. Ein über den oberen Dampfrohren liegendes Röhrenbündel dient zur Vorwärmung des Speiſewaſſers. Werden ein oder mehrere Oberkeſſel als Dampfſammler über dem Röhrenſyſtem angelegt, ſo bleibt letzteres ſowie ein Teil der Dampfſammler ganz mit Waſſer gefüllt. Die Waſſer- und Dampfzirkulation läßt ſich dadurch wirkſamer geſtalten ſowie trocknerer Dampf erzielen. Der Oberkeſſel wird den Heizgaſen nicht ausgeſetzt. — Der Root-Keſſel ohne Oberkeſſel darf, wenn ſeine Rohre weniger als 100 mm lichte Weite haben, unter und in Räumen, in denen ſich Menſchen aufzuhalten pflegen, aufgeſtellt werden; er hat aber alsdann gar keinen Waſſerumlauf und eine nur ſehr kleine verdampfende Oberfläche.

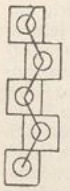


Fig. 15.

2. Verbindung einzelner ſtehender oder liegender Rohrreihen unter ſich durch Kammern: Howard, Sinclair, Babcock & Wilcox, Niclauſſe. Die erſtbezeichneten Keſſel ſind veraltet; dagegen ſpielen die beiden letzteren Syſteme eine bedeutende Rolle in Amerika, England und Frankreich, und auch in Deutſchland ſind dieſe bei mehreren größeren Anlagen zu finden. — Der Niclauſſe-Keſſel iſt wie derjenige von Babcock & Wilcox (vgl. Bd. 1, S. 430)

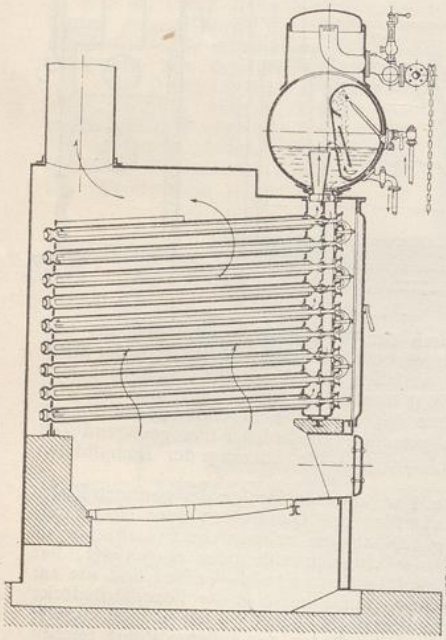


Fig. 17.

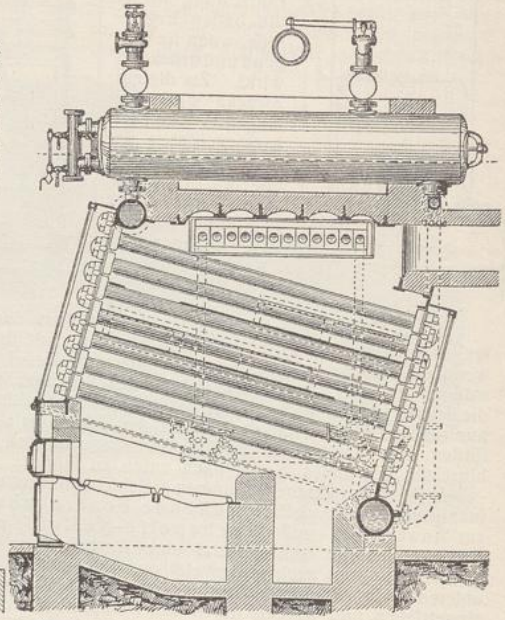


Fig 16.

aus einer Anzahl Kammern und Röhren zuſammengeſetzt. Im Gegenſatz zu letzterem beſitzt der Niclauſſe-Keſſel (Fig. 17) nur am vorderen Ende Verbindungskammern, in welche die am hinteren Ende geſchloſſenen Waſſerrohre eingeſetzt ſind. Der Waſſerumlauf wird durch in die Verbindungskammern eingeſetzte Zwiſchenwände und beſondere aus Blech gefalzte Zirkulationsrohre befördert, die, an beiden Enden offen, frei in den Waſſerrohren ſtecken. Die Speiſung geſchieht in den Oberkeſſel; das Waſſer wird gegen eine in dieſen eingebaute Wand geſpritzt, an der es ſich ſtark erwärmt und ſeine Keſſelſteinbildner ausſcheidet, worauf es ſeinen Lauf durch den vorderen Teil der Kammern und die eingeſteckten Umlaufrohre nach hinten nimmt, um durch die äußeren Waſſerrohre und den hinteren Teil der Kammern mit Dampf vermiſcht in den Oberkeſſel zurückzukehren und denſelben Weg von neuem zu machen. Die flußeiſernen Waſſerkammern beſtehen aus einem nahtlos gezogenen Rohr; ſie ſind unten durch einen eingenieteten Boden verſchloſſen und werden oben mittels aufgeſchraubtem Flanſch und beiderſeits koniſchem Dichtungsring mit dem Oberkeſſel verbunden.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

3. Verbindung der einzelnen Rohre mit einer oder zwei Dampfkammern. Zu den Röhrenkeſſeln mit einer Dampfkammer gehören die Konſtruktionen von Alban, Dürr und Willmann, mit zwei Dampfkammern von Büttner, Gehre, Guilleaume-Werke, Göhrig & Leuchs, Heine, Petry-Dereux, Simonis & Lanz, Steinmüller, Walther, Wilke u. a. — Die Waſſerführung iſt beim Dürr-Keſſel (ſ. d.) ähnlich derjenigen des Niclauſſe-Keſſels. Die Waſſerkammer iſt durch eine Zwiſchenwand in zwei Hälften geteilt zur Trennung des zu verdampfenden Waſſers von dem dampfführenden. Das kalte Waſſer geht in dem vorderen Teil der Kammer nieder, während das erwärmte und mit Dampf vermiſchte Waſſer im hinteren Teil nach dem Oberkeſſel aufſteigt. — Beim Willmann-Keſſel iſt die Zirkulation in der Waſſerkammer umgekehrt ausgebildet, indem in der hinteren Hälfte das Waſſer niedergeht und in der vorderen der Dampf aufſteigt. Es ſoll dadurch ein beſonderer Schutz gegen ein Verbrennen der hinteren, den Feuergaſen ausgeſetzten Waſſerkammerwand gebildet werden.

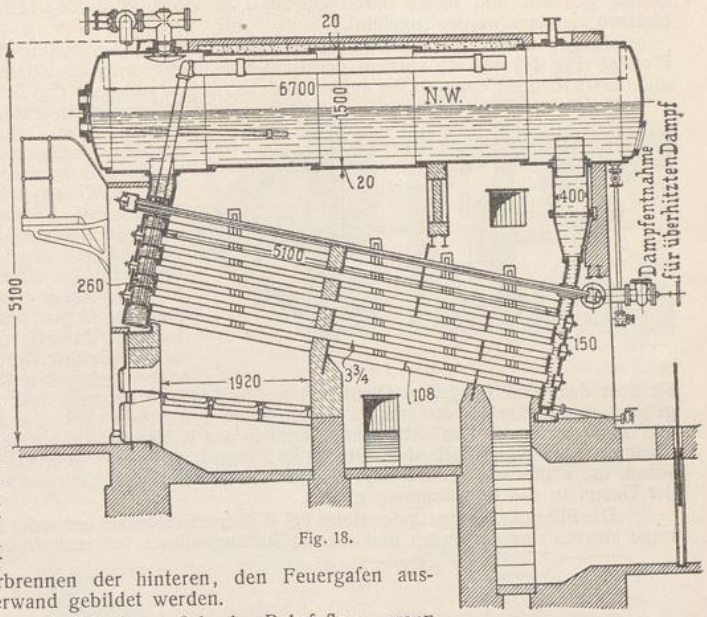


Fig. 18.

Bei den Zweikammerkeſſeln kann ſich das Rohrſyſtem, wenn beide Kammern, wie es in der Regel geſchieht, mit dem Oberkeſſel verbunden ſind, dieſem gegenüber nicht mehr ganz frei ausdehnen. Zur Verminderung der hierdurch entſtehenden Spannungen an den Verbindungsſtellen werden in dieſe Keſſel Vorrichtungen eingebaut, die den Waſſerumlauf befördern und dadurch bei geſteigerter Verdampfung die verſchiedenen Temperaturen in den einzelnen Keſſelelementen ausgleichen. Dieſer Zweck iſt bei Büttners Patent-Schnellumlaufkeſſel (ſ. d.) vollkommen erreicht. — Der Gehre-Keſſel (Fig. 18) hat in der vorderen Waſſerkammer eine Anzahl wagerecht eingelegter Einzelzellen, die behufs leichterer Führung des Dampfes durch zwei Rohrſtutzen miteinander verbunden ſind. Das in den Oberkeſſel eingeführte Speiſewaſſer tritt durch die hintere Waſſerkammer, die zur Abhaltung des Schlammes mit einem in den Oberkeſſel hineinragenden Fortſatz

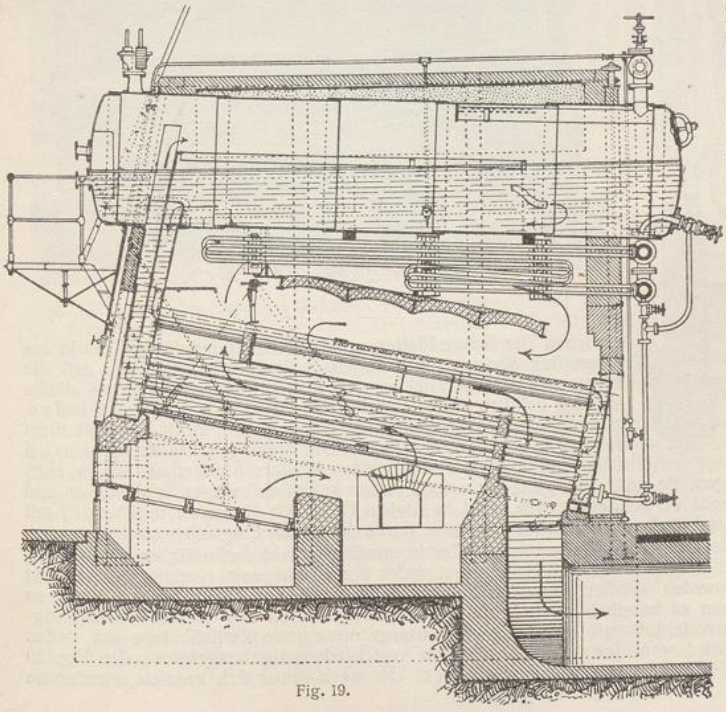


Fig. 19.

verſehen iſt, in die Siederohre ein. In der höchſten Einzelkammer ſind mehrere weite Rohre eingewalzt, durch die der aufſteigende Dampf nach dem hinteren Teil des Oberkeſſels geführt wird und dort zum Austritt gelangt. Beim Steinmüller-Keſſel (ſ. d.) wird zur Beförderung des Waſſerumlaufs das mit den Dampfblaſen in der vorderen Kammer aufſteigende Waſſer vom Dampf getrennt und dieſes durch ein nahe am Boden des Oberkeſſels liegendes Rohr der hinteren Kammer wieder zugeführt.

Entgegen der ſonſt bei Zweikammerkeſſeln üblichen Anordnung iſt beim Guilleaume-Keſſel (Fig. 19) nur die vordere der beiden Waſſerkammern mit dem Oberkeſſel verbunden, die hintere Kammer dagegen frei auf beweglichen Rollen gelagert. Das in die beiden geſchweißten Kammern eingewalzte Röhrenelement ſetzt ſich aus den Zufluß- oder Rücklaufrohren und den Siederohren zuſammen. Das Speiſewaſſer tritt in den hinteren tiefſtgelegenen Teil des Oberkeſſels ein, ſcheidet bei der Erwärmung die keſſelſteinbildenden mineraliſchen Beimengungen aus, die ſich hier abſetzen und abgelaſſen werden, und tritt über das im Oberkeſſel eingebaute als Schlammfänger dienende Querblech in den abgeſchloſſenen Teil der vorderen Waſſerkammer. In dieſer Kammer verteilt es ſich in die Zuflußrohre, die über den Siederohren gelagert und von dieſen durch eine bis über den Waſſerſpiegel im Oberkeſſel reichende Wand getrennt ſind. Durch die Zuflußrohre gelangt das Waſſer in die hintere Waſſerkammer, um von dort in die Siederohre einzutreten und zu verdampfen. Das entſtehende Gemiſch von Waſſer und Dampf entweicht in der vorderen Kammer aufſteigend, nach dem Oberkeſſel, ergießt ſich hier über eine eingebaute perforierte Wand, das Waſſer wird vom Dampf geſchieden und macht den Kreislauf von neuem mit, während der Dampf in das Entnahmerohr eintritt.

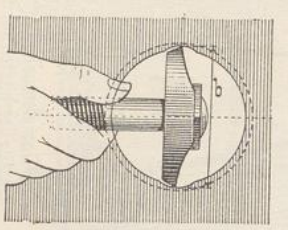


Fig. 21.

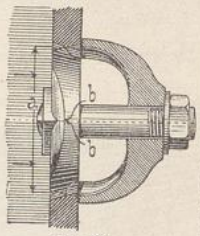


Fig. 20.

Die Führung der Heizgaſe erfolgt bei Waſſerröhrenkeſſeln entweder ſo, daß dieſe die Siederohre abwechſelnd von unten und oben in Schlangenlinien ſenkrecht treffen, zu welchem Zwecke

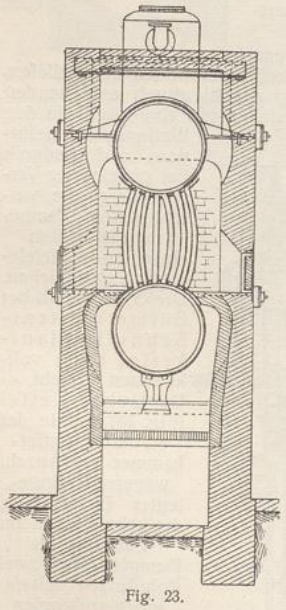


Fig. 23.

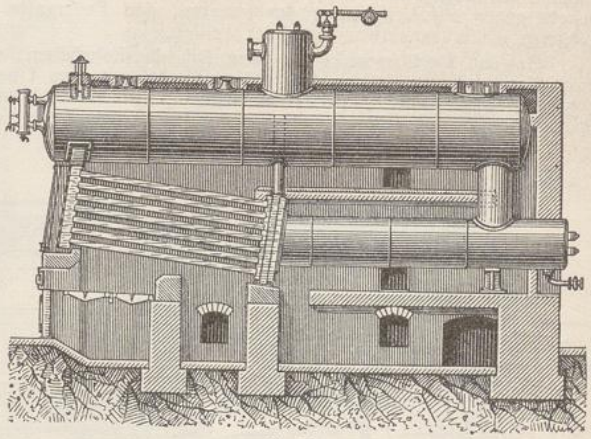


Fig. 22.

zwiſchen die Rohre Platten aus Gußeiſen oder dünne Wände aus feuerfeſten Steinen quer eingebaut ſind; oder aber ſo, daß die Flamme durch parallel zu den Rohren liegende Zungen dieſen entlang geführt wird. Die letztere Anordnung gibt eine beſſere, rauchfreiere Verbrennung, beſonders dann, wenn der Roſt nicht ſehr tief gelegt werden kann. Die Brennſtoffausnutzung kann bei friſch gereinigten und gerußten Waſſerröhrenkeſſeln bis zu 75% des Heizwertes betragen, ſie ſinkt aber ganz bedeutend, wenn keſſelſteinhaltiges Speiſewaſſer und ſchlechtes Brennmaterial verwendet werden, weil in dieſem Falle ſich die Rohre innen raſch mit Keſſelſtein belegen und außen die Wärmeaufnahme durch Ruß und Flugaſche erſchwert wird.

Die in den Kammern der Waſſerröhrenkeſſel in großer Anzahl befindlichen Oeffnungen zum Einbringen und Reinigen der Rohre, die bei jeder Keſſelreinigung einzeln geöffnet und wieder verſchloſſen werden müſſen, erfordern einen ſicheren, gegen Beſchädigung nicht zu empfindlichen, bequem zu handhabenden Verſchluß. Hierfür hat ſich der von außen einbringbare Sicherheitsinnenverſchluß mit metalliſcher Dichtung ohne jede Zwiſchenlage am beſten bewährt. Derſelbe wird von den einzelnen Firmen verſchiedenartig ausgeführt; die Fig. 20 und 21 zeigen den Verſchluß von Simonis & Lanz. Die nach innen ſich koniſch erweiternde

Oeffnung erhält zwei einander diametral gegenüberliegende Ausſparungen, durch welche der an zwei Stellen ebenfalls etwas abgeflachte Deckel eingebracht wird. Nach dem Einbringen wird der Deckel um 90° gedreht, ſo daß ſich Ausſparung und Abflachung überdecken, worauf die Schraube über dem Bügel mäßig angezogen wird; der Dampfdruck wirkt ſelbſtdichtend und entlaſtet die Schraube.

Die Waſſerröhrenkeſſel erzeugen im Vergleich zu den Großwaſſerraumkeſſeln verhältnismäßig naſſen Dampf, weshalb man ſie auch in neuerer Zeit faſt ausnahmslos mit Ueberhitzern (ſ. d.) ausrüſtet, die den Zweck haben, den Dampf zu trocknen und ſeine Temperatur mehr oder weniger zu erhöhen.

Die Vorteile des Großwaſſerraumkeſſels mit denen des Waſſerröhrenkeſſels verbindet der Mac-Nicol-Keſſel (Fig. 22). Dieſe Keſſelkonſtruktion beſteht aus einer Verbindung geneigter Waſſerröhren mit gewöhnlichen Ober- und Unterkeſſeln. Der Oberkeſſel iſt mit dem darunterliegenden Vorwärmer am hinteren Ende, wie üblich, durch einen vertikalen Stutzen verbunden, während am vorderen Ende die Verbindung beider durch das geneigte Röhrenbündel mittels zweier Waſſerkammern erfolgt. Die Feuerung liegt wie bei allen Waſſerröhrenkeſſeln unterhalb der Siederohre und beſtreicht der Länge nach den Oberkeſſel, ſowie hierauf zu beiden Seiten den Vorwärmer. Das eingeſchaltete Röhrenbündel ſichert durch ſeine geneigte Lage, durch das Aufſteigen des ſich entwickelnden Dampfes eine kräftige Waſſerzirkulation in dem ganzen Keſſelſyſtem. Die Ablagerung der keſſelſteinbildenden Subſtanzen findet in den an der Zirkulation nicht teilnehmenden Räumen des Vorwärmers ſtatt. Die Anwendung und Anbringung des Röhrenſyſtems läßt ſich auch bei andern Keſſelarten ſowie bei älteren, bereits beſtehenden Keſſeln vornehmen zwecks Verbeſſerung des Waſſerumlaufes und der Verdampfungsfähigkeit. — Prégardien verbindet übereinander liegende Zylinder- oder Cornwallkeſſel mit Zylinderoberkeſſeln in ihrer Längsrichtung durch geſchweißte, gebogene Rohre zur Erzielung größeren Waſſer- und Dampfraumes ſowie großer Heizfläche (Fig. 23). Der durch dieſe eigenartige Konſtruktion erreichte Vorteil beſteht darin, daß der im unteren Keſſel entwickelte Dampf raſch und unbehindert durch die vertikalen Verbindungsrohre nach dem Oberkeſſel entweichen kann. Der Garbeſche Großwaſſerraum-Röhrenkeſſel, von der Maſchinenfabrik Fr. Gebauer in Berlin gebaut (Fig. 24),

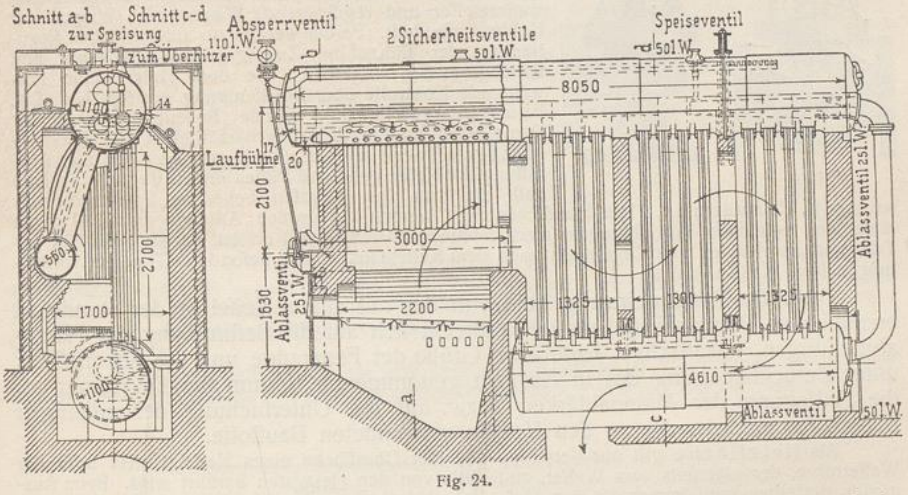


Fig. 24.

zeigt eine ähnliche Zuſammenſetzung. Bei demſelben ſind zwei im Feuerraum liegende Sieder mit dem Oberkeſſel und dieſer in ſeinem hinteren Teil wieder mit einem Unterkeſſel durch eine große Anzahl Waſſerrohre verbunden. Bemerkenswert ſind hierbei die einen Teil des Keſſelmantels bildenden, wellen- und ſtufenförmig gepreßten Rohrplatten, die einander parallele und ebene Flächen beſitzen, in die die geraden Waſſerrohre rechtwinklig eingewalzt ſind. — S. a. Schiffskeſſel.

Der **Ausfluß** des Dampfes aus Dampfkeſſeln erfolgt in der Regel nur durch die zu den Dampfmaſchinen führenden Dampfleitungen (ſ. d.); außerdem ausnahmsweiſe durch die Sicherheitsventile und in einigen Induſtriezweigen durch Anſetzröhren bezw. beſondere Zweigleitungen zum Gebrauche für verſchiedene Fabrikationszwecke. Ueber den Verbrauch der Dampfmaſchinen ſ. d. Die durch Sicherheitsventile und Anſatzröhren abſtrömende Dampfmenge bei beſtimmtem Keſſeldruck läßt ſich nach den Angaben im Art. Gaſe, Bewegung derſelben (Kapitel Ausfluß geſättigten Waſſerdampfes) berechnen; vgl. a. die diesbezüglichen Formeln im Art. Dampfturbinen. Bei der Dampfkeſſelberechnung (ſ. d.) iſt die Summe aller Ausflußmengen in Betracht zu ziehen; dieſe iſt entſcheidend für die Größe des Keſſels und das Keſſelſyſtem.

Literatur: Zahlreiche Abhandlungen über Dampfkeſſel ſind in der Zeitſchr. des Vereins deutſcher Ingenieure unter dem Stichwort „Dampfkeſſel“ enthalten. Vgl. a. Bellers, Ch., Traité des chaudières à vapeur, Paris 1895; Traill, Th. W., Boilers, marines and land, 3. Aufl., London 1896;

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Freytag, F., Die Dampfkeſſel und Motoren auf der Sächſiſch-Thüringiſchen Induſtrie- und Gewerbeausſtellung in Leipzig 1897, Berlin 1898; Verband deutſcher Dampfkeſſelüberwachungsvereine, Neuere Dampfkeſſelkonſtruktionen und Dampfkeſſelfeuerungen mit Rückſicht auf Rauchverbrennung, Berlin 1900; Kofak, Katechismus der Einrichtung und des Betriebs ſtationärer Dampfkeſſel, 14. Aufl., Wien 1900; Reinert, Die modernen Dampfkeſſelanlagen, deren Einrichtung und Betrieb, Stuttgart 1900; Tetzner, F., Die Dampfkeſſel, Berlin 1902; Häder, Bau und Betrieb der Dampfkeſſel, 4. Aufl., Düſſeldorf 1902.

G. Schwarz.

Dampfkeſſelausrüſtung umfaßt alle für den Betrieb, Erhaltung und Schonung der Keſſelanlage erforderlichen Einrichtungen. Eine beſondere Gruppe hiervon bilden die groben und feinen Armaturen.

Zu den erſteren gehören: Mann- und Schlammlochdeckel (ſ. Mannloch), Keſſelſtühle, Roſt mit Zubehör, Feuergeſchränk, Heiztüren, Rauchſchieber, Putztüren, Galerien und Leitern zur Bedienung und die Mauerverankerungen (ſ. a. Feuerungsanlagen). Die feinen Armaturen ſind zum Teil geſetzlich vorgeſchrieben als: Speiſeventil und Speiſevorrichtungen (ſ. Dampfkeſſelſpeiſeapparate), Waſſerſtandszeiger und Probierhähne zur Erkennung und Kontrolle des Waſſerſtandes, Sicherheitsventile, die bei Eintritt der für den Keſſel feſtgeſetzten höchſten Dampfſpannung (ſ. Dampf) den Dampf entweichen laſſen, und Manometer (ſ. d.) zum Anzeigen der Dampfſpannung. Hierzu gehören ferner die als Bauch- oder Eckventile ausgeführten Dampfabſperrventile (Fig. 1 und 2) Konſtruktion von L. Strube in Magdeburg-Buckau, und die am tiefſten Punkt des Keſſels ſitzende als Hahn oder Ventil ausgebildete Ablaßvorrichtung. Bewegliche und bewegte Keſſel verlangen teilweiſe anders geſtaltete Armaturen; vgl. Lokomobile, Lokomotive, Schiffskeſſel. Große Sicherheit gegen Waſſermangel im Keſſel bieten die Warnſignalapparate (ſ. Keſſelſpeiferufer), die beim Sinken des Waſſerſpiegels unter den niedrigſten Waſſerſtand den Heizer auf den gefahrdrohenden Zuſtand durch ein Signal aufmerkſam machen. Zur Beobachtung der Verdampfung und Kontrolle über den Kohlenverbrauch werden Speiſewaſſermeſſer und regiſtrierende Wagen zum Wiegen der Kohlen aufgeſtellt. Ferner werden zur automatiſchen Regulierung der Luftzufuhr Zugregulatoren eingebaut und Rauchgasmeſſer aufgeſtellt, die dem Heizer eine fortwährende Kontrolle über die Feuerung ermöglichen (ſ. a. Feuerungsanlagen). Große Bedeutung haben für Dampfkeſſel infolge ihrer Zweckmäßigkeit die Keſſelſpeiſewaſſerreiniger (ſ. d.) erlangt. Als zur Ausrüſtung der Keſſel gehörend zählen die Ueberhitzer (ſ. d.) und die von den Abgaſen beheizten Speiſewaſſervorwärmer (ſ. Vorwärmer). Die Handfchürzeuge werden bei großen Anlagen zum Teil durch maſchinell betriebene Vorrichtungen (mechaniſche Roſtbeſchickung) erſetzt, ebenſo geſchieht der Transport der Kohlen vom Lagerraum nach dem Keſſelhaus mittels beſonderer Transportvorrichtungen (ſ. a. Keſſelhaus).

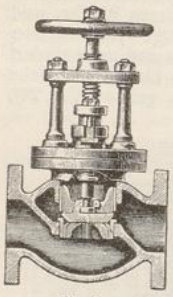


Fig. 1.

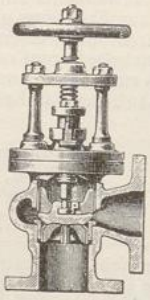


Fig. 2.

G. Schwarz.

Dampfkeſſelberechnung geht von der mit einem Keſſel in der Stunde zu erzeugenden Dampfmenge aus und erſtreckt ſich auf die Beſtimmung der Hauptabmeſſungen, Heizflächen, Roſtfläche, Größe der Feuerzüge und des Schornſteins unter Berückſichtigung des in Ausſicht genommenen Brennmaterials, ferner auf die Feſtlegung der Materialſtärken bezw. auf die Unterſuchung der zuläſſigen Materialſpannungen der zu den Keſſeln verwendeten Bauſtoffe.

Als Heizfläche gilt nur derjenige Teil der Oberfläche eines Keſſelmantels oder der Waſſerrohre, der einerſeits vom Waſſer, anderſeits von den Heizgaſen berührt wird. Beim Ausmeſſen derſelben wird immer die den Gaſen zugekehrte Seite der Wand gerechnet. Derjenige Teil der Oberfläche des Keſſels, der innen von Dampf und außen von den Heizgaſen berührt wird, iſt nicht als Heizfläche anzuſehen. Geſetzlich geſtattet iſt eine Heizung des Dampfraumes nur, wenn die von den Heizgaſen zuvor beſtrichene waſſerberührte Heizfläche bei natürlichem Zuge mindeſtens 20mal und bei künſtlichem Zuge mindeſtens 40mal ſo groß als die Roſtfläche iſt. Dient ein Teil des Keſſels als Vorwärmer, ſo iſt die Verdampfungsfläche von der Vorwärmungsfläche zu unterſcheiden (ſ. Bouilleurkeſſel) unter Berückſichtigung, ob Parallel- oder Gegenſtrom zwiſchen der Heizgas- und Waſſerbewegung ſtattfindet. Bei Keſſeln, denen das Speiſewaſſer dicht unter dem niedrigſten Waſſerſpiegel zugeführt wird, das Keſſelwaſſer daher annähernd überall gleiche Temperatur hat, und in denen kein erheblicher Waſſerumlauf ſtattfindet, iſt es ziemlich gleichgültig, ob die Wärmeübertragung im Parallel- oder Gegenſtrom erfolgt. Für die Ausnutzung der Heizgaſe erſcheint es vorteilhaft, die Temperatur T_1 der Heizgaſe im Verbrennungsraum möglichſt hoch zu halten; dieſelbe hängt bei gegebenem Heizwert des Brennſtoffes vornehmlich von der Menge der zugeführten Verbrennungsluft ab. Der Ueberſchuß an letzterer ſoll daher nur ſo groß ſein, als es die innige Miſchung der Luft und Brenngaſe erfordert.

Bezeichnet W den Heizwert des Brennſtoffes in Wärmeeinheiten, WE/kg, L die Luftmenge, die zur Verbrennung von 1 kg des Brennſtoffes tatſächlich erforderlich iſt, in Kilogramm, η_1 den Wirkungsgrad der Feuerung, σ das Ausſtrahlungsverhältnis $= \frac{\text{ausgeſtrahlte Wärme}}{\text{auf dem Roſte nutzbar gemachte Wärme}}$,

c die ſpezifiſche Wärme der Heizgaſe (bei unveränderlichem Druck $= 0{,}24$), ſo iſt T_1 bei 0^0 Temperatur der Luft im Keſſelhauſe $T_1 = \eta_1 \frac{(1-\sigma)\,W}{(1+L)\,c}$. Im allgemeinen iſt $\eta_1 = 0{,}8-0{,}9$. Das Ausſtrahlungsverhältnis σ beträgt für Innenfeuerung $\sigma = 0{,}25$ bis $0{,}3$ und für Unterfeuerung $\sigma = 0{,}2-0{,}25$. T_1 iſt daher unter ſonſt gleichen Verhältniſſen bei Innenfeuerung kleiner als bei Unterfeuerung (ſ. a. die Tabelle S. 574).

Die Fuchstemperatur T_2 ſoll möglichſt niedrig ſein; das Verhältnis $\frac{T_1 - T_2}{T_1}$ gibt einen Maßſtab für die Ausnutzung der Heizgaſe. Der Wert der Heizfläche hängt von der Beſchaffenheit der inneren und äußeren Keſſelfläche und in geringerem Grade von der Dicke und Wärmeleitungsfähigkeit des Keſſelmaterials ab, hauptſächlich aber vom Temperaturgefälle zwiſchen Heizgaſen und Waſſer.

Nach den bis jetzt vorliegenden Beobachtungen über das Geſetz der Wärmeübertragung der Keſſelwände iſt für den Keſſelbetrieb noch nicht mit genügender Sicherheit feſtgeſtellt, ob zur Ermittlung der von den Heizflächen übertragenen Wärmemengen die von Redtenbacher aufgeſtellten Formeln oder diejenigen von Werner bezw. Rankine allgemeinere Gültigkeit beanſpruchen dürfen. Iſt t die Temperatur des Keſſelwaſſers, T die Temperatur der Heizgaſe an einer beſtimmten Stelle der Heizfläche, ſo ſetzt Redtenbacher den Wärmedurchgang proportional dem Temperaturunterſchied $T-t$, während er von Werner dem Quadrate dieſes Unterſchiedes, $(T-t)^2$, proportional geſetzt wird. Die erſtere Annahme iſt wohl die zurzeit am meiſten verbreitete. Bezeichnet man mit k den Wärmedurchgangskoeffizienten, d. h. den ſtündlichen Wärmedurchgang in Wärmeeinheiten pro Quadratmeter Heizfläche für 1^0 Temperaturunterſchied zwiſchen den Feuergaſen und dem Waſſer, und iſt B die von der Keſſelanlage in der Stunde verzehrte Brennſtoffmenge in Kilogramm, ſo iſt mit Bezug auf Fig. 1 die in der Zeiteinheit (Stunde) durch das Heizflächenelement dH gehende Wärmemenge dW nach Redtenbacher $dW = dH \cdot k\,(T-t)$. Um denſelben Betrag muß die Wärme der Heizgaſe vom Gewicht $B(1+L)$ und der ſpezifiſchen Wärme c abnehmen, daher $dH \cdot k\,(T-t) = -B\,(1+L)\,c \cdot dT$, woraus die Heizfläche H in Quadratmetern $H = B\frac{(1+L)}{k} \cdot c \log n \frac{T_1 - t}{T_2 - t}$. Der Koeffizient k kann im Mittel $= 23$ geſetzt werden. Die Endtemperatur T_2 der Heizgaſe iſt

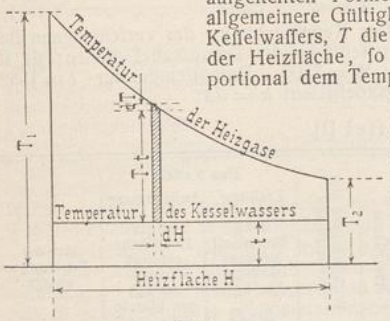


Fig. 1.

$$T_2 = t + (T_1 - t)\,e^{-\frac{Hk}{(B1-L)c}}$$

und der Wirkungsgrad η_2 der Heizfläche

$$\eta_2 = \sigma + (1-\sigma)\,(1 - T_2 : T_1) = 1 - e^{-\frac{Hk}{B(1-L)c}}.$$

Für ortsfeſte Keſſel iſt $\eta_2 = 0{,}61-0{,}87$. Der Wirkungsgrad η der Keſſelanlage iſt gleich dem Produkt aus den Wirkungsgraden η_1 der Feuerung und der Heizfläche $\eta = \eta_1 \cdot \eta_2$. Die Wärmeverluſte durch Abkühlung betragen bei Einzelkeſſeln ca. 5%, bei Batteriekeſſeln ca. 8% der erzeugten Wärme.

Zur ungefähren Beſtimmung der erforderlichen Heizfläche H eines Keſſels in Quadratmetern, der in der Stunde D kg Dampf liefern ſoll, kann die folgende Tabelle dienen [2]:

Werte für $\frac{D}{H}$.

Betrieb	mäßig	flott	angeſtrengt
Mehrfacher Walzenkeſſel . . .	13	16	22
Flammrohrkeſſel	17	21	28
Heizrohrkeſſel	10	15	20
Doppelkeſſel	13	16	22
Waſſerrohrkeſſel	10	15	20

Roſtfläche. Die Größe der Roſtfläche iſt dem zu verwendenden Brennmaterial entſprechend zu wählen und die durch die Roſtſpalten zu ſchaffende freie Roſtfläche abhängig zu machen von der zur Verbrennung nötigen Luftmenge. Die Weite der Roſtſpalten iſt der Brennmaterialbeſchaffenheit (Stück-, Nuß- oder Staubkohle) anzupaſſen. Die freie Roſtfläche wird bei Koks 0,4—0,5, bei Steinkohle 0,25—0,4 der Geſamtroſtfläche genommen. — Je nach der auf dem Roſte zu verfeuernden Brennmaterialmenge bezw. dem Keſſelbetrieb wird geringere oder größere Schichthöhe angewendet, veränderlich zwiſchen 100 und 500 mm. — Bei einer ſtündlich zu erzeugenden Dampfmenge von D kg mit 600 W.E. Erzeugungswärme ergeben ſich, wenn auf 1 qm der Roſtfläche R ſtündlich 80 kg Steinkohlen mit einem Heizwert von $W = 7500$ W.E. verbrannt werden, die folgenden Verhältniſſe:

bei $H:R =$	20	30	40	50	60	70
$D:H =$	25	20	16	14	12	10

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Brennmaterialbedarf. Die auf 1 qm Roſtfläche zu verfeuernden Brennmaterialmengen ergeben ſich für die verſchiedenen Betriebsverhältniſſe und Dampfkeſſelſyſteme wie folgt: 50 kg bei langſamer Verbrennung, Unterfeuerung, großem Roſt; 75 kg bei normaler Verbrennung, Innenfeuerung; 100 kg bei angeſtrengtem Betriebe, geringwertigem Brennmaterial. Die Geſchwindigkeit v der durch die Roſtſpalten ziehenden Luft beträgt für Steinkohlen je nach dem Anſtrengungsgrade oder der Schichtendicke 0,75—1,6 m/sec., wonach das Verhältnis m der freien zur geſamten Roſtfläche aus $m = \frac{B \cdot L}{4680\, R \cdot v}$ ermittelt werden kann. Der Anſtrengungsgrad der Feuerung iſt von dem Verhältnis $B:H$ abhängig. Je kleiner dieſer Wert, deſto beſſer iſt die Ausnutzung der Wärme; er richtet ſich nach dem Preiſe des Brennſtoffes und danach, ob eine Vergrößerung des Betriebes zu erwarten ſteht oder nicht. Wird mit λ die Wärmemenge in Wärmeeinheiten bezeichnet, die zur Erzeugung von 1 kg Dampf erforderlich iſt, ſo beträgt die von 1 kg Brennſtoff im Keſſel erzeugte Dampfmenge $D = \eta\, B\, W : \lambda$. Nimmt man λ zu 600 W.E. an, ſo ergeben ſich je nach dem Heizwerte des Brennſtoffes und dem Wirkungsgrade der Keſſelanlage die nachſtehenden Werte von $D:B$.

Steinkohle	5,5—10	Braunkohle . . .	2,0—4,5	Holz	2,5—3,5
Koks	4,5—8	Torf	1,5—3	Lohe	1,1—1,1

Folgende Tabelle möge noch zur überſichtlichen Kennzeichnung der verſchiedenen Betriebsverhältniſſe ſowie als Grundlage zur Berechnung feſtſtehender Dampfkeſſel dienen; ſie iſt berechnet für mittlere weſtfäliſche Steinkohle mit $W = 7500$, Dampftemperatur $t = 158^0$, Temperatur der äußeren Luft $= 0^0$, Wärmedurchgangskoeffizient $k = 23$:

Feſtſtehende Keſſel [1].

Art der Verbrennung	In 1 Stunde: 1 qm Heizfläche verbraucht Kohle (kg); Anſtrengungsgrad der Feuerung $B:H$	In 1 Stunde: 1 qm Roſtfläche verbrennt Kohle (kg) $B:R$	Verhältnis der Heizfläche zur Roſtfläche $H:R$	Zugeführte Luftmenge für 1 kg Brennſtoff L kg	Wirkungsgrad der Feuerung η_1	Verbrennungstemperatur in Graden (C.) T_1	Temperatur der Heizgaſe im Fuchs in Graden (C.) T_2	Wirkungsgrad der Heizfläche η_2	Wirkungsgrad der Keſſelanlage $\eta\ (=\eta_1\eta_2)$	Des Keſſels: Leiſtung: 1 kg Brennſtoff erzeugt Dampf (in kg) $D:B$ ohne Vorwärmer	Leiſtung: mit Vorwärmer	Anſtrengung: 1 qm Heizfläche erzeugt Dampf (in kg) pro Stunde $D:H$ ohne Vorwärmer	Anſtrengung: mit Vorwärmer	Art der Feuerungsanlage
ſehr langſam (ſehr teurer Brennſtoff; nur ausnahmsweiſe zu wählen)	1	40—50 (50)	40—50 (50)	22,0	0,90	856	169	0,862	0,776	8,95	10,01	8,95	10,01	Innenfeuerung $\sigma = 0{,}3$
						978	170	0,861	0,775	8,94	10,00	8,94	10,00	Unterfeuerung $\sigma = 0{,}2$
						1223	174	0,858	0,762	8,79	9,83	8,79	9,83	Vorfeuerung $\sigma = 0$
langſam (für neue Anlagen unter gewöhnlichen Verhältniſſen)	2	50—70 (50)	25—35 (25)	20,5	0,85	865	233	0,811	0,689	7,95	8,89	15,90	17,78	desgleichen wie oben
						988	246	0,801	0,681	7,86	8,78	15,72	17,56	
						1235	272	0,780	0,663	7,65	8,55	15,30	17,10	
normal	3	70—100 (75)	23—33 (.5)	19,0	0,85	930	314	0,764	0,649	7,49	8,37	22,47	25,11	desgleichen wie oben
						1062	341	0,743	0,631	7,28	8,14	21,84	24,42	
						1328	394	0,713	0,596	6,88	7,69	20,64	23,07	
lebhaft (geſteigerter Fabrikbetrieb; Lokomobilen)	5	100	20	17,5	0,80	946	434	0,679	0,543	6,27	7,00	31,35	35,00	desgleichen wie oben
						1081	482	0,643	0,514	5,93	6,63	29,65	33,15	
						1351	586	0,567	0,454	5,24	5,86	26,20	29,30	

Für die Berechnung der von den abziehenden Rauchgaſen geheizten Speiſewaſſervorwärmer und der in die Feuerzüge eingebauten Ueberhitzer ſ. Vorwärmer bezw. Ueberhitzer.

Die Walzenkeſſel werden von 800—1300 mm Durchmeſſer hergeſtellt; der mittlere Waſſerſpiegel befindet ſich etwa auf zwei Drittel des Keſſeldurchmeſſers, von unten gerechnet.

Einflammrohrkeſſel findet man von 900—1800 mm Manteldurchmeſſer; die Flammrohre erhalten ohne Ausnahme den halben Manteldurchmeſſer; der mittlere Waſſerſpiegel liegt auf drei Viertel Höhe des Manteldurchmeſſers.

Zweiflammrohrkeſſel werden von 1600—2400 mm Manteldurchmeſſer gebaut; der Durchmeſſer der Flammrohre beträgt etwa das 0,37fache vom Durchmeſſer des Mantels; Höhenlage des mittleren Waſſerſpiegels auf etwa 0,77 Manteldurchmeſſer.

Für Waſſerrohrkeſſel erhält man paſſende Verhältniſſe mit den Werten der folgenden Tabelle [2]:

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Heizfläche in Quadratmetern	Länge der Rohre	Durchmeſſer des Oberkeſſels
$H = 20—90$	3000 mm	$\sqrt{\frac{H}{100}} + 0{,}4$ m
$H = 30—280$	4000 „	$\sqrt{\frac{H}{150}} + 0{,}4$ „
$H = 65—350$	5000 „	$\sqrt{\frac{H}{200}} + 0{,}4$ „

Aeußerer Durchmeſſer der Waſſerrohre: 95 mm; Weite der Waſſerkammern: 120—160 mm.

Raumbeanſpruchung, Waſſerinhalt, Dampfinhalt und verdampfende Oberfläche. Die nachſtehende Tabelle gibt die üblichen Verhältniſſe der verſchiedenen Keſſelſyſteme für die Raumbeanſpruchung F (Grundfläche) des Keſſels in Quadratmetern, den Waſſerinhalt J_w in Litern, den Dampfinhalt Ja in Litern und die verdampfende Oberfläche V in Quadratmetern, ſämtliche Angaben auf 1 qm Heizfläche des Keſſels bezogen:

Keſſelſyſtem		F qm	J_w l	Ja l	V qm
Einfacher Walzenkeſſel		1,25	425	175	0,47
Walzenkeſſel mit zwei Ober- und zwei Unterkeſſeln		0,42	310	90	0,22
Einflammrohrkeſſel		0,55	210	85	0,25
Zweiflammrohrkeſſel		0,48	200	90	0,22
Doppelkeſſel mit Flamm- und Heizrohren	mit zwei Dampfräumen	0,15	110	35	0,08
Doppelflammrohrkeſſel	mit zwei Dampfräumen	0,22	180	90	0,20
Heizrohrkeſſel		0,3	75	45	0,09
Waſſerrohrkeſſel mit einer Waſſerkammer und einem Waſſerkeſſel		0,22	100	70	0,10
Waſſerrohrkeſſel mit zwei Waſſerkammern und einem Waſſerkeſſel		0,15	110	60	0,14

Heizkanäle. Dieſelben ſollen eine lange und innige Berührung der Heizgaſe mit der Keſſelheizfläche und ein Befahren behufs Reinigung von Flugaſche und Beſichtigung der Keſſelwandungen ermöglichen. Erſtgenannte Anforderung wird beſonders durch Führung der Heizgaſe in Schlangenlinien (Kammereinmauerung) erreicht, wobei die Heizgaſe im Querſtrom ſtets ſenkrecht auf die Keſſelfläche treffen. Bei Waſſerröhrenkeſſeln wird von dieſer Regel abgewichen, wenn der Roſt nicht tief genug gelegt werden kann und ſtark rauchender Brennſtoff zur Verwendung kommt. Es werden dann die zur Führung der Gaſe dienenden Zwiſchenwände parallel und nicht quer zu den Siederöhren gelegt, obgleich bei der zweiten Anordnung eine gleichmäßigere Erwärmung und Ausdehnung des ganzen Röhrenbündels erzielt wird. Die Querſchnitte der Feuerkanäle werden ungefähr gleich denen der freien Roſtfläche gewählt, wonach eine Geſchwindigkeit der Verbrennungsgaſe von 3—6 m ſich ergibt, wenn, wie gewöhnlich, die kalte Verbrennungsluft durch die Roſtſtäbe mit 0,75—1,5 m ſekundlicher Geſchwindigkeit ſtrömt. Infolge der in den rückwärtigen Feuerzügen auftretenden Verminderung der Heizgastemperaturen ergeben ſich für gleiche Gasgeſchwindigkeiten abnehmende Kanalquerſchnitte.

Schornſtein. Derſelbe dient zur Erzeugung des für die natürliche Luftzufuhr durch den Roſt in den Verbrennungsraum nötigen Zuges. Die Größe des letzteren hängt dabei von der Höhe des Schornſteins ſowie von dem Temperaturunterſchied der im Schornſtein aufſteigenden Gaſe und der äußeren Atmoſphäre ab. Für die Berechnung des Schornſteinquerſchnitts iſt die Menge der abzuführenden Gaſe, deren Temperatur und die praktiſch zweckmäßigſte Geſchwindigkeit derſelben maßgebend. Im oberen Schornſteinquerſchnitt ſoll die Geſchwindigkeit der abzuführenden Gaſe etwa 2,5—3 m betragen. Kleinere Geſchwindigkeit führt leicht zu Stauungen der Heizgaſe, während größere Geſchwindigkeit eine Vergrößerung der Reibungswiderſtände im Kamin verurſacht, deren Ueberwindung eine Vergrößerung des Zuges und der Temperatur der abgehenden Gaſe nach ſich zieht. Die Höhe des Schornſteins läßt ſich rechnungsmäßig nicht genau feſtſtellen; ſie ſoll mindeſtens gleich fein dem 25fachen inneren Durchmeſſer des Schornſteins und nicht kleiner als 16 m genommen werden (vgl. a. Schornſtein).

Querſchnittsverhältniſſe der Roſtflächen, Heizkanäle und Schornſteine ausgeführter Keſſelanlagen ergibt nachſtehende Tabelle über ſtationäre Dampfkeſſel und Lokomotivkeſſel (nach dem Jahresbericht für 1895 des Dampfkeſſelreviſionsvereins für Halle und Umgegend).

	Braunkohlen		Steinkohlen			Braunkohlen		Steinkohlen	
	Planroſte	Treppenroſte	Planroſte	Lokomobilen		Planroſte	Treppenroſte	Planroſte	Lokomobilen
Verhältnis der freien zur totalen Roſtfläche	1:1,4 1:3,96 1:6,6	1:1,2 1:1,67 1:2,6	1:3,5 1:3,8 1:4,4	1:2,5 1:3,4 1:4,4	Verhältnis des engſten Zugquerſchnittes zur freien Roſtfläche	1:0,43 1:1,37 1:4,0	1:1,4 1:3,15 1:7,0	1:1,0 1:1,2 1:1,4	1:0,8 1:1,7 1:2,7
Verhältnis der totalen Roſtfläche zur Heizfläche	1:9 1:22,6 1:42	1:16 1:22 1:33	1:18 1:23 1:36	1:24 1:35 1:42	Verhältnis des Schornſteinquerſchnittes zur totalen Roſtfläche	1:1,0 1:4,8 1:12,0	1:1,4 1:5,3 1:20,6	1:1,6 1:3,4 1:6,0	1:6,0 1:7,7 1:11,0
Verhältnis des Feuerbrückenquerſchnittes zur freien Roſtfläche	1:0,6 1:1,16 1:4,0	1:1,1 1:4,1 1:10,5	1:1,3 1:1,7 1:2,5	— — —	Verhältnis des Schornſteinquerſchnittes zur freien Roſtfläche	1:0,3 1:1,4 1:4,4	1:1,0 1:3,3 1:13,0	1:0,4 1:1,6 1:3,6	1:1,5 1:2,06 1:2,9

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Material der Dampfkeſſel. Das zum Keſſelbau verwendete Material iſt hauptſächlich Schweißeiſen, Flußeiſen und Flußſtahl, ſeltener Kupfer, Meſſing und Gußeiſen. Kupfer verwendet man nur zu den Feuerbüchſen und Stehbolzen der Lokomotiven (ſ. d.), Meſſing zu Siederohren, Gußeiſen zu Armaturſtutzen. Aus Gußeiſen dürfen geſetzlich die vom Feuer berührten Wandungen der Dampfkeſſel nur dann hergeſtellt werden, ſofern bei zylindriſcher Geſtalt die lichte Weite 25 cm, bei Kugelgeſtalt 30 cm nicht überſteigt. Die Verwendung von Meſſingblech iſt nur für Feuerrohre, deren lichte Weite 10 cm nicht überſteigt, geſtattet. Die Feſtigkeit des Kupfers nimmt mit zunehmender Erwärmung ab, bei 300° iſt dieſelbe nach v. Bach nur noch 57 % der Feſtigkeit im kalten Zuſtande.

Die Keſſelbleche aus Schweißeiſen werden in drei Qualitäten hergeſtellt: 1. Feuerblech, 2. Bördelblech, 3. Mantelblech. Die Zerreiß- und Dehnungsproben ſollen nach den Würzburger Normen bei Blechen bis 25 mm Dicke die folgenden Mindeſtzahlen ergeben:

Qualität	Feuerblech		Bördelblech		Mantelblech	
Faſerrichtung	längs	quer	längs	quer	längs	quer
Zugfeſtigkeit K_z in kg/qmm	36	34	35	33	33	30
Dehnung in Prozenten	20	15	15	12	10	8
Qualitätsziffer	56	49	50	45	43	38

Die Qualitätsziffer, d. h. Summe der Feſtigkeit in kg/qmm + Dehnung in Prozenten, muß bei allen Blechen erreicht werden, die Zugfeſtigkeit darf bei allen drei Qualitäten 40 kg/qmm nicht überſchreiten. Die Keſſelbleche aus Flußeiſen werden ebenfalls in drei Qualitäten hergeſtellt: 1. Feuerblech, 2. Mantelblech I, 3. Mantelblech II, die bei den Zerreißproben in der Längs- und Querfaſer den nachſtehenden Zahlen entſprechen ſollen:

Qualität	Feuerblech	Mantelblech I	Mantelblech II	
			Dicke < 24 mm	Dicke > 24 mm
K_z in kg/qmm	34—40	36—42	39—45	34—44
Dehnung in Prozenten . . .	25	22	20	20
Qualitätsziffer	62	61	60	60

Die Qualitätsziffer muß auch bei dieſen Blechen ſtets erreicht, die Maximalfeſtigkeit jedoch nicht überſchritten werden. Für die dem Feuer ausgeſetzten Keſſelwände (Feuerplatten) werden Bleche erſter Qualität, für die übrigen meiſt Bleche zweiter Qualität verwendet.

Berechnung der Materialſtärken. Die Wandſtärke s in Zentimetern des auf inneren Druck beanſpruchten Keſſelmantels berechnet ſich mit Berückſichtigung der Schwächung in der Nietnaht aus $s = \frac{D}{2} \cdot \frac{p}{k_z} \cdot \frac{1}{\varphi}$, wenn D den Durchmeſſer des Keſſelmantels in Zentimetern, p den größten Betriebsdruck in kg/qcm, k_z die zuläſſige Zugſpannung des Bleches in kg/qcm und φ die Feſtigkeit der Nietnaht im Vergleich zu derjenigen des vollen Bleches bezeichnet. Die Blechſtärke s ſoll nie kleiner als 7 mm genommen werden. Die zuläſſige Zugſpannung k_z des Bleches an der ſchwächſten Stelle darf bei Vernietung mit Ueberlappung nicht mehr als $\frac{1}{4{,}5}$, bei doppelt gelaſchten Nähten nicht mehr als $\frac{1}{4}$ der Zugfeſtigkeit K_z des Bleches betragen. Die folgenden Tabellen enthalten eine kleine Zuſammenſtellung der Blechſtärken und Durchmeſſer von flußeiſernen Dampfkeſſelmänteln bei verſchiedenen Dampfſpannungen:

1. Mäntel mit einreihiger Längsnaht (Ueberlappungsnietung) $K_z = 3400$ kg/qcm, $k_z = \frac{K_z}{4{,}5}$, $\varphi = 0{,}56$ [1].

Blechdicke s mm	Größter Betriebsüberdruck p in kg/qcm											
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	Größter zuläſſiger innerer Durchmeſſer D in mm											
7	1480	1185	987	846	740	658	592	539	494	456	423	395
8	1692	1354	1128	967	846	752	677	615	564	521	484	451
9	1904	1523	1269	1088	952	846	762	692	635	586	544	508
10	2116	1692	1410	1209	1058	940	846	769	705	651	604	564

2. Mäntel mit zweireihiger Längsnaht (Ueberlappungsnietung) $K_z = 3400$ kg/qcm, $k_z = \frac{K_z}{4{,}5}$, $\varphi = 0{,}7$ [1].

Blechdicke s mm	Größter Betriebsüberdruck p in kg/qcm											
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	Größter zuläſſiger innerer Durchmeſſer D in mm											
12	3173	2539	2116	1813	1587	1410	1269	1154	1058	976	907	846
14	3702	2962	2468	2116	1851	1645	1481	1346	1234	1139	1058	987
16	4231	3385	2821	2418	2116	1880	1692	1539	1410	1302	1209	1128
18	4760	3808	3173	2720	2380	2116	1904	1731	1587	1465	1360	1269

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

3. Mäntel mit dreireihiger Längsnaht (Ueberlappungsnietung) $K_z = 3400$ kg/qcm, $k_z = \frac{K_z}{4{,}5}$, $\varphi = 0{,}75$ [1].

Blechdicke s mm	Größter Betriebsüberdruck p in kg/qcm: 6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	Größter zuläſſiger innerer Durchmeſſer D in mm									
20	3778	3238	2833	2519	2267	2061	1889	1744	1619	1511
23	4344	3724	3258	2896	2607	2370	2172	2005	1862	1738
26	4911	4210	3683	3274	2947	2679	2456	2267	2105	1964
30	5667	4857	4250	3778	3400	3091	2833	2615	2429	2267

Zur Berechnung der Wandſtärken s_1 der auf äußeren Druck beanſpruchten Flammrohre, unter Berückſichtigung der Länge der Flammrohrſtutzen, bildet die Gleichung von C. v. Bach [3] die Grundlage:

$$s_1 = \frac{p \cdot d}{2000}\left(1 + \sqrt{1 + \frac{a}{p} \cdot \frac{l}{l+d}}\right) + C.$$

In derſelben bedeutet: s_1 die Blechſtärke in Zentimetern, d den inneren Durchmeſſer des Flammrohres und l die Länge desſelben (beides in Zentimetern), p den größten Betriebsdruck in kg/qcm, a einen Koeffizienten, der bei liegenden Flammrohren mit überlappter Längsnaht = 100 iſt und für ſtehende Flammrohre mit gelaſchter oder geſchweißter Längsnaht auf 50 zurückgeht. Der Zuſchlag C beträgt bis zu 5 kg Betriebsdruck 0,15 cm und nimmt bei 7 kg auf Null ab. Die nachſtehende Tabelle gibt für einige Fälle die zweckmäßige Blechdicke s_1 in Millimetern, gültig für liegende Flammrohre, an, und zwar beziehen ſich die Werte in der mit U bezeichneten Spalte auf Rohre mit überlappt genieteter, in der mit G überſchriebenen Spalte auf Rohre mit gelaſcht genieteter oder mit geſchweißter Längsnaht. Die geringſte Wandſtärke iſt auch hierbei 7 mm. Um die Flammrohre mit möglichſt geringer Wandſtärke ausführen zu können, wird die Länge l der einzelnen Stutzen gering gewählt, und außerdem werden die Rohre durch Umbördelung ihrer Ränder und dazwiſchen gelegte Blechringe oder durch umgelegte Ringe aus Formeiſen verſteift.

Innerer Durchmeſſer d der Flammrohre in mm	Größter Betriebsüberdruck p in kg/qcm: 4		6		8		10		12	
	Blechſtärken s_1 in mm bei l = 500 mm		1000 mm		1500 mm		2000 mm		3000 mm	
	U	G	U	G	U	G	U	G	U	G
d = 500	7	7	7	7	7,5	7	9	8	10,5	9,5
d = 600	7	7	8	7,5	9	8	10,5	9,5	12,5	11
d = 700	7	7	9	8	10	9	12	11	14,5	13
d = 800	7,5	7	10	9	11,5	10,5	14	12,5	16	14,5
d = 1000	8,5	8	12	11	14	12,5	17	15,5	17,5	17,5
d = 1200	10	9	13,5	12,5	16,5	15	17,5	17,5	17,5	17,5

Wellrohre und gerippte Rohre werden nach der Formel $s_1 = \frac{p \cdot d}{1000} + C$ berechnet, worin $C = 0{,}1$—$0{,}3$ cm zu nehmen iſt; $s_1 \min = 0{,}7$ cm.

Gekrempte flache Keſſelböden erhalten nach [3] eine Wandſtärke

$$s_2 = \sqrt{\frac{3}{8} \frac{p}{K_z}\left[d_2 - r\left(1 + \frac{2r}{d_2}\right)\right]},$$

hierin bedeutet wieder s_2 die Blechſtärke in Zentimetern, p den größten Betriebsdruck wie oben, r den Wölbungshalbmeſſer der Krempe in Zentimetern, d_2 den inneren Durchmeſſer des Bodens in Zentimetern und K_z die Zugfeſtigkeit des Materials in Kilogramm-Quadratzentimetern.

In der Tabelle S. 578 ſind die nach dieſer Formel berechneten Blechdicken für einige Bodendurchmeſſer mit $K_z = 3400$ kg/qcm zuſammengeſtellt [1].

Große ebene Keſſelböden werden durch Eckbleche mit dem Mantel wirkſam verankert; bei Verwendung von einfachen Blechplatten ſind überall doppelte Winkeleiſen anzuordnen. Die Länge der Eckanker ſoll nicht zu kurz ſein und möglichſt bis zum zweiten Mantelringe reichen. Damit der Boden genügende Elaſtizität behält, ſoll der Abſtand der nächſten Niete am Kopfwinkeleiſen mindeſtens 200 mm vom Flammrohr und 150—200 mm vom Mantel betragen. Rundeiſenanker, von Boden zu Boden durchgehend, ſind nur für kurze Keſſel anwendbar, die oberſte Grenze ihrer Beanſpruchung ſoll bei Flußeiſen 600 kg/qcm nicht überſchreiten.

Die Blechdicke gewölbter voller Böden ohne Verankerung iſt, wenn der Druck im Innern der Wölbung wirkt, $s_3 = \frac{p \cdot R}{2\,k_z}$. In dieſer Formel bezeichnet wieder s_3 die Blechſtärke in Zentimetern, p den größten Betriebsüberdruck in Kilogramm-Quadratzentimetern, R den Halbmeſſer des inneren Wölbungskreiſes in Zentimetern, k_z die zuläſſige Beanſpruchung des Bleches in Kilogramm-Quadratzentimetern, und zwar bis zu 450 kg/qcm für Schweißeiſen und bis zu 600 kg/qcm für Flußeiſen.

Die ebenen Kammerwände der Waſſerrohrkeſſel werden durch Stehbolzen verſteift. Bei der Berechnung wird die geringe Steifigkeit der durch die Rohr- und Reinigungslöcher geſchwächten Platten vernachläſſigt und angenommen, daß der ganze Dampfdruck von den Stehbolzen allein aufgenommen werden muß. Die Beanſpruchung im Gewindekern der flußeiſernen Stehbolzen ſoll 600 kg/qcm nicht überſteigen.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Durchmeſſer d_s mm	Wölbungshalbmeſſer r mm	Größter Betriebsüberdruck p in kg/qcm									
		6	7	8	9	10	11	12	13	14	
500	45	11,5	12,5	13,5	14	15	15,5	16,5	17	17,5	Wandſtärken s_2 in mm
	60	11	12	12,5	13,5	14	15	15,5	16	17	
	100	9,5	10	10,5	11,5	12	12,5	13	13,5	14	
	150	7	7	7,5	8	8,5	9	9,5	10	10	
600	45	14	15	16,5	17,5	18	19	20	21	21,5	
	60	13,5	14,5	15,5	16,5	17,5	18,5	19	20	21	
	100	12	13	14	14,5	15,5	16,5	17	17,5	18,5	
	150	9,5	10,5	11	12	12,5	13	13,5	14	14,5	
750	45	18	19,5	21	22	23	24,5	25,5	26,5	27,5	
	60	17,5	19	20	21,5	22,5	23,5	24,5	26	26,5	
	100	16	17,5	18,5	19,5	20,5	21,5	22,5	23,5	24,5	
	150	14	15	16	17	18	19	19,9	20,5	21	
900	45	22	23,5	25,5	27	28,5	29,5	31	—	—	
	60	21,5	23	24,5	26	27,5	29	30,5	31,5	—	
	100	20	21,5	23	24,5	26	27	28,5	29,5	30,5	
	150	18	19,5	21	22	23	24,5	25,5	26,5	27,5	
1100	45	27	29	31	—	—	—	—	—	—	
	60	26,5	28,5	30,5	—	—	—	—	—	—	
	100	25,5	27,5	29	31	—	—	—	—	—	
	150	23,5	25,5	27	28,5	30	31,5	—	—	—	

Die durch die Rohr- und Mannlochöffnungen entſtehenden Verſchwächungen im Keſſelmantel werden durch aufgenietete, die Oeffnungen einfaſſende Rahmen aus Flach- oder Winkeleiſen ausgeglichen. Die rechneriſche Ermittlung der Spannungen an dieſen Stellen iſt ſchwierig und ohne gewiſſe vereinfachende Annahmen nicht durchführbar. Man begnügt ſich in der Regel damit, die beiden Querſchnitte des Rahmens $2bc$ (ſ. Fig. 2) ſo groß zu machen, daß ſie dem herausfallenden Querſchnitt as des Keſſelmantels gleich ſind, $2bc = as$.

Fig. 2.

Neue allgemeine polizeiliche Beſtimmungen über die Anlage von Dampfkeſſeln, welche an die Stelle der Beſtimmungen vom 5. Auguſt 1890 in Preußen treten ſollen, ſind geplant (vgl. [4]).

Literatur: [1] Taſchenbuch der „Hütte“, 18. Aufl., Berlin 1902. — [2] Tetzner, F., Die Dampfkeſſel, Berlin 1902. — [3] Bach, C. v., Maſchinenelemente, 9. Aufl., Stuttgart 1903. — [4] Zeitſchrift des Vereins deutſcher Ingenieure 1905, S. 111 ff. — Vgl. a. die Literatur unter Dampfkeſſel und Schiffskeſſel ſowie den Art. Hohlzylinder.

G. Schwarz.

Dampfkeſſelbetrieb. Da der Betrieb eines Dampfkeſſels bei nicht genügender Aufſicht und nicht fachverſtändiger Behandlung eine große Gefahr für die Umgebung einer Dampfkeſſelanlage bildet, beſtehen in faſt allen Kulturſtaaten geſetzliche Beſtimmungen und Verordnungen der zuſtändigen Behörden, nach denen die fachgemäße Ausführung, Aufſtellung und Bedienung der Dampfkeſſel, ſowohl der ſtationären als auch der Lokomobil-, Lokomotiv- und Dampfſchiffskeſſel, zu erfolgen hat.

Für das Deutſche Reich ſind in dieſer Hinſicht maßgebend: 1. §§ 24 und 25 der Reichsgewerbeordnung vom 21. Juni 1869, gültig für das Deutſche Reich (mit Ausnahme von Elſaß-Lothringen) ſeit 1. Januar 1873. 2. Die Ausführungsbeſtimmung zu § 24 der Gewerbeordnung, erlaſſen vom Bundesrat am 29. Mai 1871 (Reichsgeſetzblatt Nr. 71, 122), gegeben unter dem Titel „Allgemeinpolizeiliche Beſtimmungen über die Anlegung von Dampfkeſſeln“. 3. Allgemeine polizeiliche Beſtimmungen über die Anlegung von Dampfkeſſeln (Erlaß des Bundesrates gemäß Bekanntmachung des Reichskanzlers vom 5. Auguſt 1890), eine Erweiterung der unter 2. angeführten Beſtimmungen. 4. Die Beſtimmungen über die Genehmigung, Prüfung und Reviſion der Dampfkeſſel (nach einer Vereinbarung der verbündeten Regierungen des Reiches in der Bundesratsſitzung vom 3. Juli 1890) (3. und 4. ſ. Taſchenbuch der „Hütte“, 18. Aufl., Bd. 1, S. 972 u. ff.). — Für Preußen gelten die folgenden Geſetze und Beſtimmungen: 1. Geſetz, den Betrieb der Dampfkeſſel betreffend, vom 3. Mai 1872. 2. Anweiſung betreffend die Genehmigung und Unterſuchung der Dampfkeſſel (Erlaß des Miniſteriums für Handel und Gewerbe vom 15. März 1897). Für Lokomotiv- und Dampfſchiffskeſſel ſind beſondere Beſtimmungen erlaſſen, ſo im Bahnpolizeireglement für die Eiſenbahnen Deutſchlands (C. B. 75, 57), in der Bahnordnung für deutſche Eiſenbahnen untergeordneter Bedeutung (C. B. 80, 341), und für die deutſche Kriegsmarine das durch den Chef der Admiralität erlaſſene Regulativ vom 7. Februar 1873. — Für Bayern gelten als Landesverordnungen noch die bayriſchen Verordnungen vom 21. Januar 1872, für Sachſen die ſächſiſchen Verordnungen vom 6. Juli 1871.

Die in den verſchiedenen Bundesſtaaten obwaltenden Verſchiedenheiten in den Anforderungen an die Sicherheitsvorrichtungen für Dampfkeſſel beeinträchtigen die Freizügigkeit der Dampfkeſſel in unerwünſchtem Maße. Auf Anregung des preußiſchen Miniſters für Handel und Gewerbe wird demnächſt eine Reviſion der allgemeinen polizeilichen Beſtimmungen über die Anlegung von Dampfkeſſeln vorgenommen, die, wenn von den einzelnen Bundesregierungen genehmigt, die Behandlung der Keſſel im ganzen Reiche einheitlich geſtaltet. Die Maßnahmen

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

an Dampfkeſſeln, die geſetzlich oder durch behördliche Beſtimmungen vorgeſchrieben ſind, laſſen ſich in zwei Hauptklaſſen einteilen, 1. diejenigen vor der Inbetriebſetzung eines Dampfkeſſels, und 2. nach der Inbetriebſetzung, alſo während des Betriebes.

Für die Inbetriebſetzung gelten in Preußen die §§ 20—27 der oben unter 2. erwähnten Anweiſung vom 15. März 1897, wonach Dampfkeſſel, bevor ſie in Betrieb geſetzt werden dürfen, durch die zuſtändigen Keſſelprüfer einer Prüfung der Bauart (Konſtruktionsprüfung), einer Waſſerdruckprobe und einer Abnahmeprüfung zu unterwerfen ſind. Als zuſtändige Keſſelprüfer bezeichnen die §§ 2 und 3 derſelben Anweiſung bei ſtaatlichen Betrieben die Leiter dieſer Anſtalten, deren Stellvertreter oder beſonders beſtellte Prüfungsbeamte, ferner die an K. Regierungen durch dieſelben hierzu angeſtellten Bau- oder Maſchineninſpektoren, die Gewerbeinſpektoren und deren Aſſiſtenten bezw. bei noch nicht vorhandenen Gewerbeinſpektionen die zur Zeit des Erlaſſes der Anweiſung damit beauftragten Kreisbaubeamten oder beſonders dazu berufenen Sachverſtändigen. Bei Vereinen von Dampfkeſſelbeſitzern, die eine regelmäßige und ſorgfältige Ueberwachung der Keſſel vornehmen laſſen, ſogenannten Dampfkeſſelüberwachungs- oder Dampfkeſſelreviſionsvereinen, werden die Prüfungen der Dampfkeſſel von beſonders dazu angeſtellten Ingenieuren nach Maßgabe der ihnen vom Miniſter für Handel und Gewerbe verliehenen Berechtigungen ausgeführt. Die Prüfung der Bauart hat die Unterſuchung des Keſſels in bezug auf die Zuſammenſetzung, das Material und auf die Ausführung des Keſſels zum Gegenſtand. Die Waſſerdruckprobe bezweckt die Prüfung der Widerſtandsfähigkeit und Dichtigkeit des Keſſels und muß bei Keſſeln für nicht mehr als 5 Atmoſphären Ueberdruck mit dem zweifachen Druck des beabſichtigten Ueberdrucks, für alle Keſſel mit höherem Drucke mit einem Ueberdruck, der den höchſten beabſichtigten Ueberdruck um 5 Atmoſphären (1 Atmoſphäre = 1 kg/qcm) überſteigt, vollzogen werden. Sie erfolgt vor der Ummantelung oder Einmauerung des Keſſels, damit derſelbe von allen Seiten leicht zugänglich iſt und jede Undichtigkeit, die ſich durch herausſchwitzendes oder herausſpritzendes Waſſer erkenntlich macht, ſofort erkennbar wird. Die Abnahmeprüfung hat feſtzuſtellen, ob die Ausführung der Keſſelanlage den Beſtimmungen der erteilten Genehmigung entſpricht, und findet nach der Einmauerung oder Ummantelung des Keſſels an Ort und Stelle ſtatt, während die Waſſerdruckprobe auch in der Keſſelfabrik nach erfolgter Fertigſtellung des Keſſels ſtattfinden darf. — Zum vollſtändigen betriebsfähigen Zuſtand eines Dampfkeſſels muß derſelbe mit der Armatur (ſ. d. ſowie Dampfkeſſelausrüſtung) verſehen ſein, und man unterſcheidet ſogenannte grobe und feine Armatur; zur erſteren gehören Roſtſtäbe, Roſtträger, Feuergeſchränke, Zugabſperrvorrichtungen, Regulierſchieber und Abſperrvorrichtung bei Keſſeln mit Gasfeuerung, Fülltrichter mit Deckeln bei Feuerungen mit Füllvorrichtungen, Halbgasfeuerungen u. ſ. w.; zur letzteren die Ein- und Auslaßventile für Waſſer und Dampf, die Sicherheits- und Kontrollvorrichtungen, von denen in den Allgemeinen polizeilichen Beſtimmungen vom 5. Auguſt 1890 folgende vorgeſchrieben ſind: 1. ein Speiſeventil; 2. zwei zuverläſſige, voneinander unabhängige Speiſevorrichtungen, deren jede für ſich allein imſtande ſein muß, dem Keſſel die zur Speiſung erforderliche Waſſermenge zuzuführen; 3. ein Waſſerſtandsglas und eine zweite Vorrichtung zur Erkennung des Waſſerſtandes; 4. eine den niedrigſten zuläſſigen Waſſerſtand anzeigende, am Waſſerſtandsglas befindliche, und eine zweite ebenſolche, am Keſſelmauerwerk oder der Keſſelwand befeſtigte Marke; 5. mindeſtens ein zuverläſſiges Sicherheitsventil; 6. ein zuverläſſiges Manometer mit einer den feſtgeſetzten höchſten Dampfdruck deutlich bezeichnenden Marke; 7. ein die feſtgeſetzte höchſte Dampfſpannung, den Namen des Fabrikanten des Keſſels, die laufende Fabriknummer und das Jahr der Anfertigung des Keſſels enthaltendes metallenes Schild. — Vor dem Inbetriebſetzen eines Dampfkeſſels ſind alle Armaturen nachzuſehen, ob dieſelben an richtiger Stelle und in der vorgeſchriebenen Anzahl u. ſ. w. angebracht wurden, leicht und richtig funktionieren und dampfdicht ſind, wovon man ſich allerdings erſt nach dem Anheizen und nach erfolgter Dampfbildung überzeugen kann. Vor dem Anheizen ſind ſämtliche Züge nochmals nachzuſehen, ob dieſelben nicht etwa verſtopft oder durch Bauſchutt verengt wurden, in welchem Falle ſie zu reinigen ſind. Hierauf wird der Keſſel bis zur Höhe des mittleren Waſſerſtandes gefüllt und die Keſſelmauern durch ein langſam brennendes Feuer, das je nach der Größe und Lage des Keſſels (iſoliert oder in einer im Betrieb befindlichen Batterie) oft mehrere Tage lang brennt, ausgetrocknet. Beim erſten ſtärkeren Anheizen zur Dampferzeugung muß das Sicherheitsventil öfters angehoben werden, um die im Keſſel noch enthaltene Luft auszublaſen. Da beim Anheizen des Keſſels der Schornſtein noch kalt iſt, wird zur Vermehrung des Zuges am Boden des Schornſteins ein ſchwaches Stroh- und Reiſerfeuer angezündet und hierdurch die Luftſäule im Schornſtein angewärmt. Das Anheizen muß überhaupt möglichſt langſam und ſorgfältig erfolgen, um ein allmähliches Anwärmen des ganzen Keſſels zu bewirken und zu raſche Spannungsänderungen zu vermeiden.

Für das Verhalten des den Keſſel bedienenden Wärters, des Heizers, ſind zahlreiche Verhaltungsmaßregeln aufgeſtellt worden, und dieſelben werden in den Keſſelhäuſern aufgehängt. Erwähnt ſeien die vom Verbande der Dampfkeſſelüberwachungsvereine herausgegebenen

Dienſtvorſchriften für Keſſelwärter.

Allgemeines.

1. Die Keſſelanlage iſt ſtets rein und in Ordnung zu halten, alles nicht Dahingehörige iſt fernzuhalten.

2. Der Keſſelwärter iſt verpflichtet, Unbefugte aus der Keſſelanlage zu entfernen.

3. Der Keſſelwärter darf ſeinen Poſten nicht verlaſſen und iſt für Wartung des Keſſels verantwortlich.

Inbetriebſetzung des Keſſels.

1. Vor dem Füllen des Keſſels iſt zu unterſuchen, ob ſämtliche zu demſelben gehörige Apparate gangbar und deren Zuführungen zum Keſſel frei ſind.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

2. Das Anheizen darf erſt erfolgen, nachdem der Keſſel genügend mit Waſſer verſehen iſt.
3. Während des Anheizens ſoll das Dampfventil geſchloſſen, das Sicherheitsventil dagegen ſo lange geöffnet bleiben, bis Dampf entweicht.
4. Das Nachziehen von Dichtungen hat während des Anheizens zu erfolgen.
5. Waſſerſtandsapparate und Manometer ſind zu probieren und ſtetig zu beobachten.

Betrieb des Keſſels.

1. Hähne und Ventile ſind langſam zu öffnen und zu ſchließen.
2. Der Waſſerſtand ſoll auf normaler Höhe erhalten werden und darf nicht unter die Marke des niedrigſten Standes ſinken.
3. Die Waſſerſtandsapparate ſind, unter Benutzung ſämtlicher Hähne und Ventile, täglich recht oft zu probieren. Vorkommende Unregelmäßigkeiten, insbeſondere Verſtopfungen, ſind ſofort zu beſeitigen.
4. Die Speiſevorrichtungen ſind täglich ſämtlich zu benutzen und ſtets in brauchbarem Zuſtande zu erhalten.
5. Das Manometer iſt zeitweiſe zu kontrollieren, ob der Zeiger auf Null zurückgeht.
6. Der Dampfdruck ſoll die feſtgeſetzte höchſte Spannung nicht überſchreiten.
7. Die Sicherheitsventile ſind täglich durch vorſichtiges Anheben zu lüften. Jede Vergrößerung der Belaſtung der Sicherheitsventile iſt ſtrafbar.
8. Beim jedesmaligen Oeffnen der Feuertüren iſt der Zug zu vermindern.
9. Kurz vor oder während Stillſtandspauſen iſt der Keſſel über den normalen Waſſerſtand zu ſpeiſen und der Zug zu vermindern.
10. Beim Schichtwechſel darf der abtretende Wärter ſich erſt dann entfernen, wenn der antretende Wärter alles in ordnungsmäßigem Zuſtande übernommen hat.
11. Sinkt das Waſſer unter die Marke des niedrigſten Standes, ſo iſt die Einwirkung des Feuers aufzuheben und dem Vorgeſetzten unverzüglich Anzeige zu machen.
12. Steigt der Dampfdruck zu hoch, ſo iſt der Keſſel zu ſpeiſen und der Zug zu vermindern. Genügt dies nicht, ſo iſt die Einwirkung des Feuers aufzuheben.
13. Bei Beendigung der Arbeitszeit hat der Wärter den Dampf tunlichſt wegzuarbeiten, das Feuer allmählich zu mäßigen und eingehen zu laſſen bezw. vom Keſſel abzuſperren. Außerdem muß der Rauchſchieber geſchloſſen und der Keſſel bis über den normalen Stand geſpeiſt werden.
14. Bei außergewöhnlichen Erſcheinungen, Undichtigkeiten, Beulen, Erglühen von Keſſelteilen iſt die Einwirkung des Feuers ſofort aufzuheben und dem Vorgeſetzten unverzüglich Meldung zu machen.

Außerbetriebſetzung des Keſſels.

1. Das vollſtändige Entleeren des Keſſels darf erſt vorgenommen werden, nachdem das Feuer entfernt und das Mauerwerk möglichſt abgekühlt iſt. Muß die Entleerung unter Dampfdruck erfolgen, ſo darf ſolches mit höchſtens 1 Atmoſphäre Ueberdruck geſchehen.
2. Das Einlaſſen von kaltem Waſſer in den eben entleerten Keſſel iſt auf das ſtrengſte unterſagt.

Reinigung des Keſſels.

1. Die Züge und die äußeren Keſſelwandungen ſind möglichſt oft und gründlich von Flugaſche und Ruß zu reinigen.
2. Keſſelſtein und Schlamm ſind aus dem Keſſelinnern ebenfalls oft und gründlich zu entfernen. Das Abklopfen des Keſſelſteins darf nicht mit zu ſcharfen Werkzeugen ausgeführt werden.
3. Von andern im Betriebe befindlichen Keſſeln muß der zu befahrende Keſſel in ſämtlichen Rohrverbindungen und Feuerungseinrichtungen ſicher abgeſperrt ſein.
4. Der Wärter hat ſich von der ſtattgehabten gründlichen Reinigung des Keſſels und der Züge perſönlich zu überzeugen. Dabei ſind die Keſſelwandungen genau zu beſichtigen und iſt der Zuſtand des Keſſelmauerwerkes zu unterſuchen. Etwaige Unregelmäßigkeiten ſind, ſowie dieſelben nicht gleich beſeitigt werden, ſofort zur Anzeige zu bringen.

Der ſachgemäße Keſſelbetrieb [1] erſtreckt ſich einerſeits auf die Feuerung, anderſeits auf die Dampferzeugung. — Die richtige Behandlung der Feuerung iſt von größter Wichtigkeit für die Oekonomie des Keſſelbetriebs. Aus Wettheizverſuchen, die an verſchiedenen Orten angeſtellt wurden, ergab ſich das ſehr intereſſante Reſultat, daß die Ausnutzung der Kohle bei verſchiedenen Heizern eine ganz verſchiedene iſt und bei Steinkohlen Unterſchiede von 50 %, bei Braunkohlen ſogar von über 100 % vorkamen. Haupterforderniſſe für richtige Heizung ſind: möglichſt gleichförmiges Brennmaterial, Vermeiden des Vorkommens großer Stücke in den Kohlen; ferner richtige und gleichmäßige Schütthöhe auf dem ganzen Roſt, die im allgemeinen bei Braunkohlen 6 cm, bei Steinkohlen 10 cm und bei Koks 20 cm beträgt. — Aus dieſem Grunde werden bei großen Keſſelanlagen mechaniſche Beſchickungsvorrichtungen (ſ. Keſſelhaus) angewendet, mit denen eine gleichmäßige Aufgabe des Brennſtoffes und günſtigſte Schutthöhe erreicht werden kann. Dieſelben erfordern aber nicht ſelten ziemlich teure Inſtandhaltung, ſo daß der durch die beſſere Verbrennung erzielte Gewinn wieder teilweiſe durch die Reparaturkoſten verloren geht. Eine weitere Bedingung der richtigen Feuerung iſt die richtige Luftzufuhr. Bei ungenügender Luftmenge gehen unverbrannte Gaſe als Rauch nutzlos verloren, bei zu großer Luftzufuhr (Luftüberſchuß) findet ein Wärmeverluſt durch die unnötig erwärmte, durch den Keſſel ſtreichende überſchüſſige Luft ſtatt. Die Regulierung der Luftzufuhr geſchieht hauptſächlich durch den im Fuchs des Keſſels angebrachten Fuchsſchieber und je nach Bedarf auch durch Verſtellen der Tür des Aſchenfalls oder eines in der Feuertür befindlichen Schiebers. Um dem Heizer eine fortwährende Kontrolle der Feuerung zu ermöglichen, wendet man in

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

neuerer Zeit vielfach Apparate an, die den Kohlenſäuregehalt der Abgaſe anzeigen und meiſtens am vorderen Keſſelmauerwerk befeſtigt ſind. Hierher gehören die Arndtſche Gaswage oder das Oekonometer, der Heizeffektmeſſer Ados, das Daſymeter (ſ. d.) von Walther Dürr, die Luxſche Gaswage, der Cuſtodisſche Kohlenſparer u. ſ. w. (ſ. Gaswagen). Zur Regulierung des Luftzutritts dienen ferner die Zugregulatoren, ſo diejenigen der Rheiniſchen Apparatenbauanſtalt in Brühl bei Köln (D.R.P. Nr. 58050), der Schornſteinregulator von Speckbötel u. a. — Eine größere Anzahl neuerer Feuerungsanlagen bezwecken eine Vorwärmung der Verbrennungsluft, indem dieſelbe durch Rohre, die im Fuchs oder in den Zügen oder in den Flammenrohren oder über dem Keſſel liegen, zum Roſt geleitet wird. — Das Decken des Feuers vor oder während der Betriebspauſen iſt vom wirtſchaftlichen Standpunkt aus durchaus zu verwerfen. Außerdem führt es bei ſehr gasreichen Kohlen zuweilen zu Gasexploſionen in den Feuerzügen, beſonders dann, wenn mit dem Rauchſchieber nicht vorſichtig verfahren wird. Nach einer Entſcheidung des Kammergerichts in Berlin iſt das Decken des Keſſelfeuers eine gefährliche und leichtfertige Handlungsweiſe, die im Widerſpruch mit den Beſtimmungen des Dampfkeſſelgeſetzes vom 3. Mai 1872 ſteht und daher in Preußen ſtrafbar iſt [2]. Außerordentlich wichtig für den vorteilhaften Betrieb eines Keſſels, für ſeine Haltbarkeit und die Verhütung von Keſſelſteinablagerungen und die dadurch verurſachte Exploſionsgefahr iſt die Beſchaffenheit des Keſſelſpeiſewaſſers. Dasſelbe wird in neuerer Zeit vielfach durch beſondere Reinigungsapparate gereinigt (ſ. Keſſelſpeiſewaſſerreiniger) und vor dem Einpumpen in den Keſſel vorgewärmt.

Alle dauernd oder nur in beſtimmten Zeitabſchnitten im Betrieb befindlichen oder nur als Reſervekeſſel dienenden Keſſel unterliegen den geſetzlichen Beſtimmungen über die regelmäßigen techniſchen Unterſuchungen (ſ. die obenzitierte Anweiſung vom 16. März 1892 und 15. März 1897, Abſchn. 5); dieſelben werden bei Keſſeln, die Mitgliedern der Dampfkeſſelüberwachungsvereine gehören, von den Reviſionsbeamten dieſer Vereine, ſonſt von den ſtaatlichen Prüfungsbeamten ausgeführt, und es iſt eine äußere, eine innere Prüfung oder auch eine Druckprobe vorgeſchrieben, von denen die erſtere bei ſtationären Keſſeln alle 2 Jahre, bei beweglichen und Schiffskeſſeln alljährlich, die zweite bei ſtationären Keſſeln alle 4 Jahre, bei beweglichen alle 3 Jahre und bei Schiffskeſſeln alle 2 Jahre, die Waſſerdruckprobe bei ſtationären Keſſeln mindeſtens alle 8 Jahre, bei beweglichen und Schiffsdampfkeſſeln alle 6 Jahre ſtattfindet und bei den letzten beiden Syſtemen mit der in demſelben Jahre fälligen inneren Unterſuchung womöglich zu verbinden iſt. Nach jeder Hauptreparatur, ſofern eine ſolche in der Keſſelfabrik ausgeführt oder der Keſſel zur Ausbeſſerung an der Betriebsſtelle ganz bloßgelegt worden iſt, hat ebenfalls eine Waſſerdruckprobe ſtattzufinden. Jeder einem Dampfkeſſelüberwachungsverein angehörige oder unter ſtaatlicher Aufſicht ſtehende Keſſel beſitzt ein Reviſionsbuch, in dem der Zeitpunkt und die Ergebniſſe aller Prüfungen und Unterſuchungen einzutragen ſind.

Literatur: [1] Schlippe, E., Der Dampfkeſſelbetrieb, 3. Aufl., Berlin 1900. — [2] Zeitſchr. des Vereins deutſcher Ingenieure 1903, S. 66; Tetzner, F., Die Dampfkeſſel, Berlin 1902; zahlreiche Abhandlungen und Mitteilungen über Dampfkeſſelbetrieb ſ. Zeitſchrift des Vereins deutſcher Ingenieure.

G. Schwarz.

Dampfkeſſeleinmauerung. Die aus Mauerwerk ausgeführte Ummantelung der ſtationären Keſſel oder Einmauerung, durch welche die den Keſſel umgebenden Feuerzüge gebildet, die Wärmeausſtrahlung des Keſſels verringert bezw. ganz verhindert werden ſoll und der Keſſel getragen wird, beſteht aus dem Fundament des Keſſels, den Seiten-, Vorder- und Hinterwänden, dem Anſchlußkanal an den Schornſtein oder den Fuchs und der Abdeckung des Keſſels.

Bei der Berechnung des Fundaments iſt das Gewicht des ganz mit Waſſer gefüllten Keſſels im betriebsfähigen Zuſtande mit allen Armaturen in Rechnung zu ſetzen. Die zur Unterſtützung des Keſſels dienenden Böcke ſind ſo zu bemeſſen, daß der Druck pro Quadratzentimeter der oberen Fläche nicht mehr als 6 kg beträgt. Die Böcke müſſen gegen die Außenringe oder Schüſſe von größerem Durchmeſſer drücken, ſollen jedoch nicht direkt unter einer Quernaht ſtehen, ſondern ſeitlich daneben. Der Ausdehnung des Keſſels wegen empfiehlt es ſich, bei Anordnung von zwei und mehreren Keſſelſtühlen nur einen feſt zu legen, die übrigen aber verſchiebbar auf Rollen zu lagern. Die Keſſelſtühle ſind dort, wo ſie von den heißen Gaſen beſtrichen werden, durch vorgeſetztes Mauerwerk zu ſchützen. An freitragenden Keſſelteilen iſt zur Entlaſtung der Rundnähte elaſtiſche Aufhängung ſehr zu empfehlen; ſtarre Aufhängung oder Unterſtützung durch Tragpratzen iſt in der Regel wirkungslos, weil der Keſſelteil bei der Erwärmung ſich hebt. Bei vorhandenem hohen Grundwaſſer oder feuchtem Boden muß eine Iſolierſchicht aus Aſphalt angebracht werden. Als Steinmaterial dienen gewöhnliche Ziegel und feuerfeſte Steine, letztere für den Anſchluß des Mauerwerks an den Keſſel unter dem niedrigſten Waſſerſtand, ferner für das Herdmauerwerk oder den Feuerungsraum bei Unter- und Vorfeuerungen ſowie für die Feuerbrücke, kurz, an allen Stellen, die von den Stichflammen noch getroffen werden. Längere Züge können auch nur mit feuerfeſten Steinen verblendet werden. Die Stärke der Seiten- und Stirnwände beträgt 1½—2 Stein (38—51 cm). Bei Außenmauern iſt es angezeigt, eine Luftſchicht von etwa 50 mm Breite anzuordnen. Zur Entfernung des in den Heizkanälen ſich anſammelnden Rußes und der Flugaſche werden in den Seitenwänden beſondere Putzlöcher vorgeſehen, die mit gußeiſernen Zargen eingefaßt und durch ebenſolche Deckel verſchloſſen werden. Dieſe Oeffnungen ordnet man mit Vorteil da an, wo die Gaſe ihre Stromrichtung ändern. An Waſſerrohrkeſſeln wird vielfach die Einrichtung getroffen, daß die Rohre von außen von dem ihnen anhaftenden Ruß und der Flugaſche mittels Dampfſtrahls befreit werden. Die Befeſtigung des Feuergeſchränkes geſchieht bei Flammrohrkeſſeln

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

am beſten durch Verſchraubung mit dem vorſtehenden Teil des Flammrohrs, bei Außenfeuerung iſt kräftige Verankerung desſelben mit dem Mauerwerk geboten. Alle Keſſelmauern müſſen mindeſtens 80 mm von den Gebäudemauern entfernt ſein. Ueberdeckungen und Anſchlüſſe an den Keſſel ſind nicht durch Gewölbe, ſondern durch allmähliches Vorkragen des Mauerwerks auszuführen. Die Abdeckung der Keſſel erfolgt durch eine Lehmſchicht und eine darüber befindliche Schicht aus Schlacke, Aſche, Sand u. ſ. w. Keſſelteile, die aus dem Mauerwerk heraustreten, Armaturſtutzen, vorderer Boden bei Flammrohrkeſſeln u. ſ. w. dürfen vom Mauerwerk nicht berührt werden; vielmehr ſoll ringsum ein durch Schlackenwolle oder ſonſtiges unverbrennliches und gut iſolierendes Material ausgefüllter Spielraum von 30—50 mm bleiben. Die Dichtheit des Keſſelmauerwerks ſoll ſo vollkommen als möglich ſein; die durch etwaige Ritzen des Gemäuers eintretende ſogenannte falſche Luft kann den Heizeffekt ganz bedeutend herunterdrücken. Die Verankerung des Keſſelmauerwerks zur Befeſtigung desſelben und zur feſteren Verbindung des Keſſels mit dem Mauerwerk geſchieht durch aufrecht ſtehende, zum Teil in das Fundament eingelaſſene Schienen und Doppel-T-Eiſen, durch Längsanker aus zölligem bis 1½ zölligem Rundeiſen mit gegen gußeiſerne Roſetten geſchraubten Muttern ſowie durch Queranker, die häufig aus ⊏-Eiſen ausgeführt werden, über dem Keſſelmauerwerk liegen und mit den lotrecht ſtehenden Schienen verbunden ſind. Die Waſſerrohrkeſſel neuerer Konſtruktion erhalten ein eignes Geſtell, an dem ſie frei aufgehängt werden, ſo daß ſie ſich nach allen Richtungen hin, ohne die Einmauerung zu ſtören, ausdehnen können (ſ. a. Feuerungsanlagen).

Literatur: Tetzner, F., Die Dampfkeſſel, Berlin 1902. *G. Schwarz.*

Dampfkeſſelexploſion. Die wirklichen Urſachen der Keſſelexploſionen können in folgenden Umſtänden gefunden werden: fehlerhafte Konſtruktion, ſchlechtes Material, Altersſchwäche, nachläſſige Bedienung.

Fehlerhafte Konſtruktion kann gegeben ſein in der Verwendung zu ſchwacher Bleche, mangelhafter Verankerung und nachläſſiger Arbeit. Altersſchwäche entſteht durch inneres und äußeres Abroſten der Keſſelbleche, Stehbolzen und Anker, ferner durch Beulenbildung in den Blechen infolge undichter Nieten, Nietnähte oder Garniturteile. — Bei nachläſſiger Bedienung entſtehen Keſſelexploſionen infolge Waſſermangels, zu hoher Dampfſpannung oder zu ſtarker Keſſelſteinbildung. Der Waſſermangel entſteht meiſt durch vernachläſſigte Speiſung, ferner durch Ueberkochen oder plötzliche Undichtheit. Durch Waſſermangel werden Teile der Heizfläche bloßgelegt und erglühen. Die dadurch entſtehende Verminderung der Feſtigkeit des Bleches gibt zu Beulen oder Riſſen Veranlaſſung, die des weiteren eine Exploſion im Gefolge haben können. Eine Ueberſchreitung der zuläſſigen Dampfſpannung kann nur eintreten, wenn die Sicherheitsventile ſchlecht funktionieren oder das Manometer unrichtig zeigt. Die Keſſelſteinbildung verurſacht leicht eine Ueberhitzung der Bleche, die durch die damit verbundene Feſtigkeitsverminderung zur Beulen- und Riſſebildung Veranlaſſung gibt. Eine weitere Urſache zur Bildung von Beulen kann, wie v. Bach nachgewieſen hat [1], die durch unreines, beſonders ölhaltiges Speiſewaſſer entſtehende örtliche Wärmeſtauung in den Feuerplatten ſein. Die Einbeulungen bezw. Ausbauchungen treten hierbei auch ohne Waſſermangel, ohne Erglühen, alſo ohne Weichwerden des Bleches und ohne Ueberſchreitung der höchſten zuläſſigen Betriebsſpannung infolge übertriebener, wenn auch nur kurze Zeit währender Inanſpruchnahme der betreffenden Heizflächenteile bei gleichzeitiger Erſchwerung des Wärmeübergangs vom Keſſelblech ins Speiſewaſſer, auf. Gelangt das im Speiſewaſſer enthaltene Oel an eine ſolche Stelle der Keſſelwand, ſo wird dort trotz der geringen Stärke der Oelſchicht der Wärmeübergang aus der Heizfläche in das Waſſer außerordentlich erſchwert. Die von der Wärmeſtauung betroffenen Flächen werden heißer als die benachbarten vom Waſſer gekühlten Teile der Wandung und ſuchen ſich auszudehnen; da die kältere Umgebung dieſes Beſtreben aber nicht genügend unterſtützt, ſo entſteht die Neigung, nach der Seite auszuweichen, d. h. ſich auszubauchen bezw. einzubeulen, je nachdem die Wandung unter innerem oder äußerem Ueberdruck ſteht. Dieſe Formveränderungen gehen zwar zunächſt nur ſo weit, als es das Beſtreben der wärmeren Stelle ſich auszudehnen unter Einwirkung des Dampfdruckes verlangt; es kann ſich aber an der Beule durch Ueberanſtrengung des Materials ein Riß bilden, der bei einer möglichen weiteren Vergrößerung eine ſolche Entlaſtung des Dampfkeſſels durch Ausſtrömen von Waſſer und Dampf bewirkt, daß die mit der Druckverminderung freiwerdende Wärme des Waſſers plötzlich die Dampfentwicklung maſſenhaft ſteigert und eine wirkliche Exploſion des Keſſels herbeiführt.

Der Zentralverband der preußiſchen Dampfkeſſelüberwachungsvereine in Gemeinſchaft mit dem Verbande deutſcher Privatfeuerverſicherungsgeſellſchaften und dem Internationalen Verbande der Dampfkeſſelüberwachungsvereine hat folgende Definition der Dampfkeſſelexploſion aufgeſtellt: Erleidet die Wandung eines Dampfkeſſels eine Trennung in ſolchem Umfange, daß durch Ausſtrömen von Waſſer und Dampf eine plötzliche Ausgleichung der Spannungen innerhalb und außerhalb des Keſſels ſtattfindet, ſo iſt dieſer Unfall als Exploſion zu bezeichnen.

Literatur: [1] Zeitſchrift des Vereins deutſcher Ingenieure 1894, S. 1420; 1902, S. 73 ff.; 1905, S. 111 ff. und 379. *G. Schwarz.*

Dampfkeſſelfabrikation erfordert zur tunlichſten Einſchränkung der Exploſionsgefahr, daß nur ausgeſuchte, tadelloſe Bleche, Winkeleiſen, Nieten u. ſ. w. zur Verwendung gelangen und in durchaus ſolider Weiſe verarbeitet werden. Für die Blechſtärken und Qualitätsziffern bezw. deren Prüfung gelten die abgeänderten Würzburger Normen, angenommen von dem Internationalen Verbande der Dampfkeſſelüberwachungsvereine am 25. Juni 1881 und abgeändert am 27. Juni 1895 zu Kiel, ſowie die von demſelben Verbande 1884 zu Brüſſel

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

angenommenen Hamburger Normen, die von ihm zuletzt am 16. und 17. Juni 1898 zu Baden-Baden abgeändert wurden [1].

Hiernach ſind die in drei Qualitäten hergeſtellten Keſſelbleche aus Schweißeiſen, nämlich: 1. Feuerblech, 2. Bördelblech, 3. Mantelblech, je nach ihrer Güte ſeitens des Walzwerkes außer mit dem Stempel des Werkes mit dem Qualitätsſtempel S I für Feuerblech, S II für Bördelblech und S III für Mantelblech zu verſehen. Ueber die Abnahme der Bleche wird beſtimmt, daß ſämtliche Platten bei der Beſichtigung auf dem Walzwerke mindeſtens an zwei Stellen abzuſtempeln ſind, und zwar mit dem Stempel des abnehmenden Beamten und mit einer laufenden Nummer. Bei einer zu unterſuchenden Blechbeſtellung ſollen in der Regel folgende Proben genommen werden: 1. von ſämtlichen Feuerblechen, 2. von 50 % der Bördelbleche, 3. von 25 % der Mantelbleche, mindeſtens jedoch von drei Platten, und zwar bei 1. und 2. ſowohl Zerreiß- als auch Biegeproben in Längs- und Querfaſer, bei 3. jedoch nur zur Hälfte Zerreiß- und zur Hälfte Biegeproben in Längs- und Querfaſer. Die Zerreißfeſtigkeit darf bei allen drei Qualitäten 40 kg/qmm nicht unterſchreiten.

Zu Keſſelblechen aus Flußeiſen darf bis auf weiteres nur im Flammofen hergeſtelltes Flußeiſen verwendet werden. Für die drei Qualitäten: Feuerblech, Mantelblech I, Mantelblech II gelten entſprechend dem unter Keſſelblech aus Schweißeiſen Bemerkten, für flußeiſerne Keſſelbleche die Qualitätsſtempel F I für Feuerblech, F II für Mantelblech I, F III für Mantelblech II. Aus Mantelblech II dürfen nur ſolche Teile des Keſſelmantels gefertigt werden, die von den Feuergaſen nicht berührt werden, und aus Mantelblech I nur ſolche Teile des Keſſelmantels, die nicht im erſten Feuerzuge liegen. Alle übrigen Teile der Keſſelwandung, einſchließlich derjenigen, die gebördelt werden, wie z. B. Böden, Stutzen, Dome u. ſ. w., ſind aus Feuerblech herzuſtellen. Die Abnahme geſchieht nach denſelben Grundſätzen wie für die Keſſelbleche aus Schweißeiſen, jedoch mit der Abweichung, daß bei einer zu unterſuchenden Blechbeſtellung in der Regel folgende Proben entnommen werden ſollen: 1. von ſämtlichen Feuerblechen, 2. von 50 % aller Mantelbleche, und zwar bei 1. ſowohl Zerreiß- als auch Biegeproben in Längs- und Querfaſer, bei 2. jedoch nur zur Hälfte Zerreiß- und zur Hälfte Biegeproben; außerdem ſind von allen Blechen der Beſtellung Härtungsbiegeproben zu nehmen. Die Blechſtärken und die Verhältniſſe der Niet- und Schraubenverbindungen werden im allgemeinen nach den Regeln der Hamburger Normen beſtimmt. Die Längsnähte des Keſſelmantels ſind möglichſt derart anzuordnen, daß ſie nicht vom Mauerwerk und von Keſſelträgern verdeckt ſind, damit ſie ohne deren Beſeitigung nachgeſtemmt werden können. Die Längsnähte der aufeinander folgenden Schüſſe des Mantels ſind zu verſetzen. Dabei darf keine Mantellängsnaht im erſten Zugkanale liegen. Bei Flammrohren ſoll keine Nietnaht im direkten Feuer liegen, die Längsnähte kommen daher ſtets nach unten. Der erſte Schuß muß bis hinter die Feuerbrücke reichen, er iſt in der Regel zylindriſch und wird von dem zweiten Schuß, der wie alle folgenden koniſch ausgeführt iſt, von außen umfaßt, damit ſich die heißen Gaſe nicht gegen die Blechkante ſtoßen. Die Nietnähte ſollen ſo ausgeführt werden, daß der erforderliche Widerſtand gegen Gleiten vorhanden iſt und daß die Widerſtandsfähigkeit der Niete gegen Abſcheren nicht geringer iſt, als die in Rechnung zu ziehende Feſtigkeit des Bleches in der Nietnaht. Bei Laſchennietungen ſollen die Laſchen aus Blechen von mindeſtens gleicher Güte wie die der Mantelbleche geſchnitten werden [2].

Die Flanſchen der Armaturſtutzen u. ſ. w. ſind ſo dick zu machen, daß ſie Biegungsbeanſpruchungen und dem Durchbiegen ſicher widerſtehen können. Bei Bemeſſung der Schrauben muß etwaigen Biegungsſpannungen derſelben durch einſeitig liegende Dichtungen u. dergl. beſonders Rechnung getragen werden. Schwächere Schrauben als ſolche von 16 mm äußerem Durchmeſſer ſind tunlichſt zu vermeiden; Schrauben unter 13 mm Durchmeſſer ſind nicht zuläſſig.

Die Einfeuerungsteile ſind kräftig zu halten, und der Verſchluß der Feuerung, Aſchenfall und ſonſtige Türen ſind zu hobeln, um beim Stillſtande den Eintritt kalter Luft in die Feuerzüge zu verhindern.

Bei der großen Verſchiedenartigkeit der Keſſelkonſtruktionen läßt ſich der Arbeitsvorgang bei der Fabrikation im einzelnen hier nicht eingehend beſchreiben. Die Herſtellung der einfachen Walzen geſchieht etwa in der nachſtehenden Reihenfolge: Die Bleche werden vor der Bearbeitung genau beſichtigt und durch Abhämmern auf etwaige Fehlſtellen unterſucht; auch während der Arbeit iſt ſorgfältig darauf zu achten, ob irgend welche Fehler zum Vorſchein kommen. Die Platten werden, wenn nicht auf Maß vom Werk bezogen, nach den verlangten Abmeſſungen auf der Blechſchere beſchnitten und die Stemmkanten auf einer Spezialmaſchine ſchräg angehobelt; das Behauen dieſer Kanten mit dem Meißel von Hand iſt bei Flußeiſenblechen zu verwerfen. Die Zuſchärfung der Blechecken für die Wechſel erfolgt vor dem Biegen und Lochen und muß möglichſt ſchlank ausgeführt werden, ſo daß jede Ecke über den Wechſelniet hinaus und noch durch einen vollen Niet reicht. Die Nietlöcher ſollen nicht durchgeſtoßen, ſondern gebohrt werden, Schweißeiſen iſt hiergegen weniger empfindlich als Flußeiſen, bei dem, wenn die Einrichtung oder die Herſtellungskoſten das Bohren nicht geſtatten, zum mindeſten die Löcher kleiner geſtanzt und dann aufgebohrt werden ſollten. Starke Bleche und ſolche für kleine Durchmeſſer müſſen warm gebogen werden. Zu dieſem Zweck werden die Platten im Flammofen auf Rotglut erhitzt und auf der Biegemaſchine, die Bleche aus Schweißeiſen in der Richtung ihrer Längsfaſer, in die richtige Form gebogen. Flußeiſenbleche dürfen nur in der Rotglühhitze und nicht im ſchwarz- oder blauwarmen Zuſtand, eher noch ganz kalt, gebogen werden. Als Biegemaſchine iſt die ſtehende, hydrauliſch betätigte Biegepreſſe der horizontalen Blechwalze aus verſchiedenen Gründen vorzuziehen. Das Zuſammenrichten der Bleche darf nur in gehörig erwärmtem Zuſtand geſchehen, und es iſt beſonders auf das Ausrichten der Wechſel die größte Sorgfalt zu verwenden. Die hierbei teilweiſe zu erwärmenden Bleche müſſen beſonders bei Flußeiſen langſam abkühlen, und es muß der Uebergang von den wärmeren zu den kälteren

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Stellen ein allmählicher ſein. Nach dem Zuſammenrichten werden die Schüſſe geheftet und die Nietlöcher aufgebohrt bezw. nachgeräumt. Zu dieſer Arbeit werden in modern eingerichteten Keſſelſchmieden mittels Preßluft betriebene Bohrapparate benutzt. Sämtliche Nietlöcher müſſen vor dem Zuſammennieten der Bleche von allem Grat befreit werden. Das mancherorts noch anzutreffende Aufdornen nicht genau paſſender Nietlöcher iſt, als für das Keſſelmaterial ſehr gefährlich, ſtrengſtens zu verbieten. Die von innen nach außen in die genau paſſenden Nietlöcher im rotwarmen Zuſtand eingeführten Nieten werden entweder durch Hammerſchläge von Hand oder bei großen Nietdurchmeſſern beſſer durch hydrauliſche Nietmaſchinen aufgeſtaucht und durch Schellen oder Preſſen mit einem Kopf verſehen. Das Arbeitsſtück wird dabei in der Regel auf Rollen gelegt, die ein allmähliches Umdrehen der zylindriſchen Stücke geſtatten. Die Nietköpfe müſſen innen mit gut paſſendem Nietſtock vorgehalten werden, außen dürfen die Bleche um die Nietköpfe herum mit dem Schellhammer nicht eingekniffen werden. Die Kanten ſind innen und außen, die Nietköpfe in der Regel nur außen zu ſtemmen, die Bleche dürfen jedoch durch das Stemmen weder um die Nietköpfe herum noch an den Kanten entlang eingekerbt werden. Zum Verſtemmen der Nietnähte werden, wie auch zu andern Arbeiten im Keſſelbau, mehr und mehr pneumatiſch betriebene Werkzeuge benutzt, deren Leiſtungsfähigkeit im Vergleich zur Handarbeit ungewöhnlich groß iſt. Die Böden der Keſſel werden mit beſonderen Umkrempmaſchinen oder Preſſen gebogen und meiſt fertig von den Werken bezogen.

Literatur: [1] Taſchenbuch der „Hütte“, 18. Aufl., Berlin 1902. — [2] Bach, C. v., Maſchinenelemente, 9. Aufl., Stuttgart 1903.

G. Schwarz.

Dampfkeſſelnietung, ſ. Nietung, Nietverbindungen.

Dampfkeſſelſpeiſeapparate. Jeder Dampfkeſſel muß nach dem Geſetz mit zwei zuverläſſigen Vorrichtungen zum Speiſen verſehen ſein, die nicht von derſelben Betriebseinrichtung abhängig ſind und von denen jede für ſich imſtande iſt, dem Keſſel die zur Speiſung erforderliche Waſſermenge zuzuführen. Mehrere zu einem Betriebe vereinigte Keſſel werden hierbei als ein Dampfkeſſel angeſehen. Die Zuführung des Speiſewaſſers in die Keſſel geſchieht entweder durch Pumpen oder Injektoren.

Für kleinere Keſſel, bei denen das Produkt aus der waſſerberührten Heizfläche in Quadratmetern und der höchſten Dampfſpannung in Atmoſphären Ueberdruck nicht größer als 100 iſt, ſind Handpumpen (Fig. 1) noch zuläſſig. Bei größeren Anlagen kommen Maſchinenpumpen zur Anwendung, die entweder mittels Exzenters von der Kurbelwelle der Dampfmaſchine oder von der Transmiſſion angetrieben werden.

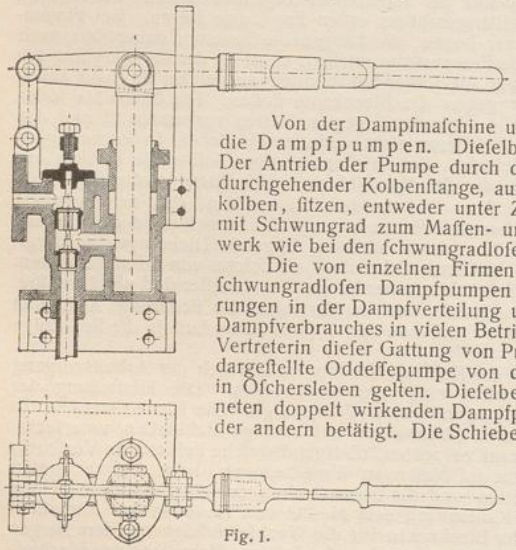


Fig. 1.

Von der Dampfmaſchine und dem übrigen Betrieb unabhängig ſind die Dampfpumpen. Dieſelben werden liegend und ſtehend gebaut. Der Antrieb der Pumpe durch die Dampfmaſchine erfolgt meiſtens mittels durchgehender Kolbenſtange, auf der beide, der Pumpen- und der Dampfkolben, ſitzen, entweder unter Zwiſchenſchaltung eines Kurbeltriebwerkes mit Schwungrad zum Maſſen- und Kraftausgleich oder ohne dieſes Triebwerk wie bei den ſchwungradloſen Dampfpumpen von Worthington u. a.

Die von einzelnen Firmen in neuerer Zeit als Spezialität gebauten ſchwungradloſen Dampfpumpen haben infolge der getroffenen Verbeſſerungen in der Dampfverteilung und des ſich hieraus ergebenden geringeren Dampfverbrauches in vielen Betrieben zahlreiche Aufnahmen gefunden. Als Vertreterin dieſer Gattung von Pumpen kann die in Fig. 2 im Längsſchnitt dargeſtellte Oddeſſepumpe von der Maſchinenfabrik Oddeſſe G. m. b. H. in Oſchersleben gelten. Dieſelbe beſteht aus zwei nebeneinander angeordneten doppelt wirkenden Dampfpumpen, von denen die eine die Steuerung der andern betätigt. Die Schieberbewegung geſchieht durch einen auf der Kolbenſtange befeſtigten ſtarren Arm und ein im Schieberkaſten ſitzendes Treibſtück. Dieſes Treibſtück beſitzt eine ſchräge Nute, in der ein entſprechend geformter ſchräger Anſatz des Grundſchiebers gleitet, wodurch dieſer bei der Längsbewegung der Kolben quer zur Zylinderachſe verſchoben wird und mit Hilfe des auf ihm gleitenden Expanſionsſchiebers die Dampfverteilung bewirkt. Die Anordnung iſt ſo getroffen, daß die linke Kolbenſtange den Grundſchieber des rechten Dampfzylinders, dieſer Grundſchieber aber wieder den Expanſionsſchieber des linken Dampfzylinders betätigt, und umgekehrt. Der ſchräge Anſatz am Grundſchieber hat ein gewiſſes Spiel in der Nute des Treibſtückes, um am Hubende eine Pauſe entſtehen zu laſſen, in der die Pumpenventile Zeit finden ſich ſanft und ſtoßfrei zu ſchließen. Die Expanſionsſchieber werden entweder für eine beſtimmte Füllung eingeſtellt, oder aber ſie erhalten nach Art der Meyerſchen Steuerung Stellſpindeln mit Handrad und Zeiger, um ſie von außen auf die erforderliche Füllung einſtellen zu können. Die zur ſtoßfreien Begrenzung des Kolbenhubes und Vermeidung von Beſchädigungen benötigte Kompreſſion wird bei dieſen Pumpen dadurch erzielt, daß der Dampfkolben den Ausſtrömkanal vor Hubende überdeckt und dadurch den eingeſchloſſenen Auspuffdampf komprimiert. Damit aber der Friſchdampf beim Hubwechſel trotzdem hinter den Kolben gelangen kann, ſind an beiden Zylinderenden kleine

Ventile angebracht, die mit dem vom Kolben verſchloſſenen Kanal in Verbindung ſtehen und ſich öffnen, ſobald Friſchdampf vom Schieberkaſten in den Kanal gelangt. Beim Beginn der Expanſion ſchließen ſich dieſe Ventile unter dem Einfluß der auf ihnen ſitzenden Belaſtungsfedern, um nach dem Hubwechſel dasſelbe Spiel zu wiederholen. Die Pumpe geht nach Oeffnen des Dampfventils in jeder Kolbenſtellung ohne weiteres an. Sie läßt ſich ſo einſtellen, daß die Speiſung fortlaufend geſchieht und der Waſſerſtand im Keſſel bei nicht ſehr ſtark wechſelndem Dampfverbrauch nahezu konſtant bleibt.

Sehr zuverläſſig in den heutigen Ausführungen, wenn auch in der Speiſung nicht ſo gleichmäßig, ſind die Injektoren. Dieſelben werden als ſaugend und nichtſaugend

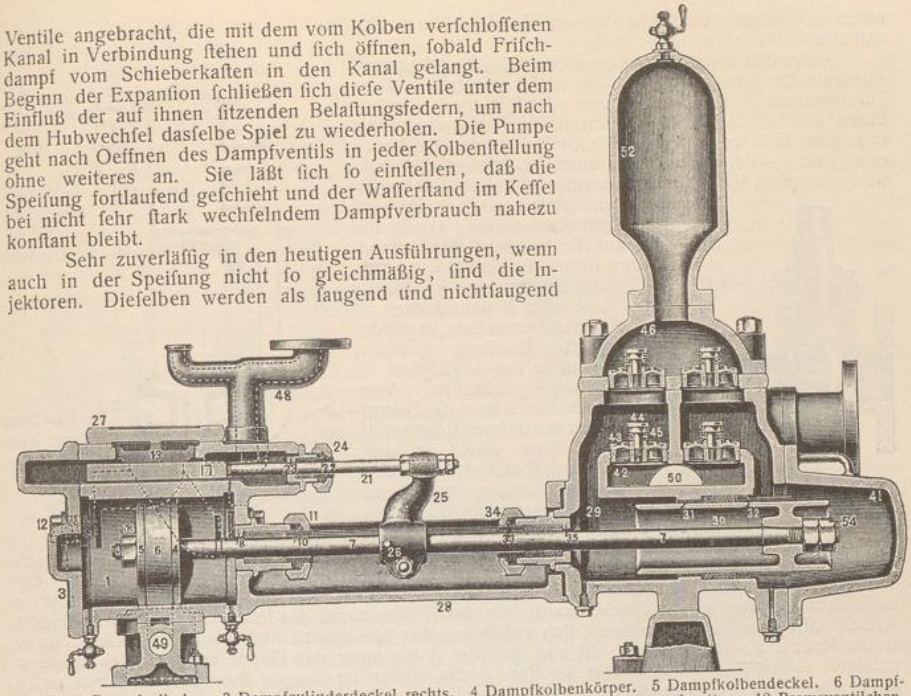


Fig. 2. 1 Dampfzylinder. 3 Dampfzylinderdeckel rechts. 4 Dampfkolbenkörper. 5 Dampfkolbendeckel. 6 Dampfkolbenringe. 7 Kolbenſtange. 8 Stopfbüchſenkörper. 10 Stopfbüchſe. 11 Ueberwurfmutter. 12 Bremsventilchen. 13 Grundſchieber links. 17 Treibſtück rechts. 21 Treibſtangen. 22 Treibſtangenſtopfbüchſe. 23 Stopfbüchſenkörper. 24 Ueberwurfmutter. 25 Steuerarm mit Bolzen. 26 Paßſtift. 27 Schieberkaſtendeckel. 28 Verbindungsſtück. 29 Pumpenkörper. 30 Plungerkolben. 31 Plungerbüchſe. 32 Innenſtopfbüchſe. 33 Kolbenſtangenſtopfbüchſe. 34 Ueberwurfmutter. 35 Stopfbüchſenkörper. 41 Plungerhaube. 42 Ventilſitz. 43 Ventilteller. 44 Ventilſpindel. 45 Ventilfeder. 46 Pumpenhaube. 48 Dampfeintrittſtutzen. 49 Dampfauspuff. 50 Saugrohranſchluß. 52 Windkeſſel. 53 Dampfkolbenmutter. 54 Plungermuttern.

gebaut, die ſaugenden Injektoren können das Waſſer je nach der Temperatur desſelben auf mehrere Meter Höhe anſaugen, während den nichtſaugenden das Speiſewaſſer zufließen muß. Ein beſonders auch mit warmem Waſſer zuverläſſig arbeitender Injektor iſt der Univerſalinjektor von Gebr. Körting in Körtingsdorf bei Hannover. Wie Fig. 3 zeigt, ſind in einem Gehäuſe zwei ſelbſtändige Injektoren vereinigt, von denen der erſte das Waſſer anſaugt und unter einen gewiſſen Druck ſetzt, während der zweite den Druck des Waſſers ſo weit ſteigert, daß es in den Keſſel treten kann. Durch eine geringe Vorwärtsbewegung des Handhebels wird zuerſt das die erſte Düſe ſchließende Ventil V etwas gehoben, dadurch das Waſſer angeſogen und anfangs durch den Kanal M ins Freie getrieben; durch weitere Fortbewegung des Hebels ſchließt der Hahn E dieſen Kanal ab, ſo daß das Waſſer in das Düſenſyſtem F_1 unter Druck eintritt und nun durch den Kanal M_1 noch ſo lange ins Freie ausfließt, bis das Ventil V_1 ganz geöffnet iſt und gleichzeitig der Hahn E den Kanal M_1 abgeſchloſſen hat, worauf das Waſſer durch das Speiſeventil G in den Keſſel ſtrömt. Der ganze Vorgang vollzieht ſich ſo ſchnell, daß es nur nötig iſt, den Handhebel langſam von einer Seite zur andern zu bewegen. Dieſe Injektoren ſind imſtande, Keſſel bei 11—12 Atmoſphären Betriebsdruck mit zufließendem vorgewärmten Waſſer von 65° vollkommen ſicher zu ſpeiſen, während ſie bei ſaugender Aufſtellung 60° warmes Waſſer auf 2 m, kaltes bis auf 6 m ſicher anſaugen und in den Keſſel drücken (ſ. a. Strahlapparate). Die Speiſung mit Injektoren iſt ſehr ſparſam, da die ganze Wärme im Speiſewaſſer verbleibt. Der Abdampf der Dampfpumpen wird zwar auch zum Vorwärmen des Speiſewaſſers verwendet, dies kann jedoch des Zylinderſchmieröls wegen nur indirekt durch Heiz-

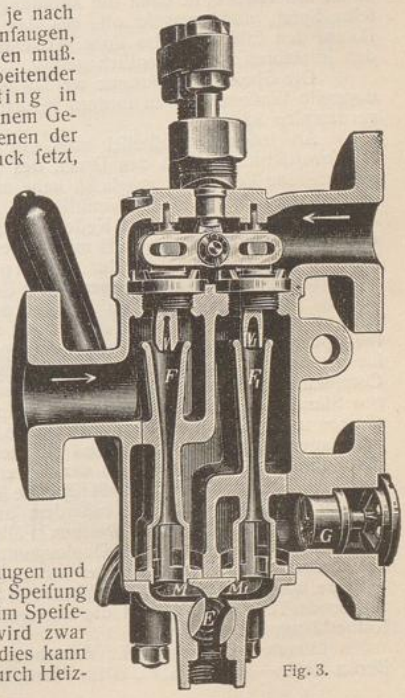


Fig. 3.

rohre geschehen, wodurch die im Kondensationswasser enthaltene Wärme verloren geht.

Außer den vorgenannten Speisevorrichtungen kommen Apparate zur Anwendung, die den Kessel automatisch ohne Zuhilfenahme von Kolbenpumpen oder Injektoren speisen. Einen solchen Apparat, der Firma W. Schönicke in Gera patentiert, zeigt Fig. 4. Die Aufstellung des Apparates erfolgt ca. 1—1½ m über dem normalen Wasserstand, entweder auf dem Kesselmauerwerk oder seitlich desselben auf Wandkonsolen. Die an dem Dampfeintritt angeschlossene Leitung taucht im Kessel bis auf den normalen Wasserstand ein und wird durch ein Ventil, das unter dem Einfluß des im Oberbehälter *B* befindlichen Schwimmers *m* steht, in dessen höchster Stellung geöffnet und in der niedrigsten Stellung geschlossen. Von diesem Ventil kann der Dampf nur in den unteren Behälter *A*, nicht aber direkt in den Behälter *B* eintreten. Bei der Inbetriebsetzung wird der ganze Apparat mit Wasser gefüllt, der Schwimmer *m* steigt dadurch in seine höchste Lage, öffnet hierbei das Ventil *e*, und im Apparat herrscht, nachdem noch ein in die Leitung eingebautes Absperrventil geöffnet wird, die Kesselspannung. Sinkt nun der Wasserstand im Kessel bis unter die Mündung des Eintauchrohres, so strömt der Dampf durch *e* nach dem Behälter *A* und drückt aus diesem das Wasser durch das Rückschlagventil *i* nach dem Kessel. Mit dem Behälter entleert sich zusammen das Standrohr *l* und der Rohrschenkel von *c*, wobei Rohr *d* als Heber wirkt. Ist nun Behälter *A* bis unter den Doppelkrümmer des Rohres *c* entleert, so zieht die Wassersäule im Rohr *d* das Wasser im langen Rohrschenkel *c* heberartig nach oben und gestattet dadurch dem Dampf den Eintritt in Behälter *B*. Mit Eintritt des Dampfes in Behälter *B* stürzt das Wasser aus diesem durch Rohr *d*, *l* und Klappenventil *n* in den Behälter *A*, gleichzeitig durch Sinken des Schwimmers *m* das Ventil *e* schließend. Durch das im Behälter *A* angeordnete Standrohr *l* wird das von *B* kommende Wasser rasch mit dem Dampf gemischt und dadurch ein gutes Vakuum erzeugt, das ein rasches Ansaugen und Wiederfüllen des Apparates herbeiführt. Der Schwimmer *m* steigt wieder in seine höchste Stellung und öffnet das Ventil *e*; ist dann die Mündung des Eintauchrohres noch frei, so wiederholt sich dasselbe Spiel, und zwar so oft, bis das Wasser im Kessel über diese Mündung steigt und dem Dampf den Eintritt in das Rohr verwehrt. Die Wärmeverluste sind bei diesem Apparat wie bei den Injektoren außerordentlich gering.

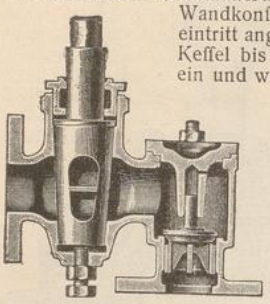


Fig. 5.

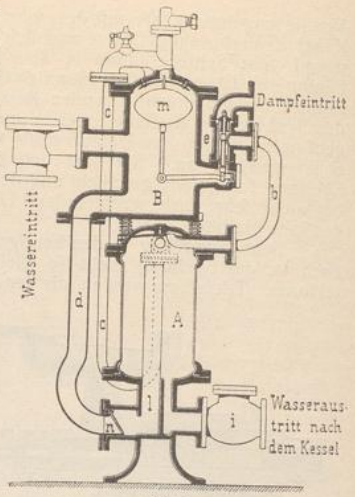


Fig. 4.

Die Speisevorrichtungen werden so reichlich bemessen, daß jede für sich mindestens die doppelte Wassermenge zu fördern vermag, welche die Kesselanlage bei angestrengtem Betrieb verdampfen kann.

An jedem Dampfkessel muß ein Speiseventil angebracht sein, das bei Abstellung der Speisevorrichtung durch den Druck des Kesselwassers geschlossen wird. Dieses gesetzlich vorgeschriebene Ventil soll möglichst nahe am Kessel sitzen; um dasselbe bei eintretendem Undichtwerden oder Festsitzen des Ventilkegels nachsehen zu können, schaltet man zweckmäßig eine Absperrvorrichtung zwischen Kessel und Speiseventil. Zuweilen wird beides zusammengegossen, wie das Speiserückschlagventil mit Absperrhahn von Schaeffer & Budenberg in Magdeburg-Buckau, Fig. 5, zeigt. Literatur s. Pumpen, Strahlapparate. *G. Schwarz.*

Dampfkesselspeisepumpen [1] an Bord der Schiffe sind Dampfpumpen, die den Dampfkesseln, unabhängig von dem Betriebe der Hauptmaschine, das erforderliche Speisewasser zuführen; sie werden in den Kesselräumen aufgestellt und wird für jeden Kesselraum eine Hauptspeisepumpe und eine Reservespeisepumpe vorgesehen. Jede der Pumpen muß imstande sein, für die in dem betreffenden Raum aufgestellten Kessel das erforderliche Speisewasser — für Compoundmaschinen 9,0 l, für Dreifach- und Vierfach-Expansionsmaschinen 7—7,5 l pro PSi und pro Stunde — [1] zu liefern. Die Hauptspeisepumpen saugen meist aus den in den Maschinenräumen untergebrachten Warmwasserkasten, in welche die Luftpumpe das Kondensat des niedergeschlagenen Dampfes drückt und die meist zugleich mit einem Kesselspeisewasserreiniger (s. d.) und Vorwärmer (s. d.) derart verbunden sind, daß das Speisewasser mit Gefälle den einzelnen Speisepumpen zufließt [2]. Die Reservedampfspeisepumpe liefert ferner das Druckwasser für den Aschejektor und ist außerdem an die Feuerlösch- und Flutrohrleitung der Munitionskammern angeschlossen, in welchen Fällen sie aus See saugen [4]. Für Schiffszwecke finden direkt wirkende Simplex- oder Duplexpumpen, vorwiegend in vertikaler Aufstellung, Verwendung; sie werden meist an den Bunker- oder Querschotten befestigt. Am gebräuchlichsten sind die Systeme von Worthington, Weir, Blake, Weise und Monski; sie arbeiten alle ohne rotierende Teile, und erfolgt die Steuerung des Dampfschiebers direkt oder indirekt durch die Kolbenstange [3].

Literatur: [1] Bauer, G., Berechnung und Konstruktion der Schiffsmaschinen und -Kessel, Berlin 1904. — [2] Roters, F., Blake-Marinepumpen, Schiffbau 1901, Nr. 21 und 22. — [3] Hartig, J.,

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Aus der Praxis für die Praxis, Bremerhaven 1903. — [4] Dick, C., und Kretfchmer, O., Handbuch der Seemannfchaft, Berlin 1902.

T. Schwarz.

Dampfkochapparate, Einrichtungen zum Kochen mit Dampf, der entweder direkt mit der zu kochenden Subftanz innerhalb eines gefchloffenen Gefäßes in Berührung gebracht wird (f. Dämpfapparat) oder den Kochkeffel umgibt und fo mit der nötigen Wärme verfieht.

Die Vorteile diefer Kochmethoden beftehen darin, daß man von einem Dampfkeffel aus eine große Zahl von Kochgefäßen betreiben und mit beftimmter (der Dampffpannung entfprechender), möglichft konftanter Temperatur kochen kann. Das „Anbrennen" wird vermieden, und es ift möglich, beliebig große Kochgefäße an beliebig entfernten Stellen von der Feuerung einzurichten. Derartige Apparate werden (abgefehen von der Speifebereitung) in den verfchiedenften Gebieten der Technik benutzt (Brauerei-, Färbe-, Käfe-, Molkerei-, Seifenfieder-keffel, Talgfchmelzen u. f. w.).

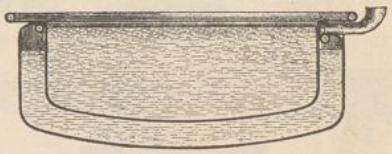


Fig. 1.

Tritt der Dampf direkt zu den zu behandelnden Stoffen, was natürlich nur dann zuläffig ift, wenn das Kondenfationswaffer des Dampfes fich denfelben ohne Nachteil zugefellen darf, fo hängt es von der Befchaffenheit der Stoffe ab, ob das Kochgefäß aus Metall und aus welchem Metall dasfelbe beftehen darf. Vielfach werden hier gefchloffene hölzerne Gefäße angewendet, befonders wenn die Kochflüffigkeit metallangreifende Salze enthält. — Kochgefäße, bei denen der Dampf nur die Rolle der Heizung übernimmt, haben entweder einen doppelten Mantel und Boden oder find mit in den Körper des Kochgefäßes eingegoffenen Dampffchlangen verfehen. Der Dampf erfüllt im erfteren Falle den Zwifchenraum zwifchen dem äußeren Boden und dem Boden des Kochgefäßes. Derartige Einrichtungen werden vielfach aus Holz und Kupfer, meiftens aber aus Kupfer allein oder verzinntem Kupfer, häufig auch aus Eifenblech oder Gußeifen hergeftellt. — Soll die Temperatur im Kochgefäße 100° C. nicht überfteigen, fo fetzt man das Kochgefäß in ein Waffer bad, wie in Fig. 1 veranfchaulicht ift. Einen Keffel mit Doppelboden, von denen der äußere aus Holz befteht, zeigt Fig 2; derartige Einrichtungen find vielfach im Molkereibetriebe im Gebrauche. In Fig. 3 ift ein Dampfkochapparat mit Doppelbodenkeffel auf Füßen und mit Rührwerk dargeftellt, das mittels Riementriebes gedreht wird.

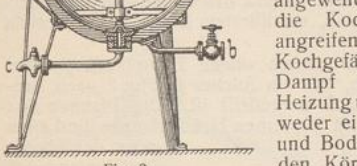


Fig. 3.

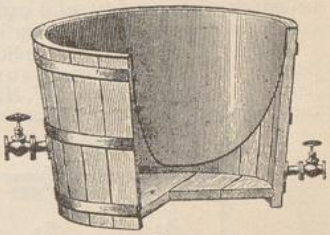


Fig. 2.

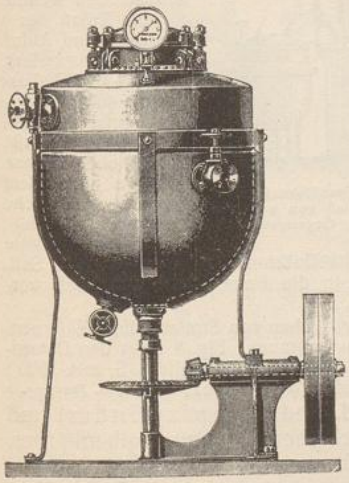


Fig. 4.

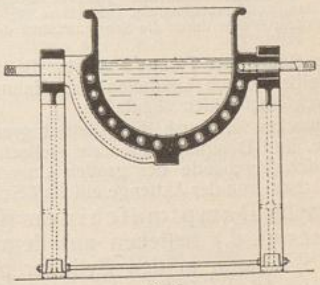


Fig. 5.

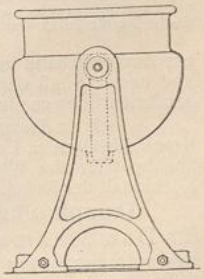


Fig. 5a.

Der Dampf ftrömt bei *a* zu, bei *b* befindet fich der Ablaß aus dem Dampfraum, bei *c* jener aus dem Kochgefäße, bei *t* ein Thermometer. Einen kupfernen Rührwerksdoppelkochkeffel mit unterem Antrieb des Rührwerks der Firma C. Heckmann in Berlin SO., Görlitzer Ufer 9, zeigt Fig. 4; derfelbe ift mit einem durch Scharnierfchrauben befeftigten ftarken Deckel zum Einfüllen und Entleeren der Maffe verfehen. Ein am Deckel befindliches Manometer geftattet den im Innern herrfchenden Druck und die entfprechende Temperatur zu kontrollieren, was bei vielen Prozeffen, namentlich der chemifchen Großinduftrie, von Wichtigkeit ift, da das Einkochen bei genau vor-

geſchriebener Temperatur und beſtimmten Drücken vor ſich gehen muß (vgl. a. Autoklaven, Bd. I, S. 416). Die Ausführung eines Dampfkochapparates, der auch zum Schmelzen, z. B. von Harzen, Pech, Oelen u. ſ. w., dient, mit in den Körper eingegoſſenen Heizröhren zeigt Fig. 5, eine Ausführung der Maſchinenfabrik von Th. & Ad. Frederking, Leipzig-Lindenau. Da die ſchmiedeeiſernen, ſtarkwandigen Rohre an und für ſich ſchon jedem vorkommenden Druck eines Heizmittels widerſtehen, dieſe Widerſtandsfähigkeit aber noch durch den gußeiſernen Mantel erhöht wird, ſo können dieſe Gefäße mit direktem Keſſeldampf von jeder Spannung oder mit unter Druck ſtehendem Heißwaſſer bis zu 300° C. geheizt werden. Die Zu- und Ableitung erfolgt hierbei durch die Lagerzapfen der drehbaren Pfanne, in welche die Enden der Rohrſchlange mit eingegoſſen ſind. Eine andre, geſchloſſene Form dieſer Gefäße, einen ſogenannten Oelbadkochkeſſel derſelben Firma, zeigt Fig. 6. Derſelbe iſt mit abnehmbarem, aber während des Betriebs verſchließbarem Deckel und einem beſonderen Einſatz verſehen, der in das im Innern des eigentlichen Kochers befindliche Oel eingeſetzt wird und je nach Bedarf aus Metall, emailliertem Eiſen, Ton, Porzellan oder Glas u. ſ. w. hergeſtellt ſein kann.

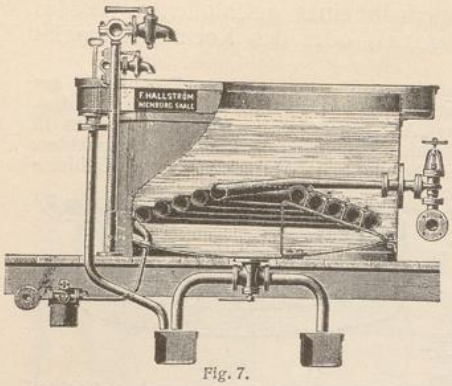


Fig. 7.

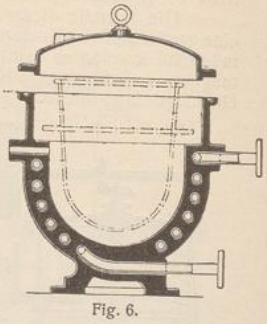


Fig. 6.

Zum Aufkochen und Eindicken der Rohrzuckerſäfte dienen offene Dampfkochapparate, ſogenannte Eliminationspfannen oder Klarifikateure, wie ein ſolcher in Fig. 7 nach Ausführung der Maſchinenfabrik F. Hallſtröm in Nienburg a. S. dargeſtellt iſt. Die Pfannen ſind aus Eiſenblech, zylindriſch oder kaſtenförmig hergeſtellt, mit kupfernen Heizſchlangen und einer rings um den oberen Rand laufenden Schaumrinne verſehen, in welche der ſich bildende Schaum abgeſchöpft wird. Zur Armatur gehören Hähne und Ventile zum Zulaß des Dampfes und Ablaß des Kondenswaſſers, für Saft- und Waſſereinlaß (oben links) ein Stöpfelverſchluß, zum Schaumablaß aus der oberen Rinne in eine unter dem Apparat befindliche (links dargeſtellte) Schaumrinne ſowie ein Zweiwegehahn am Boden der Pfanne, um in die Saftabflußrinne (rechts unten) den Saft, und nach Abfluß desſelben durch Umſtellen des Hahnes in die linke Rinne den noch vorhandenen Schaum durch Nachſpülen abzulaſſen.

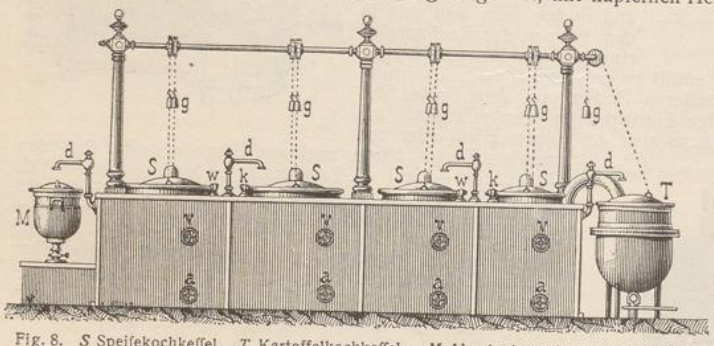


Fig. 8. *S* Speiſekochkeſſel. *T* Kartoffelkochkeſſel. *M* Abnehmbare Gemüſekochkeſſel. *v* Dampfeinlaßventile. *a* Dampfwaſſerablaßventile. *w* Hähne für Zulaß von warmem Waſſer, *k* für Zulaß von kaltem Waſſer durch die Schwenkhähne *d*. *g* Gegengewichte.

Auch zu Kochzwecken im Haushaltungsbetrieb großer Küchen von Strafanſtalten, Kaſernen, Krankenhäuſern u. ſ. w. ſind Dampfkochapparate vielfach in Gebrauch. Fig. 8 zeigt den Dampfkochherd für das Wirtſchaftsgebäude der großen Univerſitätskliniken in Halle a. S. mit 1500 l Kochinhalt der Keſſel, erbaut von der Aktiengeſellſchaft Schäffer & Walcker, Berlin. *v. Ihering.*

Dampfkolben für Dampfmaſchinen (ſ. d. und Dampfzylinder) und für Dampfhämmer (ſ. d.) beſtehen aus dem ſcheibenförmigen Kolbenkörper, der mit geringem Spielraum in den Zylinder paßt und mit ſeiner Nabe auf der Kolbenſtange befeſtigt iſt, und den Liderungsringen, die mit ſanftem Druck dicht an der Zylinderwand anliegen und gleiten. Das Gewicht des Kolbens wird bei liegenden Maſchinen ſchwebend von der Kolbenſtange getragen, die ihrerſeits in den Stopfbüchſen und Führungen aufliegt, oder es iſt auf den Dichtungsringen federnd geſtützt oder wird auch unmittelbar vom Zylinder aufgenommen; bei ſtehenden Maſchinen ruht der Kolben nur auf der Kolbenſtange, ſo daß die Abnutzung des Zylinders gleichmäßig erfolgt.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Allgemeines. Fig. 1 und 2: Kolben ohne Liderungsringe für Indikatoren, auch für kleine ſchnellaufende Maſchinen, werden im Zylinder paſſend eingeſchliffen und dichten am Umfang mit mehreren feinen Rillen, die ſich mit Waſſer und Oel füllen. — Fig. 3: Maſſiver Kolben für Dampfhämmer mit drei Stahlringen von faſt quadratiſchem Querſchnitt mit 6—12 mm Stärke. — Fig. 4: Lokomotivkolben, aus Schmiedeeiſen gepreßt oder aus Stahl gegoſſen, mit gußeiſernen ſelbſtſpannenden Ringen, die über die Ränder des Kolbenkörpers in die Nuten geſchoben werden. — Fig. 5: Lokomotivkolben amerikaniſcher Bauart, mit kegelförmiger Scheibe, der am Umfang mit einem das Gewicht im Zylinder tragenden Laufring von Weißmetall ausgegoſſen iſt. — Fig. 6: Kolben für ſtehende Maſchinen mit Trichterform zur Erhöhung der Widerſtandsfähigkeit und zur Abführung des Waſſers nach außen, mit drei übergeſchobenen Selbſtſpannringen. — Fig. 7: Desgleichen mit flacher Scheibe und beſonderem, auswechſelbarem Kranz für die Ringnuten. — Fig. 8: Hohlgußkolben mit einem ſchraubenförmig aus einem Gußzylinder gefräſten und zuſammengedrückten Ringe, der vermöge ſeiner Federwirkung auch an den Stirnflächen der Nut dauernd dicht anliegt. — Fig. 9: Rippengußkolben mit aufgeſchraubter Deckelſcheibe, mit zwei Ringen und einer Zwiſchenlage, die ſich leicht aufbringen laſſen, auch durch

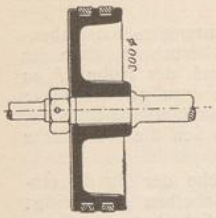


Fig. 4. Lokomotivkolben.

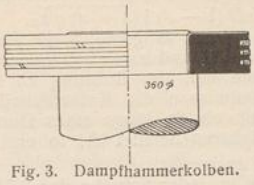


Fig. 3. Dampfhammerkolben.

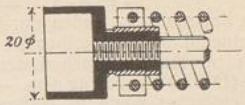


Fig. 1. Indikatorkolben von Dreyer, Rofenkranz & Droop.

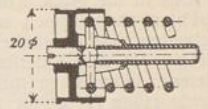


Fig. 2. Indikatorkolben von Crosby.

Fig. 5.

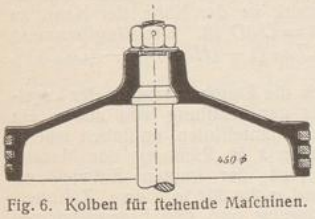


Fig. 6. Kolben für ſtehende Maſchinen.

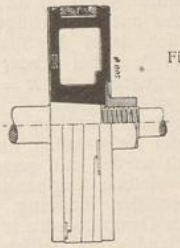


Fig. 8. Schraubenringkolben.

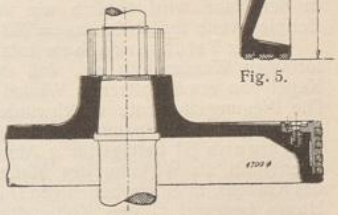


Fig. 7.

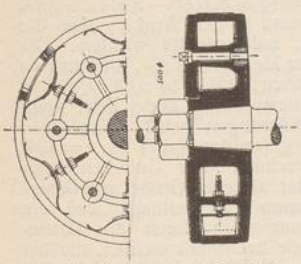


Fig. 12. Kolben mit „ſtützender Liderung".

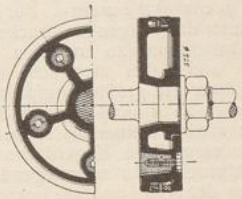


Fig. 9. Kolben von G. Kuhn, Stuttgart-Berg.

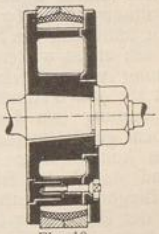


Fig. 10.

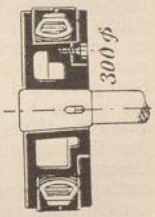


Fig. 11.

Auswechſlung der letzteren gegen eine ſtärkere wiederholt in die Kolbennut eingepaßt werden können, wenn ſie in axialer Richtung loſe geworden ſind. — Fig. 10: Kolben mit Deckelſcheibe und zwei Ringen von keilförmigem Querſchnitt mit dahinterliegendem Spannring von Guß oder Stahl. — Fig 11: Hohlgußkolben mit Deckelring und Spannfeder von doppeltem Stahldraht. — Unter „Dampfzylinder Fig 3" iſt ein Kolben dargeſtellt, deſſen Ringe durch einzelne Rotgußkeilſtücke mit dahinterliegenden Blattfedern geſpannt werden. — Fig. 12: Rippengußkolben mit ſechs nachſtellbaren Blattfedern innerhalb der beiden Dichtungsringe

Fig. 1—12 zeigen verſchiedene Arten der Befeſtigung auf der Kolbenſtange. Bei kleinen Kolben (bis 400 mm) kann der Deckel durch die Mutter der Stange am Kolbenkörper feſtgehalten werden. Beſſer und gebräuchlicher ſind Kopfſchrauben mit Muttern aus Rotguß; letztere ſind rund von außen eingeſetzt oder quadratiſch in Ausſparungen innerhalb des Kolbens eingeſchoben. Die Schrauben werden in die Kolbenoberfläche eingelaſſen, damit ſie nicht am Zylinderboden anſtoßen und auch keine beſonderen Ausſparungen an dieſem erfordern. Die Anzahl der Kolbenſchrauben $Z = 0{,}1\,D\,\text{cm}\,(+1)$ wird gewöhnlich auf eine gerade Zahl abgerundet; ihre Stärke kann zu $d\,\text{cm} = 0{,}6\,\sqrt[3]{D\,\text{cm}}$ angenommen werden. Alle Verſchraubungen am Kolben ſind zu ſichern. Zum Einſetzen von Abpreßſchrauben im Deckel, der an ſeiner zylindriſchen Anlagefläche feſtbrennt, verſieht man ihn mit drei Bohrungen mit Muttergewinde, die im Betriebe durch Bronzeſchrauben geſchloſſen gehalten werden.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Der **Kolbenkörper** wird beanſprucht durch den Dampfüberdruck, ferner durch die Beſchleunigungskraft ſeiner Maſſe, wofür ſich wieder ein gleichmäßiger Ueberdruck rechnen läßt, und durch die Reibung der Ringe am Umfang; dagegen wird er durch die Kolbenſtange in ſeiner Mitte geſtützt.

Eine ebene Scheibe mit D cm äußerem und D_n cm Nabendurchmeſſer und dem Verhältnis $\Delta = D_n/D$, als Platte (ſ. d.) von gleichmäßiger Wandſtärke h für einen Geſamtüberdruck von q Atmoſphären berechnet, erfordert $h_0 = 0{,}35\, D \sqrt{q/\Delta\, s}$ bei der Biegungsſpannung s, die für Gußeiſen 250—300 kg/qcm beträgt, für Stahlguß 400—600. Bei ungleicher Stärke der Scheibe kann 1,2 h_0 bis 1,3 h_0 an der Nabe und 0,8 h_0 bis 0,9 h_0 für den Umfang der Scheibe geſetzt werden. — In der Berechnung von Reymann [1] wird die Beanſpruchung einer radialen Lamelle von einem kleinen Zentriwinkel ω unterſucht. Zur Vereinfachung der Rechnung iſt angenommen, daß das Trägheitsmoment des Lamellenquerſchnittes konſtant ſei, daß alſo die Wandſtärke w umgekehrt proportional der dritten Wurzel aus dem Radius nach außen abnimmt. Die größte Beanſpruchung der Platte findet dabei am Nabenumfang ſtatt. Die Wandſtärke an dieſer Stelle ergibt ſich zu $h_n = 0{,}25\, D\,(1-\Delta)\sqrt{(5+3\Delta)\, q/\Delta\, s_n}$. Am äußeren Umfang iſt

$$h_a = h_n \sqrt[3]{\Delta} = 0{,}25\, D\,(1-\Delta)\sqrt{(3+\Delta)\, q/s_a}.$$

Dabei wird die Spannung s_a außen nur 0,3—0,4 mal ſo groß als die Spannung s_n am Nabenumfang. Für einen Lokomotivkolben iſt $s_n = 633$ und $s_a = 240$ kg/qcm berechnet, dazu die Ringſpannungen in den Stirnflächen der Nabe von der Bohrung D_0 und der Höhe H zu $1{,}7\, s_n\, h_n/H\,[1-(D_0/D_n)^2] = 782$ kg/qcm. — Wenn man die Kolbenſcheibe von gleichmäßiger Wandſtärke in einfacher Weiſe ſo rechnet, als ob ſie längs eines Durchmeſſers geſtützt ſei, während jede Hälfte gleichmäßig mit q Atmoſphären belaſtet iſt, ſo ergibt ſich die Wandſtärke zu $h = 0{,}7\, D\sqrt{q/s}$. Das iſt für große Kolben zu wenig.

Ein Hohlkolben ohne Rippen müßte in jeder Scheibe das 0,7fache der für die einfache Scheibe berechneten Stärke erhalten. Die Rippen verſteifen die Scheiben gegenſeitig; hierfür ſetzt Reymann [1] das Widerſtandsmoment ſo an, als ob die Scheiben die Gurte radialer Träger bildeten, deren Stege indes unberückſichtigt bleiben. Für die ganze Kolbenhöhe H und die lichte Höhe H_1 ergibt ſich dabei die Spannung in der Nähe der Nabe zu $s_n = 0{,}25\, q\, D^2\, h\,(2+\Delta)\,(1-\Delta)^2/\Delta\,(H^3 - H_1{}^3)$, wobei wieder $\Delta = D_n/D$ iſt. Die Ringſpannung in der Nabe wird ähnlich wie vorher angegeben zu $k = 1{,}7\, s_n\,[1-(H_1/H)^3][1-(D_0/D_n)^2]$. Beiſpielsweiſe findet ſich $s_n = 263$ und $k = 335$ kg/qcm.

Der Trichterkolben ſtützt die radialen Lamellen durch die Ringſpannungen der kegelförmigen Wandung ſo ab, daß infolge der Deformation unter der Belaſtung von außen ein Kegel von etwas ſpitzerem Winkel, jedoch wieder mit geraden Mantellinien entſtehen würde. Die Biegungsmomente verſchwinden. Es bleiben Zugſpannungen s in Richtung der Mantellinien und Druckſpannungen t in tangentialer Richtung. Nach der kurzen Entwicklung Reymanns [1] beträgt für q Atmoſphären Dampfüberdruck und q_0 kg für je 1 qcm Zylinderquerſchnitt als Wirkung des Maſſenwiderſtandes bei Beſchleunigung und des Eigengewichtes des Kolbens, in einem beliebigen Durchmeſſer d die Zugſpannung $s = (q+q_0)(D^2-d^2)/4\,d\,w\sin\alpha$. Hierin bedeutet D den Kolbendurchmeſſer, w die Wandſtärke und α den Winkel, den die Mantellinie mit dem Radius bildet; q und q_0 ſind bald poſitiv, bald negativ wirkſam. Die tangentiale Ringſpannung iſt $t = (q+q_0\cos^2\alpha)\, d/2\, w\sin\alpha$. Für ſehr kleine Winkel α, alſo für ſehr flache Kegelflächen, hätte man den Nenner des vorigen Ausdruckes noch mit $[1+(w\cos^2\alpha/R\sin\alpha)^2]$ zu multiplizieren, um etwas weitere Annäherung zu erreichen. Dieſer Zuſatz findet ſich, wenn man die Berechnung weiter verfolgt und dabei mehrfache Abkürzungen zuläßt. Für einen Stahlgußkolben iſt für $q = 5$ Atmoſphären die größte Zugſpannung (an der Nabe) zu $s = 404$, die größte Ringſpannung (am Umfang) zu $t = 243$ kg/qcm berechnet. Für Gußeiſen kann $s = 100$—150 kg/qcm geſetzt werden; t wird kleiner als s. Bei der üblichen Größe und Bauart der Trichterkolben kommt aber die eigentliche Kegelfläche kaum zur Geltung, weil die Deformationen und damit die Beanſpruchungen vorwiegend nur noch durch die Grenzbedingungen der Biegungsmomente an der Nabe und am Bordrande beeinflußt werden, die bei der Durchführung der Theorie als Integrationskonſtanten auftreten. Mit Rückſicht hierauf kommt man zu einer einfachen Näherungsmethode, wenn man den Trichterkolben wie einen ebenen Kolben behandelt, deſſen Scheibe man ſich in unendlich viele zylindriſche Lamellen je von der Scheibenhöhe h und der Dicke dr geteilt und axial in die Trichterform verſchoben denkt. Nach dieſer Vorſtellung bekäme der Trichterkolben in axialer Richtung die für den Scheibenkolben berechnete Stärke h, alſo eine ſenkrecht zur Kegelfläche gemeſſene Dicke $w = h\cos\alpha$. Eine Gewichtserſparnis tritt hierbei nicht ein, wenn man die Spannung nicht höher anſetzt.

Wenn ein Kolben einer liegenden Maſchine im Zylinder unmittelbar aufliegt, ſoll der Flächendruck, berechnet aus dem Kolbengewicht auf die Breite von $D\cos 30^0$ und die Länge H des Kolbens abzüglich der Ringe, höchſtens $^1/_2$—$^3/_4$ kg/qcm betragen. Das erfordert eine Kolbenhöhe von etwa $0{,}25\, D + 5$ cm und $^1/_2$—1 mm exzentriſche Kolbenlage.

Die **Kolbenringe** werden von zähem Gußeiſen hergeſtellt, das nicht weicher als das des Zylinders zu nehmen iſt. Jeder Ring wird an einer Stelle des Umfanges aufgeſchlitzt, damit er ſich der Zylinderwand anpaſſen kann, und zwar entweder geradlinig in ſchräger Richtung oder mit gerader Ueberblattung (Fig. 14). Den Eintritt des Dampfes in die Fuge verhindert ein Metallblättchen, das an dem einen Ringende mit zwei verſenkten Schrauben befeſtigt wird.

Liderungsringe, die durch innenliegende Federn oder Federringe geſpannt gehalten werden, erhalten eine gleichmäßige Wandſtärke $a_0 = 0{,}033\, D$ und eine Höhe $h = 1{,}5\, a_0$, oder auch quadratiſchen oder trapezförmigen Querſchnitt (Fig. 10 und 11).

Federringe oder Selbſtſpanner legen ſich mit eigner Federkraft an die Zylinderwand,

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

indem sie von vornherein einen größeren Durchmesser erhalten. Man gießt dazu einen Hohlzylinder von der gewünschten Ringstärke, unter Zugabe von 3–6 mm zum Abdrehen auf den Außendurchmesser 1,04 D, mit der sechsfachen Ringhöhe, so daß man zwei Paar Kolbenringe abstechen kann, davon ein Paar zur Reserve, während das obere Ende als verlorener Kopf abfällt. Zweckmäßig wird der Ring auch innen ausgedreht; der Innenkreis liegt soviel exzentrisch, daß die Ringstärke an einer Stelle a_1 und an der gegenüberliegenden Stelle 0,7 a_1 wird. Die einzelnen Ringe werden an der dünnen Stelle aufgeschlitzt oder so ausgestoßen (Fig. 13), daß die Enden übereinander greifen können. Man heftet die Enden in der Lage Fig. 14 durch einen dünnen Stift in axialer Bohrung zusammen und dreht ihn so auf den Durchmesser D außen fertig. Die Stirnflächen werden mit Schmirgel und Oel passend zur Höhe der Ringnuten im Kolbenkörper geschliffen, so daß sie sich durch einen Stoß mit dem Hammerstiel gerade darin verschieben lassen. Hierbei wird der Ring, nach Entfernung des Heftstiftes, durch einen Bandeisengürtel zusammengespannt gehalten.

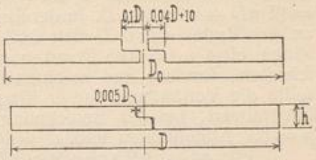



Fig. 13 (oben) und Fig. 14 (unten).

Der so hergestellte Ring legt sich im Zylinder mit ringsum gleichmäßigem Flächendruck an. Das Biegungsmoment für einen beliebigen, um den Winkel ω von der Teilstelle entfernten Querschnitt (Fig. 16), unter der Wirkung der vom Heftstift vermittelten Spannkraft P der beiden Enden, ist $M = Pr\,(1 - \cos\omega)$. Unter einem gleichmäßig von außen auf den Ring wirkenden Flächendruck p ist

$$M = \int_0^{\alpha=\omega} p\,h\,r\,d\alpha \cdot r \sin(\omega - \alpha) = p\,h\,r^2\,(1 - \cos\omega).$$

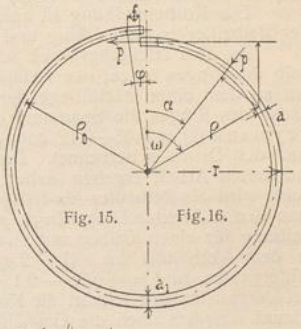


Fig. 15. Fig. 16.

Beide Kraftwirkungen geben also gleiche Momente für die einzelnen Querschnitte, mit $P = p\,h\,r$, so daß die am zusammengehefteten Ringe auf der Drehbank hergestellte Kreisform auch im Zylinder wieder eintritt, wenn der Flächendruck gleichmäßig wirkt. Läßt man aber den Ring sich frei öffnen, so werden doch die Enden des Ringes außen den Radius r nahezu beibehalten. Der Krümmungsradius ϱ_0 des offenen Ringes, Fig. 15, ist demnach nicht konstant, wohl aber der Krümmungsradius ϱ der infolge Durchbiegung des Ringendes um das Maß f entstehenden elastischen Linie, Fig. 16.

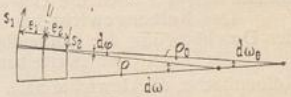


Fig. 17.

Ein Bogenelement des Ringes, Fig. 17, vom Radius ϱ_0 und Winkel $d\omega_0$ verbiegt sich um $d\varphi$ zu einem Bogen vom Radius ϱ und Winkel $d\omega$. Dabei bleibt die Länge $\varrho_0\,d\omega_0 = \varrho\,d\omega$ und es ist $d\omega = d\varphi + d\omega_0$, folglich $d\varphi = (1/\varrho - 1/\varrho_0)\,\varrho\,d\omega$. Nach der allgemeinen Biegungsformel ist $1/\varrho - 1/\varrho_0 = M/EJ$; hierin hat man $M = p\,h\,r^2\,(1 - \cos\omega)$ einzusetzen, ferner $E = 800\,000$ kg/qcm für zähes Gußeisen und $J = a^3\,h/12$. Die Ringstärke a kann bei der Verjüngung von a_1 auf 0,7 a_1 zu $a = a_1\,[0{,}7 + 0{,}15\,(1 - \cos\omega)]$ gerechnet werden. Die Annäherung df des Ringendes an die Mittellinie, infolge der Krümmung $d\varphi$ eines Bogenelementes im Abstande $\varrho\,(1 - \cos\omega)$ in Richtung der Mittellinie, beträgt $df = \varrho\,(1 - \cos\omega)\,d\varphi$. Ueber die genauere Entwicklung nach Grashof s. [2]. Aus den vorstehenden Aufstellungen folgt

$$f = \frac{12\,p\,r^2\,\varrho^2}{E\,a_1{}^3} \int_0^{\pi} \frac{(1 - \cos\omega)^2\,d\omega}{[0{,}7 + 0{,}15\,(1 - \cos\omega)]^3}.$$

Das Integral hat den Wert 5,6; man findet ihn leicht, indem man für $0^0\ 30^0 \ldots 180^0$ die Einzelwerte aufzeichnet, die Fläche unter der so bestimmten Kurve planimetriert, ferner die Einzelwerte von $(1 - \cos\omega)$, deren Integral $= \pi$ ist, ebenso behandelt und nach diesem Maßstabverhältnis den Gesamtwert feststellt. Mit $\varrho = \text{rund } 0{,}975\,r$ und $r = D/2$ folgt $a_1{}^3 f = 4\,p\,D^4/E$.

Man wählt gewöhnlich, wie in Fig. 13 und 14 angegeben ist, das Maß der Zusammenbiegung beider Ringenden $2f = 0{,}1\,D - 0{,}005\,D$ oder $f = 0{,}0475\,D$. Dabei ist der mittlere Wert von D_0 am offenen Ringe $= 1{,}03\,D$. — Die Einzelwerte von ϱ_0 lassen sich aus den obigen Gleichungen berechnen, wonach $\varrho/\varrho_0 = 1 - f\,(1 - \cos\omega)\,a_1{}^3/a^3\,5{,}6\,\varrho$ ist, nämlich $\varrho_0 = \varrho$ für $\omega = 0$; $\varrho_0 = 1{,}03\,\varrho$ für $\omega = 90^0$; $\varrho_0 = 1{,}036\,\varrho$ für $\omega = 180^0$.

Von den Biegungsspannungen s ist nur der Höchstwert s_1 in der Mitte des Ringes bei a_1 zu beachten. Aus $s_1 \cdot a^2\,h/6 = M_1 = p\,h\,r^2 \cdot 2$ folgt $a_1{}^2\,s_1 = 3\,p\,D^2$. Nach diesem und dem früheren Schlußergebnis ist das Produkt $a_1 \cdot f = 1{,}33\,s_1\,D^2/E$ durch die Spannung s_1 beschränkt, während das Verhältnis $a_1/f = 2{,}25\,pE/s_1{}^2$ dazu verleiten könnte, die Ringstärke a_1 möglichst groß zu wählen, um hohen Dichtungsdruck p zu erhalten. Dem widerspricht die Rücksicht auf die Erhaltung der Dichtung bei Abnutzung des Ringes. Stellt man die vorigen Gleichungen für einen um ein kleines Maß x gleichmäßig abgenutzten Ring, mit $\varrho_x = \varrho + x$, auf, so findet sich $p_x = p\,(1 - x/a_1)^3\,[1 - 5{,}33\,x\,a^3/a_1{}^3\,(1 - \cos\omega)\,f]$. Hieraus geht zunächst hervor, daß nach Maßgabe des letzten Gliedes der Dichtungsdruck aufhört, wenn die Abnutzung x einen gewissen Bruchteil von f erreicht; darum müßte hiernach der Wert von f möglichst groß, also a_1 entsprechend klein gewählt werden, um eine weitergehende Abnutzung zuzulassen, bevor es nötig wird, den Ring durch Hämmern der Innenseite, besonders an den Enden, etwas zu strecken. Weiterhin erkennt man, daß der Druck p_x nicht gleichmäßig bleibt, wie bei der Aufstellung des Momentes M vorausgesetzt worden ist. Trotzdem kann die Abnutzung ziemlich gleichmäßig erfolgen, wenn der Dampf in die Ringnut, innerhalb des Ringes, eindringen und ihn gegen die Zylinderwand drücken kann.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Man kann $a_1 = 0{,}025\,D + 0{,}7$ cm ſetzen, oder $a_1 = 0{,}04\,D$. Die Ringhöhe iſt $h = 0{,}08\,D + 0{,}5$ cm oder $= 2\,a_1$. Für $a_1/D = 0{,}04$ findet ſich die Spannung $s_1 = E\,a_1\,f/1{,}33\,D^2 = 800000 \cdot 0{,}04 \cdot 0{,}0475/1{,}33 = 1140$ kg/qcm, d. i. ſo hoch, wie man ſonſt nicht zu gehen wagt. Der anfängliche Dichtungsdruck wird $p = a_1\,s_1^2/2{,}25\,f\,E = 0{,}6$ Atmoſphären.

Zum Aufbringen des Ringes über den Kolbenkörper muß man ihn aufbiegen, bis ſein Krümmungsradius ϱ_0 auf $\varrho = r + a/2$ kommt. Aus $1/\varrho_0 - 1/\varrho = M/EJ = 2\,s_a/a\,E$ folgt $s_a = (2\,a/D - 0{,}03)\,E\,a/D$. In der Ringmitte, mit 0,036 ſtatt 0,03 und $a/D = 0{,}04$ zeigt ſich $s_a = 1400$; an den Enden mit 0,00 ſtatt 0,03 und $a/D = 0.7 \cdot 0{,}04$ wird $s_a = 1800$ kg/qcm! — Stärkere Ringe, etwa $a_1 = 0{,}05\,D$ mit $p = 1{,}2$ Atmoſphären und $s_1 = 1425$ kg/qcm laſſen ſich nicht überſchieben, ſondern ſind in einen Kolben mit abnehmbarem Deckel einzulegen. — Zweckmäßig ſollte die Verjüngung ſtarker Ringe auf $0{,}5\,a_1$ ſtatt $0{,}7a_1$ angeſetzt werden. Hierfür beträgt der Integralwert, bei der Berechnung von f, 6,5 ſtatt 5,6. Mit $a_1 = 0{,}044\,D$ erhält man z. B. $p = 0{,}7$ Atmoſphären und $s_1 = 1080$, dazu beſſere Erhaltung des Druckes bei der Abnutzung.

Für gleichſtarke Ringe [2] mit $a_2 = 0{,}033\,D$ wird der Integralwert $1{,}5\,\pi = 4{,}7$, ſomit $a_0^3 f = 3{,}35\,p\,D^4/E$ und $p = 0{,}42$ Atmoſphären; dabei iſt wieder $s_1 = 3\,pD^2/a_0^2 = 1140$ kg/qcm.

Die **Kolbenreibung** iſt abhängig von den unbekannten Werten des Flächendruckes und der Reibziffer zwiſchen Ring und Zylinderwand [1] und [4].

Zu dem Dichtungsdruck p eines federnden Ringes tritt noch der Dampfdruck p_m innerhalb des Ringes hinzu, der vielleicht dem Mittelwerte des treibenden Dampfdruckes gleich und nur an dem einen nächſtliegenden Ringe wirkſam ſein mag; anderſeits wirkt an der Außenfläche des Ringes die Spannung der Feuchtigkeit in fraglicher Stärke. Die Reibziffer wird von Reymann [1] zu 0,05—0,12 angegeben, und zwar für den Dampfdruck in abſoluten Atmoſphären und den Druck p berechnet. Die Reibungsarbeit ſoll ſich bei einem Verſuch zu 12,5 % der indizierten Arbeit ergeben haben und wird für einen Niederdruckkolben zu 2,3 % berechnet. Sonſt wird als Reibziffer für fettige Gußeiſenflächen 0,15 und für feuchte 0,31 geſetzt. — Nimmt man den indirekten Dampfdruck p_i als wirkſam an einem Ring von h cm Höhe an, ſo wird die Reibung für einen Kolben mit zwei Ringen $\Pi\,D\,h\,(p_i + 2\,p)\,\mu$ zu der treibenden Kraft $p_i\,\Pi\,D^2/4$ in dem Verhältnis $4\,h\,\mu\,(1 - 2\,p/p_i)/D$ ſtehen. Mit $h = 0{,}09\,D$; $p = 0{,}5$ und $p_i = 2{,}5$ als Mittelwerten und $\mu = 0{,}05 — 0{,}1 — 0{,}2 — 0{,}3$ findet ſich 2,5 — 5 — 10 — 15 % Reibungsverluſt. Bei Dampfhämmern ſcheint die Kolbenreibung noch höher zu ſein [3]. Bei liegenden Maſchinen kommt überdies noch die Gewichtsreibung hinzu.

Das **Kolbengewicht** kommt bei den Berechnungen des Maſſendruckes, der Reibung und der Durchbiegung der Kolbenſtange in Frage (ſ. Kolbenbewegung).

Als Durchſchnittswerte kann man im allgemeinen, für D cm Kolbendurchmeſſer und F qcm Kolbenfläche, die Gewichte nach folgenden Formeln anſetzen: Gewicht des Kolbens $= 0{,}010\,F\sqrt{D}$; Gewicht der Kolbenſtange $= 0{,}0012\,FD$; Gewicht des Kreuzkopfes $= 0{,}008\,F\sqrt{D}$; Gewicht von $^2/_3$ der Pleuelſtange $= 0{,}001\,FD$. Die Summe dieſer Werte ſtellt das Gewicht G_0 der hin und her gehenden Maſſen dar; auf die Kolbenfläche bezogen, iſt dieſe Summe:

für den Kolbendurchmeſſer D =	20	30	40	50	60	70	80	90	100 cm
$G_0/F = 0{,}0022\,D + 0{,}018\sqrt{D}$ =	0,12	0,17	0,20	0,24	0,27	0,30	0,34	0,37	0,40 kg/qcm.

Radinger, „Dampfmaſchinen mit hoher Kolbengeſchwindigkeit“ gibt $G_0/F = 0{,}28$ für liegende Maſchinen an, und $= 0{,}33$ mit Einſchluß eines Kondenſatorkolbens.

Literatur: [1] Zeitſchr. d. Vereins deutſcher Ingen. 1896, S. 85 und 120 ff. — [2] Ebend. 1901, S. 232 und 373 ff. — [3] Ebend. 1902, S. 37. — [4] Ebend. 1900, S. 1405. *Lindner.*

Dampfkrane, ſ. Krane.

Dampfkrumpe, ſ. Dekatieren.

Dampfkultur, ſ. Maſchinenpflug.

Dampfläutewerke, ſ. Läutewerke.

Dampfleitungen für ortsfeſte Maſchinenanlagen werden bei großen Leitungslängen aus Guß- oder Schmiedeeiſen hergeſtellt, während kurze Leitungsanſchlüſſe, beſonders Krümmer, häufig aus Kupfer beſtehen. Für eine gegebene, durch die Leitung ſtrömende Dampfmenge ergibt ſich der zweckmäßigſte Leitungsdurchmeſſer weſentlich von zwei Einflüſſen abhängig, nämlich vom Spannungsverluſt infolge der Leitungswiderſtände und Dampfverluſt infolge äußerer Abkühlung. Erſterer Verluſt nimmt mit Verkleinerung des Durchmeſſers zu, letzterer ab.

Druckverluſt. Nach Verſuchen an Schachtleitungen hat ſich für den Druckverluſt ergeben: $Z = 0{,}0015\,\gamma\,\frac{l}{d}\,u^2$. In der Formel iſt Z = Leitungswiderſtand in Kilogramm auf 1 qm Rohrquerſchnitt (Atmoſphären), γ = Gewicht eines Kubikmeters Dampf von der in der Leitung herrſchenden mittleren Spannung p in Kilogramm; d = Durchmeſſer der Leitung in Metern; l = Länge der Leitung in Metern; u = mittlere ſekundliche Geſchwindigkeit des Dampfes in der Leitung in Metern. Bei Druckverluſten über 2 Atmoſphären und bei Dampfgeſchwindigkeiten über 20 m in der Sekunde iſt vorſtehende Formel nur für rohe Rechnungen noch hinreichend genau. Für genauere Rechnungen ſind folgende Gleichungen zu benutzen:

$$p_2 = \sqrt{(0{,}12 + p_1)^2 - \frac{l}{4000\,d^5}\,[3\,Q^2 + (3\,Q + k\,\pi\,d\,l)\,k\,\pi\,d\,l]} - 0{,}12,$$

$$p^2 = \sqrt{(0{,}3 + p_1)^2 - \frac{l}{3766\,d^5}\,[3\,Q^2 + (3\,Q + k\,\pi\,d\,l)\,k\,\pi\,d\,l]} - 0{,}3,$$

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

wenn $p_1 > 3{,}6$ Atmosphären, $Z = p_1 - p_2$. Hierin ist: p_1 = Anfangsspannung; p_2 = Endspannung in Atmosphären; Z = Druckverlust in Atmosphären; d = Rohrdurchmesser in Metern; Q = stündliche Dampfmenge, die aus der Leitung ausströmt, in Kilogramm; k = stündliche Kondensationswassermenge in Kilogramm für 1 qm Rohrinnenfläche (s. die Tabelle); $k \pi d l$ = stündlich in der ganzen Leitung gebildete Kondensationswassermenge in Kilogramm.

Die **Größe des Dampfverlustes durch äußere Abkühlung** ist weniger abhängig von dem zur Umhüllung der Leitung verwendeten Isoliermaterial als von der Art und Güte der Ausführung. Der Dampfverlust wächst mit der Zunahme des Dampfdruckes und der Abnahme der Dicke der Umhüllung. Ueber die wirkliche Größe des Kondensationsverlustes gibt folgende Zusammenstellung von Versuchsergebnissen an verschiedenen Leitungen und mit verschiedenem Isoliermaterial Aufschluß.

Stündliche Kondensationswassermenge für 1 qm Rohrinnenfläche.

Versuchs-dampfleitung	Isolierung der Leitung	Dampfspannung in Atmosphären effektiv	Kondensationswasser in Kilogramm (k) mit Umhüllung	Kondensationswasser in Kilogramm (k) ohne Umhüllung	Bemerkungen
Gußeiserne Leitung $L = 323{,}0$ m 140 mm l. W.	Grünzweig & Hartmannsche Isoliermasse, 20 mm dick + 10 mm Filz- und Blechmantel	3,0	1,03		Schacht-leitungen
		4,0	1,09		
		5,0	1,21		
		6,0	1,33		
$L = 365{,}0$ m 294 mm l. W.	40 mm Korkschalen + 8 mm Asbestmasse	5,2	0,732		
Schmiedeeiserne Leitung $L = 22{,}0$ m 120 mm l. W.	Kieselguhrschnur, 30 mm dick	3,0	0,93		Horizontale Leitungen
		5,0	1,13		
	Knochsche Masse, 30 mm dick	3,0	0,93		
		5,0	1,128		
	Nackte Leitung	3,0		3,39	
		5,0		4,17	

Da die betreffenden Versuche unter voneinander wesentlich abweichenden äußeren Umständen ausgeführt wurden, sind die verschiedenen Umhüllungsmaterialien zugehörigen Zahlenwerte untereinander nicht vergleichbar. — Eine sehr wirksame Isolierung geben die aus Abfallseide hergestellten Zöpfe oder Polster von Pasquay. Dieselben sind zwar teurer als die übrigen Isoliermaterialien, sie verringern dafür aber tatsächlich die Kondensationsverluste mehr als diese. — Bei der Umhüllung von Leitungen für überhitzten Dampf müssen die aus pflanzlichen oder tierischen Stoffen hergestellten Verkleidungen durch einen Kieselguhrunterstrich von genügender Stärke vor dem Verbrennen geschützt werden.

Nach dem Zusammenhang zwischen Leitungswiderstand, Dampfverlust und Leitungsdurchmesser ergibt sich für die **Ermittlung des zweckmäßigsten Leitungsdurchmessers** folgender Rechnungsvorgang, unter Zugrundelegung der am Ende der Dampfleitung nötigen Dampfmenge und des nötigen Dampfdruckes:

1. Ist die Kesselspannung vorgeschrieben, so ist dadurch auch der zulässige Spannungsabfall bestimmt, und die Dampfgeschwindigkeit sowie der Leitungsdurchmesser ermitteln sich somit aus der Formel für den Leitungswiderstand ohne Rücksicht auf die Kondensationsverhältnisse in der Leitung. Der Kondensationsverlust ist alsdann ohne Erhöhung des Spannungsverlustes (d. i. ohne Verminderung des Leitungsdurchmessers) nicht günstiger zu gestalten.

2. Ist der Kesseldruck nicht vorgeschrieben, so müssen Vergleichsrechnungen über den Dampfverbrauch der ganzen Dampfmaschinenanlage samt Leitung bei großem und kleinem Spannungsabfall, also bei enger und weiter Leitung, sowie die besonderen praktischen Anforderungen an den Maschinenbetrieb den Leitungsdurchmesser bestimmen.

Im allgemeinen wird sich hinsichtlich der Dampfkosten großer Spannungsabfall und enge Leitung vorteilhafter erweisen als geringer Spannungsabfall und weite Leitung, um so mehr als bei den heutigen Kesselkonstruktionen die Erhöhung der Kesselspannung um eine halbe oder ganze Atmosphäre keine ins Gewicht fallenden Mehrkosten zur Folge hat und der Mehraufwand an Wärme zur Erzeugung der höheren Spannung ebensowenig einen Wärmeverlust mit sich bringt als die Widerstände in der Rohrleitung. Besonders bei überhitztem Dampf ist es mit Rücksicht auf den Abkühlungsverlust angezeigt, den Rohrdurchmesser klein zu wählen und eher einen etwas größeren Reibungsverlust mit in den Kauf zu nehmen.

Den Durchmesser der Dampfzuleitung und -ableitung bei Dampfmaschinen aus dem Querschnitt der Dampfkanäle am Zylinder abzuleiten, ist, obwohl noch allgemein üblich, prinzipiell unrichtig. Für die Abmessungen der gußeisernen Dampfleitungsrohre bis zu 8 Atmosphären Betriebsdruck gelten die vom Verein deutscher Ingenieure und dem Deutschen Verein der Gas- und Wasserwerksfachmänner aufgestellten Normalien für Flanschenrohre. Für höhere Dampfspannungen bis zu 20 Atmosphären hat der Verein deutscher Ingenieure besondere Normalien aufgestellt [1], die neben den Abmessungen auch die für die einzelnen Fälle als geeignet erachteten Baustoffe enthalten. Hiernach sind Kupfer und Bronze dort, wo sie in erheblichem Maße auf Zug- und Bruchfestigkeit in Anspruch genommen werden, bei Dampfspannungen über 8 Atmosphären und Temperaturgraden über 200° C. auszuschließen. Ebenso soll Gußeisen bis 13 Atmosphären nur für Durchmesser bis 150 mm, von 13 bis 20 Atmosphären aber überhaupt

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

nicht mehr verwendet werden. Die Formstücke und Ventilgehäuse sind dann in weichem, zähem Stahlguß herzustellen, während für die geraden Rohrstränge und große Bogen gezogene oder überlappt geschweißte schmiedeeiserne Rohre zur Verwendung kommen, die aufgewalzte oder besser aufgeschweißte Bunde erhalten, die mit ihren Stirnflächen durch lose auf den Rohren sitzende Flanschen gegeneinander gezogen werden. Als Dichtung eignet sich der gegen Herausschleudern durch Nut und Feder gesicherte einfache Asbestring am besten. Die mit Nut und Federn ineinander greifenden Flanschen (s. Rohrverbindungen) haben allerdings den Nachteil, daß das Auswechseln eines Rohres unter Umständen — wenn bei der Anlage durch Ausgleichstücke nicht vorgesorgt würde — mit Schwierigkeiten verbunden ist. Im Interesse der Biegsamkeit der Leitungen empfiehlt es sich, die Wandungen der geschweißten Rohre nur so dick zu machen, als es die Schweißarbeit erfordert. Diesen Forderungen sucht die Formel $s = p \cdot d : 700 + 1$ zu entsprechen, die für Rohre bis 200 mm l. W. Gültigkeit hat, und in der bedeutet: s die Wandstärke in Millimetern, p den höchsten Betriebsdruck in Atmosphären und d den Rohrdurchmesser in Millimetern. Stumpfgeschweißte Rohre, sogenannte Gasrohre, sollten selbst für kleinere Durchmesser bei hohen Dampfspannungen nie zur Verwendung kommen, auch die Verbindung dieser Rohre durch Muffen mit Rechts- und Linksgewinde und dazwischengelegtem und eingepreßtem Kupferring ist besser durch aufgewalzte oder aufgeschraubte Flanschen auszuführen.

Dampfleitungen sind mit gleichmäßigem Gefälle in der Richtung des Dampfstromes zu verlegen und genügend oft zu unterstützen, so daß sich keine Wassersäcke bilden und das Kondensationswasser, das sich durch die Wärmeabgabe im Betrieb und durch die Erwärmung der kalten Rohrleitung beim Einlassen von Dampf bildet, schnell und sicher abläuft. Zur Ausscheidung des Kondensationswassers werden vor der Dampfmaschine besondere Wasserabscheider in die Leitung eingebaut. Diese haben aber meistens nur eine geringe Wirkung, weil der Dampf von dem ausgeschiedenen Wasser nicht genügend getrennt wird und es sofort wieder mitreißt. Sofern das Volumen dieser Wasserabscheider genügend groß ist, gleichen sie bei der wechselnden Dampfentnahme die Geschwindigkeitsschwankungen nach Art der Windkessel aus und vermindern die von diesen Schwankungen herrührenden rüttelnden Bewegungen der Rohrleitung. Die Rohrleitungen müssen so verlegt und unterstützt werden, daß weder deren Eigengewicht noch die aus den Temperaturänderungen sich ergebenden Verschiebungen Zwängungen und Materialüberanstrengungen hervorrufen. Bei senkrechten Schachtleitungen werden daher an mehreren Stellen Traghebel angeordnet [2], die den Rohrstrang pendelnd fassen und durch ein am entgegengesetzten Hebelende angebrachtes Gewicht tragen. Wagerechte Leitungen in größeren Abmessungen legt man auf Rollenlager. Zum Ausgleich der Längenänderungen werden hier besondere Bogen oder Schleifen, die sogenannten Kompensationsrohre (s. d.), eingebaut. Damit diese Rohre dauernd ihre Federung behalten, darf die Nachgiebigkeit derselben nur so weit beansprucht werden, als es die Festigkeit des Materials innerhalb der Elastizitätsgrenze erlaubt. Zur Begrenzung der jeder Schleife zugedachten Ausdehnung wird die Leitung an bestimmten Stellen durch Klemmböcke festgehalten, die so zu bemessen sind, daß sie den auf sie entfallenden Schub aufzunehmen vermögen. Die Ausgleichstopfbüchsenrohre bewähren sich im allgemeinen bei überhitztem Dampfe schlecht, da die Packung hierbei rasch hart wird und festbrennt und dadurch jede Beweglichkeit aufhebt. Zur Verringerung der Gefahr bei Rohrbrüchen werden in die Leitungen dicht am Kessel besondere Rohrbruchventile eingebaut. Diese müssen, wenn sie im Notfalle nicht versagen sollen, täglich benutzt werden; nicht selten bilden sie eine Quelle fortwährender Störungen, da sie zur Unzeit in Wirksamkeit treten.

Bei größeren Dampfmaschinenanlagen werden die Dampfzuleitungen aus Rücksicht auf Betriebssicherheit doppelt ausgeführt, wie in Kraft- und elektrischen Lichtzentralen, Wasserwerksanlagen u. dergl. Der Materialersparnis und der Abkühlungsverluste wegen werden in diesen Fällen die Rohrdurchmesser meistens nur so groß gewählt, daß die Summe der beiden Rohrquerschnitte dem einer normalen einfachen Leitung gleichkommt.

Literatur: [1] Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure 1900, S. 1481. — [2] Ebend. 1904, S. 590.

G. Schwarz.

Dampfleitungen für Schiffe gliedern sich in die Hauptdampfrohrleitung, Hilfsdampfrohrleitung und Dampfabgangsrohrleitung.

Die Hauptdampfrohrleitung verbindet die Hauptdampfkessel mit den Hauptmaschinen. Bei mehreren Kessel- und Maschinengruppen wird die Hauptdampfrohrleitung so angeordnet, daß jede Kesselgruppe nach jeder Maschinengruppe Dampf liefern kann. Man erzielt hierdurch neben größerer Betriebssicherheit, namentlich bei Kriegsschiffen, kleinere Rohrdurchmesser und Wandstärken. Die einzelnen Hauptdampfrohre münden mit besonderen Absperrventilen in einen oder mehrere Gruppenventilkasten, die am vorderen Maschinenraumschott befestigt sind und bei Vorhandensein eines Mittellängsschottes durch ein absperrbares Querrohr verbunden sind [3], [4]. Von dem Ventilkasten jedes Maschinenraumes geht das Hauptdampfrohr dann zum Wassersammler (Fig. 1) und zum Manövrier- bezw. Hauptabsperrventil. Letzteres wird meist als Doppelsitzventil ausgebildet und vielfach mit einer Drosselklappe (Fig. 2) verbunden, um bei schlechtem Wetter dem Durchgehen der Maschine vorzubeugen.

Die Hilfsdampfrohrleitung, die den Dampf von dem Hilfskessel bezw. den Hauptkesseln zu den Hilfsmaschinen leitet, ist innerhalb der Kesselräume meist als Ringleitung ausgebildet. Bei Vorhandensein mehrerer Hauptdampfrohrleitungen wird die Hilfsdampfrohrleitung vielfach vom Gruppenventilkasten in den vorderen Maschinenräumen abgezweigt oder man benutzt eines der Hauptdampfrohre mit als Hilfsdampfrohr, um im Hafen die Hilfsmaschinen mit Dampf versehen zu können, ohne den Gruppenventilkasten mit Dampf zu füllen. Mit Ausnahme der Rudermaschine und der Umsteuerungsmaschine der Hauptmaschine, die wegen der ungleichmäßigen Dampfentnahme direkt an die Hauptdampfrohrleitung angeschlossen sind, erhalten

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

ſämtliche Hilfsmaſchinen ſowie die Dampfheizung den Dampf von der Hilfsdampfrohrleitung [3], [4]. Dieſe wird an den Hilfsmaſchinen und an den Hauptabzweigungen mit Abſperrventilen verſehen.

Die Dampfabgangsrohre gliedern ſich gleichfalls in ſolche für Hauptmaſchinen und ſolche für die Hilfsmaſchinen. Die Hauptabgangsrohre von den ND-Zylindern zum Kondenſator erhalten Abſperrſchieber, um im Hafen den Kondenſator für die Hilfsmaſchinen benutzen zu können. Die Hilfsdampfabgangsrohre führen den Abdampf der Hilfsmaſchinen zu den Haupt- bezw. Hilfskondenſatoren. Zu dieſem Zweck werden die einzelnen Abdampfrohre zu Gruppen vereinigt und in die als Ringleitung angeordnete Hilfsabdampfleitung geführt, die durch Ventile mit den Kondenſatoren ſowie den Dampfabgangsrohren der Keſſel verbunden werden kann. Die Dampfabgangsrohre der Dampfdynamos werden möglichſt direkt zum Kondenſator geleitet, um den gleichmäßigen Gang dieſer Maſchinen nicht durch den Abdampf andrer Hilfsmaſchinen zu beeinträchtigen.

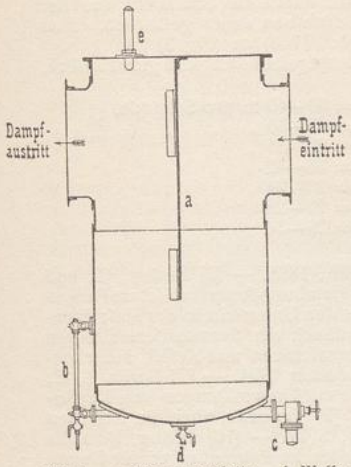


Fig. 1. *a* Trennungsplatte. *b* Waſſerſtandsglas. *c* Ablaßventil. *d* Entwäſſerungshahn. *e* Thermometer.

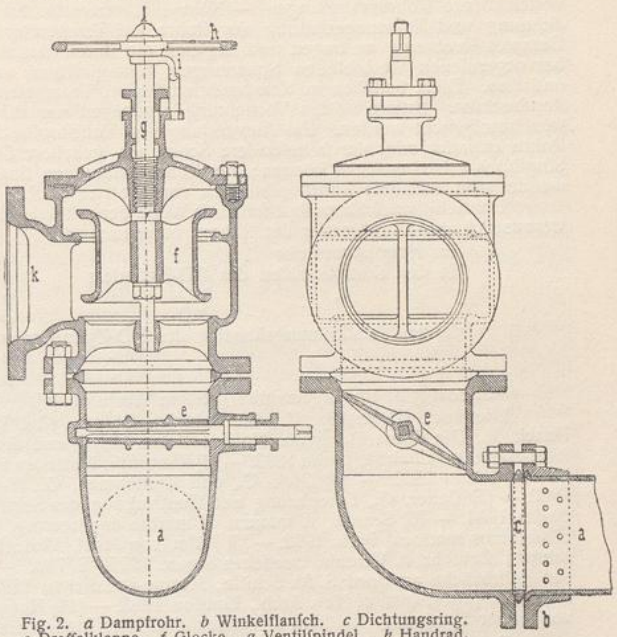


Fig. 2. *a* Dampfrohr. *b* Winkelflanſch. *c* Dichtungsring. *e* Droſſelklappe. *f* Glocke. *g* Ventilſpindel. *h* Handrad. *i* Zeiger. *k* Dampfaustritt.

Auf eine ſachgemäße Entwäſſerung der Dampfrohrleitungen iſt beſondere Sorgfalt zu legen, da ſonſt namentlich beim Einlaſſen des Dampfes in die Rohrleitungen gefahrbringende Waſſerſchläge entſtehen können [7], [9]. Die Hauptdampfleitung wird daher meiſt vom Abſperrventil am Keſſel bis zur Maſchine mit Fall angeordnet und iſt zum Sammeln des Kondenswaſſers vor dem Manövrierventil ein Waſſerabſcheider (Fig. 1) angeordnet. An allen waſſerſackartigen Krümmungen der Rohrleitung müſſen Waſſerſammler mit Hähnen eingeſchaltet werden [3], [5], [7]. Das Kondenswaſſer wird entweder in den Kondenſator oder in die Dampfabgangsrohre der Hilfsmaſchinen geleitet.

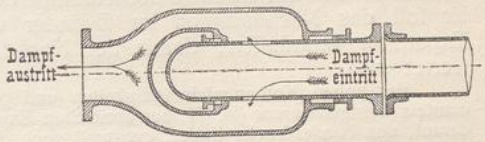


Fig. 3.

Auf Kriegsſchiffen zweigt ferner in jedem Maſchinenraum von der Hauptdampfrohrleitung kurz vor dem Manövrierventil das Ueberproduktionsrohr ab, das beim plötzlichen Stoppen der Maſchinen den überſchüſſigen Dampf eventuell nach Reduzierung des Druckes in den Kondenſator leitet. Sämtliche Dampfleitungen werden auf Kriegsſchiffen unter dem Panzerſchutz bezw. unterhalb der Waſſerlinie angeordnet.

Die Dampfrohrleitungen für Schiffe beſtehen im allgemeinen aus gezogenen oder genieteten Kupferrohren, die mittels bronzener Winkelflanſche durch eiſerne Bolzen miteinander verbunden werden. Bei ſtärkeren Rohren werden die Flanſchen aufgenietet und neuerdings mit fingerartigen Lappen — Fingerflanſchen — verſehen, bei ſchwächeren Rohren nur hart gelötet. Die Dichtung zwiſchen je zwei Flanſchen erfolgt durch runde Schnur in Dreiecknute, durch gewellte Kupferringe oder metallene Ringe von linſenförmigem Querſchnitt mit geſchliffenen Kugelflächen (ſ. Fig. 2) [11]. Die Wandſtärke δ von nahtlos gezogenen Kupferrohren ergibt ſich aus $\delta = \frac{d \cdot p}{400} + 1{,}5$ mm für Rohre bis 100 mm Durchmeſſer und $\delta = \frac{d \cdot p}{400}$ für Rohre von 125 mm Durchmeſſer und darüber, wobei d den lichten Durchmeſſer in Millimetern und p den Dampfdruck in Atmoſphären Ueberdruck angibt. Gebogene Kupferrohre erhalten eine um 1 mm größere Wandſtärke [5], [11], Kupferrohre von mehr als 120 mm Durchmeſſer erhalten zur

Sicherung gegen Rohrbrüche eine Stahldrahtumwicklung [8]. Da Kupferrohre bei größerer Erwärmung erheblich an Feſtigkeit verlieren, kommen für den Schiffsbetrieb mehr und mehr nahtloſe Stahlrohre zur Einführung in Verbindung mit Krümmern aus Stahlguß, da ſtählerne Rohre von über 80 mm Durchmeſſer ſich ſchwer biegen laſſen. Die Wandſtärke δ für nahtloſe Stahlrohre berechnet ſich aus $\delta = \frac{d \cdot p}{700} + 2{,}5\,\text{mm}$ [5]. Die Befeſtigung der Flanſchen aus Stahlguß auf den ſtählernen Rohren erfolgt meiſt durch Aufwalzen nach den Normen des Vereins deutſcher Ingenieure [11].

Bei den auf größeren Schiffen ſich ergebenden langen Dampfrohrleitungen ſind beſondere verſchiebbare Rohrverbindungen — Kompenſationsvorrichtungen — erforderlich, um der Ausdehnung und Zuſammenziehung der Rohre bei Temperaturänderungen durch die Wärme des Dampfes Rechnung zu tragen und zugleich die durch das Arbeiten des Schiffsrumpfes in See hervorgerufenen wechſelnden Spannungen auszugleichen und die Flanſchenverbindungen zu entlaſten. Dieſe beſtehen in Kompenſationslinſen, Trompetenrohren, Rohrkrümmern und Rohrſtopfbuchſen. Erſtere beiden Vorrichtungen genügen nur für kurze Leitungen, da ſie ſonſt zu ſehr beanſprucht werden. Bei Anwendung von Rohrſtopfbuchſen iſt darauf zu achten, daß die Rohre entlaſtet oder durch beſondere Schrauben geſichert ſind, damit ſie ſich nicht aus der Stopfbuchſe herausziehen können; bei Rohrkrümmungen ſind dieſelben daher gefährlich. Hier wendet man entlaſtete Rohrſtopfbuchſen von Dehne (D.R.P. Nr. 57756) an (Fig. 3) [3].

Für Schiffsmaſchinen ſind folgende Werte der mittleren Dampfgeſchwindigkeit gebräuchlich, woraus ſich der Durchmeſſer der Röhren berechnen läßt [5].

Im Hauptdampfrohr		$v = 30-40$ m pro Sekunde.
In den Dampfkanälen des	HD-Zylinders	$v = 25-30$ „ „ „
„	MD- „	$v = 30-36$ „ „ „
„	ND- „	$v = 36-42$ „ „ „
In den Ausſtrömungskanälen des	HD-Zylinders	$v = 20-24$ „ „ „
„	MD- „	$v = 24-28$ „ „ „
„	ND- „	$v = 29-34$ „ „ „

Seaton gibt im allgemeinen größere Werte an [6].

Literatur: [1] Busley, C., Die Schiffsmaſchinen, Kiel 1898, 1886. — [2] Busley, C., und Haack, R., Die Entwicklung des Norddeutſchen Lloyd und der Hamburg-Amerikaniſchen Packetfahrt-Aktiengeſellſchaft, Berlin 1893. — [3] Klamroth, Leitfaden für den Unterricht in der Maſchinenkunde, Berlin 1902. — [4] Dick, C., und Kretſchmer, O., Handbuch der Seemannſchaft, Berlin 1902. — [5] Bauer, G., Berechnung und Konſtruktion der Schiffsmaſchinen und Keſſel, München-Berlin 1904. — [6] Seaton, A manual of marine engineering, London 1904. — [7] Bertin, L. E., Chaudières marines, Paris 1902. — [8] Kölin von Jaski, Verſuche mit Umwicklungen von Kupferrohren, Zeitſchr. d. Vereins deutſcher Ingen. 1895, S. 780. — [9] Verſuche über die Urſachen der Rohrbrüche an Bord S. M. Schiffe, Marine-Rundſchau 1894, S. 77. — [10] Milton, Remarks on steam pipes, Inst. of Nav. Arch., London 1895. — [11] Normalien zu Rohrleitungen für Dampf von hoher Spannung, Zeitſchr. d. Vereins deutſcher Ingenieure 1900, S. 1481. *T. Schwarz.*

Dampfmantel (Dampfjacke), ein Hohlraum um die Wandung des Dampfzylinders, der mit friſchem Keſſeldampf oder expandiertem Dampf angefüllt iſt. Er ſoll das Nachdampfen im Zylinder verhindern bezw. ſchon während der Expanſion veranlaſſen, damit der Nachdampf noch zu nutzbarer Arbeit verwertet wird.

Bei hohen Kolbengeſchwindigkeiten und großer Füllung tritt der Nutzen des Dampfmantels weniger hervor [2], [5]; bei dreifachen Expanſionsmaſchinen beſchränkt man ſich daher darauf, den Niederdruckzylinder, eventuell noch den Mitteldruckzylinder, mit Dampfmantel zu verſehen. Der Dampfmantel des Niederdruckzylinders erhält dann ſeinen Dampf aus dem Receiver (ſ. Aufnehmer), um die Wandungen des Zylinders nicht zu ſehr zu beanſpruchen. Abgeſehen von einer etwaigen beſſeren Ausnutzung des Dampfes bietet der Dampfmantel den Vorteil, die Zylinder beim Ingangſetzen der Maſchine anwärmen zu können, ohne die arbeitenden Teile zu bewegen [4].

Die Ausführung des Dampfmantels geſchieht meiſt derart, daß der Zylindermantel einen beſonderen Einſatzzylinder erhält, der ebenſo wie der Zylindermantel entſprechende Anſätze trägt, um ihn zu ſtützen. Der Einſatzzylinder wird am Zylinderboden mittels Flanſches befeſtigt und erhält am Deckel eine ſtopfbuchſenartige Dichtung. Der ringförmige Zwiſchenraum zwiſchen Einſatzzylinder und Zylindermantel von 20—25 mm Weite bildet dann den Dampfmantel [1]. S. a. Schiffsmaſchinen und [2]—[6].

Literatur: [1] Busley, Die Entwicklung der Schiffsmaſchine, Berlin 1892. — [2] Busley, Die Schiffsmaſchine, Kiel 1886. — [3] Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ing. 1893, S. 222. — [4] Seaton, A. E., A manual of marine Engineering, London 1904. — [5] Bertin, L. E., Machines marines, Paris 1899. — [6] Klamroth, G., Leitfaden für den Unterricht in der Maſchinenkunde, Berlin 1902. *T. Schwarz.*

Dampfmaſchinen. Der heutige Dampfmaſchinenbau ſtützt ſich — den Dampfturbinenbau ausgenommen — noch unverändert auf die durch Watt geſchaffenen Grundlagen und unterſcheidet ſich von den Leiſtungen und Ausführungen ſeiner Zeit nur durch die Anwendung höherer Dampfſpannungen, der Verbundwirkung, der Dampfüberhitzung, vollkommenerer mechaniſcher Hilfsmittel und durch die Nutzbarmachung hundertjähriger Erfahrungen. Watts Verdienſte um

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

die Entwicklung der Dampfmaſchine beſtehen im Vergleich zu den Schöpfungen ſeiner Vorgänger in der Trennung des Kondenſators vom Dampfzylinder, Anwendung doppelt wirkender Dampfzylinder in Verbindung mit dem Kurbelgetriebe, Ausnutzung der Dampfexpanſion und Einführung ſelbſttätiger Steuerung und Regulierung. Auch der Dampfmantel und der Indikator waren Watt ſchon bekannt und wurden von ihm angewendet [10], [15]. Die verſchiedenen Dampfmaſchinenarten laſſen ſich nach der Dampfwirkung, der Bewegungsform des Getriebes, der Aufſtellung, der Zahl der Dampfzylinder, der Steuerung und der Betriebsweiſe unterſcheiden; nachſtehend ſeien die wichtigſten Maſchinenarten kurz gekennzeichnet. Nach der Wirkungsweiſe des Dampfes unterſcheidet man:

I. Kolbendampfmaſchinen. Der in einem Zylinder eingeſchloſſene, im weſentlichen ruhende Dampf treibt infolge ſeiner Spannung einen Kolben durch Druck weiter. Es iſt dies die bis vor kurzem faſt allein gebräuchliche Art der Energieübertragung, die im folgenden ausführlich beſprochen wird.

II. Dampfturbinen. Der Dampf ſtrömt durch Düſen aus, wobei ſich die Spannungsenergie in Strömungsenergie umwandelt. Die raſch bewegten Dampfteile werden hierauf in Schaufelräder geleitet, die durch Richtungs- und Geſchwindigkeitsänderung des Dampfſtromes dieſem einen entſprechenden Teil ſeiner Bewegungsenergie entziehen (vgl. Dampfturbinen).

Kolbendampfmaſchinen

können nach der Bewegungsform des Getriebes wie folgt unterſchieden werden:

1. **Hubmaſchinen.** Bei dieſen Maſchinen ohne Schwungrad iſt im weſentlichen nur die geradlinige Bewegung vorhanden. Die Bauart eignet ſich nur für Pumpzwecke, z. B. für Keſſelſpeiſepumpen (Duplex-, Worthington-, Voit-Pumpen, ſ. Pumpen). — Früher führte man auch die oberirdiſchen Waſſerhaltungsmaſchinen als Hubmaſchinen (Cornwallmaſchinen) aus. Der Dampf wirkte bei dieſen Maſchinen im Zylinder nur zur Hebung der Pumpengeſtänge und deren Belaſtungsgewichte, während der Niedergang der letzteren ſelbſttätig durch deren Eigengewicht erfolgte und der Dampf während des entſprechenden Kolbenhubes keine Nutzarbeit verrichtete. Da mangels einer zwangläufigen Kolbenbewegung die ſchädlichen Räume ſehr groß ($\frac{1}{4}$—$\frac{1}{4}'$) und die Hubzahl ſehr klein (5—10 in der Minute) angenommen werden mußte, zeigten dieſe einfach wirkenden Maſchinen auch einen ſehr hohen Dampfverbrauch. — Im erweiterten Sinne können auch die Dampfhämmer (ſ. S. 551) und die Dampframmen (ſ. Rammen) als Hubmaſchinen angeſehen werden.

2. **Balanciermaſchinen** (vgl. a. Bd. 1, S. 501). Bei dieſen wird die geradlinige Hubbewegung des Kolbens durch Vermittlung von Parallelogrammführung, Balancier, Schubſtange und Kurbel in eine Drehbewegung verwandelt. Balanciermaſchinen haben den Nachteil komplizierter Kraftleitung im Kurbeltriebwerk und Balancier, ſind kompliziert in der Ausführung und koſtſpielig in der Anlage. Ihre Umdrehungszahl iſt infolge großer bewegter Maſſen ebenfalls beſchränkt (im Maximum 30—40 minutliche Umdrehungen), ſo daß die Dampfzylinder und Maſchinenabmeſſungen weſentlich größer werden als bei gleichſtarken ſtehenden Maſchinen ohne Balancier. Die Balanciermaſchinen werden als gewöhnliche Betriebsmaſchinen heute nicht mehr ausgeführt und finden nur noch bei Waſſerwerkspumpen und oberirdiſchen Waſſerhaltungsmaſchinen vereinzelte berechtigte Anwendung (vgl. z. B. [1], Jahrg. 1899, Taf. 11, und 1902, Taf. 22).

3. **Kurbelmaſchinen mit Kreuzkopfführung.** Die geradlinige Hubbewegung des Kolbens wird durch Vermittlung von Kreuzkopfführung, Schubſtange und Kurbel in eine Drehbewegung verwandelt. Dies iſt die heute vorherrſchende Ausführungsform der Kolbendampfmaſchinen; ſie bietet den Vorteil einfacher Kraftleitung im Triebwerk, ermöglicht die Anwendung verhältnismäßig hoher Umlaufszahlen (bis zu 450 in der Minute) und beſitzt eine weitgehende Anpaſſungsfähigkeit an verſchiedene Raum- und Arbeitsverhältniſſe.

4. **Maſchinen mit kreiſenden Zylindern.** Bei dieſen Maſchinen liegt die Kurbel feſt; die Zylinder ſamt den Kolben und den Schubſtangen drehen ſich um die Kurbel (vgl. z. B. die D.R.P. Nr. 56690, 101789, 102776, 123627). Beſondere Bedeutung haben dieſe Maſchinen nicht erlangt, da die Bauart zu kompliziert iſt und die ſich drehenden Zylinder, Stopfbüchſen u. ſ. w. nicht bequem zugänglich ſind. Die Maſſe der Zylinder, Kolben u. ſ. w. wirkt als Schwungrad.

5. **Maſchinen mit kreiſenden Kolben.** Es ſind dies die nach Art der Kapſelpumpen (ſ. Pumpen) gebauten Dampfmaſchinen. Auch dieſen Maſchinen iſt eine beſondere Bedeutung nicht beizumeſſen; ſie haben den Nachteil, daß ein dauernd guter dampfdichter Abſchluß in der Gleitfläche zwiſchen Kolben und Gehäuſe nicht zu erreichen iſt. Von neueren Ausführungen ſei hier nur die Maſchine von Hult ([1], Jahrg. 1903, S. 1672) und diejenige von Paſchke ([1], Jahrg. 1903, S. 1685) erwähnt.

Bei den unter 1—4 angeführten Maſchinen mit hin und her gehenden Kolben kann man unterſcheiden:

A. **Einfach wirkende Maſchinen,** wenn der Dampf nur auf einer Kolbenſeite wirkt. Dieſe Bauweiſe iſt nur bei Kleindampfmaſchinen ([2], Bd. 309, Jahrg. 1898, S. 224), den älteren Hubmaſchinen (ſ. oben) und bei einigen Arten von Heißdampfmaſchinen (ſ. d.) [19] anzutreffen. Einfach wirkende Maſchinen erfordern größere Abmeſſungen, verurſachen größere Abkühlungsverluſte, geben eine weniger gleichförmige Kurbeldrehung und bedingen einen kleineren mechaniſchen Wirkungsgrad.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

B. **Doppelt wirkende Maſchinen.** Der Dampf wirkt bei dieſen Maſchinen auf beiden Seiten. Dies iſt die heute allgemein übliche Bauweiſe; dabei liefert jeder Hub Nutzarbeit. Die Abmeſſungen der Maſchine fallen für gleiche Leiſtungen kleiner aus als bei einfach wirkenden Maſchinen, die Gleichförmigkeit der Kurbeldrehung wird eine beſſere und der mechaniſche Wirkungsgrad ein größerer. Da ferner die Temperatur der Zylinderwandung eine höhere iſt, ſo müſſen auch die Kondenſationsverluſte im Zylinder geringer ausfallen.

Nach der Wirkungsweiſe des Dampfes auf der Triebdruckſeite (Einlaßſeite) unterſcheidet man:

a) **Volldruckdampfmaſchinen.** Bei dieſen arbeitet der Dampf während des größten Teiles des Kolbenhubes mit voller Eintrittsſpannung; die Expanſionsfähigkeit derſelben wird wenig oder gar nicht ausgenutzt. Der Dampfverbrauch iſt infolgedeſſen ein ſehr hoher. Die Volldruckdampfmaſchine hat nur Berechtigung bei niederer Dampfſpannung (1—2 Atmoſphären Ueberdruck) und war daher früher bei den ſogenannten Niederdruckmaſchinen allgemeiner üblich. Gegenwärtig kommt die Volldruckwirkung in Dampfmaſchinen nur bei vorübergehender Steigerung der Maſchinenleiſtung oder bei Kleinmotoren mit Droſſelregulierung vor. Die dabei angewendete Füllung beträgt aus Gründen der Dampferſparnis und zur Verbeſſerung der Ausſtrömungsverhältniſſe 0,7—0,8 des Kolbenhubes.

b) **Expanſionsdampfmaſchinen.** Bei dieſen wird der Dampfzylinder nur für einen gewöhnlich verhältnismäßig kleinen Teil des Hubes mit Dampf von Keſſelſpannung gefüllt, während der übrige Kolbenweg unter ſelbſtändiger Ausdehnung der abgeſchloſſenen Dampfmenge zurückgelegt wird. Durch die Ausnutzung der Expanſionsarbeit des Dampfes wird im Vergleich zur Volldruckmaſchine für gleiche Arbeitsleiſtung eine weſentliche Verminderung des Dampfverbrauches erzielt. Die Mehrleiſtung des Dampfes gegenüber der Volldruckarbeit iſt um ſo größer, je weiter die Expanſion getrieben wird. Die nutzbare Expanſion wird bei Auspuffmaſchinen durch die Atmoſphärenſpannung, bei Kondenſationsmaſchinen durch die Kondenſatorſpannung begrenzt. — Das Verhältnis des der Dampfeinſtrömung entſprechenden Kolbenweges zum Kolbenhub bezeichnet den Füllungsgrad, das umgekehrte Verhältnis den Expanſionsgrad des Arbeitsdampfes. Wird lediglich die nutzbare Expanſionswirkung des Dampfes in Betracht gezogen, ſo ergibt ſich ſcheinbar der Dampfverbrauch einer Maſchine für 1 PS.-Stunde um ſo geringer, je kleiner der Füllungsgrad, bezw. je größer der Expanſionsgrad genommen wird. Dies trifft jedoch in Wirklichkeit nicht zu; es beſteht vielmehr für eine beſtimmte Dampfmaſchine nur ein ökonomiſch günſtigſter Füllungsgrad, bei deſſen Unter- oder Ueberſchreitung keine weitere Verminderung des Dampfverbrauches, ſondern eine Erhöhung desſelben eintritt. Dieſer günſtigſte Füllungsgrad iſt für die verſchiedenen Dampfmaſchinenausführungen verſchieden groß (ſ. Dampfmaſchinenberechnung, Tabelle I.).

Die praktiſch bedeutſamſte Verſuchsreihe, die über den Einfluß verſchiedener Füllung auf den Dampfverbrauch zuverläſſigen Aufſchluß gibt, iſt diejenige des amerikaniſchen Ingenieurs Iſherwood, der an der Maſchine des Dampfers Michigan 1876 ausführliche und genaue Verſuche angeſtellt hat. Zweck der Verſuche war, die ökonomiſch günſtigſte Füllung bei einer Anfangsſpannung von 1,3 Atmoſphären Ueberdruck zu ermitteln. Die Maſchine arbeitete mit Kondenſation und ohne Dampfmantel; es wurden Verſuche von je dreitägiger ununterbrochener Dauer mit ſieben verſchiedenen Füllungen angeſtellt.

Füllungsgrad	$^{11}/_{12}$	$^{7}/_{10}$	$^{4}/_{9}$	$^{3}/_{10}$	$^{1}/_{4}$	$^{1}/_{6}$	$^{4}/_{45}$
Verhältniszahlen des Speiſewaſſerverbrauches für 1 eff. PS.-Stunde	1,00	0,896	0,877	0,949	0,962	1,065	1,292

Dieſe Tabelle gibt den Dampfverbrauch für die beobachteten Füllungen von $^{11}/_{12}$ bis $^{4}/_{45}$, bezogen auf den Dampfverbrauch der größten Füllung, als Einheit an. Die günſtigſte Füllung trat bei $^{4}/_{9}$ des Kolbenweges ein, indem der Dampfverbrauch bei weiterer Steigerung der Expanſion zunahm und bei $^{1}/_{11}$ Füllung ſogar 29 % größer wurde als bei Vollfüllung. — Ein ganz ähnlicher Zuſammenhang zeigt ſich für die heute angewendeten höheren Dampfſpannungen. So ergibt ſich beiſpielsweiſe bei 5—6 Atmoſphären Eintrittsſpannung der günſtigſte Füllungsgrad für Auspuffmaſchinen zu etwa $^{1}/_{4}$, für Kondenſationsmaſchinen zu etwa $^{1}/_{10}$. Ein Grund dieſer Erſcheinung iſt zunächſt in den Reibungsverhältniſſen zu ſuchen, die eine Weiterführung der Expanſion unzweckmäßig erſcheinen laſſen, ſobald der Ueberdruck der Expanſionsſpannung über den Gegendruck (Atmoſphären- oder Kondenſatordruck) unzureichend wird, um die Reibung in der Maſchine überwinden zu können. Ein weiterer ſehr wichtiger Grund liegt in der Wechſelwirkung zwiſchen Arbeitsdampf und Zylinderwandung. Der in den Zylinder eintretende friſche Dampf trifft auf die von der vorhergehenden Ausſtrömperiode abgekühlten Zylinderwände und wird zum Teil kondenſiert, ſo daß während der Eintrittsperiode eine größere Dampfmenge zuſtrömt, als dem Füllungsvolumen entſpricht; der Mehrbetrag an Dampf hat ſich als Waſſer niedergeſchlagen; die latente Wärme wurde von den Zylinderwandungen aufgenommen. Mit der Temperaturerniedrigung des Arbeitsdampfes während der Expanſion und der bei niedrigſter Dampftemperatur erfolgenden Ausſtrömung findet wieder ein Nachverdampfen des vorhandenen Kondenswaſſers, d. i. Wärmezufuhr von ſeiten der Zylinderwände, ſtatt. Dieſer Wärmeaustauſch erfolgt ſomit gerade dem Carnotſchen Kreisprozeß entgegengeſetzt und muß um ſo nachteiliger wirken, je weiter die Expanſion getrieben wird, d. i. je größer der Temperaturunterſchied zwiſchen der Ein- und Austrittsſpannung iſt.

Der ungünſtige Einfluß dieſer Wechſelwirkung zwiſchen Zylinderwandungen und Dampf läßt ſich durch Anwendung eines Dampfmantels, durch Teilung der Expanſion auf zwei oder mehrere Zylinder und durch Verwendung überhitzten Dampfes vermindern. — Der Dampfmantel erhöht die Temperatur der Zylinderwandungen und vermindert hierdurch die Eintrittskondenſation.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

— Die auf mehrere Zylinder verteilte Expanſion ein und derſelben Dampfmenge (ſ. Mehrfach-expanſionsmaſchinen, S. 603) bedingt für jeden einzelnen Zylinder einen kleineren Temperaturunterſchied zwiſchen Ein- und Auslaßdampf bezw. zwiſchen Einlaßdampf und Zylinderwandung, wodurch gleichfalls die Eintrittskondenſation vermindert wird. — Der überhitzte Dampf gibt als ſchlechterer Wärmeleiter die Wärme weniger leicht als geſättigter Dampf an die Zylinderwandung ab; außerdem iſt beim überhitzten Dampf mit der Wärmeabführung nicht ſofort eine Kondenſation verbunden. Dieſe kann erſt eintreten, wenn der Dampf durch die Wärmeentziehung bis auf den Sättigungspunkt abgekühlt worden iſt. (Vgl. Heißdampfmaſchinen und [19].)

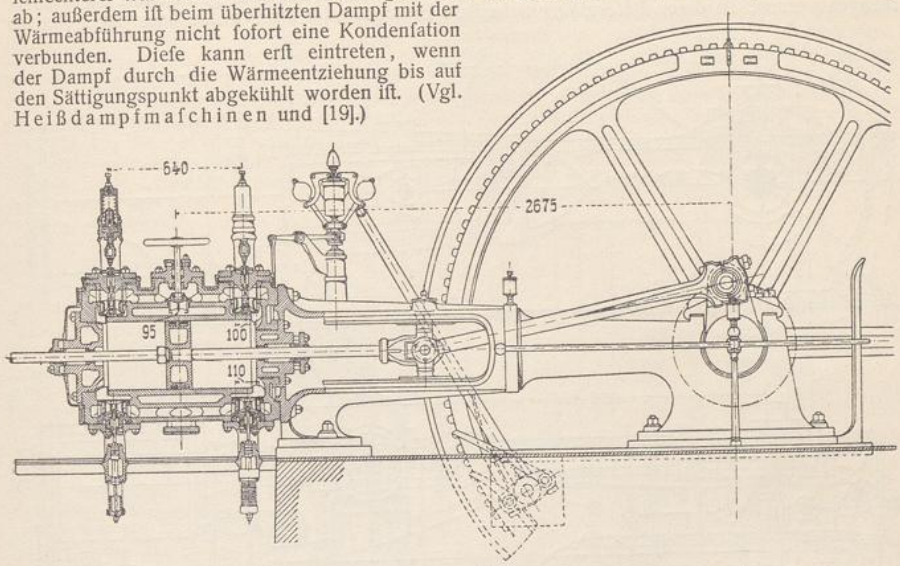


Fig. 1.

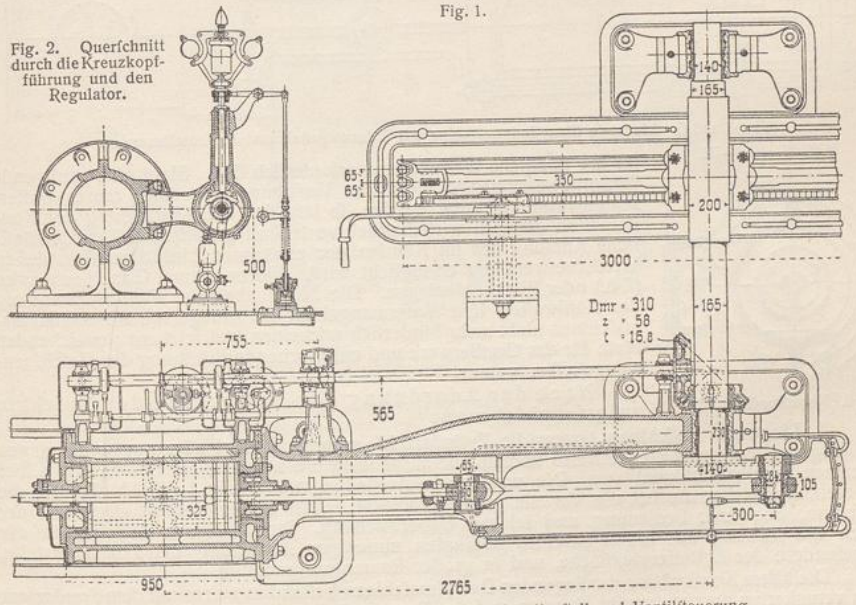


Fig. 2. Querſchnitt durch die Kreuzkopfführung und den Regulator.

Fig. 1—3. Liegende Einzylindermaſchine mit Bajonettgeſtell und Ventilſteuerung.

Nach der Wirkungsweiſe des Dampfes auf der Gegendruckſeite (Auslaßſeite) des Kolbens unterſcheidet man:

a) **Auspuffmaſchinen.** Als ſolche werden jene Dampfmaſchinen bezeichnet, bei denen der Arbeitsdampf nach vollendeter Expanſion in die Atmoſphäre ausſtrömt. Mit freiem Auspuff arbeiten namentlich die Kleinmotoren, Lokomotiven und Lokomobilen, die Großdampfmaſchinen in den Fällen ſchwieriger und koſtſpieliger Beſchaffung des Einſpritzwaſſers oder bei Verwendung des Auspuffdampfes zu Heiz- oder Vorwärmzwecken ſowie vorübergehend beim Verſagen des Kondenſators.

b) **Kondenſationsmaſchinen.** Bei dieſen ſtrömt der Dampf nach der Arbeitsleiſtung im Dampfzylinder in den Kondenſator aus, woſelbſt durch Kühlwaſſer eine Verdichtung des

Dampfes und hierdurch eine Verminderung des Gegendruckes im Zylinder erreicht wird. Zur Fortſchaffung des Kondenſats iſt eine ſogenannte Luftpumpe notwendig, die in der Regel von der Dampfmaſchine ſelbſt angetrieben wird (ſ. Luftpumpen) [53]. Die Anwendung der Kondenſation ermöglicht eine weitergehende Ausnutzung der Expanſionsarbeit des Dampfes, alſo eine Verminderung des Dampfverbrauches für 1 PS.-Stunde, ſetzt aber genügende Kühlwaſſermengen voraus, zu deren Beſchaffung beſondere Brunnen oder Pumpwerke oder der Anſchluß

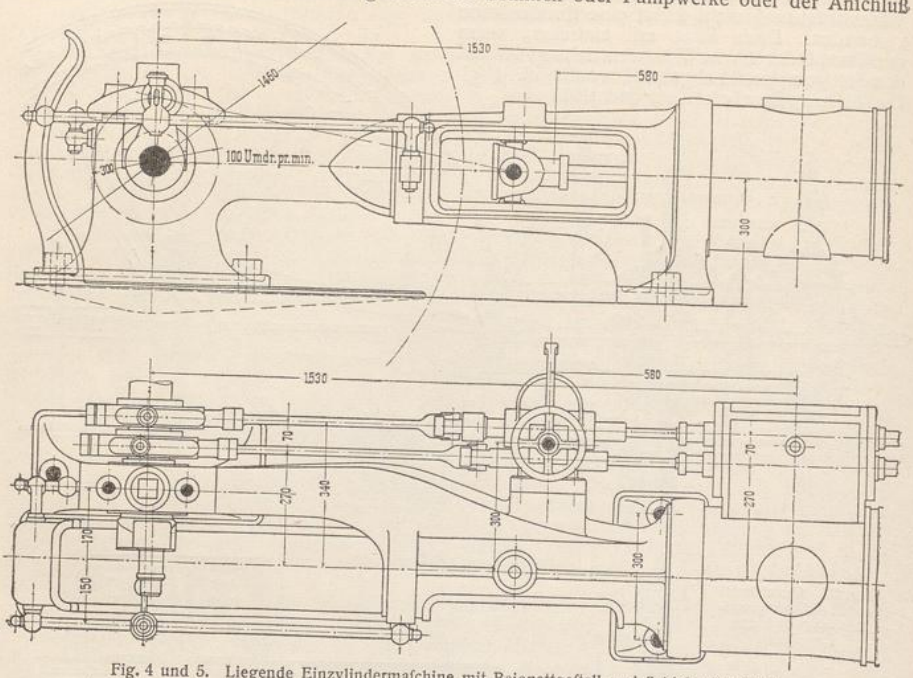


Fig. 4 und 5. Liegende Einzylindermaſchine mit Bajonettgeſtell und Schiebersteuerung.

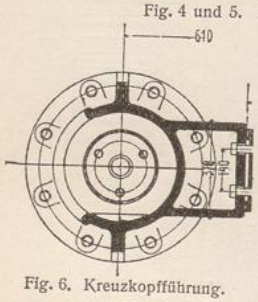


Fig. 6. Kreuzkopfführung.

an die ſtädtiſche Waſſerleitung erforderlich ſind. Steht eine genügende Einſpritzwaſſermenge nicht zur Verfügung oder muß teures Waſſerleitungswaſſer benutzt werden, ſo läßt ſich die Anwendung der Kondenſation dadurch wirtſchaftlich vorteilhaft geſtalten, daß durch künſtliche Kühlung des im Kondenſator erwärmten Einſpritzwaſſers deſſen Wiederverwendung ermöglicht wird. Hierzu dienen Gradierwerke (ſ. d.) oder Rückkühlanlagen. Die Möglichkeit der Wiederverwendung des Kühlwaſſers läßt Waſſermangel für die Anlage von Kondenſationsmaſchinen nicht mehr hinderlich erſcheinen und ſetzt nur ausreichenden Platz für das Gradierwerk und entſprechende Erhöhung der Maſchinenanlagekoſten voraus.

Nach der Anordnung der Hauptachſe der Maſchine unterſcheidet man:

1. **Liegende Maſchinen,** wenn die Zylinderachſe wagerecht liegt oder nur wenig gegen die Wagerechte geneigt iſt; letzteres kommt nur ausnahmsweiſe bei Spezialmaſchinen (z. B. bei einzelnen Schiffsmaſchinen) vor. Die wagerechte Aufſtellungsweiſe (Fig. 1—6, 10—16) iſt die am meiſten übliche; ſie hat die Vorteile großer Stabilität, guter Zugänglichkeit aller Teile der Maſchine, bequemer Bedienung und leichter Ueberwachung. Ihre Nachteile beſtehen in der durch die Wirkung des Eigengewichtes bedingten einſeitigen Abnutzung der Triebwerksteile, insbeſondere der Zylindergleitfläche, und in großer Raumbeanſpruchung.

Die ältere Konſtruktion der liegenden Dampfmaſchinen beſtand in einem mit dem Fundament ſtark verankerten durchgehenden Rahmen, auf den Dampfzylinder, Kreuzkopfführung und Kurbellager aufgeſchraubt werden. (Rahmenmaſchinen; die Fig. 7—9 geben die Konſtruktion einer ſolchen als Wandmaſchine wieder.) Da die Verſchraubung genannter Maſchinenteile meiſt unterhalb der Horizontalebene der Maſchinenachſe erfolgt, ſo beſitzt dieſe Konſtruktion den Mangel, daß die im Kurbellager und in den Dampfzylinderdeckeln wirkenden Reaktionen der Triebwerksdrücke an den Befeſtigungsſtellen des Lagers und des Zylinders bedeutende Biegungsbeanſpruchungen des Rahmens verurſachen. Stark beanſpruchte Maſchinen, wie beſonders Walzwerks- und Fördermaſchinen, weiſen daher an den betreffenden Befeſtigungsſtellen häufig Rahmenbrüche auf. Dieſen Uebelſtand beſeitigte Corliß durch ſeinen Bajonettrahmen (Corliß-Rahmen, Fig. 4—6). Derſelbe erſcheint im Aufriß zwiſchen Kurbellager und Dampfzylinder ſymmetriſch zur Maſchinenachſe ausgebildet, ſo daß die in der Maſchinenachſe wirkende Reſultante vor-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

bezeichneter Reaktionsdrücke ohne Biegungsmomente in der ſenkrechten Schwingungsebene vom Rahmen aufgenommen wird. Der Anſchluß des Dampfzylinders erfolgt mittels eines zu deſſen Achſe konzentriſchen Rahmenflanſches. Die Kreuzkopfführung beſitzt ſymmetriſch zur Maſchinenachſe ſchwalbenſchwanzförmige oder zylindriſche Gleitflächen (Fig. 6). Kreuzkopfführung und Kurbellager verbindet ein ſeitlich der Maſchinenachſe anſchließender Balken, der zwiſchen Kurbellager und Dampfzylinder ſymmetriſch zur Maſchinenachſe ausgebildet iſt. Am Kurbellager und an der Rundführung wird der Bajonettrahmen mittels kräftiger Füße mit dem Fundament verſchraubt, während der Dampfzylinder, mittels eines Flanſches einſeitig an der Rundführung mit dem Rahmen verbunden, entweder frei ſchweben kann oder, bei großem Gewicht desſelben, an ſeinem hinteren Ende unterſtützt wird. Dieſe Konſtruktion ermöglicht freie Ausdehnung des Zylinders, unabhängig von der Rahmenbefeſtigung; ſie iſt daher zweckmäßiger als die bei den meiſten Corliß-Maſchinen übliche, bei welcher der Rahmen vom Kurbellager bis zum Dampfzylinder frei ſchwebt und letzterer ſelbſt mit dem Fundament verſchraubt wird. Dampfmaſchinen für große Leiſtungen und mit ſchweren Schwungrädern, wie Walzwerks- und Fördermaſchinen, erhalten den genannten Rahmen beſſer ſo ausgebildet, daß er vom Kurbellager bis zur Dampfzylinderbefeſtigung auf dem Fundamente aufliegt behufs einer ſoliden Verbindung der Maſchine mit dem Fundament. Die zur Zylinderachſe konzentriſche Rundführung des Kreuzkopfes (Fig. 6) vereinfacht ſowohl die Bearbeitung des Rahmens wie auch die Adjuſtierung des Dampfzylinders. — Einzylinder-

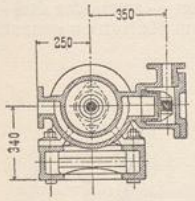


Fig. 9. Dampfzylinderquerſchnitt.

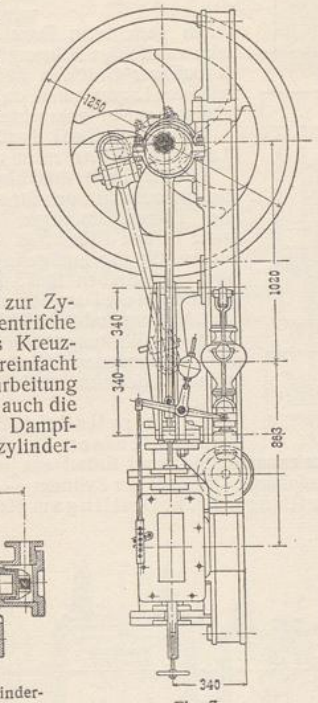


Fig. 7.

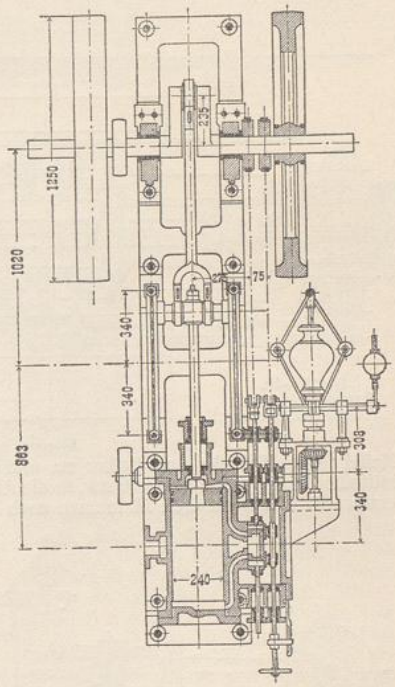


Fig. 8.

Fig. 7—9. Wanddampfmaſchine mit Rahmengeſtell.

maſchinen mit Kurbelantrieb ſetzen die Anwendung eines zweiten Lagers der Kurbelwelle (Fig. 3) voraus, das unabhängig vom Maſchinenrahmen mit dem Fundament verſchraubt wird (vgl. a. Fig. 14). Bei Anwendung einer gekröpften Welle können die beiden Kurbelwellenlager mit der Rundführung zu einem gemeinſamen gabelförmigen Rahmen verbunden und zuſammengegoſſen werden (Gabelmaſchinen, Fig. 10—12). Dieſe in ſich geſchloſſene Rahmenform eignet ſich hauptſächlich für kleinere Ausführungen und erfordert keine beſonderen Montagearbeiten.

2. **Stehende Maſchinen.** Die Achſe des Zylinders iſt ſenkrecht. Hierher zu rechnen ſind auch die Balanciermaſchinen und die Wanddampfmaſchinen (Fig. 7—9); letztere werden wegen der wenig zuverläſſigen Befeſtigung nur für kleine Leiſtungen ausgeführt. Die ſenkrechte Anordnung der Dampfmaſchine hat gegenüber der wagerechten den Vorzug geringer Raumbeanſpruchung und geringer Abnutzung der Triebwerksteile ſowie leichter Dichthaltung von Stopfbüchſen, Kolben und Steuerteilen. Als Uebelſtand dagegen macht ſich die ſchwierige Zugänglichkeit der Triebwerksteile und der Dampfzylinder ſowie geringere Stabilität der Maſchine und teurere Fundierung geltend. Der Hub wird zur Erhöhung der Stabilität ſtets kleiner genommen als bei gleichſtarken liegenden Maſchinen, und es erſcheint aus gleichem Grunde mitunter ſelbſt die Verkürzung der Schubſtangenlänge auf den vierfachen Kurbelradius gerechtfertigt. Die Dampfzylinder werden in der Regel oben angeordnet, die Kurbelwelle liegt unten, wobei ein bequemer und einfacher Aufbau des Maſchinenſtänders ſich ergibt (Fig. 17—20). Zur umgekehrten Anordnung iſt man nur ausnahmsweiſe veranlaßt. Die Ständer laſſen ſich in verſchiedener Weiſe ausbilden. Eine zweckmäßige Form bilden zwei gußeiſerne Füße, die ſich oben zu einem Kranz für die Zylinderverſchraubung vereinigen und unten auf einem Rahmen aufſitzen, der die

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Kurbelwellenlager enthält (Fig. 20). Bei kleineren Abmeſſungen werden Ständer und Grundrahmen in ein Gußſtück vereinigt. Sehr häufig erfolgt die Ausbildung der Ständer mit einſeitigen, genügend kräftigen gußeiſernen Füßen und ſchmiedeeiſernen Unterſtützungsſtangen (Schiffsmaſchinentypus, Fig. 18). Bei der Konſtruktion der Kreuzkopfführung entweder als Rundführung oder als einſeitige Linealführung iſt die Rückſicht auf leichte Zugänglichkeit der Triebwerksteile und der Dampfzylinderſtopfbüchſen maßgebend. Bei Maſchinen, die ebenſoviel nach der einen wie nach der andern Richtung umlaufen, iſt wegen des nach beiden Seiten gerichteten Druckes auf die Gleitbahn zweiſeitige Führung zu empfehlen. Die Kurbellager bedürfen keiner ſeitlich nachſtellbaren Lagerſchalen, da die Abnutzung der letzteren nur in ſenkrechter Richtung erfolgt.

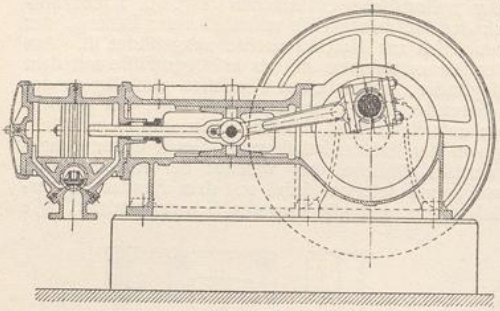


Fig. 10.

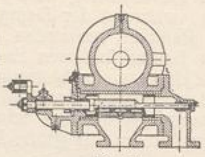


Fig. 12.

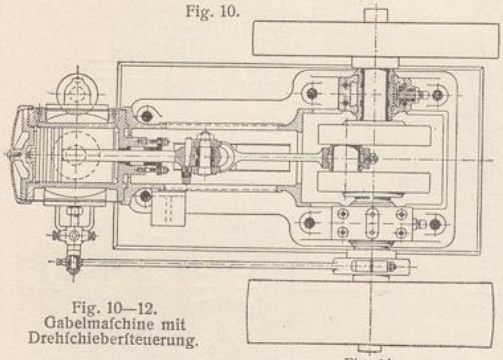


Fig. 10—12. Gabelmaſchine mit Drehſchiebersteuerung.

Fig. 11.

Nach der Zahl der Zylinder einer Maſchine kann man unterſcheiden:

1. **Einzylindermaſchinen** kommen im allgemeinen nur noch für mäßige Leiſtungen und Dampfſpannungen zur Anwendung ſowie in den Fällen, in denen Einfachheit der Ausführung und geringe Koſten der Anlage zu erſtreben ſind, bei mäßigen Anſprüchen an die Dampfökonomie (Fig. 1—12).

2. **Mehrzylindermaſchinen** (Fig. 13—20). Nach der Wirkungsweiſe des Dampfes in den verſchiedenen Zylindern ſind die Mehrzylindermaſchinen noch weiter zu unterſcheiden in:

a) Mehrzylindrige Einfachexpanſionsmaſchinen. Der Dampf ſtrömt vom Keſſel jedem Zylinder unmittelbar zu, und der expandierte Dampf ſtrömt aus jedem Zylinder unmittelbar in den Kondenſator bezw. in die Atmoſphäre. Der Zahl der Zylinder — zwei oder drei — entſprechend werden dieſe Maſchinen auch Zwillings- bezw. Drillingsmaſchinen genannt.

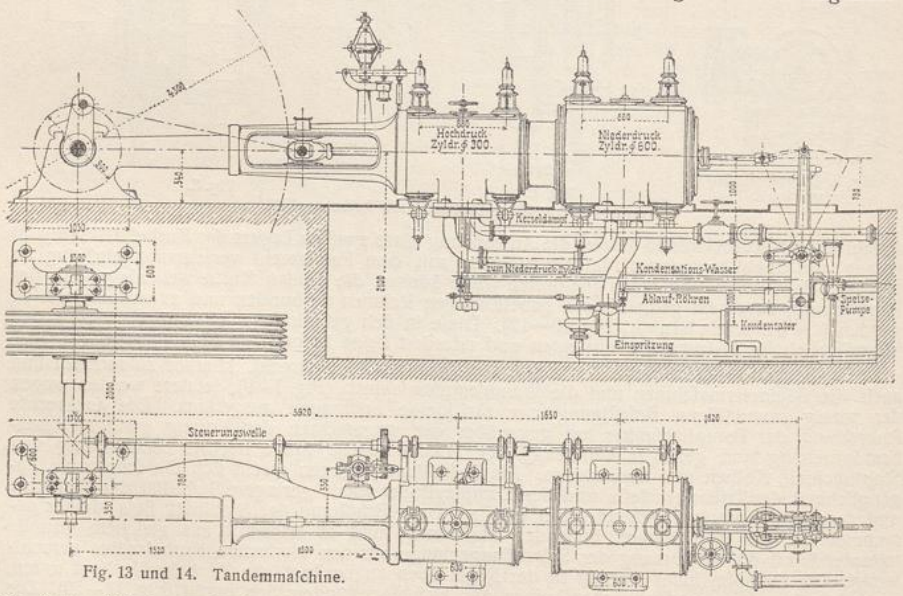


Fig. 13 und 14. Tandemmaſchine.

Sie ſtellen ſich demnach als eine Vereinigung von zwei oder drei unter ſich gleichen Einzylindermaſchinen dar, die auf eine Kurbelwelle arbeiten, deren Kurbeln um 90 bezw. 120° verſetzt ſind. Vorteilhaft iſt dieſe Bauart gegenüber den Einzylindermaſchinen nur inſofern, daß ein

ſelbſttätiges Angehen der Maſchinen in jeder Kurbelſtellung möglich iſt — wichtig für Lokomotiven, Fördermaſchinen, Schiffsmaſchinen u. ſ. w. — und daß eine höhere Gleichförmigkeit der Kurbeldrehung bei mäßigem Schwungradgewicht erreicht werden kann. Hinſichtlich des Dampfverbrauches bieten die mehrzylindrigen Einfachexpanſionsmaſchinen keine Vorteile gegenüber den einzylindrigen Maſchinen.

b) Mehrfachexpanſionsmaſchinen. Der friſche Dampf ſtrömt bei dieſen Maſchinen nur einem Zylinder, dem Hochdruckzylinder, zu, in dem der Dampf nur teilweiſe entſpannt wird. Aus dem Hochdruckzylinder gelangt der Dampf in einen zweiten, größeren Zylinder, in

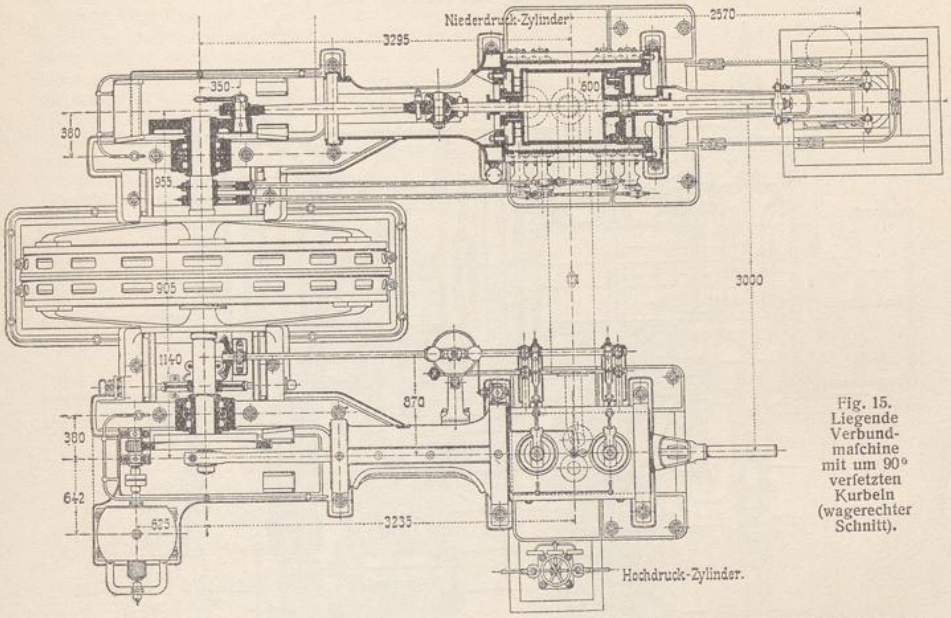


Fig. 15. Liegende Verbundmaſchine mit um 90° verſetzten Kurbeln (wagerechter Schnitt).

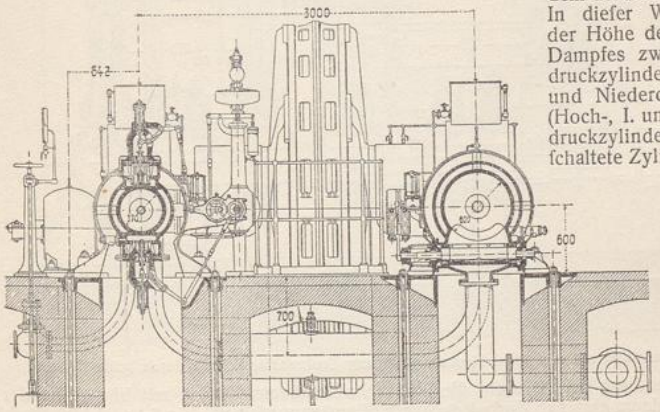


Fig. 16. Senkrechter Schnitt durch beide Zylinder.

dem der Dampf weiter entſpannt wird. In dieſer Weiſe werden je nach der Höhe der Anfangsſpannung des Dampfes zwei (Hoch- und Niederdruckzylinder), drei (Hoch-, Mittel- und Niederdruckzylinder) oder vier (Hoch-, I. und II. Mittel- und Niederdruckzylinder) hintereinander geſchaltete Zylinder von verſchiedenem Volumen zu einer Maſchine verbunden. Man unterſcheidet dementſprechend auch Zwei-, Drei- und Vierfachexpanſionsmaſchinen. Als Erfinder der Mehrfachexpanſionsmaſchinen iſt Hornblower zu betrachten, der ſchon 1776 das Modell einer ſolchen Maſchine ausführte. Die niedrige Dampfſpannung ſowie die Unmöglichkeit, Watts patentierten Kondenſator zu benutzen, ließen die Maſchine nicht zur Geltung kommen. Erſt Arthur Woolf gelang es 1804 durch Anwendung höher geſpannten Dampfes mit zweifacher Expanſion Erfolge zu erringen. In dem nach ihm benannten Maſchinenſyſtem bewegen ſich die Kolben beider Dampfzylinder in gleicher oder entgegengeſetzter Richtung, entſprechend zwei unter 0 oder 180° verſetzten Kurbeln. Wird zwiſchen beide Zylinder noch ein Zwiſchenbehälter oder Receiver eingeſchaltet, deſſen Größe etwa gleich dem Hochdruckzylindervolumen genommen wird, ſo entſtehen die Woolf-Receivermaſchinen. Die älteren Ausführungen Woolfſcher Maſchinen, namentlich diejenigen Woolfs ſelbſt, ſind ſtets Balanciermaſchinen mit ſtehenden Dampfzylindern, ſo angeordnet, daß deren Kolben an beiden Armen des Balanciers oder nur an einem Arm desſelben angreifen. Bei der heutigen Anwendung

des Woolffchen Syſtems wird der Balancier durch die Kreuzkopfführung erſetzt, und zwar werden bei ſtehenden Dampfmaſchinen Hoch- und Niederdruckzylinder nebeneinander mit Kurbeln unter 180° angeordnet. Dieſe Aufſtellung gewährt vollſtändige Maſſenausgleichung der Triebwerksteile in ſenkrechter Richtung und wird daher beſonders für Maſchinen mit hoher Umdrehungszahl, namentlich für den Betrieb von Lichtmaſchinen, angewendet. Der zur Erreichung eines hohen Gleichförmigkeitsgrades nachteilige Umſtand, daß beide Maſchinenkurbeln ſtets gleichzeitig durch die toten Punkte gehen, läßt ſich dabei nur durch entſprechende Vergrößerung der Schwungmaſſen unempfindlich machen. Dieſelben Vorteile hinſichtlich der Maſſenausgleichung im Triebwerk bietet die liegende Anordnung mit Kurbeln unter 180°.

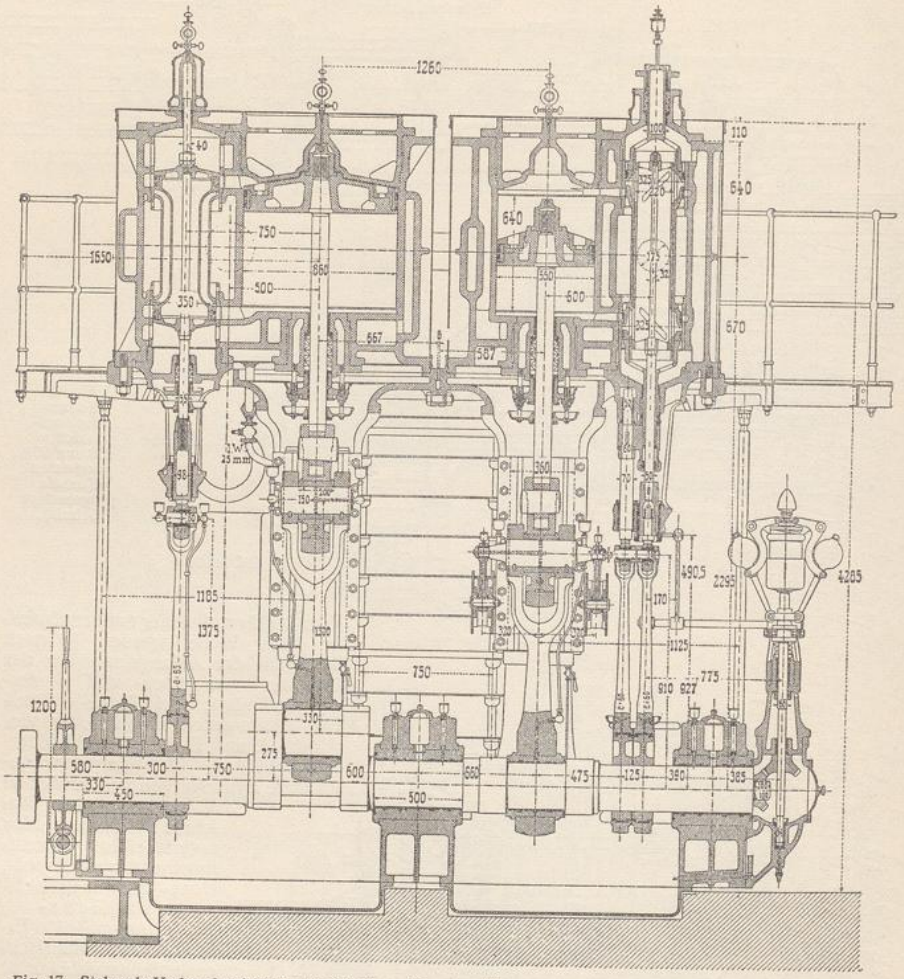


Fig. 17. Stehende Verbundmaſchine mit einſeitiger Kreuzkopfführung (ſenkrechter Schnitt durch beide Zylinder).

Sehr häufige Anwendung findet heute die Woolffche Receivermaſchine mit hintereinander liegenden Zylindern und einem einzigen Kurbeltriebwerk **(Tandemmaſchine,** Fig. 13 und 14). Dieſe Anordnung hat den Vorteil einfacher und billiger Anlage wegen des Fortfalles eines zweiten Kurbelgetriebes. Die allgemein übliche Anordnung der Zweifachexpanſionsmaſchinen iſt heute diejenige mit nebeneinander liegenden Dampfzylindern und unter 90° verſetzten Kurbeln (Fig. 15 und 16 bezw. Fig. 17 und 18). Es wird hierdurch eine gleichmäßigere Kraftwirkung an der Kurbelwelle und damit ein höherer Gleichförmigkeitsgrad bei verhältnismäßig geringen Schwungmaſſen erreicht. Auch das Anlaſſen der Maſchine iſt erleichtert. Da bei dieſem Maſchinenſyſtem im Vergleich zum vorhergehenden die Füllung des Niederdruckzylinders nicht mit dem Auslaß des Hochdruckzylinders zeitlich zuſammenfällt, ſo iſt zur Aufnahme des Arbeitsdampfes ein Behälter (Aufnehmer oder Receiver) zwiſchen Hoch- und Niederdruckzylinder unbedingt notwendig, und es werden daher dieſe Maſchinen auch Compoundreceivermaſchinen oder **Verbundmaſchinen** genannt. Dieſelben ſind nachweisbar zum erſten Male 1829 von der Maſchinenfabrik Röntgen in Tyenoord bei Rotterdam für ein Dampfſchiff ausgeführt worden. Zur

allgemeinen Anwendung kam das Verbundſyſtem aber erſt bei den Schiffsmaſchinen im Jahre 1854 durch die Firma Randolf & Elder in Glasgow, die eine große Zahl älterer Schiffsmaſchinen in Verbundmaſchinen umbaute und dabei eine bis dahin unbekannte Dampfausnutzung erzielte. Bei den ortsfeſten Dampfmaſchinenanlagen fand das Verbundſyſtem erſt 20 Jahre ſpäter die rechte Würdigung und iſt heute zur vollen Geltung gelangt.

Bei ortsfeſten Anlagen kommt hauptſächlich die Zweifachexpanſionsmaſchine (Fig. 15 und 16 bezw. 17 und 18), für ſehr große Anlagen auch die Dreifachexpanſionsmaſchine (Fig. 19 und 20) zur Anwendung. Schiffsmaſchinen (ſ. d.) werden als Zwei-, Drei- und Vierfachexpanſionsmaſchinen gebaut. Der mit der vierfachen Expanſion erreichte Vorteil iſt im Vergleich zur Dreifachexpanſionsmaſchine praktiſch verhältnismäßig gering, und erſtere rechtfertigt ſich daher nur bei Maſchinen von hoher Dampfſpannung (14 Atmoſphären und darüber) und ungewöhnlich großen Leiſtungen. Die Vorteile der Mehrfachexpanſion liegen in der Verminderung des Dampfverbrauches durch Verkleinerung der Dampfverluſte, beſonders der Abkühlungs-

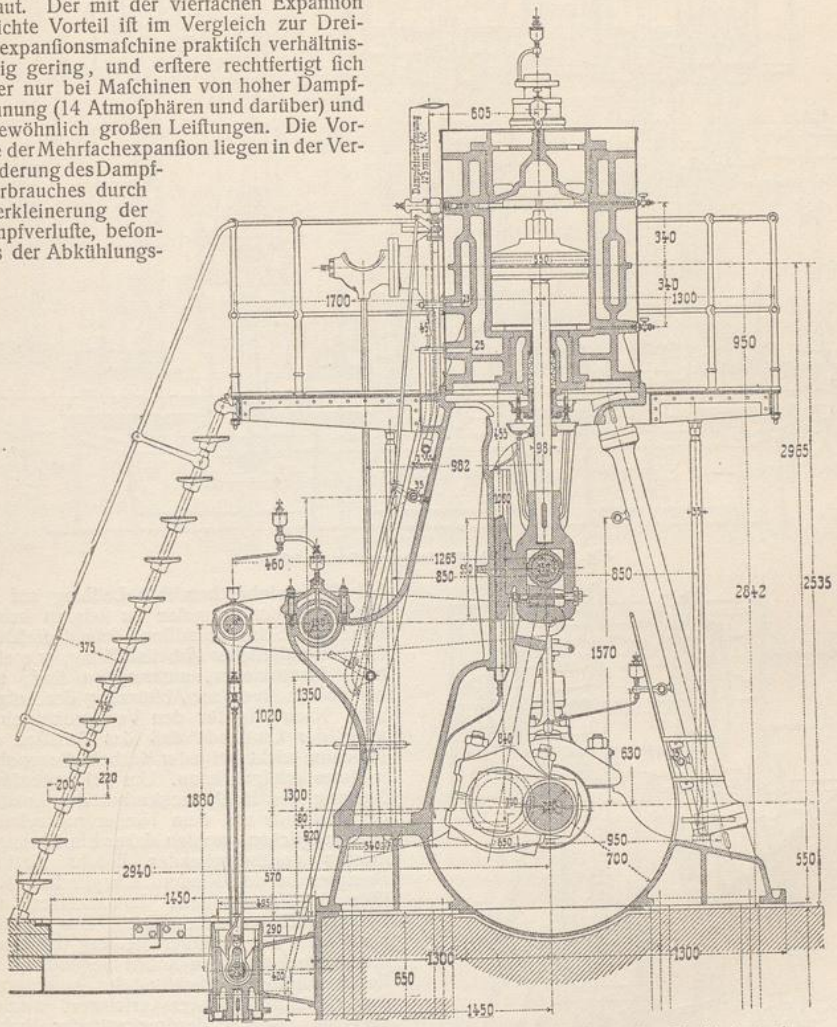


Fig. 18. Stehende Verbundmaſchine mit einſeitiger Kreuzkopfführung (ſenkrechter Schnitt durch den Hochdruckzylinder).

verluſte (ſ. S. 598 und 599), in der beſſeren Arbeitsweiſe durch gleichmäßige Verteilung der Leiſtung auf die einzelnen Zylinder, in der günſtigeren Kraftwirkung und Verminderung der Triebwerksdrücke. Dieſe Vorzüge werden erkauft durch größere Komplikation der Konſtruktion und weſentlich höhere Anlagekoſten. Ein empfindlicher Uebelſtand der Mehrfachexpanſion beſteht darin, daß die Leiſtungsfähigkeit der Maſchinen ſich nicht beliebig ſteigern läßt ohne Beeinträchtigung der Wirkung, Verſchlechterung der Arbeitsverteilung und Erhöhung des Dampfverbrauchs, indem die Leiſtung des Hochdruckzylinders ſtetig abnimmt, während diejenige des Niederdruckzylinders unverhältnismäßig zunimmt. Zur Erhöhung der Maſchinenleiſtung ſieht man ſich daher auch für gewiſſe Betriebsverhältniſſe veranlaßt, von der ſtufenweiſen Expanſion abzuſehen und jedem Zylinder friſchen Keſſeldampf zuzuführen und dieſe voneinander unabhängig zu betreiben. Dieſe Umwandlung des Verbundbetriebes in den Zwillingsmaſchinenbetrieb findet beiſpielsweiſe Anwendung bei unterirdiſchen Waſſerhaltungsmaſchinen, die

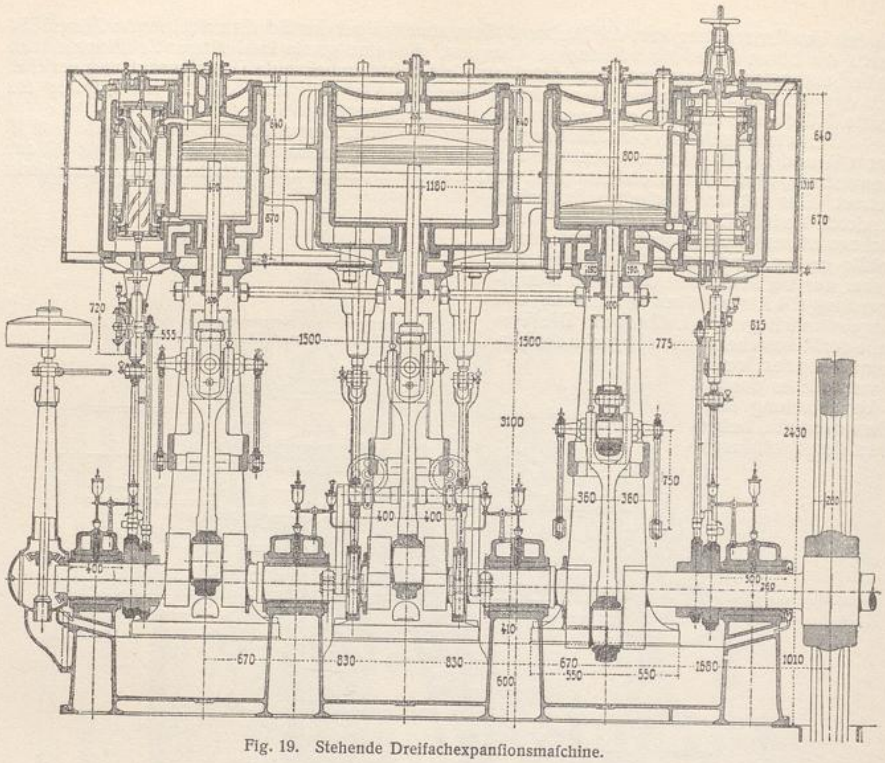


Fig. 19. Stehende Dreifachexpanſionsmaſchine.

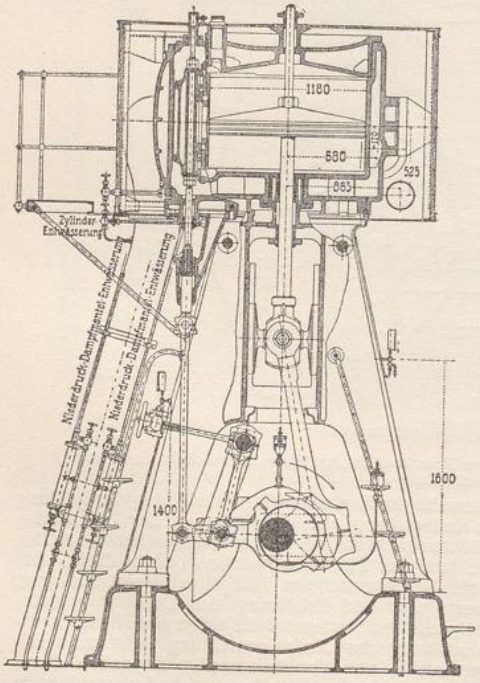


Fig. 20. Senkrechter Querſchnitt durch den Niederdruckzylinder der Dreifachexpanſionsmaſchine (Kreuzkopfführung beiderſeitig).

bei Waſſereinbrüchen ihre Leiſtung auf ein Vielfaches der normalen zu ſteigern haben, ferner bei Schlachtſchiffen, ſobald dieſelben ſehr veränderlicher Arbeitsleiſtung, wie etwa beim Manövrieren, unterworfen ſind, und bei Lokomotiven zur Abkürzung der Anfahrzeit. Nachteilig für den Verbundbetrieb iſt auch der Umſtand, daß das Anlaſſen der Maſchine nicht bei jeder Kurbelſtellung ohne weiteres erfolgen kann. Um bei ungünſtiger Stellung der Hochdruckkurbel das Anlaſſen der Maſchine mit dem Niederdruckzylinder zu ermöglichen, werden daher Einrichtungen zwecks vorübergehender Zufuhr direkten Dampfes in den Niederdruckzylinder nötig. (Für Schiffsmaſchinen, Lokomotiven und Fördermaſchinen unerläßlich.) Das Anlaſſen kann auch bei günſtiger Stellung der Hochdruckkurbel durch zu hohen Gegendruck im Receiver infolge Undichtheit der Steuerorgane des Hochdruckzylinders erſchwert werden. Receiver und Niederdruckzylinder haben daher ſtets Sicherheits- und Auslaßventile.

Sehr häufig vereinigt man die Wirkung mehrmaliger Expanſion mit dem Zwillingsſyſtem durch Verdopplung der Zylinder, wobei ſich die Verdopplung entweder auf alle Zylinder oder nur auf einige bezw. einen zu erſtrecken pflegt. Mannigfaltige Anordnungen ſind hierbei möglich. Die wichtigeren Zylinderanordnungen der Mehrfachexpanſionsmaſchinen ſind nachſtehend zuſammengeſtellt, wobei die einzelnen nacheinander vom Dampfe durchſtrömten Zylinder mit I, II, III, IV, dagegen bei Zwillingsanordnung mit Ia, Ib bezw. IIa, IIb u. ſ. w. bezeichnet werden ſollen.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

A. Maſchinen mit zwei Zylindern und zweimaliger Expanſion.

a) Liegend:

1. I und II hintereinander liegend, auf eine Kurbel arbeitend. Entweder liegt I an der Kreuzkopfführung und II dahinter (Fig. 13 und 14 und [1], Jahrg. 1896, Taf. 16) oder umgekehrt ([1], Jahrg. 1902, Taf. 21).

2. I und II nebeneinander liegend, auf zwei Kurbeln arbeitend; ſehr gebräuchlich. (Fig. 15 und 16 ſowie [1], Jahrg. 1901, Taf. 14.)

3. I und II zum Teil hintereinander, zum Teil nebeneinander liegend, auf eine zweimal gekröpfte Welle arbeitend; wenig gebräuchlich. ([1], Jahrg. 1896, Taf. 18.)

b) Stehend.

1. I und II nebeneinander liegend, auf eine zweimal gekröpfte Welle arbeitend; ſehr gebräuchlich. (Fig. 17 und 18 ſowie [1], Jahrg. 1900, Taf. 15.)

2. I und II übereinander liegend, auf eine einmal gekröpfte Welle arbeitend; wenig gebräuchlich.

3. I und II zum Teil nebeneinander, zum Teil übereinander liegend, auf eine zweimal gekröpfte Welle arbeitend; wenig gebräuchlich. ([1], Jahrg. 1891, Taf. 37.)

c) Liegend und ſtehend.

Ein Zylinder iſt mit wagerechter, der andre mit ſenkrechter Achſe angeordnet; beide Zylinder arbeiten auf eine gekröpfte Welle. (Bauart der Görlitzer Maſchinenbau-Anſtalt.)

B. Maſchinen mit drei Zylindern und dreimaliger Expanſion.

a) Liegend.

1. I, II und III nebeneinander liegend, auf eine dreimal gekröpfte Welle arbeitend; wenig gebräuchlich. ([1], Jahrg. 1897, Taf. 17.)

2. I und II, hintereinander liegend, arbeiten auf die eine Kurbel; III, neben I und II liegend, arbeitet auf die andre Kurbel; ſehr gebräuchlich. Entweder liegt I an der Kreuzkopfführung und II dahinter ([1], Jahrg. 1895, Taf. 26) oder umgekehrt ([1], Jahrg. 1900, Taf. 14).

b) Stehend.

1. I, II und III ([1], Jahrg. 1902, Taf. 14) oder I, III und II (Fig. 19 und 20) nebeneinander liegend, auf eine dreimal gekröpfte Welle arbeitend; ſehr gebräuchlich.

2. I, II und III nebeneinander liegend; I und II arbeiten auf zwei Kröpfungen, III auf eine Kurbel der gemeinſamen Welle; wenig gebräuchlich. ([1], Jahrg. 1899, Taf. 23.)

3. I und II, übereinander liegend, arbeiten auf die eine Kröpfung; III, neben I und II liegend, arbeitet anf die andre Kröpfung der Welle. ([1], Jahrg. 1903, Taf. 1.)

4. I und II, übereinander liegend, arbeiten auf die eine Kurbel; III, neben I und II liegend, arbeitet auf die andre Kurbel der gemeinſamen Welle; wenig gebräuchlich. ([1], Jahrg. 1895, Taf. 28.)

C. Maſchinen mit vier Zylindern und zweimaliger Expanſion (Zwillingstandemmaſchinen).

a) Liegend.

Ia und IIa liegen hintereinander auf der einen Seite und arbeiten auf eine Kurbel; Ib und IIb liegen hintereinander auf der andern Seite und arbeiten auf eine zweite Kurbel der gemeinſamen Welle; gebräuchlich für Fördermaſchinen. ([1], Jahrg. 1902, Taf. 26 und 29.)

b) Stehend.

Ia und IIa bezw. Ib und IIb liegen übereinander; Ia und Ib bezw. IIa und IIb liegen nebeneinander und wirken auf eine zweimal gekröpfte Welle. ([1], Jahrg. 1896, S. 1109, Fig. 10—15.)

D. Maſchinen mit vier Zylindern und dreimaliger Expanſion.

a) Liegend.

Der Niederdruckzylinder iſt geteilt: IIIa und IIIb. I und IIIa liegen hintereinander auf der einen Seite und arbeiten auf eine Kurbel; II und IIIb liegen hintereinander auf der andern Seite uud arbeiten auf eine zweite Kurbel der gemeinſamen Welle. Die Teilung des Niederdruckzylinders geſchieht, um kleinere Abmeſſungen zu erhalten. ([1], Jahrg. 1901, Taf. 2 und 12, ſowie 1902, Taf. 5 und 6.)

b) Stehend.

1. Der Niederdruckzylinder iſt geteilt; I, II, IIIa und IIIb liegen nebeneinander und arbeiten auf eine viermal gekröpfte Welle. ([1], Jahrg. 1902, Taf. 42, ſowie 1903, Taf. 9.)

2. Der Niederdruckzylinder iſt geteilt; I und IIIa bezw. II und IIIb liegen übereinander; I und II bezw. IIIa und IIIb liegen nebeneinander und arbeiten auf eine zweimal gekröpfte Welle. ([1], Jahrg. 1899, Taf. 19, 20 und 21, ſowie 1900, Taf. 7 und 8.)

3. Der Hochdruckzylinder iſt geteilt. Ia und II bezw. Ib und III liegen übereinander und arbeiten auf eine Welle mit zwei Kröpfungen. ([1], Jahrg. 1901, Taf. 8.)

E. Maſchinen mit vier Zylindern und viermaliger Expanſion; ſtehend.

I, II, III und IV ([1], Jahrg. 1894, Taf. 17) oder auch I, IV, III und II ([1], Jahrg. 1901, Taf. 10 und 20) liegen nebeneinander und arbeiten auf eine viermal gekröpfte Welle.

F. Maſchinen mit fünf und mehr Zylindern.

Dieſe Maſchinen kommen nur als ſtehende Schiffsmaſchinen (ſ. d.) zur Ausführung; fünfzylindrige Dreifachexpanſionsmaſchinen mit geteiltem Hoch- und Niederdruckzylinder ſind abgebildet [1], Jahrg. 1892, Taf. 33 und 34. Ia und IIIa bezw. Ib und IIIb liegen übereinander; IIIa, II und IIIb nebeneinander; alle Zylinder arbeiten auf eine dreimal gekröpfte Welle. Eine ſechszylindrige Vierfachexpanſionsmaſchine iſt in [1], Jahrg. 1900, Taf. 19 und 20 wiedergegeben (Schnelldampfer „Deutſchland“). Hoch- und Niederdruckzylinder ſind geteilt. Ia und IVa bezw. Ib und IVb

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

liegen übereinander; nebeneinander liegen Ia und Ib bezw. III, IVa, IVb und II. Die Welle hat vier Kröpfungen. Schließlich ſeien noch die achtzylindrigen Vierfachexpanſionsmaſchinen des Schnelldampfers „Kaiſer Wilhelm II." erwähnt ([1], Jahrg. 1903, Taf. 14 und 15); jede der beiden Maſchinen kann als eine Vereinigung zweier vierzylindriger Vierfachexpanſionsmaſchinen angeſehen werden.

Bei den Mehrfachexpanſionsmaſchinen iſt, ſofern mit geſättigtem Dampf gearbeitet wird, ſtets die Heizung der Dampfzylinder und meiſt auch der Zwiſchenbehälter durchgeführt. Dabei erſcheint nicht nur die Heizung der Zylindermäntel, ſondern auch der Deckel erwünſcht. Der Hochdruckzylinder iſt ſtets mit friſchem Keſſeldampf, die Mittel- und Niederdruckzylinder ebenfalls mit ſolchem oder mit gedroſſeltem Dampfe zu heizen. Bezüglich der Heizung der Zwiſchenbehälter ſind die Anſchauungen und Erfahrungen abweichend inſofern, als in einzelnen Fällen die Receiverheizung ſich ſogar nachteilig gezeigt hat oder wenigſtens keine Verminderung des Dampfverbrauches ergab. Allgemein iſt jedoch zu behaupten, daß die Receiverheizung eher vorteilhaft als nachteilig wirken wird und daß nur bei ganz beſtimmten Maſchinenkonſtruktionen und beſonderer Ausbildung aller Konſtruktionsdetails die Receiverheizung entbehrlich erſcheint.

Nach der Höhe der Umlaufszahl oder der Größe der Kolbengeſchwindigkeit pflegt man zu unterſcheiden:

1. Langſam laufende Dampfmaſchinen. Unter dieſen werden Dampfmaſchinen von geringer Hub- oder Umdrehungszahl (30–40 in der Minute), wie ſolche im früheren Dampfmaſchinenbau allgemein üblich waren, verſtanden. Zu ihnen gehören hauptſächlich die Balanciermaſchinen. Der heutige Maſchinenbau hat dieſe geringen Hub- oder Umdrehungszahlen verlaſſen und es werden ſelbſt Betriebsmaſchinen von 60—75 minutlichen Umdrehungen noch zu den langſam gehenden Maſchinen gerechnet. Der Vorteil langſamen Ganges beſteht in geringer Abnutzung der Triebwerksteile und langer Lebensdauer der Maſchinen.

2. Raſch laufende Dampfmaſchinen. Dieſe ſpielen im neueren Maſchinenbau eine wichtige Rolle durch das Beſtreben nach kleinen Ausführungsabmeſſungen, geringem Raumbedarf und niedrigen Anlagekoſten; ihr Bau iſt durch die Forderungen des Dynamomaſchinenbetriebs nach Dampfmaſchinen mit hohen Umdrehungszahlen beſonders gefördert worden.

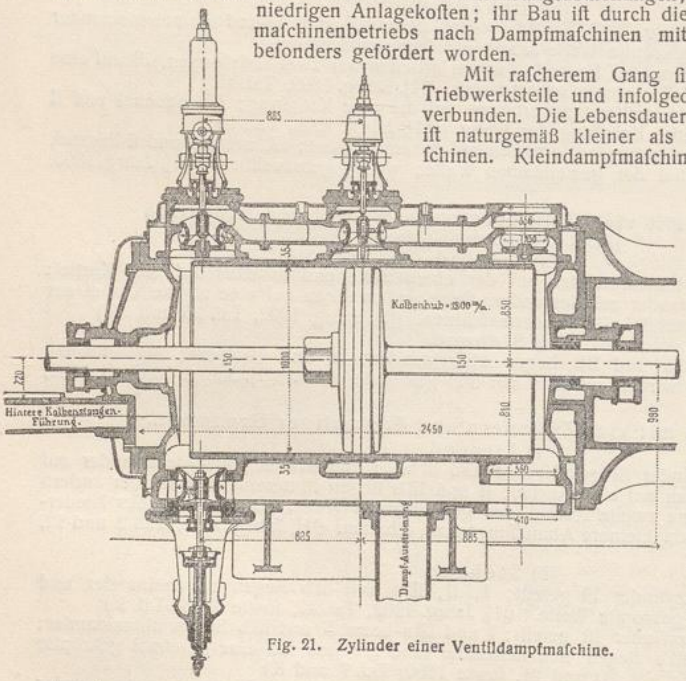


Fig. 21. Zylinder einer Ventildampfmaſchine.

Mit raſcherem Gang ſind ſtärkere Abnutzung der Triebwerksteile und infolgedeſſen höhere Betriebskoſten verbunden. Die Lebensdauer ſchnell laufender Maſchinen iſt naturgemäß kleiner als die langſam laufender Maſchinen. Kleindampfmaſchinen werden vornehmlich als ſogenannte Schnelläufer mit 250—350 minutlichen Umdrehungen ausgeführt, während man bei den Großdampfmaſchinen gewöhnlicher Konſtruktion für mehrere hundert Pferdeſtärken nicht über 100—200 Umdrehungen hinausgeht. Die Konſtruktion raſch laufender Maſchinen verlangt beſondere Berückſichtigung der Maſſenwirkung der Triebwerksteile. Die Erreichung ruhigen, ſtoßfreien Ganges iſt an ganz beſtimmte Dampfverteilung und Kompreſſionsgrade gebunden, und außerdem nimmt auf dieſelbe auch die Ausführung ſelbſt ſowie das Spiel der Triebwerkszapfen in ihren Lagern weſentlichen Einfluß [27] (vgl. a. Aeußere Kräfte). — Zu außergewöhnlichen Konſtruktionen raſch laufender Dampfmaſchinen gehören die Willans-Dampfmaſchinen und die Dampfturbinen (ſ. d.). Willans verwendet ſelbſt für Maſchinen großer Leiſtung 340 bis 450 minutliche Umdrehungen.

Nach der Art der Steuerung kann man unterſcheiden:

1. Schiebermaſchinen. Zu dieſen gehören die mit Flach-, Rund-, Kolben- oder Corliß-Schiebern geſteuerten Dampfmaſchinen (Fig. 4—12, 17—20). Im engeren Sinne gilt dieſe Bezeichnung für Maſchinen mit Flach-, Rund- oder Kolbenſchieberſteuerung (ſ. Schieber).

Sie haben den Vorteil großer Einfachheit der Konſtruktion, leichter Bedienung und Ueberwachung, billiger Anlage. Ihre Hauptübelſtände beſtehen in ſchwieriger ſelbſttätiger Regulierung ſowie in großen ſchädlichen Räumen und Abkühlungsflächen der Steuerkanäle und Schieberkaſten, wodurch die Dampfökonomie dieſer Maſchinen weſentlich beeinträchtigt wird. Dieſe Nachteile müſſen für die Einfachheit und Billigkeit der Konſtruktion in den Kauf genommen

werden. Bezüglich dauernder Dichtheit der Steuerorgane ſind Maſchinen mit Flach- oder Rundſchieberſteuerung (Fig. 4—12) ſolchen mit Kolbenſchieber (Fig. 18) vorzuziehen; dagegen ſind letztere wegen geringen Bewegungswiderſtandes leichter durch den Regulator zu beeinfluſſen. Kolbenſchieber können wegen der vollſtändigen Entlaſtung der Gleitfläche vom Dampfdruck bei den höchſten Spannungen angewendet werden. Die ſenkrechte Anordnung der Kolbenſchieber iſt zur Verhütung einſeitiger Abnutzung der wagerechten Anordnung vorzuziehen; man findet deshalb vorwiegend ſtehende Maſchinen mit Kolbenſchiebern ausgeführt. Die Führung der Stange des Kolbenſchiebers iſt derart durchzubilden, daß durch den Seitendruck der Exzenterſtange keine Belaſtung der Schiebergleitfläche entſtehen kann.

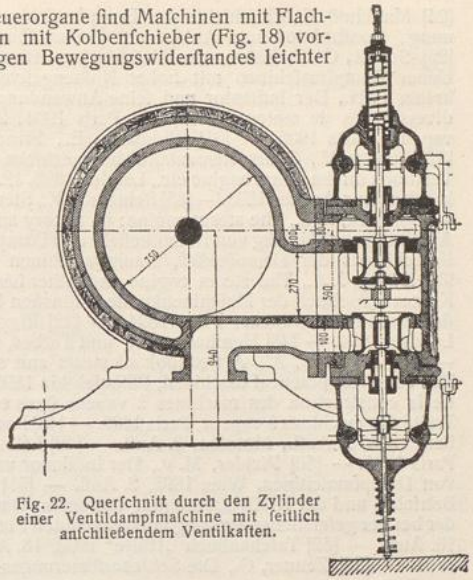


Fig. 22. Querſchnitt durch den Zylinder einer Ventildampfmaſchine mit ſeitlich anſchließendem Ventilkaſten.

2. **Ventildampfmaſchinen.** Dieſe haben als Steuerorgane getrennte Einlaß- und Auslaßventile, die bei doppelt wirkenden Dampfmaſchinen an beiden Zylinderenden meiſt in der oberen und unteren Mantellinie (Fig. 1—3, 13—16, 21) ſeltener in ſeitlich anſchließenden Ventilkaſten (Fig. 22) angeordnet werden.

Die Ventildampfmaſchinen ſind komplizierter in der Ausführung als Schiebermaſchinen und rechtfertigen ſich nur bei ſorgfältig unterhaltenen größeren Anlagen oder für Maſchinen, bei denen es auf möglichſt geringen Dampfverbrauch und möglichſt leichte Regulierfähigkeit ankommt. Sie beſitzen den Vorteil ſehr leichter Einwirkung des Regulators auf die äußere Steuerung, raſcher Anpaſſung der Maſchinenleiſtung an veränderliche Widerſtände und damit Erreichung hohen Gleichförmigkeitsgrades des Maſchinenganges. Die ſchädlichen Räume werden faſt ebenſo groß als diejenigen der Schiebermaſchinen; doch wirkt die vollſtändige Trennung der Ein- und Auslaßorgane dadurch günſtig auf den Dampfverbrauch, daß der friſch eintretende Dampf nicht durch Kanäle zugeführt wird, die von der vorhergehenden Ausſtrömperiode abgekühlt worden ſind (ſ. Steuerungen). Die Ventilmaſchinen laufen in der Regel nur mit mäßigen Umdrehungszahlen (60—75 in der Minute); doch ſind ſie auch mit Vorteil bis zu 150 Umdrehungen in der Minute im Betrieb, namentlich bei Dynamomaſchinen mit raſch wechſelnder Belaſtung.

Als **Präziſionsdampfmaſchinen** werden die Ventilmaſchinen mit Ausklink- oder zwangläufiger Steuerung der Einlaßventile ſowie die Corliß-Dampfmaſchinen (ſ. d., S. 477) betrachtet. Erſtere dominieren beſonders in Deutſchland, Oeſterreich und der Schweiz, während letztere die größte Verbreitung in Amerika, England und Frankreich gefunden haben. Auch Schiebermaſchinen laſſen ſich als Präziſionsdampfmaſchinen konſtruieren, werden aber ſchwerfällig und ſind daher nur wenig in Aufnahme gekommen.

Nach der Beſchaffenheit des der Maſchine zugeführten Dampfes kann man ſchließlich noch unterſcheiden:

1. **Sattdampfmaſchinen,** wenn der in die Maſchine einſtrömende Dampf ſich im Sättigungszuſtande befindet.

2. **Heißdampfmaſchinen,** wenn der in die Maſchine einſtrömende Dampf ſich im überhitzten Zuſtande befindet. Die Anwendung überhitzten Dampfes iſt im letzten Jahrzehnt ſehr ſchnell in Aufnahme gekommen. Ausführliches ſ. Heißdampfmaſchinen.

Literatur: a) Zeitſchriften: [1] Zeitſchrift des Vereins deutſcher Ingenieure (ſ. a. das Stichwort „Dampfmaſchinen“ im Inhaltsverzeichnis der Jahrg. 1884—93 und 1894—1903, Berlin 1895 und 1904). — [2] Dinglers Polyt. Journal. — [3] Stahl und Eiſen. — [4] Mitteil. aus der Praxis des Dampfkeſſel- und Dampfmaſchinenbetriebes. — [5] Zeitſchrift des Bayr. Dampfkeſſelreviſions-Vereins. — [6] Uhlands Zeitſchrift für den praktiſchen Maſchinenkonſtrukteur.

b) Kalender: [7] Kalender für Maſchineningenieure von Uhland, Leipzig. — [8] Kalender für Dampfbetrieb (Dampf), Berlin. — [9] Fehlands Ingenieurkalender, Berlin.

c) Selbſtändige Werke: [10] Beck, Th., James Watt und die Erfindung der Dampfmaſchine, 1894. — [11] Berg, H., Handbuch des Maſchinentechnikers (Bernoullis Vademecum), Stuttgart 1903, 23. Aufl. — [12] Bernoullis Dampfmaſchinenlehre, neu bearbeitet von Fr. Freytag, Stuttgart 1900, 8. Aufl. — [13] Buchetti, J., Les machines à vapeur à l'exposition universelle de Paris 1889, Paris 1890. — [14] Dubbel, H., Die Dampfkraftanlagen auf der Induſtrie- und Gewerbeausſtellung zu Düſſeldorf, Berlin 1903. — [15] Ernſt, Ad., James Watt und die Grundlagen des modernen Dampfmaſchinenbaues, Berlin 1897. — [16] Freytag, Fr., Die Dampfkeſſel und Motoren auf der Sächſ.-Thür. Induſtrie- und Gewerbeausſtellung zu Leipzig, Berlin 1897. — [17] Derſ., Hilfsbuch für den Maſchinenbau, Berlin 1903. — [18] Haeder, H., Die Dampfmaſchinen, Duisburg 1903, 7. Aufl. — [19] Herre, O., Anwendung des überhitzten Dampfes im Dampfmaſchinenbetriebe, Mittweida 1899. — [20] Hrabák, J., Hilfsbuch für Dampfmaſchinentechniker, Berlin 1897, 3. Aufl. — [21] Derſ., Theorie und praktiſche Berechnung der Heißdampfmaſchinen. — [22] Leiſt, C., Die Steuerungen der Dampfmaſchinen, Berlin 1905, 2. Aufl. — [23] Lorenz, H., Dynamik der Kurbelgetriebe mit beſonderer Berückſichtigung der Schiffsmaſchinen, Leipzig 1901. —

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

[24] Matſchoß, E., Geſchichte der Dampfmaſchine, Berlin 1901. — [25] Pohlhauſen, A., Berechnung, Konſtruktion und Anlage der Transmiſſionsdampfmaſchinen, Mittweida 1901, 2. Aufl. — [26] Scholl, C. F., Führer des Maſchiniſten, Braunſchweig 1900, 11. Aufl. — [27] Radinger, G., Ueber Dampfmaſchinen mit hoher Kolbengeſchwindigkeit, Wien 1893, 3. Aufl. — [28] Rofenkranz, P. H., Der Indikator und ſeine Anwendung, Berlin 1901, 6. Aufl. — [29] Sauvage, E., Les divers types de moteurs à vapeur, Paris 1904, 2. Aufl. — [30] Derſ., Manuel de la machine à vapeur, Paris 1905. — [31] Widmann, E., Principes de la machine à vapeur, Paris 1893. — [32] Foulon, V., Cours élémentaire des machines à vapeur, Gand 1893. — [33] Goodeve, T. M., Textbook on the steam engine etc., London 1893, 12. Aufl. — [34] Reiche, H. v., Der Dampfmaſchinenkonſtrukteur, Aachen 1893. — [35] Reinhardt, K., Steuerungstabellen für Dampfmaſchinen, Berlin 1897. — [36] Burn, R. S., The steam engine: its history and mechanism, London 1894. — [37] Schanoj, A., Anleitung zur Wartung von Dampfkeſſeln und Dampfmaſchinen, Leipzig 1895. — [38] Schwartze, Th., Katechismus der Dampfkeſſel, Dampfmaſchinen und andrer Wärmemotoren, Leipzig 1901. — [39] Ewing, J. A., The steam engine and other heat engines, New York 1894. — [40] Hoyer, E. v., Kurzes Handbuch der Maſchinenkunde, München 1898. — [41] Alheilig, Construction et résistance des machines à vapeur, Paris 1894. — [42] Rigg, A., A practical treatise on the steam engine, London 1894. — [43] Henthom, J. T., und Turbes, C. D., The Corliss engine, London 1894, 3. Aufl. — [44] Jamiefon, A., A textbook of steam and steam engines, London 1894. — [45] Rofe, J., The complete practical machinist, Philadelphia 1895, 19. Aufl. — [46] Demoulin, M., Traité pratique de la construction des machines à vapeur fixes et marines, Paris 1895. — [47] Alheilig et Roche, Traité des machines à vapeur, Paris 1895. — [48] Pechan, J., Leitfaden des Maſchinenbaues, Reichenberg 1895, 2. Aufl., Motoren, 3. Aufl. — [49] Léloutre, Le fonctionnement des machines à vapeur, Paris 1895. — [50] Pichler, M. v., Der Indikator und ſein Diagramm, Handbuch zur Unterſuchung von Dampfmaſchinen, Wien 1895, 2. Aufl. — [51] Kofak, G., Katechismus der Einrichtung, des Betriebes und der Kräfteübertragung ſtationärer Dampfkeſſel und Dampfmaſchinen oder Erörterung der bei der geſetzlichen Prüfung vorkommenden Fragen für Heizer und Maſchinenwärter, Wien 1900, 10. Aufl. — [52] Taſchenbuch „Hütte“ 1902, 18. Aufl. — [53] Weiß, J. F., Kondenſation, Berlin 1901. — [54] Zeuner, G., Die Schiebersteuerungen, Leipzig 1904, 6. Aufl. *O. Herre.*

Dampfmaſchinen auf Schiffen, ſ. Schiffsmaſchinen und Schiffsmaſchinentypen.

Dampfmaſchinen für das Kleingewerbe, ſ. Kleindampfmaſchinen.

Dampfmaſchinenberechnung, die Ermittlung der Leiſtung einer vorhandenen bezw. die Feſtſtellung der Abmeſſungen und Arbeitsverhältniſſe einer zu erbauenden Maſchine.

1. Es ſoll für eine vorhandene Maſchine die Leiſtung ermittelt werden. Man unterſcheidet die **indizierte** und **effektive** Leiſtung. Die indizierte Leiſtung N_i (in Pferdeſtärken gemeſſen) wird mit dem Indikator (ſ. d.) ermittelt; ſie ſtellt diejenige Arbeit dar, die der Dampf tatſächlich an den Kolben der Maſchine abgibt. Von dieſer Arbeit wird ein Teil durch die Reibung in der Maſchine verbraucht, ſo daß die an der Kurbelwelle verfügbare Arbeitsleiſtung, die effektive Leiſtung N_e (in Pferdeſtärken gemeſſen), ſtets kleiner als N_i iſt. Das Verhältnis $\eta = N_e : N_i$ iſt der mechaniſche Wirkungsgrad.

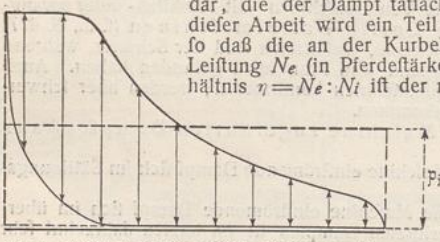


Fig. 1. Beſtimmung der mittleren indizierten Spannung aus dem Diagramm.

Das mit dem Indikator aufgenommene Indikatordiagramm (Fig. 1) ſtellt in ſeiner Fläche die für 1 qcm der Kolbenfläche, für eine Umdrehung und für die eine betreffende unterſuchte Kolbenſeite der Maſchine geleiſtete Arbeit in Meterkilogramm dar. Iſt daher F die wirkſame Kolbenfläche in Quadratzentimetern nach Abzug des Kolbenſtangenquerſchnittes, l der Hub in Metern, p_i die mittlere indizierte Dampfſpannung aus dem Diagramm in Kilogramm/Quadratzentimetern und n die Umlaufszahl für die Minute, ſo iſt die indizierte Leiſtung der einen unterſuchten Kolbenſeite der Maſchine in indizierten Pferdeſtärken

$$N_i = \frac{F p_i l n}{60 \cdot 75}.$$

Die Geſamtleiſtung N_i erhält man als Summe der indizierten Leiſtungen aller Kolbenſeiten, wobei es gleichgültig iſt, ob es ſich um eine ein- oder mehrzylindrige bezw. eine Einfach- oder Mehrfachexpanſionsmaſchine handelt.

Die mittlere Spannung p_i, d. i. die mittlere Ordinatenhöhe des Diagramms (Fig. 1), beſtimmt man entweder durch ein Planimeter (ſ. d.) oder indem man ſich die Diagrammfläche etwa in zehn gleichbreite ſenkrechte Streifen zerlegt denkt, die mittlere Höhe dieſer Streifen in Millimetern beſtimmt, alle zehn Werte addiert und durch 10 dividiert. Das Ergebnis iſt p_i in Millimetern; um p_i in Kilogramm/Quadratzentimetern zu erhalten, hat man den gefundenen Wert noch durch den Kräftemaßſtab der beim Indizieren benutzten Indikatorfeder (z. B. 1 kg/qcm = 10 mm) zu dividieren. Die Beſtimmung der effektiven Leiſtung kann durch Bremſung (ſ. Dynamometer) geſchehen, die jedoch nur bei kleinen Maſchinen leicht und auf längere Dauer ausführbar iſt. Das Bremſen großer Maſchinenleiſtungen wird wegen der damit verbundenen Umſtändlichkeiten, Schwierigkeiten und Gefahren nur ſelten vorgenommen. Um ein Urteil über die inneren Reibungswiderſtände zu gewinnen und um die effektive Maſchinenleiſtung angenähert beſtimmen zu können, begnügt man ſich in der Regel mit der Ermittlung der indizierten Leer-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

laufarbeit durch den Indikator. — Der innere Reibungswiderſtand der belaſteten Maſchine iſt alsdann gleich dem Leerlaufwiderſtand vermehrt um die ſogenannte zuſätzliche Reibung, über deren Größe jedoch allgemeingültige Werte nicht angegeben werden können. Für eine in Creuzot eingehend unterſuchte 150pferdige Einzylindermaſchine ergab ſich beiſpielsweiſe die Beziehung der indizierten zur effektiven Leiſtung wie folgt:

$N_e = 0{,}902\, N_i - 16$ bei Betrieb mit Kondenſation,
$N_e = 0{,}945\, N_i - 12$ „ „ ohne „

2. Es ſollen für eine gegebene Leiſtung die Abmeſſungen und Arbeitsverhältniſſe der Maſchine ermittelt werden.

Außer der Leiſtung N_e bezw. N_i wird gewöhnlich noch der größte Keſſelüberdruck p_k in Kilogramm/Quadratzentimetern bekannt ſein. Man beginnt mit der Aufzeichnung des theoretiſchen Indikatordiagramms (Fig. 2). Hierzu muß zunächſt die Höhe der abſoluten Einlaßſpannung p (Fig. 2) beſtimmt werden; p vermittelt ſich aus p_k unter Berückſichtigung der beim normalen Keſſelbetriebe auftretenden Schwankungen der Keſſelſpannung ſowie des Druckverluſtes bei der Fortleitung des Dampfes vom Keſſel bis zur Maſchine (ſ. Dampfleitungen). Stehen nähere Angaben über die Länge, den Durchmeſſer und die ſonſtigen Verhältniſſe der Dampfleitung und des Keſſelbetriebes nicht zur Verfügung, ſo kann die abſolute Eintrittsſpannung p für normale Verhältniſſe (mäßige Länge der Leitung, mäßige Dampfgeſchwindigkeit u. ſ. w.) annähernd aus der Gleichung $p = 0{,}9\ (p_k + 1) - 0{,}5$ beſtimmt werden.

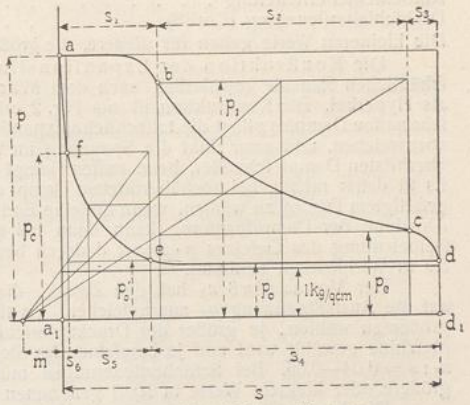


Fig. 2. Theoretiſches Indikatordiagramm.

In dem Diagramm (Fig. 2) ſind nun folgende Dampfperioden zu unterſcheiden:

I. Kolbenhub von a_1 nach d_1 ..... s_1 = Füllung; s_2 = Expanſion; s_3 = Vorauslaß.

II. Kolbenhub von d_1 nach a_1 ..... s_4 = Auslaß; s_5 = Kompreſſion; s_6 = Voreinlaß.

Die Diagrammlänge s wird gleich einer durch 100 leicht teilbaren Zahl gewählt, weil die Kolbenwege s_1 s_2 u. ſ. w. in Prozenten von s ausgedrückt werden. Für die Diagrammhöhe iſt ein beſtimmter Kräftemaßſtab, z. B. 1 kg/qcm = 10 mm, anzuwenden.

Während der Füllung ſinkt die Spannung von p auf p_1. Die Größe $p - p_1$ dieſes Spannungsabfalles — Droſſelung genannt — iſt nach der in Ausſicht genommenen Steuerungsart ſchätzungsweiſe zu bemeſſen. Die Droſſelung fällt um ſo größer aus, je enger die Dampfkanäle ſind und je langſamer das Steuerorgan den Kanal abſchließt. Eine annähernde Beſtimmung des Droſſelungsabfalles zeigt Fig. 3 (S. 613).

Mit beſonderer Sorgfalt iſt die Wahl der Füllung $s_1 : s$ zu treffen, da hiervon die wirtſchaftlichen Eigenſchaften der Maſchine abhängen. Die Füllung muß mindeſtens ſo groß ſein, daß am Ende der Expanſion der Dampfüberdruck $p_e - p_0$ (ſ. Fig. 2) noch ausreicht, um die Reibung in der Maſchine überwinden zu können. Gewöhnlich kürzt man die Expanſion noch mehr ab, d. h. man wählt $p_e - p_0 >$ als den Reibungswiderſtand, da bei einer Abkürzung der Expanſion die Maſchine kleiner und billiger wird. Wie weit mit der Abkürzung der Expanſion bezw. mit der Vergrößerung der relativen Füllung $s_1 : s$ zu gehen iſt, richtet ſich nach den Dampf- oder Brennſtoffkoſten, nach der täglichen Betriebszeit der Maſchine, nach dem Umſtande, ob eine ſpätere Betriebserweiterung zu berückſichtigen iſt oder nicht und nach ſonſtigen wirtſchaftlichen Geſichtspunkten (ſ. a. die Bemerkungen über den Einfluß der Eintrittskondenſation S. 598 d. Bd.). Die Größe der Füllung $s_1 : s$ iſt außerdem bei gleichem Enddruck der Expanſion $p_e - p_0$ noch abhängig von der Einlaßſpannung p (bezw. von p_1), der Auslaßſpannung p_0 (Auspuff oder Kondenſation) und dem Verlauf der Expanſionslinie $b\,c$ (Fig. 2). Man expandiert den Dampf gewöhnlich bei Einzylinderauspuffmaſchinen bis auf $p_e = 1{,}8 - 1{,}5$, bei Verbundauspuffmaſchinen bis auf $p_e = 1{,}7 - 1{,}4$, bei Einzylinderkondenſationsmaſchinen auf $p_e = 0{,}9 - 0{,}7$, bei Verbundkondenſationsmaſchinen auf $p_e = 0{,}8 - 0{,}5$ kg/qcm.

Als Anhalt für die Wahl der wirtſchaftlich günſtigſten Füllung $s_1 : s$ können die Werte der folgenden Tabelle gelten [1], [2].

Tabelle I. Werte für die wirtſchaftlich beſte Füllung $s_1 : s$.

Abſolute Einlaßſpannung p in kg/qcm	Einzylinderauspuffmaſchinen		Kondenſationsmaſchinen		
			Einzylindermaſchinen		Zweizylindermaſchinen
	Einſchieber-Expanſionsſteuerung	ſonſtige Expanſionsſteuerungen	ohne Dampfmantel	mit Dampfmantel	
4	0,53—0,42	0,39—0,31	0,20—0,14	0,15—0,10	—
5	0,46—0,32	0,33—0,27	0,17—0,13	0,13—0,09	0,10—0,08
6	0,40—0,28	0,28—0,23	0,15—0,125	0,11—0,08	0,09—0,07
8	0,34—0,25	0,22—0,19	0,14—0,12	0,09—0,07	0,08—0,06
10	0,29—0,20	0,19—0,17	—	—	0,07—0,05

Anmerkung zu Tabelle I. Als normale Füllungen herzuſtellender Maſchinen wähle man Zwiſchenwerte, und zwar größere Werte für kleine und kleinere Werte für größere Maſchinen.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Ferner können die normalen Füllungen etwas kleiner genommen werden bei hohen Brennſtoffpreiſen und ununterbrochenem Maſchinenbetriebe, dagegen etwas größer bei billigem Brennſtoff und für häufig unterbrochenen Maſchinenbetrieb.

Der ſchädliche Raum m (Fig. 2), d. i. der nicht vom Kolben durchlaufene Rauminhalt, der zwiſchen dem Kolben in deſſen Totlage und der Abſperrfläche des Steuerorganes liegt, iſt ſeiner Größe nach vorwiegend von der Art der Steuerung und der Größe der Kolbengeſchwindigkeit der Maſchine abhängig. Es kann geſetzt werden bei

Flachſchieber- und Ventilſteuerung	$m = 5—10\,\%$	} des Hubvolumens.
Kolbenſchieberſteuerung	$m = 7—12\,\%$	
Drehſchieberſteuerung (Corliß)	$m = 4—8\,\%$	

Die kleineren Werte gelten für niedere, die größeren Werte für höhere Kolbengeſchwindigkeiten.

Die Konſtruktion der Expanſionslinie bc (Fig. 2) erfolgt mit Berückſichtigung des ſchädlichen Raumes gewöhnlich nach dem Mariotteſchen Geſetz: $p \cdot v = k =$ konſtant, alſo als Hyperbel. Die Konſtruktion iſt aus Fig. 2 erſichtlich. Bei Verwendung hochüberhitzten oder ſehr naſſen Dampfes pflegt die tatſächliche Expanſionslinie oft bemerkenswert von der Linie $p \cdot v = k$ abzuweichen, und zwar ſinkt die Spannung im Vergleich zur Volumenvergrößerung beim hochüberhitzten Dampf ſchneller, beim naſſen Dampf langſamer, als es nach $p \cdot v = k$ der Fall wäre. Es iſt daher ratſam, bei hochüberhitztem Dampf die normale Füllung etwas größer als bei trocken geſättigtem Dampf zu wählen, wenn dieſelbe Endſpannung p_e erreicht werden ſoll. Die ſchnellere Abnahme der Dampfſpannung kann dann bei der Konſtruktion der Linie bc annähernd unter Beibehaltung des Geſetzes $p \cdot v = k$ dadurch berückſichtigt werden, daß man m etwas kleiner als in Wirklichkeit annimmt.

Der Vorauslaß s_3 hat den Zweck, die Expanſionsendſpannung p_e bis zum Hubende auf die Auslaßſpannung p_0 auszugleichen. Es iſt daher die Dauer des Vorauslaſſes $s_3 : s$ um ſo größer zu wählen, je größer der Druckunterſchied $p_e - p_0$ iſt, je größer die Umlaufszahl der Maſchine gewählt wird und je langſamer das Steuerorgan öffnet. In gewöhnlichen Fällen genügt $s_3 : s = 0{,}04—0{,}06$. Bei Schieberſteuerungen müſſen aus andern Gründen manchmal erheblich größere oder kleinere Werte in Kauf genommen werden.

Die Auslaßſpannung p_0 kann bei genügend weiten und mäßig langen Auslaßkanälen konſtant angenommen werden, und zwar bei Auspuffmaſchinen zu $p_0 = 1{,}1—1{,}2$ kg/qcm abſolut, bei Kondenſationsmaſchinen zu $p_0 = 0{,}15—0{,}2$ kg/qcm abſolut. Bei langſamem Abſchluß der Auslaßkanäle kann gegen Ende des Auslaſſes eine Droſſelung des Dampfes, alſo eine Druckzunahme im Zylinder eintreten, ſo daß beim Beginn der Kompreſſion die Spannung p_0' etwas größer als p_0 iſt. Es kann in ſolchen Fällen $p_0' = \sim 1{,}1\, p_0$ geſetzt werden.

Die Kompreſſion $s_5 : s$ iſt derart zu bemeſſen, daß die Kompreſſionsendſpannung p_c noch merklich unter der Einlaßſpannung p bleibt; gewöhnlich ſoll p_c nicht größer als $0{,}7\, p$ werden. Bei Kondenſationsmaſchinen, wo die Anfangsſpannung der Kompreſſion p_0' ſehr klein iſt, wird auch die Endſpannung der Kompreſſion p_c klein ausfallen. Um eine erhebliche Steigerung der Spannung zu erzielen, müßte man die Kompreſſion ſehr frühzeitig beginnen laſſen; man geht aber mit dem Werte $s_5 : s$ nicht gern über 0,4 hinaus. Erwähnt ſei noch, daß unter ſonſt gleichen Verhältniſſen p_c um ſo höher ausfällt, je kleiner m iſt. Bei ſchnell laufenden Maſchinen iſt wegen der Maſſenwirkung der hin und her gehenden Teile die Anwendung hoher Kompreſſion zu empfehlen. Die Kompreſſionslinie ef (Fig. 2) wird hinreichend genau nach dem Geſetz $p \cdot v = k$ konſtruiert.

Der Voreinlaß s_6 hat den Zweck, die Kompreſſionsendſpannung p_c bis zum Hubende auf die Einlaßſpannung p auszugleichen. Es iſt daher die Dauer des Voreinlaſſes $s_6 : s$ um ſo größer zu wählen, je größer der Druckunterſchied $p - p_c$ iſt, je größer die Umlaufszahl der Maſchine gemacht wird und je langſamer das Steuerorgan öffnet. In gewöhnlichen Fällen genügt $s_6 : s = 0{,}005 — 0{,}01$. Bei Schieberſteuerungen müſſen aus andern Gründen manchmal erheblich größere oder kleinere Werte in Kauf genommen werden.

Nach Aufzeichnung des theoretiſchen Indikatordiagramms (Fig. 2) beſtimmt man aus demſelben die mittlere indizierte Spannung p_i (vgl. S. 610). Hierauf ſchreitet man zur Wahl der mittleren Kolbengeſchwindigkeit c_m. Die Werte der Tabelle I. nach [1], [2] beziehen ſich auf Maſchinen mit mäßig ſchnellem Gang. Für mittelſchnellen Gang ſind die Tabellenwerte um 25 %, für ſehr ſchnellen Gang um 50 % und mehr zu erhöhen.

Tabelle II. Werte der mittleren Kolbengeſchwindigkeit c_m (in m/sec) für mäßig ſchnellen Gang.

N in PS.	Abſolute Einlaßſpannung in kg/qcm				
	3	4	6	8	10
3	0,89	0,99	1,13	1,24	1,35
6	0,97	1,07	1,23	1,35	1,47
10	1,02	1,14	1,31	1,43	1,56
20	1,13	1,24	1,42	1,55	1,67
40	1,25	1,37	1,55	1,69	1,82
70	1,42	1,52	1,68	1,82	1,95
100	1,51	1,62	1,78	1,92	2,05
200	1,70	1,84	2,05	2,18	2,31
300	1,81	1,96	2,20	2,35	2,50
400	1,90	2,06	2,31	2,47	2,63
600	2,02	2,20	2,47	2,66	2,83
1000	2,17	2,37	2,67	2,88	3,12

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Die Werte der Tabelle II. gelten unter der Vorausſetzung, daß das Hubverhältnis $l:D=2$ iſt. Bei abweichendem Hubverhältnis ſind die Werte der Tabelle II. mit einem Koeffizienten α zu multiplizieren, der aus Tabelle IIa. entnommen werden kann.

Tabelle IIa.

$l:D$	α
0,50	0,57
0,75	0,67
1,00	0,75
1,50	0,90
2,00	1,00
2,50	1,10
3,00	1,20

Das Hubverhältnis wird gewöhnlich in den Grenzen $l:D=1$—2 gewählt, und zwar näher an 1 bei ſtehenden und ſchnell gehenden, näher an 2 bei liegenden und langſam laufenden Maſchinen. Iſt c_m gewählt, ſo kann, falls N_i gegeben iſt, die erforderliche Kolbenfläche F in Quadratzentimetern berechnet werden aus $F=\frac{75\,N_i}{p_i\,c_m}$. Iſt nicht N_i, ſondern N_e gegeben, ſo muß erſt der Wirkungsgrad η vorläufig angenommen werden; man kann ſich hierbei der Werte der Tabelle III. [1], [2] bedienen.

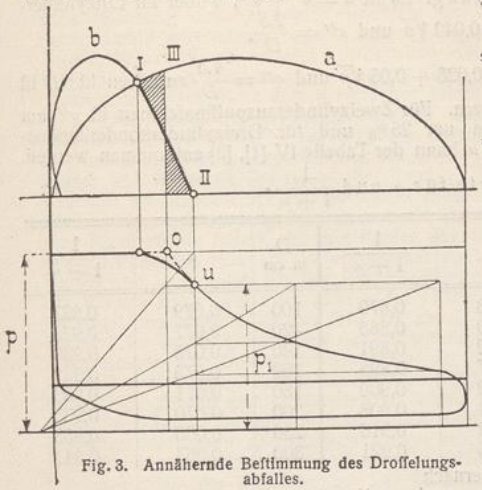


Fig. 3. Annähernde Beſtimmung des Droſſelungsabfalles.

Tabelle III. Vorläufige Wirkungsgrade η bei normalen Füllungen.

$\frac{N_e}{c_m}$	Einzylinder-auspuffmaſchinen	Kondenſationsmaſchinen	
		Einzylinder-maſchinen	Mehrzylinder-maſchinen
3	0,71	—	—
6	0,73	0,69	—
10	0,75	0,71	0,68
14	0,77	0,73	0,70
20	0,79	0,75	0,72
30	0,80	0,77	0,74
40	0,81	0,78	0,76
50	0,82	0,79	0,77
60	0,83	0,80	0,78
80	0,84	0,81	0,79
100	0,85	0,82	0,80
200	0,86	0,84	0,81
400	0,87	0,85	0,82
600	0,88	0,86	0,83
1000	0,89	0,87	0,84
2000	0,90	0,88	0,85

Bei den Zweizylinderauspuffmaſchinen kann η um 0,03 kleiner als bei Einzylinderauspuffmaſchinen, bei Dreizylinderkondenſationsmaſchinen um 0,02 kleiner als bei Zweizylinderkondenſationsmaſchinen angenommen werden. Nach Wahl von η erhält man die erforderliche Kolbenfläche in Quadratzentimetern aus $F=\frac{75\,N_e}{p_i\,c_m\,\eta}$. Der Kolbendurchmeſſer D in Zentimetern folgt dann mit Berückſichtigung der Schwächung der wirkſamen Kolbenfläche durch den Kolbenſtangenquerſchnitt aus der Beziehung $\frac{\pi D^2}{4}=1{,}02\,F$ bis $1{,}03\,F$. Der kleinere Zuſchlag gilt für größere und der größere Zuſchlag für kleinere Maſchinen.

Der Hub l in Metern folgt ſodann aus dem angenommenen Hubverhältnis $l:D$. Schließlich beſtimmt ſich noch die Umlaufszahl aus der Beziehung $n=\frac{30\,c_m}{l}$. Sollte die Rechnung einen ungünſtigen Wert für n liefern, ſo kann zunächſt durch Aenderung von l Abhilfe geſchaffen werden, indem z. B. eine Verkleinerung von l eine Vergrößerung von n nach ſich zieht. Genügt die Abänderung von l nicht, ſo muß c_m geändert werden, worauf F, D, l und n neu zu berechnen ſind.

Vorſtehend erläuterte Berechnungsweiſe liefert zunächſt die vorläufigen Werte für D, l und n. Es iſt jetzt die Steuerung zu entwerfen, worauf die Ermittlung der genauen Indikatordiagramme mit Berückſichtigung der endgültigen Periodenbemeſſung, der Droſſelungsverhältniſſe und des Einfluſſes der Schubſtangenlänge auf die Gleichmäßigkeit der Dampfverteilung beider Kolbenſeiten erfolgen kann.

Ein Annäherungsverfahren zur Beſtimmung des Droſſelungsabfalles am Ende der Füllung iſt aus Fig. 3 zu erſehen. Die Kurve a ſtellt mit ihren Ordinaten diejenigen Kanalöffnungen dar, die für die betreffenden Kolbenſtellungen vorhanden ſein müßten, wenn der Dampf mit konſtanter Geſchwindigkeit $w=60$ m/sec einſtrömen ſollte. Die Ordinaten dieſer Kurve ſind daher den augenblicklichen Kolbengeſchwindigkeiten proportional. Die Kurve b gibt mit ihren Ordinaten die wirklich vorhandenen Kanalöffnungen an. Der Schnittpunkt I beider Kurven kennzeichnet diejenige Kolbenſtellung, wo die Dampfgeſchwindigkeit zum erſten Male den Wert 60 m tatſächlich erreicht und wo dann erfahrungsmäßig die Droſſelung beginnt. Der Punkt II kennzeichnet das Füllungsende. Um den Droſſelungsabfall $p-p_1$ zu beſtimmen, zeichnet man die Ordinate III derart ein, daß die ſchraffierten Felder gleichen Flächeninhalt erhalten; es ſtellt dann III diejenige Füllung dar, die dieſelbe Expanſionslinie wie die wahre Füllung liefern würde, wenn keine Droſſelung ſtattfände. Man braucht alſo nur von o bis zum tatſächlichen Füllungsende eine Expanſionslinie zu konſtruieren, um den Punkt u und damit den Droſſelungsabfall $p-p_1$ zu erhalten.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Nach Aufzeichnung der genaueren Indikatordiagramme ſind aus denſelben die endgültigen mittleren Spannungen p_i' und p_i'' für beide Kolbenſeiten zu beſtimmen. Iſt N_i gegeben, ſo beſtimmt ſich jetzt der endgültige Wert der Kolbenfläche aus

$$F = \frac{75\,N_i}{\frac{p_i' + p_i''}{2}\,c_m}.$$

Iſt dagegen N_e gegeben, ſo berechnet ſich die endgültige Kolbenfläche aus

$$F = \frac{75\,N_e}{\left(\frac{p_i' + p_i''}{2} - \sigma\right)\frac{1}{1+\mu}\,c_m}.$$

Hierin iſt σ die Leergangswiderſtandſpannung in Kilogramm/Quadratzentimetern und μ der Koeffizient der zuſätzlichen Reibung. Es iſt $\sigma = \sigma' + \sigma''$, wobei für Einzylinderauspuffmaſchinen

$$\sigma' = 0{,}042\sqrt{p} \text{ und } \sigma'' = \frac{2{,}5}{D},$$

für Einzylinderkondenſationsmaſchinen $\sigma' = 0{,}025 + 0{,}05\sqrt{p}$ und $\sigma'' = \frac{4{,}5}{D}$ zu ſetzen iſt; D iſt der vorläufige Kolbendurchmeſſer in Zentimetern. Für Zweizylinderauspuffmaſchinen iſt σ'' um 50%, für Zweizylinderkondenſationsmaſchinen um 25% und für Dreizylinderkondenſationsmaſchinen um 40% zu vergrößern. Der Wert μ kann der Tabelle IV [1], [2] entnommen werden.

Tabelle IV. Werte für μ und $\frac{1}{1+\mu}$.

D in cm	μ	$\frac{1}{1+\mu}$	D in cm	μ	$\frac{1}{1+\mu}$	D in cm	μ	$\frac{1}{1+\mu}$
12	0,212	0,825	40	0,138	0,879	100	0,079	0,927
14	0,204	0,831	45	0,130	0,885	120	0,077	0,928
16	0,197	0,836	50	0,122	0,891	140	0,075	0,930
18	0,190	0,841	55	0,117	0,895	160	0,073	0,932
20	0,183	0,845	60	0,112	0,900	180	0,071	0,933
25	0,170	0,855	70	0,101	0,908	200	0,070	0,935
30	0,157	0,864	80	0,092	0,916	250	0,066	0,938
35	0,147	0,872	90	0,086	0,921	300	0,063	0,941

Der Wirkungsgrad iſt hiernach

$$\eta_i = \frac{p_i' + p_i'' - 2\sigma}{(p_i' + p_i'')(1+\mu)}.$$

Zur annähernden Berechnung der Mehrzylindermaſchinen genügt für jede beliebige Verſetzung der Kurbeln das Einzylinderdiagramm für gleiche Geſamtexpanſion (Fig. 4). Eine Teilung dieſes Diagramms durch wagerechte Linien in zwei oder mehrere Teile, entſprechend unendlich großem Receiverinhalt, ergibt annähernd die Diagramme der einzelnen Zylinder, deren Volumen wie die Grundlinien ihrer Diagramme ſich verhalten. Aus den Teildiagrammen ergeben ſich die Triebwerksdrücke und Steuerungsverhältniſſe ſowie die Arbeiten der einzelnen Zylinder. Letztere werden aber infolge der Abweichungen der wirklichen Dampfverteilung von der angenommenen im allgemeinen für die einzelnen Zylinder kleiner, und zwar beim Hochdruckzylinder etwa 5% und bei dem Mittel- und Niederdruckzylinder mindeſtens 10%. Die Teilung der Diagrammfläche wird in der Regel ſo vorgenommen, daß die einzelnen Zylinder gleiche Arbeiten auf die Maſchinenkurbeln übertragen. Für die Zweifachexpanſionsmaſchine ergibt ſich für gleiche Arbeitsverteilung auf Hoch- und Niederdruckſeite das Verhältnis beider Zylinder zu etwa 1:2. Zur genauen Ermittlung der Dampfdiagramme der einzelnen Zylinder von Zwei- und Mehrzylindermaſchinen wird das Nähere im Art. Kolbenwegdiagramm (ſ. d.) mitgeteilt werden. S. a. Dampfverbrauchsziffer.

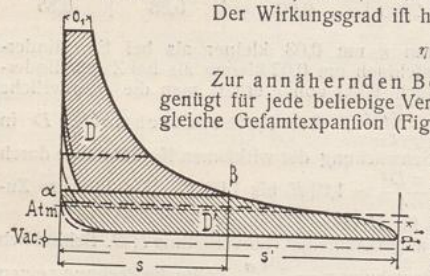



Fig. 4. Einzylinderdiagramm.

Literatur: [1] Hrabak, J., Hilfsbuch für Dampfmaſchinentechniker, 3. Aufl., Berlin 1897. — [2] Des Ingenieurs Taſchenbuch „Hütte", 18. Aufl., Berlin 1902. — (Vgl. a. die Literatur unter Dampfmaſchinen.)

O. Herre.

Dampfmaſchinenbetrieb. Beſondere geſetzliche Beſtimmungen, wie ſie beim Bau und Betrieb von Dampfkeſſeln zu berückſichtigen ſind (ſ. Dampfkeſſelbetrieb), beſtehen für den Bau und Betrieb von Dampfmaſchinen nicht. Bei der Wartung von Dampfmaſchinen iſt aber folgendes zu beachten.

Das Anlaſſen der Maſchine darf nur geſchehen, nachdem die Dampfleitung und die Maſchine hinreichend lange angewärmt und das Kondenswaſſer ſorgfältig abgelaſſen worden war. Bei ungenügender Anwärmung oder Entwäſſerung ſind Waſſerſchläge im Zylinder mit ihren verderblichen Folgen zu erwarten. Sämtliche Oeler ſind vor der Inbetriebſetzung der Maſchine zu prüfen. Undichte Stopfbüchſen ſind nachzuziehen und nötigenfalls mit neuer Packung zu verſehen. Iſt die Maſchine zuletzt in einer ungünſtigen Stellung ſtehen geblieben,

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

ſo muß die Andrehvorrichtung mit der erforderlichen Sorgfalt benutzt werden; insbeſondere iſt jedesmal vorher feſtzuſtellen, ob das Abſperrventil der Maſchine vollſtändig niedergeſchraubt iſt und ſicher ſchließt. Bei undichtem oder nicht ganz geſchloſſenem Ventil kann die Maſchine ſchließlich von ſelbſt in Gang geraten, die Andrehvorrichtung wird herausgeſchleudert und gefährdet den daran hantierenden Wärter. Es iſt deshalb darauf zu ſehen, daß die Andrehvorrichtung ſich beim Angehen der Maſchine von ſelbſt ausrückt, und zwar in einer für den Wärter gefahrloſen Weiſe.

Während des Betriebes iſt für **ſorgfältige Oelung** aller gleitenden Teile Sorge zu tragen. Dies gilt in noch erhöhtem Maße für Heißdampfmaſchinen (ſ. d.). Selbſtverſtändlich muß die Auswahl der Oelſorten nach dem Verwendungszweck erfolgen. Es müſſen mindeſtens zwei Oelſorten benutzt werden: Für die unter Dampfdruck ſtehenden gleitenden Teile ein erſt bei hoher Temperatur dünnflüſſig werdendes Oel mit hohem Entflammungspunkt, ein ſogenanntes Zylinderöl; für die nicht unter Dampfdruck ſtehenden gleitenden Teile ein gutes Maſchinenöl. Eine Miſchung des teureren Zylinderöls mit billigerem Maſchinenöl für die Schmierung der unter Dampf arbeitenden Teile in Anwendung zu bringen, iſt verwerflich, weil der beabſichtigte Zweck, Erſparniſſe zu erzielen, doch nicht erreicht wird, da das Maſchinenöl, beſonders bei Verwendung von Heißdampf, verbrennt, ohne Schmierdienſte zu leiſten. Dagegen können die Verbrennungsrückſtände den Gleitflächen leicht verderblich werden.

Eine beſonders ſorgfältige Wartung erfordert der **Regler** der Maſchine, da von deſſen Arbeitsweiſe das Verhalten der Maſchine abhängig iſt. Die Oelung der Reglerzapfen muß trotz der manchmal wenig zugänglichen Oelſtellen peinlich ausgeführt werden. Sehr oft zeigt der Regler das bekannte Springen oder Tanzen. Bei Ventilmaſchinen und den mit verſtellbarem Exzenter arbeitenden Schiebermaſchinen rührt das Springen des Reglers gewöhnlich von einem Rückdruck der Steuerung her, indem die zur Bewegung des Steuerorgans erforderliche Kraft eine Komponente liefert, die den Regler aus ſeiner Stellung abzudrängen ſucht. Die Wirkung des Rückdruckes fällt um ſo erheblicher aus, je kleiner die Umlaufszahl, je ſchwächer der Regler und je geringer die der Reglerverſtellung entgegenwirkende Reibung iſt. Das Springen des Reglers kann aber noch eine andre Urſache haben. Es kann nämlich der Unempfindlichkeitsgrad des Reglers kleiner ſein als der Ungleichförmigkeitsgrad des Schwungrades. Dann reagiert der Regler geſetzmäßig auf die während einer Umdrehung ſich regelmäßig vollziehenden Aenderungen der Winkelgeſchwindigkeit der Schwungraddrehung.

Der wichtigſte Nachteil des Springens des Reglers iſt in der ſchnellen Abnutzung der davon betroffenen Zapfen und Gleitſtellen zu ſehen. Der Maſchinengang wird gewöhnlich nicht nachteilig beeinflußt. Da eine Behebung der Grundurſachen des Springens des Reglers an ausgeführten Maſchinen nachträglich ſchwer möglich iſt, ſo ſucht man gewöhnlich Abhilfe durch Hinzufügung einer Oelbremſe zu ſchaffen. Die Oelbremſe vermindert aber in jedem Falle die Empfindlichkeit der Regulierung. Die Einſtellung der Oelbremſe muß daher mit der erforderlichen Sorgfalt geſchehen, um ein zu ſtarkes Herabſetzen der Empfindlichkeit zu verhüten.

Zeigt es ſich, daß der Regler nach einer Belaſtungsänderung der Maſchine erſt zu arbeiten beginnt, nachdem eine bedeutende Geſchwindigkeitsänderung eingetreten iſt, ſo iſt der Regler zu unempfindlich, entweder weil die von ihm bei der Verſtellung zu überwindende Reibung zu groß geworden iſt oder weil der Regler von Anfang an zu ſchwach gewählt wurde.

Zeigt der Regler, nachdem er in Bewegung gekommen iſt, Neigung zum Ueberregulieren, d. h. pendelt er ununterbrochen zwiſchen der höchſten und tiefſten Stellung auf und ab, ohne zur Ruhe zu kommen, ſo iſt der Regler labil oder zu wenig ſtatiſch. Es muß der Ungleichförmigkeitsgrad vergrößert werden. Bei vielen Reglern kann dies durch einfache Verſtellung am Regler erreicht werden. Das Ueberregulieren wird durch Maſſenwirkung begünſtigt. Gewichtsregler verhalten ſich deshalb in dieſer Hinſicht weniger günſtig als Federkraftregler, bei denen die bewegte Maſſe nach Möglichkeit vermindert iſt.

Iſt die Umlaufszahl bei voller Belaſtung der Maſchine (tiefſter Reglerſtellung) erheblich kleiner als bei kleiner Belaſtung (oberer Reglerſtellung), ſo iſt der Ungleichförmigkeitsgrad des Reglers zu groß. Derſelbe muß verkleinert werden, falls die entſprechende Einſtellung am Regler möglich iſt.

Iſt die Umlaufszahl für alle Reglerſtellungen zu klein oder zu groß, ſo kann Abhilfe durch Beſchwerung oder Entlaſtung des Hülſengewichtes oder durch ſtärkeres bezw. ſchwächeres Spannen der Feder geſchaffen werden. Bei Federkraftreglern ändert ſich mit der Federſpannung aber auch der Ungleichförmigkeitsgrad, ſo daß die angegebene Aenderung der Federſpannung nicht ohne weiteres vorgenommen werden darf.

Sehr wichtig iſt es, von Zeit zu Zeit den Betriebszuſtand der Maſchine durch **Indizieren** zu prüfen, da auf dieſe Weiſe am ſicherſten eine fehlerhafte Dampfwirkung und Dampfverteilung ermittelt werden kann. Auch Undichtigkeiten in der Maſchine können bis zu einem gewiſſen Grade aus dem Indikatordiagramm erkannt werden.

Die wichtigſten Fälle einer fehlerhaften Dampfwirkung ſind in den Fig. 1—11 dargeſtellt. Fig. 1. Der Einlaßdampf iſt ſtark gedroſſelt, entweder weil das Abſperrventil nicht ganz geöffnet iſt oder infolge zu enger und zu langer Dampfleitung bei kleinem Schieber- oder Ventilkaſteninhalt und engen Zylinderkanälen. — Fig. 2. Die Füllungen auf beiden Seiten ſind infolge falſcher Einſtellung der Steuerung ſehr ungleich. — Fig. 3. Bildet ſich die Schleife bei normaler Belaſtung am Diagramm des Hochdruckzylinders einer Verbundmaſchine, ſo iſt die Füllung des Niederdruckzylinders zu klein. Bei Einzylinderauspuffmaſchinen und beim Niederdruckzylinder von Verbundauspuffmaſchinen iſt die Schleifenbildung am Leerlaufsdiagramm eine häufig auftretende und dann unbedenkliche Erſcheinung. — Fig. 4. Gegen Ende des Hubes erfolgt bei kleiner Füllung eine Nacheinſtrömung (Nachfüllung). Die Urſache iſt bei

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Steuerungen mit geteiltem Expanſionsſchieber (Meyer-Guhrauer) ein zu weites Auseinanderziehen der beiden Schieberhälften bei zu kurzer Plattenlänge, ſo daß der Schieber mit den Innenkanten die Kanäle öffnet. — Fig. 5. Es tritt Nacheinſtrömung für ſehr große Füllungen ein. Die Urſache kann bei allen Doppelſchieberſteuerungen in zu großer Bemeſſung der Maximalfüllung liegen, indem der Expanſionsſchieber nach eben erfolgtem Abſchluß bereits wieder

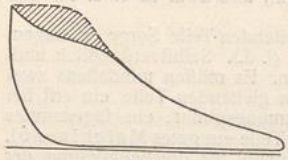


Fig. 1.

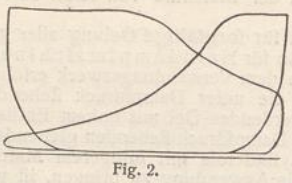


Fig. 2.

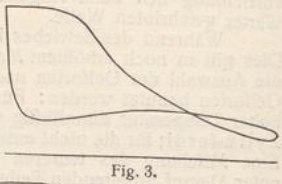


Fig. 3.

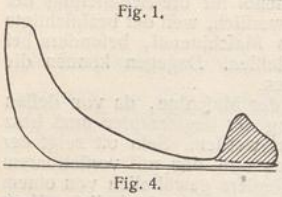


Fig. 4.

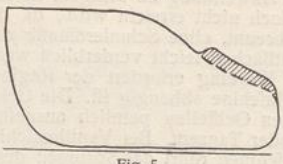


Fig. 5.

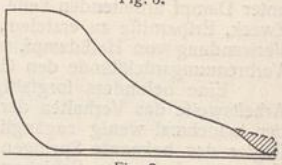


Fig. 6.

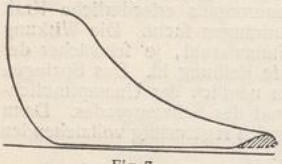


Fig. 7.

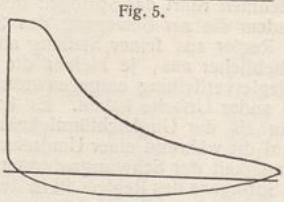


Fig. 8.

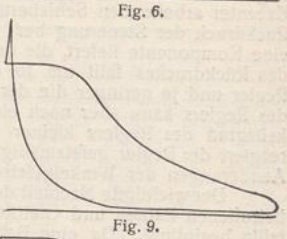


Fig. 9.

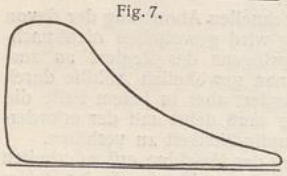


Fig. 10.

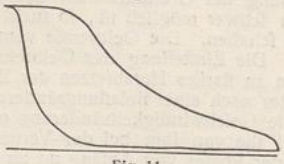


Fig. 11.

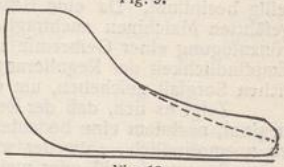


Fig. 12.

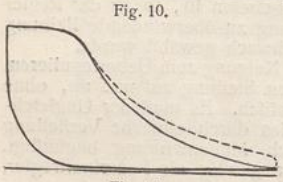


Fig. 13.

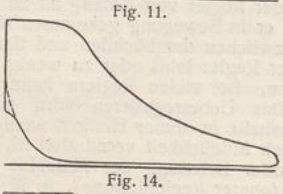


Fig. 14.

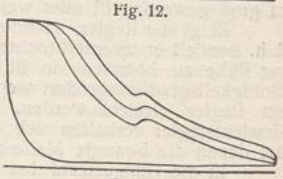


Fig. 15.

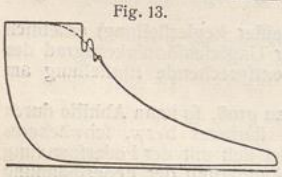


Fig. 16.

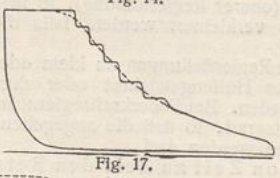


Fig. 17.

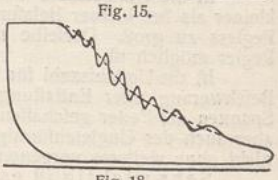


Fig. 18.

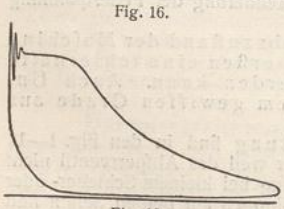


Fig. 19.

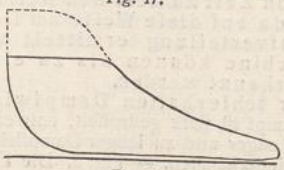


Fig. 20.

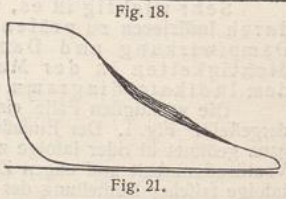


Fig. 21.

regelrecht öffnet, obwohl der Grundſchieber noch nicht abgeſchloſſen hat. Bei Steuerungen mit trapezförmigem Expanſionsſchieber (Rider) kann die Urſache auch in zu kurzer Plattenlänge gefunden werden, indem bei größter Füllung z. B. die rechte Abſperrkante des Schiebers den linken Kanal von innen öffnet. — Fig. 6. Der Vorauslaß beginnt zu früh. — Fig. 7. Der Vorauslaß beginnt zu ſpät. — Fig. 8. Der Auslaß iſt erſchwert, entweder durch zu enge und

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

zu lange Rohrleitung zwiſchen Zylinder und Kondenſator oder infolge mangelhafter Wirkung des letzteren. — Fig. 9. Die Kompreſſion ſteigt zu hoch an. — Fig. 10. Die Kompreſſion iſt zu klein und der Voreinlaß verſpätet. — Fig. 11. Der Voreinlaß erfolgt zu früh.

Die Ermittlung von **Undichtigkeiten** aus dem Diagramm iſt nicht immer ſicher, da nur ſehr grobe Undichtigkeiten, und auch dieſe nicht immer, im Diagramm zu erkennen ſind.

Die Fig. 12—15 geben die wichtigſten Fälle wieder: Fig. 12. Die Einlaßſteuerung iſt undicht und läßt Dampf in den Zylinder eintreten. — Fig. 13 und 14. Der Kolben iſt undicht und läßt Dampf auf die andre Seite übertreten, oder die Auslaßſteuerung iſt undicht und läßt den Dampf in den Auslaß entweichen. — Fig. 15. Das Steuerorgan wird bei allen Füllungen bei einer beſtimmten Kolbenſtellung vom Sitz abgehoben.

Bemerkt ſei noch, daß man ein untrügliches Bild von dem Maße der Undichtigkeiten erſt erhält, wenn man die eine Seite des betreffenden Kolbens, Ventils, Schiebers oder dergl. mit Dampf von normaler Betriebsſpannung bei abgeſpreiztem Schwungrade belaſtet und die andre Seite der unmittelbaren Beobachtung möglichſt zugänglich macht. Die betreffenden Dichtungsflächen ſind für undicht zu erklären, wenn der Dampf in andrer Form als in der von feinem Nebel oder Waſſerperlen auf der andern Seite zum Vorſchein kommt.

Beim Indizieren iſt es möglich, daß durch unrichtige Arbeitsweiſe des Apparates und der Hilfsvorrichtungen **falſche Diagramme** erhalten werden können.

Die wichtigſten Fälle ſind in den Fig. 16—21 dargeſtellt. Fig. 16. Der Indikatorkolben hat ſich oben feſtgeklemmt; der Apparat iſt zu reinigen. — Fig. 17. Der Indikatorkolben geht mit Reibung ſprungweiſe abwärts; auch hier iſt Reinigung und Abſtellung der Reibung erforderlich. — Fig. 18. Die Indikatorfeder kommt infolge großer Empfindlichkeit in regelmäßige Schwingungen. Es iſt eine ſtärkere Feder zu nehmen. Auch die Vergrößerung der Reibung durch ſtärkeres Andrücken des Schreibſtiftes dämpft manchmal wirkſam die Schwingungen. — Fig. 19. Der Indikatorkolben geht infolge der Maſſenwirkung über die richtige Lage hinaus; eine ſtärkere Feder mildert dieſen Fehler. — Fig. 20. Der Indikatorhahn iſt nicht ganz geöffnet und droſſelt den Dampf. — Fig. 21. Im Indikator oder in der Zuleitung zu demſelben befindet ſich Waſſer.

Eine gemeinſchaftliche Kommiſſion des Vereins deutſcher Ingenieure und des Verbandes der Dampfkeſſelüberwachungsvereine hat Grundſätze und Anleitung für die Unterſuchung von Dampfkeſſeln und Dampfmaſchinen zur Ermittlung ihrer Leiſtungen aufgeſtellt [1]. In Oeſterreich beſteht eine Verordnung des k. k. Handelsminiſteriums, betreffend den Nachweis der Befähigung zur Bedienung und Ueberwachung von Dampfkeſſeln ſowie zur Bedienung (Führung und Wartung) von Dampfmaſchinen, Lokomotiven und Dampfſchiffsmaſchinen.

Literatur: [1] Normen für Leiſtungsverſuche an Dampfkeſſeln und Dampfmaſchinen, Hamburg 1899. S. a. „Hütte“ 1902, 1. Teil, S. 995 ff. *O. Herre.*

Dampfmeſſer, Vorrichtung zum Meſſen der Dampfſpannung; ſ. Manometer.

Dampfmiſchapparate, ſ. Strahlapparate.

Dampfnäſſe (Dampffeuchtigkeit), der Waſſergehalt des Dampfes. Derſelbe kann entſtanden ſein durch mechaniſches Mitreißen von Waſſer aus dem Keſſel oder durch Abkühlung des Dampfes in den Dampfleitungen ſowie durch die bei der Dampfexpanſion auftretende Kondenſation.

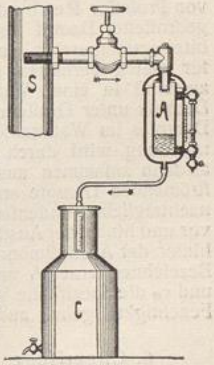


Fig. 1.

Der auf letzterem Wege entſtehende Waſſergehalt kann ſelbſt bei großen Preſſungsunterſchieden praktiſch nur verſchwindend klein ſein, da die mit der Expanſionsarbeit geleiſtete Reibungsarbeit ſich hauptſächlich in Wärme umſetzt und dadurch ein Nachverdampfen verurſacht; dagegen wird der Waſſergehalt des Dampfes bei ſtark ſchäumendem Keſſel einerſeits ſowie durch Abkühlungsverluſt in langen Dampfleitungen anderſeits ſehr beträchtlich.

Bei normalem Keſſelbetrieb und mäßiger Feuerung beträgt der Feuchtigkeitsgehalt des aus dem Keſſel abziehenden Dampfes erfahrungsgemäß nicht über 1 %. Bei forciertem Keſſelbetrieb oder geringem Waſſerraum ſowie unzweckmäßiger Dampfentnahme kann der Waſſergehalt jedoch auf 10 und mehr Prozent ſich ſteigern, abgeſehen von der in der Dampfleitung durch äußere Abkühlung ſich bildenden Kondenſationswaſſermenge. — Genaue und genügend erprobte Methoden zur Beſtimmung der Dampfnäſſe ſind zurzeit noch nicht bekannt. Von den bis jetzt üblichen phyſikaliſchen und chemiſchen Verfahrungsweiſen mögen nachfolgende erwähnt werden:

1. Durch Wägung. Da nach Regnaults Verſuchen die ſpezifiſchen Gewichte des geſättigten Dampfes für die praktiſch in Betracht kommenden Preſſungen bekannt ſind, ſo kann die Dampfnäſſe durch Wägung einer Dampfprobe von bekanntem Volumen ermittelt werden. Dieſes Verfahren iſt ſehr umſtändlich, weil eine große Zahl von Proben zu unterſuchen iſt, um einen richtigen Mittelwert für die Dampffeuchtigkeit zu erhalten. Zur Wägung geeignete Apparate ſind beſchrieben in [1] und [2].

2. Durch Waſſerabſcheidung. Eine von Carpenter, Profeſſor an der Cornell-Univerſität in Nordamerika, angewendete Vorrichtung (Fig. 1) beſteht aus zwei konzentriſch ineinander geſetzten Zylindern, von denen der äußere geſchloſſen, der innere oben offen iſt. Ein Bruchteil des zu unterſuchenden Dampfes wird mittels eines dünnen durchlöcherten Röhrchens *S*

aus der Dampfleitung abgezogen und ſtrömt von oben in den Innenzylinder aus, wobei das Dampfwaſſer infolge der eintretenden Geſchwindigkeitsverminderung des Dampfes ſich ausſcheidet und im unteren Teile des Zylinders A ſich anſammelt. Der Verſuchsdampf ſtrömt weiter durch den Ringraum, der als Dampfmantel wirkt, und vom unteren Teile des Außenzylinders in eine Kühlſchlange des Behälters C, in der er vollſtändig kondenſiert. Der Feuchtigkeitsgrad des unterſuchten Dampfes ermittelt ſich aus den Gewichten oder Volumen des im Abſcheider angeſammelten Waſſers und des kondenſierten Dampfes.

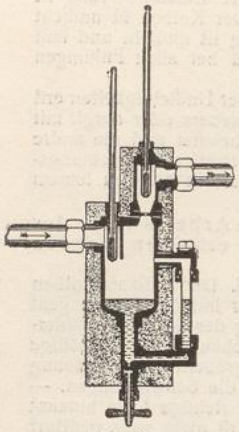


Fig. 3.

3. Durch Kondenſation. Dieſer Weg wurde zuerſt von Hirn eingeſchlagen. Er verwendete einen Kondenſator K (Fig. 2), der an einer Schwimmerwage hing. Eine beſtimmte Menge des zu unterſuchenden Dampfes tritt durch ein Rohr S in den Kondenſator ein und miſcht ſich mit dem Kühlwaſſer unter Mithilfe eines Rührwerkes. Die Einſtellung der Wage vor und nach der Kondenſation erfolgt durch Regulierung mit Gewichten auf eine beſtimmte Marke. Das Verfahren erfordert außerordentlich ſorgfältige Temperaturmeſſungen und Wägungen und macht noch umſtändliche Korrekturen wegen der Wärmeverluſte nötig. — Sei x das ſpezifiſche Dampfgewicht, w die Gewichtszunahme während des Verſuches, ſo ſind $x\,w^k$ Dampf und $(1-x)\,w^k$ Waſſer in den Kondenſator gelangt; wenn ferner W das Gewicht des Kühlwaſſers ſamt Waſſerwert des Kondenſators und t_d die Temperatur des zu unterſuchenden Dampfes ſowie t_a und t_e die Anfangs- und Endtemperatur des Kühlwaſſers und J die Dampfwärme bedeuten, dann iſt:

$$x = \frac{W(t_e - t_a) - w\,(t_d - t_e)}{w\,(J - t_d)}.$$

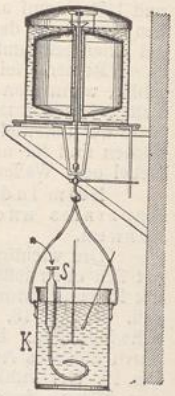


Fig. 2.

Es iſt zweckmäßig, die Anfangstemperatur des Kühlwaſſers ſo viel unter der Außentemperatur anzunehmen, als die Endtemperatur über derſelben ſich ergibt. Den Mängeln dieſes Verfahrens kann dadurch abgeholfen werden, daß ſtatt der Kondenſation einzelner Dampfproben eine fortlaufende Kondenſation vorgenommen wird.

4. Durch Nachverdampfen. Die kalorimetriſche Beſtimmung des Waſſergehaltes kann auch durch Ermittlung derjenigen Wärme erfolgen, die zur Verdampfung des in einer gegebenen Dampfmenge enthaltenen Waſſers notwendig iſt. Verfahren von Leloutre. Auf demſelben Vorgang beruht der Gehreſche Feuchtigkeitsmeſſer. Ein Teil des in der Hauptleitung ſtrömenden zu unterſuchenden Dampfes wird in einer Zwiſchenleitung zwiſchen zwei Abſperrventilen abgefangen und mittels Gasflammen erhitzt. Während dieſer Erwärmung wird die Aenderung des Druckes und der Temperatur der Dampfprobe beobachtet. Solange der Dampf feucht iſt, ſteigt der Druck mit der Temperatur, dem Regnaultſchen Geſetz für geſättigten Dampf gemäß. Die Dampffeuchtigkeit iſt alsdann ausgedrückt durch das Verhältnis der ſpezifiſchen Gewichte des Dampfes bei der Anfangs- und Endpreſſung vor dem Beginn der Ueberhitzung.

5. Ueberhitzung mittels Dampfdroſſelung. Dieſes Verfahren wurde zuerſt von Profeſſor Peabody vorgeſchlagen und beruht auf der Erſcheinung, daß frei ausſtrömender gedroſſelter Dampf bei mäßiger Dampfnäſſe ſich überhitzt und die dabei auftretende Ueberhitzungstemperatur einen Schluß auf den Feuchtigkeitsgrad vor der Droſſelung zuläßt. Einen für dieſes Verfahren geeigneten Apparat zeigt Fig. 3. Der zu unterſuchende Dampf ſtrömt zunächſt in einen Waſſerabſcheider und von dieſem durch eine 1,5 mm weite Oeffnung des Deckels unter Droſſelung bis zur Atmoſphärenſpannung ins Freie. Die Eintrittstemperatur des Dampfes im Waſſerabſcheider und die Temperatur des gedroſſelten Dampfes hinter der Ausflußmündung wird durch empfindliche Thermometer gemeſſen. Die Dampffeuchtigkeit ſetzt ſich alsdann zuſammen aus der im Waſſerabſcheider ausgeſchiedenen Waſſermenge und der im abſtrömenden Dampfe ermittelten Feuchtigkeit. Die Menge des unterſuchten Dampfes wird durch nachträgliche Kondenſation mittels Wägung beſtimmt. — Sind t_1 und t_2 die Temperatur des Dampfes vor und hinter der Ausflußmündung, t_3 die Temperatur des geſättigten Dampfes, entſprechend dem hinter der Ausflußmündung herrſchenden Drucke, dann iſt die eingetretene Ueberhitzung $t_2 - t_3$. Bezeichnen ferner J_1 und J_3 die den Dampftemperaturen t_1 und t_3 entſprechenden Dampfwärmen und c_p die ſpezifiſche Wärme des geſättigten Dampfes bei konſtantem Drucke, ſo ergibt ſich der Feuchtigkeitsgehalt aus:

$$x = \frac{J_3 + (t_2 - t_3)\,c_p - t_1}{J_1 - t_1}.$$

6. Chemiſche Methoden. Dem Keſſelwaſſer wird Kochſalz oder Glauberſalz beigemiſcht (etwa $1\frac{1}{2}\,\%$ des Waſſerinhaltes des Keſſels), das im mitgeriſſenen Waſſer gelöſt bleibt, in den Dampf jedoch nicht übergeht. Der Feuchtigkeitsgrad läßt ſich entweder durch Vergleichung des Salzgehaltes des kondenſierten Dampfes mit dem Salzgehalt des Keſſelwaſſers oder durch Ermittlung der Abnahme des Salzgehaltes des Keſſelwaſſers beſtimmen. Die Ermittlung des Salzes bezw. Chlorgehaltes erfolgt durch Titrierung mit einer Löſung von Silbernitrat unter Benutzung von Kaliummonochromat als Indikator.

Die verſchiedenen Ausführungsarten leiden alle an dem Fehler, daß ſie nur das mitgeriſſene Waſſer anzugeben vermögen, nicht aber das durch Kondenſation entſtandene. Vergleichende Verſuche, die auf zweierlei Art angeſtellt waren, ergaben keine Uebereinſtimmung. Bei einem

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

derartigen Verfuch fand Profeſſor Dr. Bunte mit der einen chemiſchen Methode durchſchnittlich 3,25% Waſſergehalt, während die andre 1,7% anzeigte. Die chemiſchen Verfahren ſind im allgemeinen für unzweckmäßig zu erachten; nur wenn beſonders viel Waſſer vom Dampf mitgeriſſen wird, ſo daß das Kondenswaſſer dagegen nicht in Betracht kommt, iſt ein Verfahren anwendbar, das darin beſteht, durch Entnahme einzelner Keſſelwaſſerproben die Verringerung des Sättigungsgrades der anfangs in den Keſſel gebrachten Salzlöſung feſtzuſtellen, während mit reinem Waſſer geſpeiſt wird. — Nach Unwin zeigen die Erfahrungen mit den bis jetzt üblichen Methoden zur Beſtimmung der Dampffeuchtigkeit, daß die freie Ausſtrömung des Dampfes das bequemſte Mittel abgibt, ſolange der Dampf nicht über 2% Feuchtigkeit aufweiſt. Bei größerem Feuchtigkeitsgehalt iſt eine Waſſerausſcheidung durch einen beſonderen Abſcheider zu ermöglichen. Es iſt auch zweckmäßig, den Dampf aus einer vertikalen ſtatt horizontalen Dampfleitung zu entnehmen, da bei letzterer das Dampfwaſſer zum Teil an der unteren Fläche des Rohres entlang fließt.

Literatur: [1] Revue industrielle 1878, S. 102. — [2] Zeitſchr. d. Franklin-Inſtit. 1877, S. 358. — [3] Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ingen. 1885, S. 344. — [4] Ebend. 1895, S. 1059. — [5] Pfeifer, Beſtimmung der Feuchtigkeit des Waſſerdampfes, Journal für Gasbeleuchtung und Waſſerverſorgung, Bd. 45, S. 97 ff. *v. Ihering.*

Dampfofen (Dampfwaſſerofen), ſ. Heizung.

Dampfomnibus, ſ. Straßeneiſenbahnen.

Dampfpfeifen dienen bei Dampfern und Lokomotiven als Warnungs- und Erkennungszeichen. Bei letzteren außerdem zur Verſtändigung des Lokomotivführers mit dem Zugperſonal und umgekehrt.

Die Dampfpfeifen beſtehen aus einem Unterſatz, einem Hahn oder Ventil und der Glocke. Der Unterſatz enthält eine durch den Hahn abſchließbare Bohrung, die am oberen Teile desſelben in eine ringförmige, offene Spalte ausläuft. Ueber dem Unterſatze iſt eine dünnwandige Glocke angebracht, deren unterer zugeſchärfter Rand genau über der erwähnten Spalte ſitzt. Der aus letzterer mit großer Geſchwindigkeit ſtrömende Dampf wird am ſcharfen Rande der Glocke gebrochen und ſetzt derſelbe dieſe ſowie die in der Glocke befindliche Luft in ſtarke Schwingungen, die den Ton der Pfeife verurſachen. Durch Näherung der Glocke an den Spalt wird der Ton mehr gellend, durch Entfernung mehr heulend. Für ortsfeſte Anlagen kommen zur beſſeren Unterſcheidung von den Signalen der Nachbarſchaft doppeltönige Pfeifen oder gar Dreiklangpfeifen, beide von Schäffer & Budenberg in Magdeburg-Buckau (vgl. den Katalog dieſer Firma), zur Anwendung. Die erſteren ſind mit zwei Ventilen für zwei verſchiedene Töne verſehen, die beim gleichzeitigen Oeffnen beider Ventile einen harmoniſchen Doppelton geben. Bei den Dreiklangpfeifen iſt die Schallglocke durch radial angeordnete Zwiſchenwände in drei Räume geteilt, die durch eingeſetzte Horizontalſtege den gewünſchten Tönen entſprechend adjuſtiert und harmoniſch abgeſtimmt ſind. *G. Schwarz.*

Dampfpfeifenſignale, ſ. Zugſignale.

Dampfpflug, ſ. Maſchinenpflug.

Dampfpinaſſe, ſ. Dampfbeiboot.

Dampfpreſſe, die zur Erzeugung eines höheren Glanzes auf dem Gewebe in Anwendung gebrachte hydrauliſche Preſſe, deren zwiſchen Preßtiſch und Preßbalken ſtetig angeordnete Preßplatten hohl hergeſtellt und durch Dampf geheizt ſind. S. Tuchfabrikation. *Maxim. Kraft.*

Dampfpumpe, ſ. Pumpen.

Dampframme, ſ. Rammen.

Dampfraum, der im Keſſel vom Waſſer nicht eingenommene Teil.

Bei regelmäßiger Dampfentnahme iſt die Größe des Dampfraumes von untergeordneter Bedeutung und gewährt derſelbe alsdann nur dem Dampf Zeit zur Ausſcheidung des etwa mitgeriſſenen Waſſers. Bei ſehr wechſelnder Dampfentnahme dagegen iſt es wichtig, große Dampfräume zu ſchaffen, um ein ſtarkes Aufſchäumen des Waſſers und das damit verbundene Mitreißen von Waſſer zu verhüten, wie beiſpielsweiſe in Keſſeln zum Betrieb von langſam gehenden, oberirdiſchen Waſſerhaltungsmaſchinen oder Walzwerks- und Fördermaſchinen, Kranmaſchinen, Dampfhämmern u. ſ. w. Von Einfluß auf die Qualität des Dampfes (ob feucht, naß, geſättigt oder trocken) iſt auch die Größe der Oberfläche der dampfbildenden Fläche oder Verdampfungsoberfläche im Keſſel zwiſchen Dampf- und Waſſerraum. Je größer dieſe Fläche iſt, deſto trockener iſt der Dampf. Walzenkeſſel, Flammrohr- und mehrfache Walzenkeſſel liefern 40—100 kg Dampf auf 1 qm Waſſeroberfläche in der Stunde. Bei normaler Beanſpruchung enthält der Dampf 3—6% Waſſer. Bei höherer Dampferzeugung auf 1 qm Oberfläche iſt, um zu große Dampffeuchtigkeit zu vermeiden, eine Ueberhitzeranlage mit dem Keſſel zu verbinden. *v. Ihering.*

Dampfrohr auf Schiffen, ſ. Dampfleitungen für Schiffe.

Dampfſammler, ſ. Dampfkeſſel und Schiffskeſſel.

Dampfſchiebebühne, ſ. Verladung.

Dampfſchieber, ſ. Schieber.

Dampfſchiff, ſ. Dampfertypen.

Dampfſchmierapparate, ſ. Maſchinenſchmierung.

Dampfſchneefchaufler, ſ. Schneepflüge.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Dampfſchneidemühle, ſ. Sägemühle.

Dampfſchöpfwerke, ſ. Schöpfwerke.

Dampfſchwarz, alle jene ſchwarzen Druckfarben, die ſich erſt beim Dämpfen zu einem vollen Schwarz entwickeln und ſich auf der Faſer fixieren.

In der Druckfarbe ſind bereits jene Beſtandteile enthalten, die zur Schwarzbildung erforderlich ſind. Vielfache Anwendung finden namentlich die verſchieden zuſammengeſetzten Blauholzdampfſchwarz, deren wichtigſter Vertreter das bekannte Noir réduit iſt. Dasſelbe wird hergeſtellt, indem mit Quercitron nuancierter Blauholzextrakt mit Kaliumbichromat gefällt und dieſer Lack mit Oxalſäure, Schwefelſäure, Natriumbiſulfit und Eſſigſäure gelöſt wird. Außer dem Noir réduit findet das Anilindampfſchwarz (ſ. Anilinſchwarz), wo es ſich um echte Artikel handelt, Anwendung. *Ad. Singer.*

Dampfſpannung, ſ. v. w. Druck des Dampfes; ſ. Druck.

Dampfſpater, ſ. Dampfgraber.

Dampfſpeiſepumpe, ſ. Dampfkeſſelſpeiſeapparate.

Dampfſteuerapparate oder Rudermaſchinen finden auf allen Seedampfern Verwendung, um das Ruder ſchnell und ſicher von einer Perſon, dem Rudersmann, legen laſſen zu können.

Obwohl der erſte Dampfſteuerapparat ſchon 1866 auf dem Rieſendampfer „Great Eaſtern“ [1] nach dem Syſtem von Mc. Farlane Gray aufgeſtellt wurde, wurden die Maſchinen erſt innerhalb eines Jahrzehnts ſo weit verbeſſert, daß ſie allgemeiner Eingang fanden. Da bei größeren Schiffen zum Legen des Ruders mit der Hand vier bis zwölf Mann erforderlich waren, ſo brachte der Dampfſteuerapparat eine weſentliche Erſparnis an Perſonal mit ſich; daneben wurde die Manövrierfähigkeit des Schiffes durch das ſchnellere Legen des Ruders weſentlich geſteigert, indem der Drehkreis ein kleinerer und die Zeit zum Durchlaufen desſelben eine kürzere wurde. Die moderne Rudermaſchine legt das Ruder bei großer Fahrt in 30 Sekunden von hart Steuerbord nach hart Backbord und umgekehrt. Das Konſtruktionsprinzip derſelben beſteht darin, daß die Handhabung der Maſchine mittels eines Steuerrades in gleicher Weiſe geſchieht wie beim Steuern mit Hand, d. h. bei Rechtsdrehung des Steuerrades, Drehung nach Steuerbord, muß das Ruder nach Steuerbord ausweichen, und zwar ſofort nach Beginn der Drehung; hört die Drehung auf, ſo muß die Maſchine und demnach auch das Ruder zum Stillſtand kommen und kann demnach in jeder Lage ſicher feſtgehalten werden, ſo daß jeder Drehung des Handrades eine beſtimmte

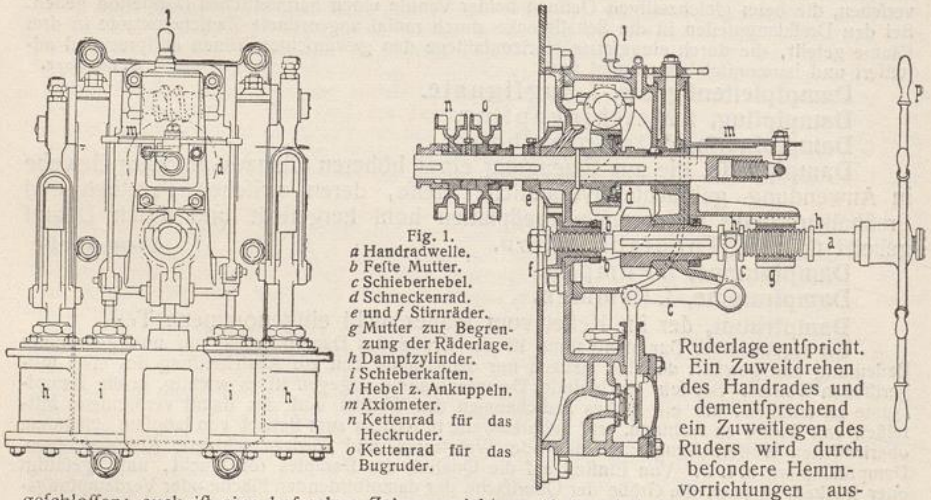


Fig. 1.
a Handradwelle.
b Feſte Mutter.
c Schieberhebel.
d Schneckenrad.
e und *f* Stirnräder.
g Mutter zur Begrenzung der Räderlage.
h Dampfzylinder.
i Schieberkaſten.
l Hebel z. Ankuppeln.
m Axiometer.
n Kettenrad für das Heckruder.
o Kettenrad für das Bugruder.

Ruderlage entſpricht. Ein Zuweitdrehen des Handrades und dementſprechend ein Zuweitlegen des Ruders wird durch beſondere Hemmvorrichtungen ausgeſchloſſen; auch iſt eine beſondere Zeigervorrichtung (Axiometer) beim Handrade vorgeſehen, die dem Steuermann die jeweilige Lage des Ruders angibt. Bei etwaigem Unklarwerden der Maſchine kann der Dampfbetrieb ſchnell und ſicher ausgeſchaltet und in Handbetrieb umgeſchaltet werden [2]—[4].

Die Rudermaſchinen werden durchweg als Zwillingsmaſchinen gebaut und arbeiten mit voller Füllung, damit ſie jederzeit ſicher anſpringen können. Die Anlaß- und Umſteuervorrichtung beſteht aus einem Wechſelſchieber, der in ſeiner Mittelſtellung den Dampfzugang und -abgang nach dem Schieberkaſten der Rudermaſchine abſperrt, in den abgelenkten Stellungen jedoch öffnet und bei der Bewegung nach rechts und links die Dampfwege vertauſcht. Die Bewegung des Wechſelſchiebers erfolgt von der Steuerradwelle aus durch Schrauben oder Zahnradgetriebe und Hebelübertragung, die ſelbſttätige Rückbewegung in die Mittellage durch beſondere Getriebe der Rudermaſchine; ſoll das Ruder weiter gelegt werden, ſo muß der Wechſelſchieber mit Hilfe des Handrades von neuem ausgelenkt werden. Die Begrenzung des Handrades für zu weites Drehen beſteht meiſt aus einer auf der Handradwelle aufgeſchraubten Mutter,

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

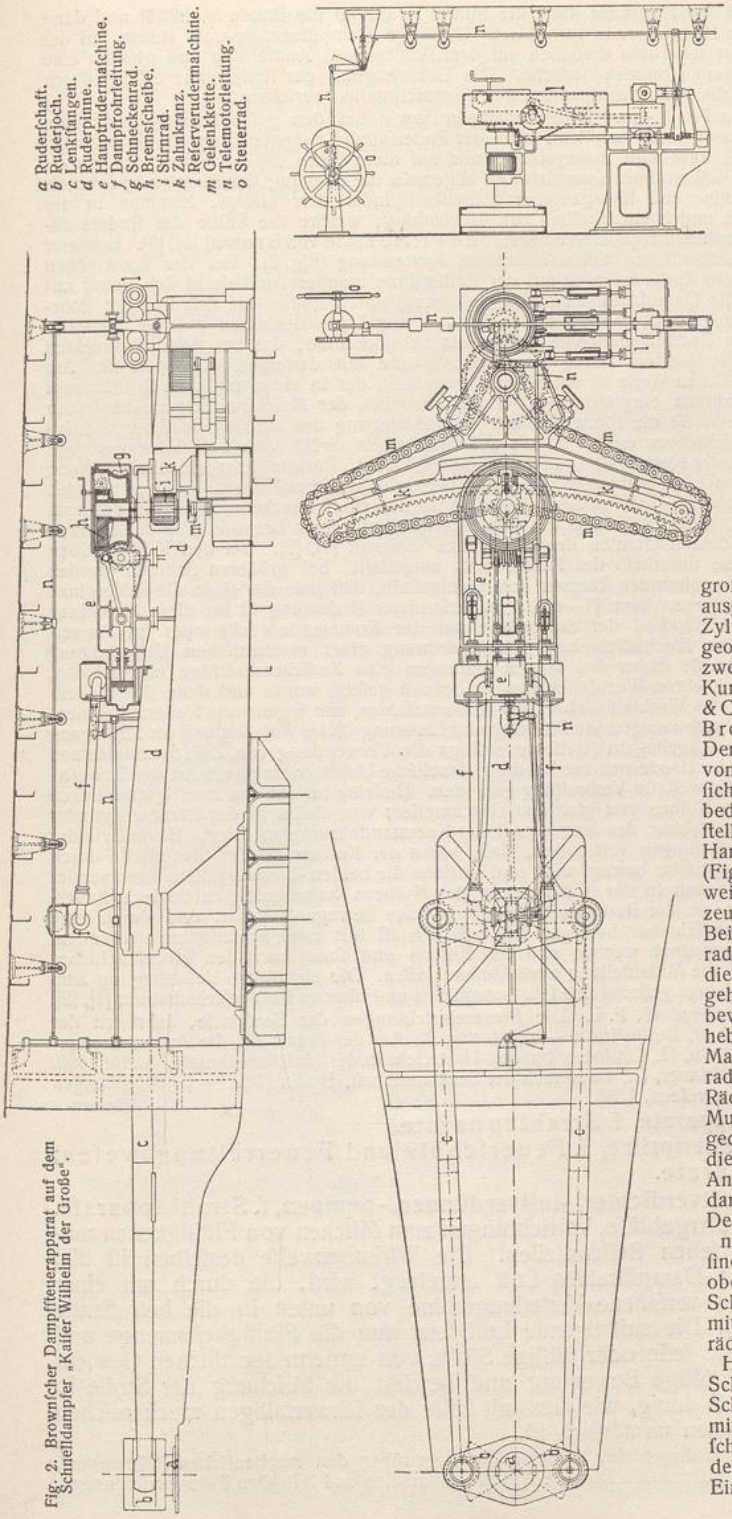


Fig. 2. Brownſcher Dampfſteuerapparat auf dem Schnelldampfer „Kaiſer Wilhelm der Große".

die am Drehen verhindert wird und bei den Hartlagen des Ruders an Begrenzungen anſtößt. Bisweilen erfolgt das Abſtoppen der Maſchine automatiſch von der Ruderpinne aus [1].

Nach der Lage der Zylinder unterſcheidet man drei Arten von Dampfſteuerapparaten: 1. die beiden Zylinder ſtehen unter 45° geneigt und arbeiten auf eine Kurbel (Syſtem Mc. Farlane Gray, Egells); 2. die beiden Zylinder oszillieren und arbeiten auf eine Kurbel (Syſtem The Steam quartermaster von Higginſon), für kleine und mittelgroße Frachtdampfer viel ausgeführt; 3. die beiden Zylinder ſind parallel angeordnet und greifen an zwei um 90° verſetzte Kurbeln an (Syſtem Muir & Caldwell, Schichau, Brown u. ſ. w.) [1], [2]. Der Dampfſteuerapparat von F. Schichau, der ſich durch geringen Raumbedarf und leichte Umſtellung von Dampf- in Handbetrieb auszeichnet (Fig. 1), findet vorzugsweiſe auf Torpedofahrzeugen Verwendung [5]. Beim Drehen der Handradwelle *a* verſchiebt ſich dieſelbe mittels der feſtgehaltenen Mutter *b* und bewegt den Schieberhebel *c*; dann treibt die Maſchine das Schneckenrad *d* an, und mittels der Räder *e* und *f* wird die Mutter *b* wieder zurückgedreht und verſchiebt die Handradwelle *a* in die Anfangsſtellung, wodurch dann der Schieber auf Deckung kommt. Bei den neueren Anordnungen ſind die Dampfzylinder oben angeordnet, und die Schneckenradwelle liegt mit den Uebertragungsrädern unten. Für den Handbetrieb wird das Schneckenrad von der Schnecke abgerückt und mit einem Zahnrad mit ſchrägen Zähnen, das auf der Handradwelle ſitzt, in Eingriff gebracht. Zum

Stoppen der Maſchine bei Hartruder dient die Mutter *g*, die an die Bünde *h* anſtößt und dann ein Weiterdrehen der Handradwelle verhindert. Derartige Dampfſteuerapparate finden auf der Kommandobrücke oder unterhalb derſelben auf dem Brückendeck Aufſtellung und erhalten eine kurze Antriebsleitung zur Kommandobrücke. Die Uebertragung zur Ruderpinne erfolgt durch Ketten und Stangen, die zum Nachſpannen mit Spannſchrauben verſehen ſind.

Für die großen Fracht- und Paſſagierdampfer ſowie bei den geſchützten Kriegsſchiffen werden die Dampfſteuerapparate möglichſt nahe der Ruderſpindel aufgeſtellt, um die Bewegungsübertragung möglichſt kurz und zwangsläufig und auf dieſe Weiſe die Bewegung des Ruders ſtoßfrei zu geſtalten. Während bei Kriegsſchiffen allgemein die Drehung des Ruderjoches mittels Lenkſtangen und rechts- und linksgängiger Schraubenſpindel ſtarr erfolgt, kommen in der Handelsmarine Federn und Bremsſcheiben zur Anwendung, welche die Stöße des Ruders abſchwächen ſollen (Dampfſteuerapparate von Wilſon & Pirrie ſowie von Brown) [1], [2]. Letzterer findet auf allen transatlantiſchen Schnelldampfern Anwendung (Fig. 2). Bei der Brownſchen Steuervorrichtung iſt die Rudermaſchine auf der Ruderpinne montiert und dreht ſich daher mit derſelben; ſie erhält die Dampfzuführung und -abführung durch Rohre, die ſich in einer Rohrſtopfbuchſe vereinigen, die über dem Ruderſchaft in der Achſe desſelben gelagert iſt. Die Kurbeln der liegenden Zwillingsmaſchine treiben ein Schneckenrad, das auf einer ſenkrechten Welle nicht feſtgekeilt, ſondern durch eine Bremsſcheibe mit derſelben gekuppelt iſt. Am unteren Ende der vertikalen Welle iſt ein Stirnrad aufgekeilt, das in einen mit dem Schiffsrumpf feſt verbundenen Zahnkranz eingreift und bei dem Arbeiten der Maſchine ſich an demſelben abrollt und auf dieſe Weiſe die Pinne bewegt. Die Bewegung des auf den Schiebergehäuſen angeordneten Wechſelſchiebers erfolgt mittels Schwingehebels direkt vom Telemotor aus (vgl. weiter unten), der von der Kommandobrücke aus betätigt wird. Für die Reſerveſteuereinrichtung iſt eine Reſerverudermaſchine vorhanden, die mit einer Gelenkkette auf die Ruderpinne arbeitet. Andernfalls iſt auf Deck eine kräftige Säule befeſtigt, in der ein Schneckenradgetriebe, das vom Handrad bewegt wird, gelagert iſt und das unter Einſchaltung einer Bremsſcheibe ein Stirnrad treibt, das in einen Zahnquadranten der Ruderpinne eingreift [1], [2]. Bei den Kriegsſchiffen wird die Rudermaſchine unterhalb des Panzerdecks aufgeſtellt; bei größeren Schiffen werden zwei Rudermaſchinen in getrennten Räumen derart aufgeſtellt, daß jede derſelben die Ruderpinne oder das Ruderjoch bewegen kann [1—4]. Von beſonderer Bedeutung iſt für dieſe Maſchinen die Uebertragung vom Handrad der Steuerſtelle auf der Kommandobrücke oder im Panzerkommandoturm auf den Wechſelſchieber. Bei Anordnung einer mechaniſchen Uebertragung durch Wellenleitung wurde früher bei langen Leitungen eine Zwiſchenmaſchine eingeſchaltet, die vom Handrad durch einen Wechſelſchieber in Betrieb geſetzt wurde und dann die Wellenleitung zur Bewegung des Wechſelſchiebers der Rudermaſchine, die ſogenannte Rudermaſchinenanlaßleitung, drehte. Durch ſachgemäße Führung und Lagerung dieſer Anlaßleitung im Mittelgang unter Verwendung von Kugellagern [1] iſt neuerdings die Verwendung von Zwiſchenmaſchinen hinfällig geworden. In der Handelsmarine hat die hydrauliſche Uebertragung nach Art des Brownſchen Telemotors die weiteſte Verbreitung gefunden. Dieſelbe beſteht aus zwei hydrauliſchen Zylindern mit je einem Kolben von gleichem Durchmeſſer; von dieſen iſt der kürzere Zylinder in der Nähe der Rudermaſchine, der längere auf der Kommandobrücke montiert. Beide Zylinder ſind derart durch Rohrleitungen verbunden, daß, wenn der Kolben an der Steuerſtelle durch Räder und Zahnſtangengetriebe bewegt wird und alsdann die beiden Zylinderhälften voneinander abgeſchloſſen werden — nur in der Mittelſtellung des Kolbens kommunizieren beide Zylinderhälften —, der Kolben an der Rudermaſchine die gleiche Bewegung macht und durch eine Schubſtange den Wechſelſchieber bewegt. Dieſe Stange iſt mit zwei Spiralfedern verbunden, die beim Ruderlegen geſpannt werden und den Kolben und ſomit auch den Wechſelſchieber der Rudermaſchine auf die Mittelſtellung zurückfedern laſſen. Die elektriſche Uebertragung zum Antrieb des Wechſelſchiebers geſtaltet ſich ſehr kompliziert und iſt noch im Verſuchsſtadium [1], [2].

Literatur: [1[Middendorf, F. L., Die Steuereinrichtungen der Seeſchiffe, Jahrbuch der Schiffbautechn. Geſellſchaft, Berlin 1900. — [2] Hartig, J., Aus der Praxis für die Praxis, Bremerhaven 1903. — [3] Klamroth, G., Leitfaden für den Unterricht in der Maſchinenkunde, Berlin 1902. — [4] Dick, C., und Kretſchmer, O., Handbuch der Seemannſchaft, Berlin 1902. — [5] Mitteilungen aus dem Gebiet des Seeweſens, 1886.

T. Schwarz.

Dampfſtrahlapparate, ſ. Strahlapparate.

Dampfſtrahlfeuerſpritze, ſ. Feuerſchutz und Feuerrettungsweſen; vgl. a. Strahlapparate.

Dampfſtrahlluftverdichter, -luftverdünner, -pumpen, ſ. Strahlapparate.

Dampfſtrahlrührgebläſe, Vorrichtungen zum Miſchen von Flüſſigkeiten miteinander oder mit feſten Beſtandteilen. Die Wirkungsweiſe desſelben iſt die, daß mit Hilfe eines Dampfſtrahles Luft angeſaugt wird, die durch mit einer Anzahl von Löchern verſehene Verteilungsrohre von unten in die betreffende Flüſſigkeit eindringt. Die aufſteigende Luft ſetzt nun die Flüſſigkeitsmenge und darin etwa enthaltene feſte oder flüſſige Stoffe von anderm ſpezifiſchen Gewicht von unten her in kräftige Bewegung und bewirkt die Miſchung der Stoffe in ſo kurzer Friſt und ſo innig, wie dies mit Hilfe der ſchwerfälligen mechaniſchen Rührwerke vollkommen unmöglich iſt.

Die Vorteile der Rührgebläſe, insbeſondere gegenüber den mechaniſchen Rührwerken, laſſen ſich in folgendem zuſammenfaſſen: Sie ſind die einfachſten und billigſten Rührvorrichtungen.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Es wird zwischen den lösenden und aufzulösenden Stoffen die innigste Mischung herbeigeführt. Sie haben keine sich bewegenden Teile und nutzen sich daher in keiner Weise ab. Sie können an jeder beliebigen Stelle aufgestellt werden und bedürfen zum Betriebe nur einer dünnen Dampfleitung. Sie erfordern keinerlei Wartung oder Aufsicht und werden einfach durch Oeffnen des Dampfventils in Betrieb gesetzt. Eine Regelung der Stärke der Rührbewegung geschieht durch mehr oder minder weites Oeffnen des Dampfventils. Der Betrieb ist ein höchst sparsamer, namentlich auch im Vergleich zu den Kosten des Rührens durch Arbeiter. Das auf dem Boden des Bottichs liegende Luftrohr erfordert nur sehr wenig Platz und erschwert die Reinigung des Bottichs in

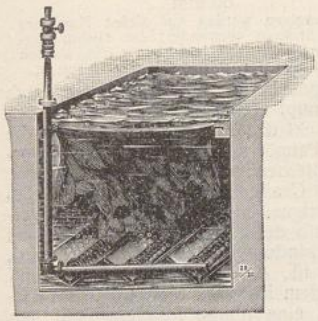


Fig. 4.

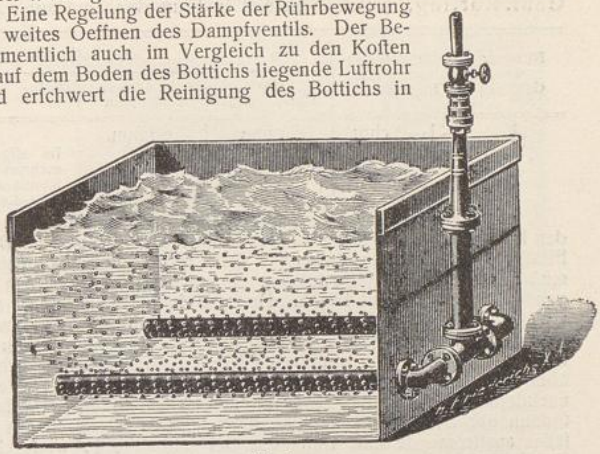


Fig. 1.

keiner Weise. — Die Rührgebläse haben wegen dieser großen Vorzüge vielseitige Verwendung gefunden, z. B. bei einer Reihe der besten Verfahren zur Beseitigung des Kesselsteins aus dem Speisewasser (de Haën, Bohlig, Hanarte, Möller, Eisenbüttel u. dergl.), ferner zum Auflösen von Rohrzucker, zum Mischen der Melasse mit Wasser in den Spritfabriken, zum Neutralisieren des Sirups (Abstumpfen), z. B. in Stärkezuckerfabriken, zum Aufrühren des Kalkes in den Aeschern (Seifenfabriken, Lohgerbereien), zum Auflösen von Chlor, China-clay und zum Rühren in den Stoffbütten in Papierfabriken u. dergl. In vielen Fällen, z. B. bei den obenbeschriebenen Wasserreinigungsverfahren, ist es erwünscht, Luft besonderer Beschaffenheit, wie kohlensäurehaltige Luft der Schornsteine oder aus Koksöfen, der zu rührenden Flüssigkeit zuzuführen; in diesen Fällen verwendet man Rührgebläse mit Mantel. Damit man hierbei in der Lage ist, unter Umständen auch einmal gewöhnliche Luft anzusaugen, ist ein Drehschieber angebracht, der nach Bedarf die Stutzen für die Gase oder für die Luft öffnet und schließt. Auf Wunsch kann das Gebläse auch gleichzeitig ein Gemisch von Gasen und Luft einsaugen.

Fig. 2.

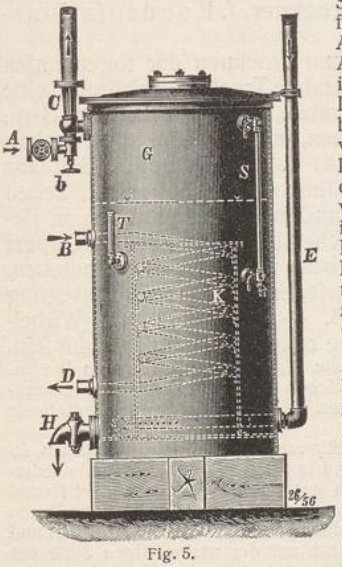


Fig. 5.

Das Gebläse (Fig. 1) muß so hoch angebracht sein, daß sich die Ansaugöffnungen zum mindesten 20 cm oberhalb des Flüssigkeitsstandes des Gefäßes befinden, um bei abgestelltem Gebläse ein Auslaufen der Flüssigkeit durch die Saugöffnungen zu verhindern. Die normalen Gebläse überwinden einen Gegendruck von ca. 3 m Wassersäule. Die Luftröhren werden am zweckmäßigsten mit 10 mm weiten, schräg nach unten gerichteten Löchern versehen (s. Fig. 2), deren Gesamtquerschnitt gleich dem doppelten Querschnitt der für die einzelnen Gebläse angegebenen Luftrohre ist. Um eine gleichmäßige Rührung zu erzielen, ist es notwendig, bei breiteren Gefäßen mehrere Rührrohrstränge nebeneinander zu legen. Als Regel kann man annehmen, daß bei 70 cm Breite des Gefäßes ein Rührrohr genügt, und daß bei größerer Breite auf je 50 cm Breite ein Rohr kommt. Bei solcher Gabelung der Rührrohre muß der Gesamtquerschnitt derselben mindestens gleich dem des Luftrohres sein. Mitunter ist der Einbau schräger Bretter, wie in Fig. 3 dargestellt, behufs besserer Aufrührung sich fest ablagernder Stoffe erwünscht. Bei runden Gefäßen können runde Rohranordnungen Verwendung finden. Die Aufstellung eines solchen Dampfstrahlrührgebläses zum Betriebe von Aeschern in Lohgerbereien ist in Fig. 4 dargestellt, die gleichfalls eine Ausführung der Firma Gebr. Körting, Aktiengesellschaft in Hannover, wiedergibt. Hierbei ist eine Anzahl von durchlöcherten Rohren am Boden eines Aeschers ver-

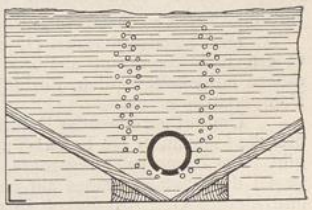


Fig. 3.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

legt und mit einem über der Grube aufgeſtellten Rührgebläſe in Verbindung — durch das letztere wird die Luft angeſaugt und durch die Rohre getrieben, ſo daß ein energiſches Aufrühren der Kalkmilch am Boden des Aeſchers erfolgt. Die Saugrohre der Apparate mit Mantel ſind ſo weit zu nehmen wie die Luftrohre. Die Dimenſionen einiger Ausführungen der Firma Gebr. Körting, Aktiengeſellſchaft in Hannover, ſind aus nachſtehender Tabelle zu erſehen.

Nummer des Gebläſes	Für Behälter von einem Inhalte von	Geringſte Weite		
		des Dampfrohres	der Luftröhren	der Rührröhren
1	1—2 cbm	25 mm	60 mm	50 mm
2	2—4 „	30 „	80 „	Im allgemeinen werden bei dieſen Nummern mehrere Stränge verwendet; der Geſamtquerſchnitt derſelben darf nicht kleiner ſein, als den für die Luftröhren nötigen Weiten entſpricht.
3	4—8 „	40 „	100 „	
4	8—16 „	50 „	120 „	

Eine indirekte Anwendung findet das Dampfſtrahlrührgebläſe dann, wenn zwar durch den Dampfſtrahlapparat das Saugen ſtattfinden ſoll, aber der Dampf nicht mit der aufzurührenden Flüſſigkeit in Berührung kommen darf. In dieſem Falle geſchieht das Aufrühren nur durch die einſtrömende Luft. Einen ſolchen Apparat zum Bleichen von Palmöl nach Ausführung der vorgenannten Firma zeigt Fig. 5. Derſelbe beſteht aus einem eiſernen, luftdicht verſchließbaren Gefäße, an deſſen oberem Teil ein Dampfſtrahlluftſaugapparat *C* angebracht iſt. In dem Gefäß befindet ſich eine kupferne Heizſchlange *K* ſowie ein ringförmiges, mit kleinen Löchern verſehenes Luftverteilungsrohr, welch letzteres mit einem außerhalb des Gefäßes angebrachten, bis über den Oelſtand hinausragenden Luftzuführungsrohr *E* in Verbindung ſteht. Das Palmöl wird, nachdem es in einem beliebig andern Gefäße flüſſig gemacht iſt, in das Gefäß gebracht und ſodann der Saugſtrahlapparat eingelaſſen. Die hierdurch aus dem Ringrohr am Boden des Gefäßes ausſtrömende Luft rührt das Oel lebhaft auf, wodurch eine innige Miſchung mit den Farbſtoffteilchen des Oeles und daher eine Oxydation derſelben durch den Sauerſtoff der Luft bewirkt wird. Vgl. a. die Kataloge von Gebr. Körting. *v. Ihering.*

Dampfſtraßenbahnen, ſ. Straßeneiſenbahnen.

Dampfſtraßenwalze, ſ. Straßenwalzen.

Dampftellerofen, ſ. Brikettieren.

Dampftopf (Kondenſationstopf), **Dampftrockner,** ſ. Kondenſationswaſſerableiter, Waſſerabſcheider.

Dampftrommel (Trockentrommel), die zum Trocknen der ſogenannten endloſen Papierbahn in mehreren Exemplaren verwendete Trockeneinrichtung, eine zylindriſche, im Innern mit Dampf gefüllte Metallwalze. S. Papierfabrikation.

Dampfturbinen, mit Dampf betriebene Turbinen, teilen die charakteriſtiſchen Merkmale der letzteren. Die hauptſächlichſten ſind: 1. Die motoriſche Subſtanz wird einem um eine Achſe drehbaren Körper zugeführt, der mit Schaufeln, Zellen oder Kanälen ausgerüſtet iſt, und übt, mit den Wandungen der letzteren in Berührung tretend, Drücke auf dieſelben aus, welche die Drehung des Körpers veranlaſſen und ihn befähigen, mechaniſche Arbeit nach außen abzugeben. 2. Dabei muß die motoriſche Subſtanz eine vorwiegend ſtrömende Bewegung längs dieſer Wandungen beſitzen, darf alſo z. B. — abgeſehen von Wirbelbewegungen — nicht eine Zeitlang in gewiſſem Sinne relativ zu ihnen in Ruhe ſein.

Das zweite Merkmal [1] unterſcheidet (bekanntlich) die Waſſerturbinen von den Waſſerrädern und könnte in analoger Weiſe als Unterſchied zwiſchen Dampfturbinen und Dampfrädern aufgeſtellt werden, nur daß der Ausdruck Dampfrad zum Teil unter den Begriff „rotierende Dampfmaſchine“ fällt.

Um mit vorſtehender Definition von vornherein eine beſtimmte Vorſtellung zu verbinden, ſei hier die ſogenannte De Laval-Turbine angeführt, wie ſie Fig. 1 in perſpektiviſcher Anſicht wiedergibt. Vier Dampfzuleitungsrohre, Dampfdüſen genannt, leiten unter einem ſpitzen Winkel Dampf gegen die Schaufeln eines auf einer Welle befeſtigten Rades. Der Dampf, der mit hohem Druck und kleiner Geſchwindigkeit in die Düſen eintritt und dieſelben mit hoher Geſchwindigkeit und niedrigem Drucke verläßt, durchſtrömt die Schaufeln und tritt auf der rückwärtigen Seite des Rades aus. Sein Druck auf die konkave Seite der Schaufeln veranlaßt die Umdrehung des Rades, das, einen Widerſtand überwindend, mechaniſche Arbeit leiſtet.

Einleitung.

Bis Ende des vorigen Jahrhunderts iſt die Energie des Waſſerdampfes im weſentlichen nur in der Kolbendampfmaſchine nutzreich verwertet worden, bei der bekanntlich die Expanſivkraft des Dampfes die Bewegung eines hin und her gehenden Kolbens bewirkt. Zum Unterſchiede von der Dampfmaſchine nutzt die Dampfturbine die Expanſivkraft des Dampfes, alſo ſeine potentielle oder Druckenergie, nicht unmittelbar aus, ſondern es wird letztere in kinetiſche Energie verwandelt, die direkt vom rotierenden Turbinenrade in mechaniſche Arbeit umgeſetzt wird. Es bedeutet dies einen prinzipiellen Vorzug der Dampfturbinen vor den Kolbendampfmaſchinen, da bei letzteren die hin und her gehende Bewegung des Kolbens erſt durch das Kurbelgetriebe in eine Drehbewegung verwandelt werden muß. Daß die durch die Bewegung des Kolbens verurſachten Stöße und Erſchütterungen in Wegfall kommen, ſo daß Fundament

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

und Unterbau leichter gehalten werden können, daß ferner das bei der Dampfmaſchine in der Regel erforderliche ſchwere Schwungrad entbehrlich wird, indem auch Totpunkte nicht mehr exiſtieren, ſind weitere unmittelbar ſich ergebende prinzipielle Vorteile der Dampfturbinen. Ihre Entwicklung und praktiſche Durchbildung fällt im weſentlichen in den Zeitraum der letzten 20 Jahre; 1884 wurde die erſte Parſonsſche 10-PS.-Dampfturbine für 18000 Touren pro Minute gebaut. Oft verlegt man den Beginn wohl auch auf das Jahr 1893, in dem die De Laval-Turbine auf der Chicagoer Weltausſtellung zum erſten Male an die Oeffentlichkeit trat. Daß die Dampfturbinen, die bis 1904 ſchon in einer Geſamtleiſtung von rund 1½ Millionen PS. — eine Zahl, die in ſtetigem Wachſen begriffen iſt — zur Ausführung gelangt ſind, ſo ſpät erſt lebensfähig wurden, liegt an den großen praktiſchen Schwierigkeiten, denen der Bau derſelben begegnete, an den hohen Tourenzahlen, auf die man bei der Ausführung kam und für die man vor Einführung der Elektrotechnik keine Verwendung hatte, und an der Unkenntnis der Strömungserſcheinungen des Waſſerdampfes. Die Idee an ſich, die Strömungsenergie des Waſſerdampfes direkt in einem rotierenden Dampfmotor auszunutzen, iſt uralt. Schon Heron von Alexandria (um 120 v. Chr.) konſtruierte eine kleine Dampfturbine (Aëlopile), die aus einem um zwei diametrale Zapfen drehbaren, dampferfüllten Gefäße beſtand, wobei ein Zapfen hohl war und als Dampfzuleitung diente. Der Dampf ſtrömte durch zwei tangential geſtellte, einander gegenüberliegende Röhrchen aus, dabei auf das Gefäß eine Rückwirkung ausübend, die dasſelbe in Umdrehung verſetzte. Von andern Vorläufern der Dampfturbine iſt die Maſchine des Italieners Branca vom Jahre 1629 zu erwähnen, die der De Laval-Turbine ähnlich war. Um die Mitte des 19. Jahrhunderts begannen einzelne Ideen aufzutauchen, die zum Teil ſchon überraſchende Aehnlichkeit mit unſern heutigen Dampfturbinen aufweiſen. Die Namen Pilbrow 1843, Robert Wilſon 1848, Tournaire 1853 und weiter Thomas Baldwin 1873 und A. Müller 1877 mögen hier genügen. Näheres findet ſich in den ausführlichen Werken von Sosnowski [2] und Gentſch [25].

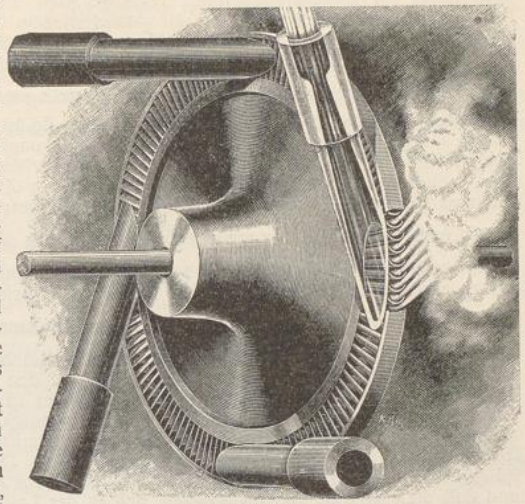


Fig. 1.

Einteilung der Dampfturbinen.

Man kann die Dampfturbinen nach den gleichen Geſichtspunkten wie die Waſſerturbinen einteilen. Eine naheliegende Unterſcheidung iſt diejenige von Axial- und Radialturbinen. Betrachtet man die Bewegung des Dampfes relativ zum rotierenden Rade, ſo ſteht bei Axialturbinen die Relativgeſchwindigkeit eines Dampfteilchens ſenkrecht auf dem von letzterem auf die Drehachſe gefällten Lote, während ſie bei Radialturbinen ſenkrecht zur Drehachſe gerichtet iſt. Bei den ſogenannten gemiſchten oder Diagonalturbinen würde keines von beiden der Fall ſein. Dieſe Unterſcheidung iſt jedoch inſofern für Dampfturbinen von untergeordneter Bedeutung, als der axiale Typ der bei weitem vorherrſchende und faſt ausſchließlich gebaute iſt. Ferner teilt man die Turbinen auch ein in voll und partiell beaufſchlagte, je nachdem ſich die Dampfzuführung gleichzeitig über alle Laufradkanäle oder nur über einen Teil derſelben erſtreckt. Die wichtigſte Einteilung, die ſich mit der vorigen zum Teil deckt, iſt jedoch diejenige in Druck- und Ueberdruckturbinen. Hat der Dampf beim Austritte aus dem Laufrade noch denſelben Druck wie beim Eintritte, ſo daß er im Laufrade im weſentlichen nur eine Aenderung ſeiner abſoluten Geſchwindigkeit, nicht aber ſeines Zuſtandes erleidet, ſo hat man es mit einer Druckturbine zu tun, iſt der Druck an der Eintrittsſtelle größer, ſo daß der Dampf während ſeines Durchganges durch das Laufrad expandiert, ſo liegt eine Ueberdruckturbine vor. Letzteres kann natürlich nur dann der Fall ſein, wenn der Dampf die Kanäle bezw. Schaufelzwiſchenräume voll ausfüllt; inſofern würde ſich die bei Waſſerturbinen in dieſem Sinne z. B. von Zeuner gebrauchte, ſehr treffende Bezeichnung Vollturbine rechtfertigen. Da man indeſſen auch bei den Druckturbinen meiſt ein vollſtändiges Ausfüllen der Kanäle durch den Dampf hat, ſo würde für dieſe die mit Rückſicht auf eine partielle Füllung der Schaufelzwiſchenräume gewählte Bezeichnung Partialturbine abweichend von den Waſſerturbinen nicht am Platze ſein, und man hätte auf den vorliegenden Fall mit größerem Rechte den Ausdruck Grenzturbinen [1] zu übertragen. Statt der Bezeichnungen Druck- und Ueberdruckturbine werden auch vielfach die Benennungen Aktions- und Reaktions-, Freiſtrahl- und Preßſtrahl-, Druck- und Gegendruck-, Freilauf- und Stauturbinen gebraucht, die jedoch im nachſtehenden vermieden werden ſollen.

Die De Laval-Turbine.

Als einfachſte Druckturbine iſt die des Schweden De Laval zu nennen, bei der ein mit hoher Geſchwindigkeit begabter Dampfſtrahl gegen die Schaufeln eines Rades geleitet wird. Zwei Hauptſchwierigkeiten waren es, die De Laval bei Konſtruktion ſeiner Turbine zu überwinden hatte: dem Dampfe die größtmögliche Geſchwindigkeit zu erteilen, und die Umfangs-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

geſchwindigkeit eines Laufrades dieſer Geſchwindigkeit ſo anzupaſſen, daß letztere rationell ausgenutzt werden kann.

Der Dampfaustritt. Die größtmögliche Geſchwindigkeit erreichte De Laval, indem er den Dampf durch Düſen ſtrömen ließ, die ſich nach einer engſten Stelle zuſammenziehen, dann aber allmählich wieder erweitern. Die ſtrenge theoretiſche Begründung der Richtigkeit dieſes Mittels wird unten im thermodynamiſchen Teile gegeben werden. Hier möge folgendes genügen: Läßt man Dampf durch ein Rohr mit veränderlichem Querſchnitte ſtrömen und bezeichnet an einer beſtimmten Stelle des Rohres F den Rohrquerſchnitt, v das ſpezifiſche Volumen des Dampfes und w die Geſchwindigkeit desſelben, ſo iſt das pro Sekunde den Querſchnitt durchſtrömende Dampfgewicht $G = \frac{F \cdot w}{v}$. Im Beharrungszuſtande iſt dieſe Größe für alle Stellen des Rohres dieſelbe, d. h. durch alle Querſchnitte ſtrömt in der Zeiteinheit die gleiche Gewichtsmenge Dampf. Iſt nun der Anfangszuſtand des Dampfes gegeben und ſeine Geſchwindigkeit Null, ſo führt er beim Durchſtrömen des Rohres annähernd eine adiabatiſche Zuſtandsänderung aus, wobei der Druck allmählich abnimmt. Jedem Zwiſchendrucke entſpricht dabei ein beſtimmtes ſpezifiſches Volumen und eine beſtimmte Geſchwindigkeit, wobei die beiden letzteren um ſo mehr zunehmen, je mehr erſterer ſinkt. Das Verhältnis $\frac{w}{v}$ zeigt nun das bemerkenswerte Verhalten, daß es, gleichviel von welchem Anfangszuſtande man ausgeht, zuerſt zunimmt bis zu einem Maximalwerte, der etwa bei einem Drucke gleich der Hälfte des Anfangsdruckes eintritt und dann wieder fällt. Da $F \cdot \frac{w}{v}$ eine Konſtante iſt, muß F ſich umgekehrt verhalten, d. h. zuerſt bis zu einem Minimum ab- und dann zunehmen. Nur wenn dies der Fall iſt, iſt es möglich, daß die Expanſion des Dampfes bis auf den Gegendruck, d. h. den Druck des das Rad umgebenden Mediums, getrieben wird; letzteres iſt aber zur Erlangung der größtmöglichen Geſchwindigkeit unerläßlich, denn die Endgeſchwindigkeit wird um ſo größer, je niedriger bei gleichem Anfangszuſtande der Druck im Endquerſchnitte iſt. Bei einer anfänglichen Dampfſpannung von 10 Atmoſphären trocken geſättigten Dampfes und einem Gegendrucke von 0,1 Atmoſphären beträgt z. B. die maximale theoretiſche Ausflußgeſchwindigkeit über 1000 m/sec, und daß dieſe enorme Geſchwindigkeit ſich in der Lavalſchen Düſe auch annähernd erreichen läßt, iſt durch zahlreiche Verſuche an Düſen und ausgeführten Turbinen wiederholt, wenn auch nur indirekt, nachgewieſen worden. Benutzt man dagegen eine gewöhnliche, nicht koniſch erweiterte Düſe, ſo nimmt die Ausflußgeſchwindigkeit nur etwa den Betrag von 450 m/sec, alſo noch nicht halb ſo viel an, und die Expanſion erfolgt innerhalb der Düſe nur bis etwa auf die Hälfte des Innendruckes. Da aber die kinetiſche Energie eines bewegten Körpers durch das Produkt $\frac{G}{g}\frac{w^2}{2}$ dargeſtellt wird (G Gewicht, g Erdbeſchleunigung, w Geſchwindigkeit), ſo würde man in letzterem Falle nur ein Viertel der erreichbaren kinetiſchen Energie erhalten, alſo drei Viertel verloren geben, ſomit eine rationelle Dampfausnutzung von vornherein ausſchließen, ſofern nicht eine außerhalb der Düſe erfolgende weitergehende Expanſion vorſtehende Verhältniſſe noch etwas zugunſten der konvergenten Düſe abändern würde. Dividiert man den Ausdruck für die kinetiſche Energie eines bewegten Körpers durch das Gewicht G desſelben, ſo ſtellt $\frac{w^2}{2g}$ die kinetiſche Energie der Gewichtseinheit dar. Dieſelbe beſitzt zugleich die Bedeutung einer Länge oder einer Höhe; denn ſie gibt diejenige Höhe an, aus der ein Körper frei herabfallen muß, um die Geſchwindigkeit w anzunehmen. Für dieſe Länge hat ſich daher die Bezeichnung Geſchwindigkeitshöhe oder Gefälle eingebürgert. Iſt c_1 die maximale Geſchwindigkeit, die zu Beginn ruhender Dampf von einem gewiſſen Anfangszuſtande bei einem beſtimmten Gegendruck und Abweſenheit aller Widerſtände erreichen kann, ſo heißt $\frac{c_1^2}{2g}$ das disponible oder gegebene Gefälle; dasſelbe wird gemeſſen entweder in Metern oder, da $1\text{ m} = \frac{1\text{ mkg}}{\text{kg}} = \frac{1\text{ cal}}{424\text{ kg}}$ iſt, in Calorien/Kilogramm. Die Berechnung desſelben iſt eine Aufgabe der Thermodynamik und bietet an Hand der ſpäter zu beſprechenden Diagramme keinerlei Schwierigkeiten.

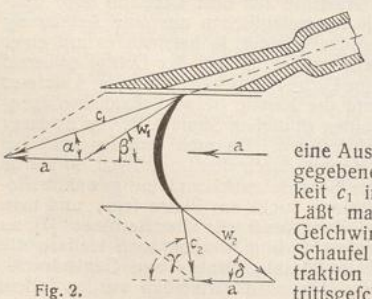


Fig. 2.

Das Laufrad. Durch eine nach dem Ende zu koniſch erweiterte Düſe iſt es alſo De Laval gelungen, eine Austrittsgeſchwindigkeit zu erzielen, wie ſie annähernd dem gegebenen Gefälle entſpricht. Es galt nun, dieſe Geſchwindigkeit c_1 in einem Laufrade möglichſt vollkommen auszunutzen. Läßt man zu dieſem Zwecke den Dampf gegen eine mit der Geſchwindigkeit a geradlinig und gleichförmig fortſchreitende Schaufel (Fig. 2) wirken, ſo erhält man durch geometriſche Subtraktion der Umfangsgeſchwindigkeit a von c_1 die relative Eintrittsgeſchwindigkeit w_1, die mit der Richtung der Schaufel übereinſtimmen muß, da ſonſt ein Stoß des Dampfes gegen die Schaufel beim Eintritte ſtattfindet, der einen Energieverluſt bedeutet. Die Schaufel lenkt nun die relative Eintrittsgeſchwindigkeit w_1 um und führt ſie in die relative Austrittsgeſchwindigkeit w_2 über, zu der wir a geometriſch addieren müſſen, um die abſolute Austrittsgeſchwindigkeit c_2 zu erhalten. Erfolgt die Strömung reibungsfrei, ſo iſt $w_2 = w_1$, wie ja ein Körper, der

gezwungen ist, sich auf einer gegebenen Kurve zu bewegen, nur eine Aenderung der Richtung, nicht aber der Größe seiner Geschwindigkeit erfährt, vorausgesetzt, daß außer dem Bahndrucke irgendwelche Kraft, insbesondere Reibung, nicht auf ihn einwirkt. Ein solcher Körper liegt hier annähernd vor, nur daß der Vorgang in einem gleichförmig fortschreitenden Raume stattfindet und infolgedessen die Relativgeschwindigkeiten zu nehmen sind. Die an das Laufrad abgegebene nützliche Arbeit ergibt sich als Differenz der kinetischen Energien des eintretenden und austretenden Dampfes zu $\frac{c_1^2}{2g} - \frac{c_2^2}{2g}$ pro Kilogramm, ist also bei gegebenem c_1 um so größer, je kleiner c_2 ist. Im idealen Grenzfalle $c_2 = 0$ müßte w_2 gleich und entgegengesetzt gerichtet mit a, $w_1 = w_2 = a$ sein. Nennt man den Winkel, den c_1 mit a bildet, α, so würde $a \cos \alpha = \frac{c_1}{2}$ und $a = \frac{c_1}{2 \cos \alpha}$ werden. a erreicht seinen kleinsten Wert, wenn $\alpha = 0$ wird, in welchem Falle es der Hälfte der absoluten Eintrittsgeschwindigkeit c_1 gleich wird. Bei einer reinen Druckturbine kann daher das Maximum der Arbeit im Grenzfalle erst bei einer Umfangsgeschwindigkeit des Laufrades erzielt werden, die der Hälfte der Endgeschwindigkeit des Dampfes in der Zuleitungsdüse gleichkommt. Diese kann aber, wie schon erwähnt, bei der Lavalschen Düse unter normalen Betriebsverhältnissen über 1000 m/sec betragen; um sie richtig auszunutzen, hätte daher das Laufrad eine Umfangsgeschwindigkeit von ca. 500 m/sec nötig. Liegt nun auch die günstigste Geschwindigkeit praktisch dank dem Umstande nicht ganz so hoch, daß ein Laufrad um so mehr Arbeit zu seiner Bewegung aufzehrt, je schneller es sich dreht, indem der Ventilationswiderstand des umgebenden Mediums mit der dritten Potenz der Tourenzahl [3], [3a], [4], [5] wächst, so ist doch zu einer rationellen Arbeitsweise in der Regel eine Umfangsgeschwindigkeit von ca. 300 m/sec erforderlich, die denn auch bei größeren Leistungen von der Laval-Turbine erreicht und sogar überschritten wird. Was eine solche Umfangsgeschwindigkeit besagen will, erkennt man, wenn man vergleichsweise die entsprechenden Zugspannungen eines als volle zylindrische Scheibe von gleicher Stärke ausgebildeten Rades ermittelt. Ist a die Umfangsgeschwindigkeit, γ das spezifische Gewicht, g die Erdbeschleunigung, so stellt $\frac{3}{4} \frac{\gamma}{g} a^2$ angenähert die Beanspruchung durch die Fliehkraft dar [6]. Bei Flußeisen ergibt sich danach für $a = 300$ m/sec eine Zugspannung von 5400 kg/qcm, also ein für gewöhnliche Baustoffe unzulässig hoher Betrag. Diese Schwierigkeit zu hoher Beanspruchung durch die Fliehkraft überwand De Laval, indem er seinem Laufrade bei Verwendung vorzüglichen Materials angenähert die Form einer Scheibe gleicher Festigkeit gab, d. h. dasselbe nach dem Rande zu in gesetzmäßiger Weise verjüngte. Fig. 3 veranschaulicht eine Ausführungsform des Laufrades einer 200-PS.-Turbine. Dasselbe wird aus zähem Stahl hergestellt und trägt zwei Verstärkungsringe r_1 und r_2, an welche die mit Flanschen versehenen Wellenstumpfe angeschraubt sind. Diese Befestigungsart vermeidet eine bei durchgehender Welle erforderliche Bohrung, welche die Beanspruchung der Scheibe ungünstig beeinflussen würde, und wird namentlich bei größeren Maschinen angewandt. Bei kleineren Turbinen werden durchgehende Wellen der einfacheren Herstellung wegen meist vorgezogen. Die Schaufeln sind aus Fig. 4 und 5 ersichtlich, von denen erstere Seiten- und Rückansicht mit eingezeichnetem Wandungsprofil, letztere eine perspektivische Ansicht darstellt. Sie tragen am Fuße eine Verdickung, die in eine entsprechende Nut des Laufrades gefügt und leicht verstemmt wird. Diese Befestigungsart hat den Vorzug der Einfachheit und Auswechselbarkeit für sich. Für den Fall, daß die normale Tourenzahl einmal im Betriebe wesentlich überschritten wird, sollen die Schaufeln infolge am Umfange geschwächten Kranzquerschnittes losreißen und abfliegen, wodurch das Rad von selbst zum Stillstande kommen und weiterer Schaden verhindert werden soll. Dadurch will man unter allen Umständen einer Explosion der Scheibe, die ja von verheerender Wirkung sein würde, vorbeugen. Die Schaufeln werden aus Flußstahl durch Pressen und Fräsen auf Kaliber hergestellt. Sie sind symmetrisch und am äußeren Ende mit Ansätzen versehen, die nach Einsetzen der Schaufeln in das Rad einen geschlossenen Kranz bilden. Dadurch wird der durch sie verursachte Ventilationswiderstand beträchtlich verringert. Die Herstellung kleinerer Turbinenräder erfolgt auch, indem

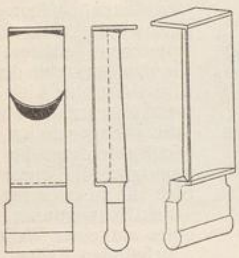


Fig. 4. Fig. 5.

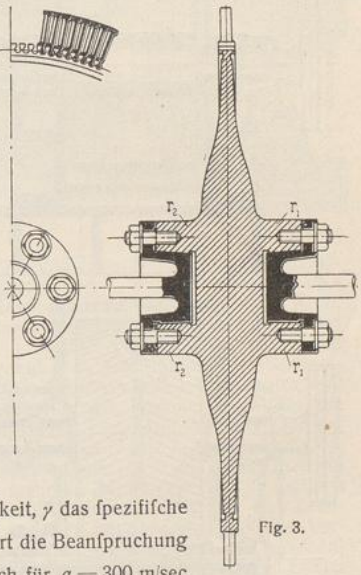


Fig. 3.

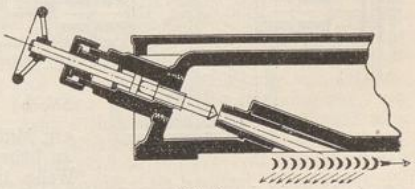


Fig. 6.

in eine maſſive Stahlſcheibe von außen Kanäle eingefräſt werden, über die ein Schrumpfring gezogen wird.

Düſe Die Konſtruktion der Dampfzuleitungsdüſe iſt aus Fig. 6 erſichtlich. Die Düſe, die unter einem Winkel von ungefähr 20° gegen die Radebene geſtellt iſt, beſteht aus Bronze oder Stahl und iſt in das Turbinengehäuſe metalliſch dichtend eingeſetzt. Ihr Eintrittsquerſchnitt kann durch eine am Ende kegelig geſtaltete Spindel, die durch ein Handrad verſtellbar iſt, beliebig verändert werden, wodurch die Durchflußmenge des Dampfes von Hand geregelt werden kann.

Welle. Beſonders charakteriſtiſch für die Laval-Turbine iſt vor allem noch die dünne, federnde Welle, die das Laufrad trägt. Dieſelbe ermöglicht es allein, die hohen Tourenzahlen von 9000—30000 pro Minute zu erzielen, welche die Laval-Turbine auszeichnen, und die bei kleiner Radgröße die im obigen als notwendig nachgewieſenen Umfangsgeſchwindigkeiten zu erreichen geſtatten. Vor dem Auftreten der Laval-Turbine hielt man Tourenzahlen wie die obengenannten ſchlechterdings für unmöglich. Es iſt praktiſch nie zu erreichen, den Schwerpunkt eines auf einer Welle befeſtigten Rades genau in die geometriſche Rotationsachſe zu verlegen; welch gewaltige Fliehkräfte aber ſchon durch die geringſte Exzentrizität entſtehen müſſen, zeigt das einfache Beiſpiel, daß 1 kg bei der Exzentrizität von 1 mm eine Fliehkraft hervorruft, die bei 30000 Touren pro Minute den Betrag von 1000 kg erreicht. Einer ſolchen Beanſpruchung hält aber keine Welle ſtand. Der glückliche Griff De Lavals beſtand nun darin, daß er, ſtatt die Welle ſtark zu nehmen, um, wie man meinen könnte, in der Widerſtandskraft derſelben gegen Durchbiegung ein Mittel zur Aufhebung der auftretenden Zentrifugalkräfte zu haben, welches Mittel ja bald verſagt haben würde, die Welle im Gegenteil auffallend ſchwach und lang dimenſionierte, wodurch er das Problem glänzend löſte. Ein auf einer biegſamen Welle mit geringer Schwerpunktsexzentrizität befeſtigter Körper, in Umdrehung verſetzt, führt nämlich eine Bewegung aus, die ſehr weſentlich von der Elaſtizität der Welle, alſo ihrer Schwingungsdauer abhängt [7], [8]. Iſt die Zeit einer Umdrehung weſentlich größer als die Dauer einer Geſamtſchwingung der nicht rotierenden Welle, welcher Fall im Maſchinenbau im allgemeinen ſtets vorliegt, ſo iſt eine Gefahr der Zerſtörung durch die Fliehkräfte nicht vorhanden; iſt ſie annähernd gleich, in welchem Falle man von der kritiſchen Tourenzahl ſpricht, ſo liegt die Gefahr der Zerſtörung vor; iſt ſie aber weſentlich kleiner, ſo ſtellt ſich der rotierende Körper von ſelber ſo ein, daß ſeine Hauptträgheitsachſe mit der Rotationsachſe zuſammenfällt, und die Bewegung wird um ſo ruhiger, je weiter man ſich von der kritiſchen Tourenzahl entfernt. Eine lange federnde Welle von geringer Dicke hat nun eine verhältnismäßig große Schwingungsdauer; daher befindet man ſich bei den genannten Umdrehungszahlen weit über der kritiſchen, und eine Zerſtörung der Welle durch Fliehkraftwirkung iſt als ausgeſchloſſen zu betrachten. Die Beanſpruchung der Lager wird auf dieſe Weiſe auch zu einer außerordentlich günſtigen, da dieſelben nur das Gewicht von Welle und Rad aufzunehmen haben.

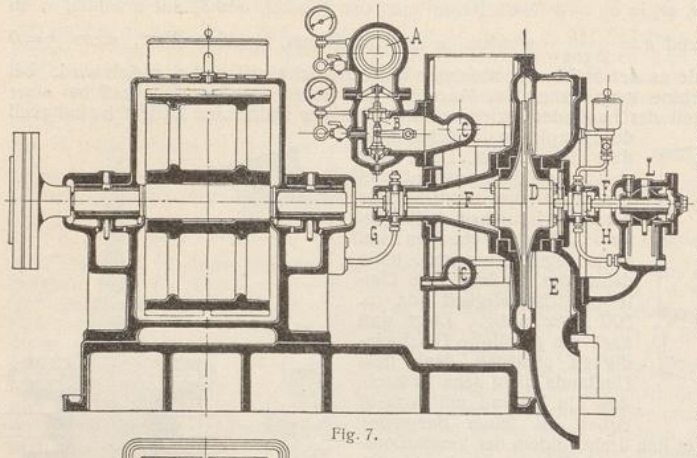


Fig. 7.

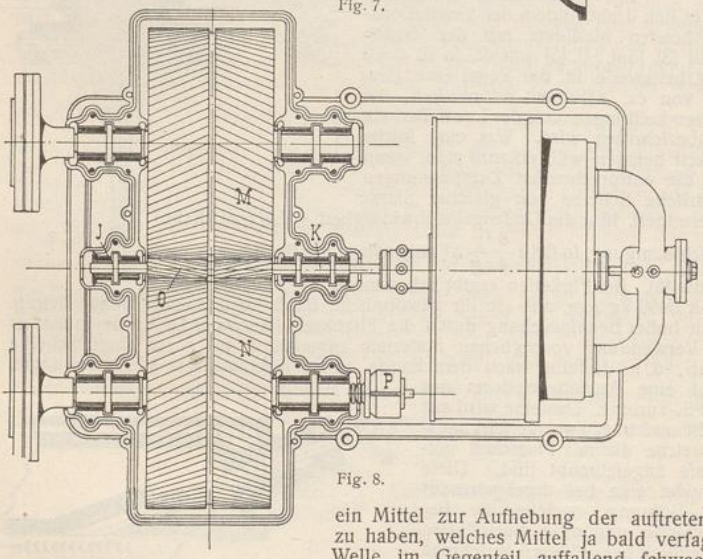


Fig. 8.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Vorgelege. Natürlich sind die genannten Tourenzahlen von 9000—30000 pro Minute noch viel zu hoch, um direkt benutzt werden zu können, weshalb sie erst durch ein Zahnradgetriebe im Verhältnis 1 : 10 bis 1 : 13 ins Langsame übersetzt werden müssen. De Laval verwendet durchgehends Winkelräder mit geringer Zahnhöhe und großer Zahnbreite, die einen axialen Schub selbsttätig aufheben. Dieselben haben sich dank vorzüglicher Ausführung auch im allgemeinen in bezug auf Betriebssicherheit und Abnutzung bestens bewährt, doch bilden sie das Hindernis, das die Laval-Turbine bis jetzt vom Großbetriebe ausgeschlossen hat. Letztere findet sich daher auch nur bis zu Leistungen von ca. 300 PS. ausgeführt.

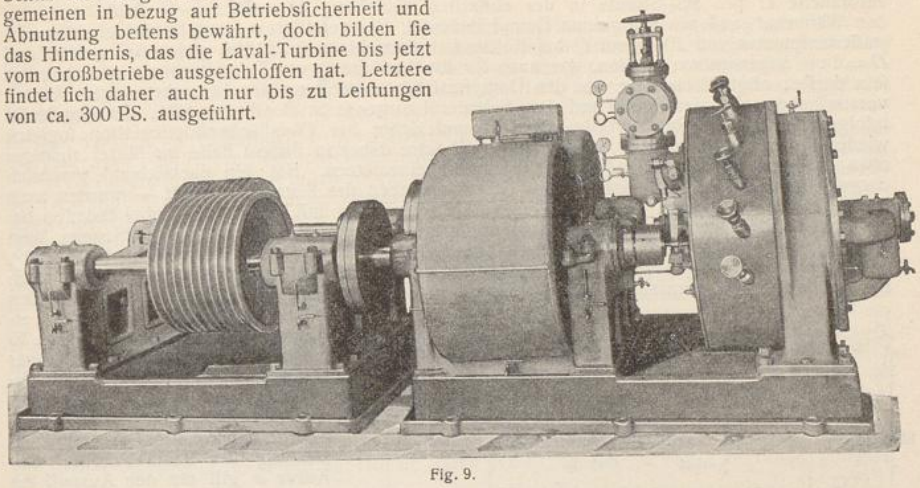


Fig. 9.

Gesamtanordnung. Nachdem im obigen die charakteristischen Bestandteile der Laval-Turbine gekennzeichnet wurden, wird nun die Gesamtanordnung Fig. 7, 8 und 9 einer 300-PS.-Turbine entsprechend der Ausführung der Maschinenbauanstalt Humboldt, Kalk bei Köln, ohne weiteres verständlich sein. Fig. 7 stellt einen Längsschnitt dar. Der Dampf, der durch das Dampfzuleitungsrohr *A* zugeführt und durch ein Dampfreinigungssieb geklärt wird, tritt durch das doppelsitzige, von einem Regulator beherrschte Einlaßventil *B* in den ringförmigen Sammelraum *C* ein, von dem er durch die obenbeschriebenen charakteristischen Düsen dem Laufrade *D* zugeführt wird. Nach Durchströmen des letzteren wird er durch die Kammer *E*, in der die Spannung des Kondensators herrscht, nach letzterem abgeführt. Das Laufrad *D* sitzt auf der langen, federnden Welle *F*, die, durch zwei bewegliche Stopfbüchsen *G* und *H* hindurchgehend, in den drei Lagern *J*, *K*, *L* geführt ist, von denen die beiden ersteren, wie aus dem Grundriß Fig. 8 ersichtlich, gewöhnliche, feste Ringschmierlager sind, während das letztere (Fig. 7) zugleich mit Kugelschalen ausgerüstet ist, um die Selbsteinstellung der Welle zu ermöglichen. Das Zahnrädergetriebe ist aus Fig. 8 am besten zu erkennen, wie es nach abgenommener oberer Verschalungshälfte offen zutage liegt. Wie ersichtlich, sind zu beiden Seiten des auf der Turbinenwelle sitzenden Ritzels *O* zwei Vorgelege *M N* vorhanden, entsprechend dem Antriebe zweier gleichsinnig rotierender paralleler Ankerwellen einer Zwillingsdynamo oder zweier Seilscheiben. Auf der Welle des Zahnrades *N* sitzt der Regulator *P*, der, meist fälschlich als Achsenregulator bezeichnet, als einfacher Pendelregulator ausgebildet ist, dessen äußerlich als Rotationskörper gestaltete Pendel um Schneiden drehbar sind und in einer durch die Drehachse gehenden Ebene ausschlagen können, welche Bewegung in der auch sonst bei Dampfmaschinen üblichen Weise mittels axial verschieblicher Muffe und Winkelhebel auf das Dampfeinlaßventil übertragen wird, wodurch der Dampf eine größere oder geringere Drosselung erfährt. Die dadurch erzielte Regulierung hat in bezug auf Gleichförmigkeit völlig befriedigende Resultate ergeben, als maximale Tourenschwankung zwischen Vollbelastung und Leerlauf wird der Betrag von 4% angegeben. Neuere Ausführungen weisen noch eine besondere Sicherheitsvorrichtung auf, um ein Durchgehen der Turbine, wie solches bei nicht ganz dicht schließendem Einlaßventil eintreten könnte, zu verhindern. Dieselbe besteht in einem Abschlusse des Abdampfrohres durch eine Drosselklappe, wodurch sich der Dampf im Turbinengehäuse anstaut und infolge seiner größeren Dichte den Lauf des Rades sowie die Zuflußgeschwindigkeit wirksam verlangsamt.

Die äußere Ansicht der in Fig. 7 und 8 veranschaulichten 300-PS.-Turbine gibt Fig. 9. Die Kraftabnahme erfolgt durch zwei Seilscheiben. Die Gewichte der kompletten Turbinen sind nach Angabe der Maschinenbau-Aktiengesellschaft Humboldt in Kalk bei Köln:

Effektive Leistung in PS.	1½	3	5	10	15	20	30	50	75	100	150	225	300
Gewichte in Kilogramm	90	110	210	350	390	750	850	2300	3300	4750	4950	6000	10000

Wesentlich für die Beurteilung der Wirtschaftlichkeit der Dampfturbine ist ihr Dampfverbrauch bezogen auf die PSe-Stunde. Er bildet auch ein angenähertes Maß für die Oekonomie derselben, solange trocken gesättigter und nicht überhitzter Dampf zur Verwendung gelangt. Da ein Motor mit sehr verschiedenen Dampfverbrauchszahlen arbeiten kann, je nachdem bei ein und demselben Anfangszustande des Dampfes Auspuff oder Kondensation vorliegt, und je nachdem in letzterem Falle besseres oder schlechteres Vakuum vorhanden ist, ist es daneben noch sehr wünschenswert, die von 1 kg Dampf geleistete effektive Arbeit zu der disponibeln Arbeit, d. h. dem gegebenen Gefälle, ins Verhältnis zu setzen, und den „indizierten" Wirkungs-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

grad anzugeben. Das Verhältnis des gegebenen Gefälles zu demjenigen Wärmeaufwande, der zur Erzeugung des Eintrittsdampfes pro Kilogramm erforderlich ist, bezeichnet man nach Mollier [9] als den thermischen Wirkungsgrad der verlustfreien Maschine. Das Produkt aus letzterem und dem indizierten Wirkungsgrade gibt den sogenannten thermischen Wirkungsgrad ηt der wirklichen Maschine an, der bei anfänglich gesättigtem Dampfe zu dem Dampfverbrauche D pro PS$_e$-Stunde in der einfachen Beziehung $D = 637 : \eta t \cdot Q$ steht, worin Q den Wärmeaufwand pro Kilogramm Dampf bedeutet. Bei gesättigtem Dampfe und einer Speisewassertemperatur von 20° kann Q bei Kolbendampfmaschinen im Mittel gleich 637 gesetzt und $D = 1 : \eta t$ angenommen werden, was auch für die Beurteilung von Dampfturbinen gerechtfertigt sein dürfte, obgleich letztere vor den Dampfmaschinen meistens den bemerkenswerten Vorteil voraus haben, daß der Dampf mit dem Schmieröl nirgends in Berührung tritt, das Kondensat infolgedessen in der Regel völlig ölfrei ist und daher bei Oberflächenkondensation sogleich wieder in den Kessel gespeist werden kann. Q wäre daher in diesem Falle im Mittel richtiger etwa mit dem Betrage 600 oder noch niedriger einzusetzen. Bei den nachstehend graphisch dargestellten Dampfverbrauchszahlen — Garantieangaben der Firma Humboldt — wurden auch Maßstäbe des indizierten und thermischen Wirkungsgrades mit beigefügt, wobei indessen bei Berechnung der letzteren als Speisewassertemperatur noch der einmal vorgeschlagene Wert von 20° beibehalten worden ist. Der geringe Nachteil, der sich hieraus für die Turbine ergibt, wird wieder aufgewogen durch den Umstand, daß die Kondensation getrennt angetrieben wird. Bei Antrieb der Kondensation durch die Turbine selbst würden sich die Dampfverbrauchszahlen ohnehin um ca. 6 % im Mittel erhöhen. Die drei Kurven in Fig. 10 gelten für den Fall, daß gesättigter Dampf von 10 Atmosphären absolutem Druck vorliegt, und stellen den Dampfverbrauch pro PS$_e$-Stunde als Funktion der normalen Leistung der Laval-Turbine dar. Kurve *a* gilt für den Auspuff ins Freie, *b* und *c* für Kondensation, und zwar *b* für ein Vakuum von 64 cm Queckfilberfäule = 0,16 Atmosphären, *c* für ein solches von 70 cm Queckfilberfäule = 0,08 Atmosphären. Während die Kurven *b* und *c* das durchaus normale Verhalten zeigen, daß der Dampfverbrauch mit wachsender Maschinengröße abnimmt — bei Kurve *c* bis 7,25 kg PS$_e$-Stunde — steigt bei Kurve *a* der Dampfverbrauch etwa von 200 PS. ab nicht unerheblich mit zunehmender Normalleistung. Der indizierte Wirkungsgrad erreicht seinen Höchstwert mit $\eta i = 0{,}51$ bei 300-PS.-Leistung im Falle *c*, der thermische Wirkungsgrad entsprechend mit $\eta t = 0{,}14$. Zum Vergleiche mit der Dampfmaschine, bei der es bekanntlich üblich ist, alle Werte auf die indizierte Leistung zu beziehen, sind die Dampfverbrauchszahlen mit dem mechanischen Wirkungsgrade, der je nach Maschinengröße zwischen 0,77 und 0,87 liegt, zu multiplizieren, die Wirkungsgrade ηi und ηt entsprechend zu dividieren. Man erkennt dann, daß die Lavalsche Dampfturbine bei Kondensation dem Dampfverbrauche nach etwa einer mittelguten Kolbendampfmaschine entspricht, bei Auspuff hingegen etwas ungünstiger arbeitet. Die Aenderung des Dampfverbrauches ein und derselben Maschine, die bei annähernd konstanter Tourenzahl mit verschiedenen Belastungen laufen muß, ist als günstig zu bezeichnen. Er steigt bei $^3/_4$ Belastung um ca. 4 %, bei $^1/_2$ Belastung um 12 %, bei $^1/_4$ Belastung um 25 %, und nimmt bei Ueberlastung noch um ca. 4 % ab.

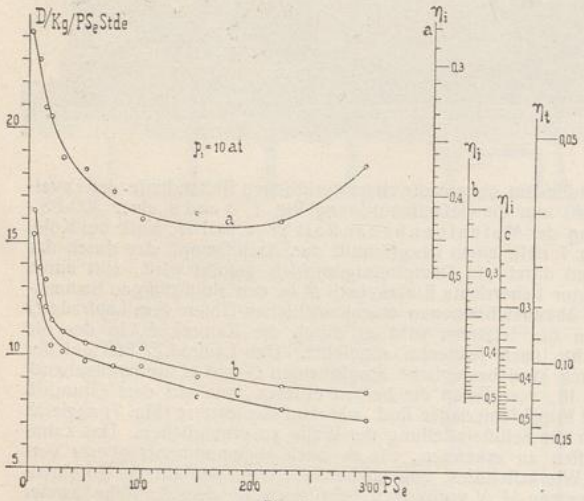


Fig. 10.

Als entschiedene Vorzüge der Laval-Turbine werden außer den genannten noch geltend gemacht: Geringer Oelverbrauch, Einfachheit der Bedienung, stete Betriebsbereitschaft, Anwendbarkeit viel höherer Ueberhitzung als bei Dampfmaschinen [4] — De Laval-Turbinen können leicht mit Ueberhitzung bis 600° betrieben werden —, einfache und schnelle Montage, Wegfall von Packungsmaterial u. s. w. Die in vereinzelten Fällen konstatierte Abnutzung der Laufradschaufeln, die indessen nur bei besonders nassem Dampfe eintritt, hat nur einen unwesentlichen Einfluß auf den Dampfverbrauch und scheint sich durch die Anwendung überhitzten Dampfes völlig vermeiden zu lassen. Außerdem lassen sich ja die Schaufeln, wie erwähnt, leicht gegen neue auswechseln. — Die aus der Uebersetzung der hohen Tourenzahlen der Laval-Turbine ins Langsame sich ergebenden Schwierigkeiten sind, wie bereits erwähnt, das wesentlichste Hindernis ihrer allgemeinen Verwendung und schließen sie vom Großbetriebe aus.

Mittel zur Herabsetzung von Umlaufzahlen.

Man hat daher nach Mitteln gesucht, die Umlaufzahlen herabzusetzen, ohne den Dampfverbrauch zu nachteilig zu beeinflussen. Als solche Mittel sind im wesentlichen zwei zu nennen. Das eine besteht darin, daß man den Dampf nicht mit einem Male von dem gegebenen Anfangs-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

druck bis auf den Gegendruck expandieren läßt, sondern allmählich, indem man die zur Verfügung ſtehende Geſamtdruckdifferenz in eine Anzahl kleiner Druckſtufen aufteilt, alſo gewiſſermaßen das gegebene Gefälle in lauter kleine Teilgefälle zerlegt und letztere fukzeſſive in nacheinander vom Dampfe paſſierten Turbinenrädern ausnutzt; denn einem kleineren Gefälle entſpricht eine kleinere Ausflußgeſchwindigkeit des Dampfes und damit eine kleinere Umfangsgeſchwindigkeit des Laufrades.

Freilich iſt die Druckabſtufung nicht ſehr wirkſam. Man muß ſchon eine große Zahl von Druckſtufen anwenden, um die Umfangsgeſchwindigkeit nennenswert herabzuziehen. Teilt man das gegebene Gefälle in p gleiche Teile ein, ſo daß auch die p einzelnen, mit gleicher Umfangsgeſchwindigkeit laufenden Turbinenräder alle gleiche Arbeit leiſten, ſo wird die erforderliche Umfangsgeſchwindigkeit, da ihr Quadrat dem Teilgefälle proportional iſt, gegenüber der einſtufigen Turbine im Verhältnis $\sqrt{p}:1$ reduziert. Es wären alſo z. B. 100 Druckſtufen nötig, um die Tourenzahl der Turbine bei gleichbleibender Radgröße auf den zehnten Teil zurückzuführen.

Das andre Mittel beſteht in der ſogenannten Geſchwindigkeitsabſtufung und kann nur bei Druckturbinen zur Anwendung kommen. Der mit hoher Geſchwindigkeit aus der Dampfzuleitungsdüſe austretende Dampfſtrahl wird gegen ein Laufrad geſchickt, das eine weſentlich langſamere Geſchwindigkeit beſitzt, als zur geſamten Aufarbeitung der Geſchwindigkeit erforderlich iſt. Die Folge davon iſt, daß der Dampf beim Austritte aus dem Laufrade noch eine verhältnismäßig hohe abſolute Geſchwindigkeit hat, die in nachfolgenden Turbinenrädern zur Arbeitsleiſtung herangezogen werden kann. Meiſt ſetzt man ſämtliche Turbinenräder auf eine Welle; dann iſt es erforderlich, die abſolute Austrittsgeſchwindigkeit des erſten Rades in einem beſonderen Leitapparat (Effuſer) aufzufangen und umzulenken. Wendet man nach verſchiedenen Richtungen umlaufende Turbinenräder an, ſo kann der Dampf, direkt aus dem erſten Laufrade kommend, in das zweite, entgegengeſetzt rotierende eintreten, ſo daß man in dieſem Falle die Zwiſchenleitvorrichtungen erſpart, wie dies z. B. bei der Segerſchen Dampfturbine geſchieht (ſ. ſpäter).

Die Geſchwindigkeitsabſtufung iſt weſentlich wirkſamer als die Druckabſtufung. Nehmen wir wieder verluſtfreie Strömung an, ſo iſt unter Benutzung der in Fig. 2 zugrunde gelegten Bezeichnungen $w_2 = w_1$, und die pro Kilogramm an das Laufrad übertragene Arbeit $\frac{c_1^2 - c_2^2}{2g}$. Nun iſt mit den dort eingetragenen Bezeichnungen:

$$c_1^2 = w_1^2 + a^2 + 2\,a\,w_1 \cos\beta$$
$$c_2^2 = w_2^2 + a^2 - 2\,a\,w_2 \cos\delta,$$

folglich
$$\frac{c_1^2 - c_2^2}{2g} = \frac{a}{g}(w_1 \cos\beta + w_2 \cos\delta).$$

Benutzt man die Beziehungen $w_1 \cos\beta = c_1 \cos\alpha - a$ und $w_2 = w_1 = \sqrt{c_1^2 + a^2 - 2\,a\,c_1 \cos\alpha}$, ſo wird
$$\frac{c_1^2 - c_2^2}{2g} = \frac{a}{g}(c_1 \cos\alpha - a + \sqrt{c_1^2 + a^2 - 2\,a\,c_1 \cos\alpha}\,\cos\delta).$$

Bei gegebenen c_1 und a wird $\frac{c_1^2 - c_2^2}{2g}$ zunächſt offenbar um ſo größer, je kleiner δ iſt, und man hat für $\delta = 0$
$$\frac{c_1^2 - c_2^2}{2g} = \frac{a}{g}(c_1 \cos\alpha - a + \sqrt{c_1^2 + a^2 - 2\,a\,c_1 \cos\alpha}).$$

Der rechtsſeitige Ausdruck beſitzt als Funktion von α ein Maximum bei $\alpha = 0$, ſofern $a < \frac{c_1}{2}$ iſt, ein Fall, der hier allein in Frage kommen kann. (Für $a > \frac{c_1}{2}$ war die Bedingung der Höchſtleiſtung bereits auf S. 627 zu $\cos\alpha = \frac{c_1}{2a}$ ermittelt worden.) Die Maximalleiſtung pro Kilogramm beträgt daher $\frac{2\,a\,(c_1 - a)}{g} = \frac{c_1^2 - (c_1 - 2\,a)^2}{2g}$. Die verbleibende abſolute Austrittsgeſchwindigkeit beträgt ſomit nach dem letzteren Ausdruck $c_1 - 2\,a$, die nun wieder in einem zweiten Laufrade mit der gleichen Geſchwindigkeit a auf den Betrag $c_1 - 4\,a$ vermindert werden kann. Allgemein würde bei p Rädern die abſolute Austrittsgeſchwindigkeit, überall maximale Arbeitsleiſtung als Grenzfall vorausgeſetzt, beim letzten Rade $c_1 - 2\,p\,a$ betragen, und da dieſer Reſtbetrag zur völligen Ausnutzung der Geſchwindigkeit c_1 ſchließlich Null werden muß, ſo gibt $a = \frac{c_1}{2p}$ die bei p Geſchwindigkeitsſtufen im ideellen Grenzfalle erforderliche Umfangsgeſchwindigkeit an. Um alſo die Umfangsgeſchwindigkeit gegenüber der einſtufigen Druckturbine auf den zehnten Teil zu reduzieren, muß man zehn Geſchwindigkeitsſtufen in Anwendung bringen, d. h. zehnmal ſo wenig, als im gleichen Falle bei der Druckabſtufung erforderlich war. Als weiterer Vorteil der Geſchwindigkeitsabſtufung ergibt ſich, daß ſich die Laufräder in Räumen bewegen, die ſämtlich den gleichen Druck beſitzen und daher nicht gegeneinander abgedichtet zu ſein brauchen. Bei der Druckabſtufung iſt dies nicht der Fall. Dagegen iſt als Vorteil der letzteren zu nennen, daß die Verluſte weit geringer ſind als bei der Geſchwindigkeitsabſtufung, bei der die ſtarken Richtungsänderungen der an ſich hohen Dampfgeſchwindigkeiten mit großen Verluſten verknüpft ſein müſſen, weshalb die Geſchwindigkeitsabſtufung allein oft nur als ein Notbehelf bezeichnet wird.

Um über die im nachfolgenden zu beſchreibenden hauptſächlichſten Dampfturbinenſyſteme ſchon hier eine gewiſſe Ueberſicht zu gewinnen, iſt nachſtehendes Schema (S. 632) entworfen. Man ſieht, daß die Parſons-Turbine allen andern Syſtemen ziemlich iſoliert gegenüberſteht; bevor indeſſen auf die Beſchreibung dieſer älteſten und praktiſch weitaus am meiſten erprobten und

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

verbreiteten Turbine eingegangen werden kann, wird noch ein kurzer Vergleich zwischen Druck- und Ueberdruckturbine am Platze sein. Derselbe soll sich zunächst auf die Umfangsgeschwindigkeiten beziehen, die zur Aufarbeitung eines gegebenen Gefälles in dem einen oder andern Falle erforderlich sind. Hat der Dampf beim Eintritte ins Laufrad eine verhältnismäßig niedrige und zu vernachlässigende Geschwindigkeit, dafür aber eine hohe Geschwindigkeitsenergie findet Gefälle entsprechende maximale Geschwindigkeit als relative Austrittsgeschwindigkeit aus dem Laufrade auftreten. Volle Ausnutzung der disponibeln Arbeit kann nur dann erreicht werden, wenn die absolute Austrittsgeschwindigkeit den Wert Null besitzt. Letztere kann aber als Resultante aus der relativen Austrittsgeschwindigkeit w_2 und der Umfangsgeschwindigkeit a nur dann Null werden, wenn w_2 entgegengesetzt gleich a ist. w_2 entspricht nun der Größe nach der im obigen mit c_1 bezeichneten Geschwindigkeit; bei der Ueberdruckturbine ist also, maximalen Ueberdruck vorausgesetzt, im Grenzfalle größter Arbeitsleistung die erforderliche Umfangsgeschwindigkeit doppelt so groß als bei der einfachen Druckturbine. Findet die Umsetzung von Druckenergie in Geschwindigkeitsenergie nicht ausschließlich im Laufrade statt, sondern zum Teil auch in der vorhergehenden Zuleitung, dem sogenannten Leitapparate, so daß die Austrittsgeschwindigkeit c_1 aus demselben kleiner als $\sqrt{2gH}$ (H gegebenes Gefälle) ist, so nennt man $1 - \frac{c_1^2}{2gH}$ den Ueberdruckgrad (Reaktionsgrad). Praktisch arbeitet man niemals mit dem Ueberdruckgrad 1, wie in obigem Beispiele angenommen, sondern nur etwa $^1/_2$. Dadurch wird die günstigste Umfangsgeschwindigkeit von dem Betrage $\sqrt{2gH}$ auf den Wert $\sqrt{gH}$ zurückgeführt, so daß sich im Mittel die günstigsten Umfangsgeschwindigkeiten von Druck- und Ueberdruckturbinen wie $1 : \sqrt{2}$, d. h. 1 : 1,4 verhalten. Die Ueberdruckturbine stellt sich also hinsichtlich der Umfangsgeschwindigkeit ungünstiger als die Druckturbine. Dem steht anderseits gegenüber, daß die Widerstandsverluste bei dieser geringer ausfallen als bei jener. Dieselben sind angenähert den Quadraten der Dampfgeschwindigkeiten proportional, also z. B. bei der reinen Druckturbine nach obigen Bezeichnungen auf die Gewichtseinheit bezogen $\zeta \frac{c_1^2}{2g} + \zeta_1 \frac{w_2^2}{2g}$ oder, bei Gleichsetzung des Widerstandskoeffizienten ζ und ζ_1 gleich $\zeta\left(\frac{c_1^2 + w_2^2}{2g}\right)$. Nun ist in dem betrachteten Grenzfalle $\frac{c_1^2}{2g} = H$, $w_2 = w_1 = \frac{c_1}{2}$, mithin die Größe der Verluste $^5/_4 \cdot \zeta \cdot H$. Bei der mit dem Ueberdruckgrad $^1/_2$ arbeitenden Ueberdruckturbine sind dieselben hingegen, da $c_1 = w_2 = \sqrt{gH}$ sind, gleich $\zeta \cdot H$, also um $^1/_4$ geringer als oben. Inwieweit sich diese Verhältnisse durch die praktischen Abweichungen von dem vorausgesetzten idealen Grenzfalle und insbesondere durch die bei Ueberdruckturbinen infolge des Ueberdruckes auftretenden nicht berücksichtigten Spaltverluste umgestalten, kann nur der Versuch entscheiden. Bei großen Einheiten, bei denen diese Verluste prozentual weniger ins Gewicht fallen, scheint die Parsons-Turbine vorstehende Ueberlegung zu bestätigen.

	Druckturbinen	Ueberdruckturbinen
A. Einstufig	De Laval	(Herons Aëlopile)
B. Mehrstufig:		
a) nur Druckstufen .	Zoelly, Rateau	Parsons
b) nur Geschwindigkeitsstufen	Seger, Electra (Riedler-Stumpf)	
c) Druck- und Geschwindigkeitsstufen zugleich . .	Riedler-Stumpf, Curtis (Electra)	

Aeußerlich sind die Schaufeln des Laufrades einer Druckturbine meist unschwer von denen einer Ueberdruckturbine zu unterscheiden. Da bei ersterer an Ein- und Austrittsstelle des Laufrades der gleiche Druck herrscht, so findet beim Durchströmen des Dampfes keine Geschwindigkeitszunahme statt, sondern höchstens eine geringe Verzögerung infolge von Reibungswiderständen, von der jedoch in erster Annäherung abgesehen werden kann. Dann muß der Querschnitt des Laufradkanales von der Eintritts- nach der Austrittsstelle zu konstant bleiben, was man bei gleichbleibender radialer Weite am einfachsten durch Verdicken der Schaufeln in der Mitte erreichen kann. Voraussetzung ist dabei natürlich, daß die konvexe Rückseite der Schaufeln zur Führung des Dampfstrahles benutzt und der Einfluß der aus der Umlenkung der relativen Geschwindigkeit resultierenden Zentrifugalkraft vernachlässigt wird.

Bei der Ueberdruckturbine hingegen herrscht an der Eintrittsstelle des Laufrades ein höherer Druck als an der Austrittsstelle, es findet daher eine Beschleunigung der relativen Geschwindigkeit statt, so daß nach den Ausführungen auf S. 626 eine Querschnittsänderung, meist Verengung, stattfinden muß. Das wesentlichste Unterscheidungsmerkmal zwischen Druck- und Ueberdruckturbinen ist jedoch das, daß eine Druckturbine mit partieller Beaufschlagung des Laufrades arbeiten kann, während eine Ueberdruckturbine stets am ganzen Umfange beaufschlagt sein muß, welcher Unterschied ja auch bei den Wasserturbinen besteht. Würde man eine Ueberdruckturbine mit teilweiser Beaufschlagung laufen lassen, so würde das Auffüllen der vorher entspannten Dampf enthaltenden Kanäle durch solchen mit höherer Spannung sowie auch andre Umstände ein unwirtschaftliches Arbeiten der Turbine unvermeidlich machen. Es bedeutet dies einen prinzipiellen Vorzug der Druckturbinen vor den Ueberdruckturbinen, der namentlich bei kleinen Leistungen zur Geltung kommt.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Die Parsons-Turbine.

Als zurzeit verbreitetſte Dampfturbine und einzige Ueberdruckturbine war bereits die von Parſons genannt (vgl. S. 631). 1888 vollendete Parſons ſeine erſte größere Turbine von 120 PS., die ſchon mit einer Gleichſtromdynamo gekuppelt war. Ein Jahr ſpäter ging er, wenn auch widerſtrebend, zur Radialturbine über, deren Erſtausführung — eine 200 PS.-Kondenſationsturbine — in das Jahr 1892 fällt. Dieſelbe erzielte einen bemerkenswerten Dampfverbrauch. Bei 8 Atmoſphären abſoluter Dampfeintrittsſpannung und einer Kondenſatorſpannung von 0,08 Atmoſphären wurde bei maximaler Belaſtung ein Dampfverbrauch von 12,25 kg Kilowattſtunde = 7,25 kg PSi-Stunde feſtgeſtellt. Trotzdem kehrte Parſons wieder zum Syſtem der Axialturbine zurück, mit dem er bald noch weſentlich günſtigere Erfolge erzielen ſollte. Im nachfolgenden ſoll dieſes Syſtem in ſeiner heutigen, den Ausführungen der Firma Brown, Boveri & Cie. A.-G., Baden und Mannheim, entſprechenden Geſtalt erläutert worden.

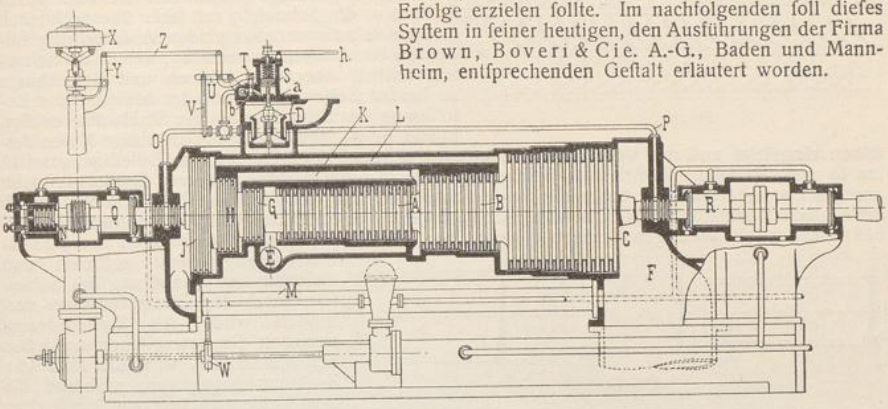


Fig. 11.

Fig. 11 ſtellt eine Parſons-Turbine in ſchematiſchem Längsſchnitt dar. Der Hauptbeſtandteil iſt eine lange, drehbar gelagerte, als Stahlgußſtück hergeſtellte Stufenwalze *A B C*, die mit Lauffchaufelkränzen verſehen iſt, die ſich zwiſchen feſtſtehenden, am umgebenden Gehäuſe befeſtigten Leitſchaufelkränzen mit geringen Spaltzwiſchenräumen drehen. Der Dampf tritt durch das Einlaßventil *D* ein und gelangt in den ringförmigen Vorraum *E*. Nun durchſtrömt er abwechſelnd Leit- und Lauffchaufeln, und zwar erſt diejenigen der Stufe *A*, dann die von *B* und ſchließlich die von *C*. Die ſtufenweiſe Zunahme des Walzendurchmeſſers trägt der ſtarken Volumenvergrößerung des Dampfes mit fortſchreitender Expanſion Rechnung. Bei *F* tritt der Dampf aus und wird zum Kondenſator abgeleitet. Da an der Eintrittsſtelle jedes Lauffchaufelkranzes höherer Druck als an der Austrittsſtelle herrſcht, ſo reſultiert aus dieſen Ueberdrücken und den Drücken auf die Stirnflächen der einzelnen Stufen ein ſtarker axialer Druck, der, durch die von den Durchflußgeſchwindigkeiten des Dampfes durch die Laufräder herrührenden Geſchwindigkeitsrückwirkungen nur unweſentlich beeinflußt, durch eine beſondere Ausgleichvorrichtung aufgehoben werden muß. Zu dieſem Zwecke iſt die Parſons-Turbine mit ſogenannten Ausgleichkolben *G H J* verſehen, die den drei Druckſtufen *A B C* entſprechen. Drei Kanäle *K L M* ſtellen die Verbindung zwiſchen den einzelnen Stufen der Turbine und den Kolben her. Damit letztere nicht durch den unvermeidlichen Spalt zwiſchen ihnen und dem feſtſtehenden Gehäuſe eine Quelle von bedeutenden Dampfverluſten werden, wird eine ſogenannte Labyrinthdichtung angewandt. Dieſelbe beſteht darin, daß die beiden gegeneinander abzudichtenden Teile mit ringförmigen Erhöhungen und Vertiefungen verſehen ſind, die ineinander greifen, ohne ſich jedoch zu berühren. Die Abdichtung wird daher nicht durch ſich berührende Flächen, ſondern lediglich dadurch erzielt, daß der Dampf nur auf einem langen engen und mit zahlreichen Richtungsänderungen verſehenen Wege entweichen kann. Natürlich iſt dieſe Dichtung keine vollkommene, da etwas Dampf immer entweichen wird, doch beträgt der Verluſt nach Angaben der ausführenden Firma Brown, Boveri & Cie., Baden, nur ca. 1 % des Geſamtdampfverbrauches, welcher Betrag als klein angeſehen werden darf. Als Vorteil dieſer Abdichtung iſt zu erwähnen, daß eine Reibung metalliſcher Flächen aufeinander und damit jede Abnutzung gänzlich vermieden und auch kein Oel zur Schmierung erforderlich iſt. Der früher von der Weſtinghouſe Mfg. Co. in England gebaute Typ, bei dem der Druckausgleich durch zwei ſymmetriſch angeordnete Turbinen von je halber Leiſtung zuſtande kommt und ſonach die Ausgleichkolben ganz vermieden ſind, empfiehlt ſich nicht, da die Verluſte bei zwei kleinen Turbinen weitaus mehr überwiegen als diejenigen einer größen von doppelter Leiſtung. Um jedes Anſtreifen der Laufradſchaufeln an die Leitſchaufeln auszuſchließen, was durch ein Pendeln der Walze in Richtung ihrer Längsachſe erfolgen könnte, iſt ein beſonderes, einſtellbares Kammlager *N* vorgeſehen, das, da die Walze axial entlaſtet iſt, weſentliche Drücke nicht aufzunehmen hat. Die Schaufeln ſtellt in ihrer Aufeinanderfolge Fig. 12 ſchematiſch dar. Dieſelben haben Aehnlichkeit mit der bei Axialwaſſerturbinen üblichen Form, nur daß ſie dieſer gegenüber ſtark verkleinert ſind. Zum Unterſchiede von der Laval-Turbine erfolgt hier die Zuführung des Dampfes zu den Laufradſchaufeln nicht durch einzelne Düſen, ſondern durch die Kanäle, welche die feſtſtehenden Leitſchaufeln bilden. Letztere ſind in Fig. 12 ſchwarz angelegt, während die Lauffchaufeln hell ſind. Eingezeichnete Pfeile geben den Fort-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

fchreitungsfinn an. Die Austrittswinkel der Schaufeln betragen im Mittel 20—25°, die Eintrittswinkel 75—90°. Die als Refultante aus der relativen Austrittsgefchwindigkeit des Dampfes aus einer Laufradfchaufel und der Umfangsgefchwindigkeit derfelben an der betreffenden Stelle fich ergebende abfolute Austrittsgefchwindigkeit gilt als Eintrittsgefchwindigkeit für die nächftfolgende Leitfchaufel, deren Eintrittswinkel mit Rückficht hierauf gewählt wird. Die Schaufeln, deren radiale Länge entfprechend der fortfchreitenden Dampfexpanfion abfatzweife zunimmt, werden aus fchmiedbarer Spezialbronze hergeftellt, indem fie in langen Stäben gewalzt und dann in Stücke von entfprechender Länge gefchnitten werden. Auch fucht man die Schaufeln mit fich überdeckenden und einen zufammenhängenden Abfchlußring bildenden Kopfplatten zu verfehen, welche die Schaufeln feitlich überragen können und Schleifringe zu beiden Seiten des Laufrades bilden. Die Befeftigung der Schaufeln auf der Stahlwalze erfolgt, indem fie in fchwalbenfchwanzförmige Nuten derfelben eingefetzt und mit Verfchlußftück verfehen werden. Eine fo einfache Befeftigungsart ift um fo mehr geboten, als fich 60—70 Schaufelkränze in einer Turbine mittlerer Größe vorfinden und die Summe fämtlicher Schaufeln den anfehnlichen Wert von 40000—80000 erreicht. Durch diefe große Anzahl wird die Umfangsgefchwindigkeit des Laufrades in für Dampfturbinen verhältnismäßig fehr niedrigen Grenzen gehalten, fo daß gefährliche Beanfpruchungen durch Fliehkraftwirkung nicht auftreten und daneben eine Abnutzung der Schaufeln durch den Dampf wirkfam verhindert wird. Als Zwifchenraum zwifchen den beweglichen und feften Schaufelkränzen wird das Maß von 3—4 mm angegeben, während die Spaltgröße zwifchen den Stirnflächen der Laufichaufeln und dem feften Gehäufezylinder bezw. zwifchen Leitfchaufelenden und Walze je nach Größe des Raddurchmeffers 0,6—3 mm beträgt [10]. Dank der Vorzüglichkeit der modernen Werkzeugmafchinen kann man radiale Dimenfionen heutzutage auf 0,1 mm genau herftellen, fo daß die genannten kleinen Zwifchenräume praktifch keine Schwierigkeiten verurfachen.

Fig. 12.

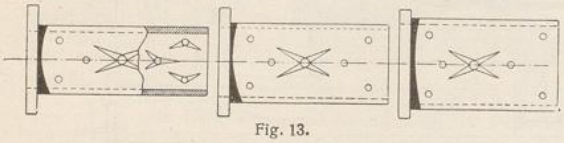


Fig. 13.

An den Austrittsftellen der Stahlwalze aus dem Gehäufe (Fig. 11) ift das Fehlen jeder Stopfbüchfe bemerkenswert, indem auch hier Labyrinthdichtung vorgefehen ift. Um das Eindringen von Luft in den Kondenfator zu vermeiden, leiten zwei Rohre, *O* und *P*, den Abdampf der Steuerung (f. fpäter) nach der Mitte der Dichtungsfläche, von wo aus er fich nach innen und außen verteilen kann. Auf diefe Weife ift es möglich geworden, durch Labyrinthdichtung ein Vakuum von 95% aufrechtzuerhalten. Arbeitet die Turbine mit Auspuff, fo ift nur ein unwefentlicher Ueberdruck vorhanden, fo daß eine Abdichtung auch nur in geringem Maße erforderlich ift. Ueber die Arbeit, welche die Labyrinthdichtung verzehrt, fehlen gegenwärtig noch genauere Angaben.

Die Lagerung der Turbinenwalze gefchieht in den Lagern *Q* und *R* (Fig. 11). Denfelben ift feitens Parfons die in Fig. 13 veranfchaulichte Konftruktion zugrunde gelegt worden. Sie beftehen aus mehreren, mit geringem Spielraum übereinander gefchobenen Büchfen, die mit Löchern verfehen find, durch die das Schmieröl von außen her mit Hilfe einer ventillofen Oelpumpe gepreßt wird. Das zwifchen zwei Lagerfchalen befindliche Oel bildet alsdann eine Art elaftifches Kiffen, fo daß fich das Lager der jeweiligen Einftellung der Welle anpaffen kann. Das Oel befindet fich dabei in ftändiger Zirkulation und wird in einem in der Grundplatte untergebrachten Behälter möglichft tief abgekühlt. Bei großen Mafchinen gelangen an Stelle diefer Konftruktion Lager mit Kugelfchalen und Waffer kühlung zur Verwendung. Der Oelverbrauch ift als gering zu bezeichnen.

Die Regulierung der Parfons-Turbine gefchieht auf folgendem Wege: Die Spindel des Einlaßventils *D* (Fig. 11) trägt an ihrem oberen Ende einen kleinen Kolben *S*, der von oben durch eine Spiralfeder belaftet ift und fich in einem umgebenden Zylinder bewegen kann. Er repräfentiert gewiffermaßen eine kleine einfeitig wirkende Dampfmafchine, die von unten Dampf empfängt und kleine hin und her gehende Bewegungen von veränderlicher Hublänge ausführt. Der Dampfeintritt erfolgt durch den kleinen Kanal *a* von dem vor dem Ventil befindlichen Dampfvorraume her. Der Dampfaustritt hingegen gefchieht durch den wefentlich weiteren Kanal *b*, der von dem in auf und ab fchwingender Bewegung befindlichen Schieber *T* abgefperrt bezw. mehr oder weniger geöffnet werden kann. Diefer Schieber führt eine hin und her gehende Bewegung aus, die durch eine periodifche Schwingung des Hebels *U* hervorgerufen wird, der an die Exzenterftange *V* angelenkt ift. Diefe erhält ihre Bewegung von dem Exzenter *W*, der auf der Oelpumpenwelle aufgekeilt ift, die mittels Schnecken- und Zahnradüberfetzung von der Turbinenwelle angetrieben wird, wobei die Tourenzahl der letzteren etwa im Verhältnis 1 : 14 reduziert wird. Die mittlere Höhenlage der Schwingung des Schiebers *T* kann durch den Regulator *X* mittels des Zwifchengetriebes *YZ* verändert werden. Da über dem Ventile der volle Dampfdruck herrfcht, fo pflanzt derfelbe fich auch durch den Kanal *a* in den Raum unterhalb des Kolbens *S* fort. Findet nun der Dampf den Ausweg bei *b* durch den Schieber *T* verfperrt, fo hebt er den Kolben unter Ueberwindung der Federkraft an, dadurch zugleich das Einlaßventil öffnend, was beiläufig bemerkt auch von Hand aus mittels Handhebels *h* gefchehen kann.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Sobald der Schieber *T* den Kanal *b* freigibt, entweicht der unter dem Kolben befindliche Dampf, und das Ventil wird geschlossen. Je nachdem nun der Kanal *b* länger oder kürzer geschlossen bleibt, wird das Dampfeinlaßventil mehr oder weniger geöffnet und eine größere oder geringere Dampfmenge gelangt in die Turbine. Es wird damit eine Quantitätsregulierung, entsprechend der Füllungsänderung bei Dampfmaschinen, angestrebt und zum Teil auch erzielt. Freilich beruht die Regulierung zum andern Teile auch auf Drosselung, wie Fig. 14 zeigt, die ein Indikatordiagramm — Admissionsdruck als Funktion der Zeit — darstellt [11]. Die mit dieser Regulierung hinsichtlich der Gleichförmigkeit des Ganges erzielten Resultate lassen die Parsons-Turbine ebenbürtig — wenn nicht überlegen — den besten Kolbendampfmaschinen und besonders geeignet für den Parallelbetrieb von Wechselstrommaschinen erscheinen. Der aus dem Kanale *b* entweichende Abdampf gelangt übrigens nicht direkt ins Freie oder in den Kondensator, sondern er wird den Labyrinthdichtungen zugeführt, wie dies bereits früher erwähnt wurde. Das Gehäuse der Parsons-Turbine ist zweiteilig, und zwar berühren sich die beiden Teile in einer horizontalen Trennungsfläche, wobei ein besonderes Dichtungsmaterial nicht zur Anwendung kommt, sondern die metallischen geschliffenen Flächen ohne Zwischenmittel aufeinander liegen. Fig. 15 gibt die Ansicht einer

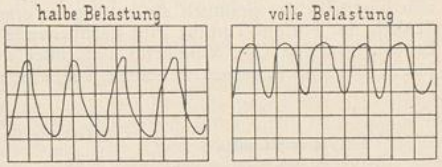


Fig. 14.

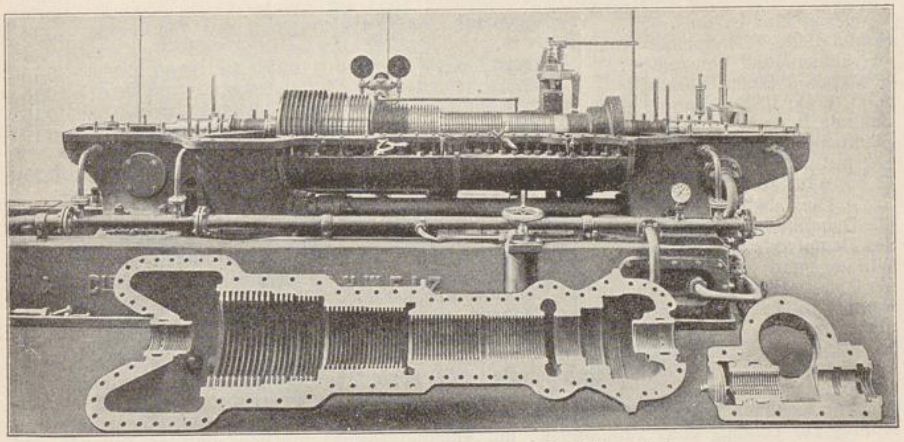


Fig. 15. (Brown, Boveri & Cie. A.-G., Käfertal-Mannheim.)

Parsons-Turbine mit abgenommenem oberen Gehäuseteil wieder, welche die meisten der beschriebenen Details, insbesondere die Leit- und Laufschaufelkränze, Labyrinthdichtungen u. s. w. deutlich erkennen läßt. Die Möglichkeit, durch Abheben des Deckels nach oben das Innere

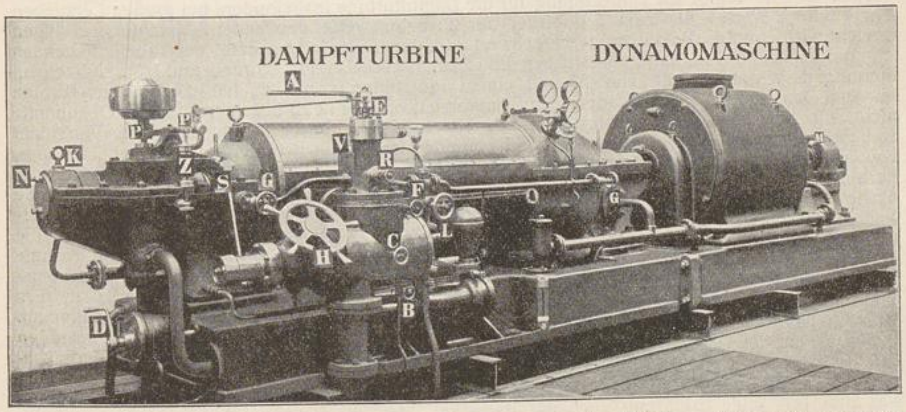


Fig. 16. Dampfturbine: *H* Handrad zum Hauptdampfventil. *C* Einlaßventilkasten. *A* Handhebel zum ersten Anheben des Ventils bei der Inbetriebsetzung. *P-P-E* Regulator und Steuerungsmechanismus. *Z* Gegenfeder zum Einstellen der Tourenzahl. *N-K* Kammlager. *D-B-L* Oelpumpe mit Windkessel *L* und Kurbel *D* zur Betätigung der Pumpe vor der Inbetriebsetzung der Turbine. — Dynamomaschine: *M* Erregermaschine.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

der Turbine bloßlegen zu können, iſt ſehr ſchätzbar für eine raſche und bequeme Montage. Die äußere Anſicht einer Parſons-Turbine ſtellt endlich Fig. 16 dar. Die Leiſtungen der bisher ausgeführten Parſons-Turbinen liegen zwiſchen 100 und 10 000 PS. und die benutzten Tourenzahlen etwa zwiſchen 750 und 3500 in der Minute, je nach Maſchinengröße. Die Geſamtlänge der Turbinenſpindel wird bei Maſchinen bis 900 PS. $\leq$ 2,5 m und bei größeren Maſchinen auf 3—3,2 m angegeben. An der Walze gemeſſen betragen die größten Umfangsgeſchwindigkeiten 50—60 m sec und an der äußerſten Schaufelſpitze 75—100 m sec, ſie liegen alſo innerhalb der praktiſch als zuläſſig zu erachtenden Grenzen. Ein Bild von der Wirtſchaftlichkeit der Parſons-Turbine gibt nachſtehende Tabelle, die auf Grund von Angaben der Firma Brown, Boveri & Co., Mannheim, berechnet worden iſt [12].

Dampfturbine Syſtem Brown-Boveri-Parſons	Leiſtung in PS_e-Stunden	Abſolute Dampfeintrittsſpannung in at	Dampftemperatur in ° C.	Kondenſatordruck in at	Dampfverbrauch pro PS_e-Stunde in kg	Reduzierter Dampfverbrauch pro PS_e-Stunde in kg	Indizierter Wirkungsgrad η_i	Thermiſcher Wirkungsgrad η_t
Geſellſchaft für Markt- und Kühlhallen, Berlin*)	150	9,7	190	0,124	8,28	8,40	0,48	0,12
Elektrizitätswerk der Stadt Chur .	300	13,5	250	0,083	6,37	6,73	0,52	0,15
Tramway- und Elektrizitätsgeſellſchaft Linz-Urfahr	450	10	geſättigter Dampf	0,103	7,28	7,33	0,53	0,14
Konſolidierte Tſchöpelner Braunkohlen- und Tonwerke . . .	600	8,5	208	0,103	6,59	6,80	0,59	0,15
Schlieper & Baum, Elberfeld . .	750	11	250	0,103	5,88	6,22	0,61	0,16
A.-G. „Alta Italia“, Turin	2250	11,7	230	0,093	5,25	5,48	0,68	0,18
Zentrale Porta-Volta, Mailand*) .	4500	13,5	235	0,083	5,03	5,26	0,67	0,19
Städtiſches Elektrizitätswerk Frankfurt a. M.*)	4500	12	300	0,103	4,68	5,12	0,71	0,20

*) Die Arbeit für die Kondenſation iſt in der Dampfverbrauchsangabe nicht eingeſchloſſen.

Die Tabelle bezieht ſich auf die Vollbelaſtung der jeweiligen Maſchine und gibt zunächſt die Dampfverbrauchszahlen pro PS_e-Stunde an, aus denen man durch Diviſion mit $0{,}736 \cdot \eta_d$ die Dampfverbrauchsziffern bezogen auf die elektriſche Kilowattſtunde findet, wenn η_d den Wirkungsgrad der Dynamo bedeutet. Letzterer wurde je nach Maſchinengröße zu 0,90 bis 0,95 angenommen. Aus dieſen Dampfverbrauchszahlen wurde der ſogenannte reduzierte Dampfverbrauch in bekannter Weiſe dadurch ermittelt, daß man erſtere im Verhältniſſe des Mehraufwandes an Wärme gegenüber trocken geſättigtem Dampfe von im Mittel 657 cal von 0° ab gerechneter Erzeugungswärme unter Annahme von 20° als Speiſewaſſertemperatur vergrößerte. Der reziproke Wert des ſo erhaltenen reduzierten Dampfverbrauches ſtellt alsdann den thermiſchen Wirkungsgrad dar, der ſich in der letzten Spalte der Tabelle angegeben findet. Die vorhergehende Kolumne zeigt den indizierten Wirkungsgrad als Verhältnis der effektiven Turbinenleiſtung zur Leiſtung einer verluſtfreien, mit Admiſſionsdampf von dem gleichen Zuſtande und mit gleichem Vakuum arbeitenden Dampfturbine (oder allgemein Dampfmaſchine) d. h. zu dem gegebenen Gefälle an. Um die Dampfturbine hinſichtlich ihrer Wirtſchaftlichkeit mit der Kolbendampfmaſchine vergleichen zu können, ſind die Dampfverbrauchszahlen mit dem mechaniſchen Wirkungsgrade derſelben zu multiplizieren, die Wirkungsgrade η_t und η_i hingegen zu dividieren. Da dieſer Wirkungsgrad je nach der Größe der Maſchine zwiſchen 0,85 und 0,92 liegend geſchätzt werden darf, ſo ergibt die Umrechnung für die Dampfturbine insbeſondere bei großen Leiſtungen ſehr günſtige Werte, die zum Teil bisher nur ausnahmsweiſe von andern Maſchinengattungen erreicht worden ſind. Beſonders beachtenswert ſind die in der letzten Zeile der Tabelle ſtehenden Ergebniſſe, die im Frankfurter ſtädtiſchen Elektrizitätswerke erzielt worden ſind [13]. Mit einem thermiſchen Wirkungsgrade von 20 und einem indizierten von 71 % hat die Parſons-Turbine bis jetzt das Maximum ihrer Wärmeausnutzung erzielt. Dabei iſt zu beachten, daß die Oekonomie nicht wie bei der Kolbendampfmaſchine der Beeinfluſſung durch Abnutzung und Verſchleiß abdichtender Flächen und durch mehr oder minder ſorgfältige Schmierung unterliegt, ſondern, von ſolchen Faktoren unabhängig, ſich auf Jahre hinaus unverändert erhält, da ja innerhalb der Turbine ſelbſt kein Gleiten metalliſcher Flächen aufeinander ſtattfindet. Aus dieſem Grunde dürfte ſich auch die Lebensdauer der Parſons-Turbine als eine verhältnismäßig hohe erweiſen. Außer den in obiger Tabelle wiedergegebenen Verſuchsziffern ſei hier noch auf die bekannten Unterſuchungen von Lindley, Schröter und Weber einer 1000-Kilowatt-Turbine in Newcaſtle [14] ſowie auf diejenigen von Stoney und von Robb verwieſen [15]. Beachtenswert iſt noch der hohe Einfluß eines guten Vakuums auf den Dampfverbrauch. Es iſt dies eine Eigenſchaft, die der Dampfturbine allgemein im Gegenſatze zur Dampfmaſchine zukommt. Während es bei letzterer zu unzuläſſig großen Zylinderabmeſſungen führen würde, wollte man den Dampf bis auf den Gegendruck herabexpandieren laſſen, indem die daraus reſultierenden Reibungs- und Wärmeverluſte unverhältnismäßig ſtark zunehmen und den Gewinn illuſoriſch machen würden, kann die Dampfturbine vorteilhaft mit ſehr niedrigem Expanſionsenddruck arbeiten, was zum Teil ſeine Erklärung auch mit darin hat, daß die Bewegung eines Körpers in Luft oder Dampf um ſo leichter und widerſtandsfreier erfolgen kann, je geringer das ſpezifiſche Gewicht des umgebenden Mediums iſt. Daß aber das ſpezifiſche Gewicht des Waſſerdampfes bei niedrigen Drücken ſchon bei kleiner Druckverringerung ſtarke Abnahme zeigt, iſt bekannt.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Da es nicht genügt, wenn ein Wärmemotor bei voller Belaſtung günſtig arbeitet, ſondern man überall auch die Forderung ſtellen muß, daß er auch bei andern Belaſtungen ökonomiſch bleibt, ſo iſt noch für die Beurteilung der Parſons-Turbine wichtig, den Dampfverbrauch als Funktion der Leiſtung ein und derſelben Maſchine bei annähernd konſtanter Tourenzahl zu kennen. Fig. 17 gibt hierüber Aufſchluß. Die Dampfturbine unterſcheidet ſich, wie erſichtlich, von der Dampfmaſchine dadurch, daß der günſtigſte Dampfverbrauch nicht bei der normalen Leiſtung, ſondern bei Ueberlaſt erzielt wird, und der Verbrauch auch nicht in ſo weiten Grenzen konſtant bleibt.

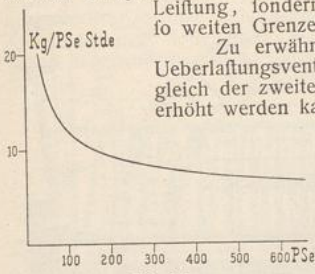


Fig. 17.

Zu erwähnen iſt noch, daß die Parſons-Turbine meiſt ein beſonderes Ueberlaſtungsventil beſitzt, das den Zweck hat, den Dampf erforderlichenfalls gleich der zweiten Stufe zuzuführen, wodurch die Leiſtungsfähigkeit beträchtlich erhöht werden kann. Obgleich hierdurch ein Rückſtau gegen die erſte Stufe entſteht, ſoll der Wirkungsgrad dadurch nicht ſehr ungünſtig beeinflußt werden. — Der Raumbedarf der Parſons-Turbine iſt im allgemeinen im Vergleich zu demjenigen liegender Kolbendampfmaſchinen gering, wenn auch ihre Baulänge nicht unbedeutend iſt. Desgleichen ſtellt ſich auch ihr Gewicht weſentlich niedriger als das gleichwertiger Kolbendampfmaſchinen. Für den ruhigen Gang iſt das Beiſpiel der ſeinerzeit in Newcaſtle an vier Drähten aufgehängten, im Betriebe vorgeführten Turbine kennzeichnend [16]. Die Wiederverwendbarkeit des Kondenswaſſers und die hohe Betriebsſicherheit und ſtete Betriebsbereitſchaft hat die Parſons-Turbine mit der Lavalſchen und andern gemein. Nach den heute vorliegenden Erfahrungen muß ſie als Antriebsmotor erſten Ranges für elektriſche Maſchinen bezeichnet werden, und wird wohl auch hier immer ihr Hauptverwendungsgebiet liegen, obgleich einige ihrer Vorzüge ſie auch für den Schiffsbetrieb hervorragend geeignet erſcheinen laſſen. Inwieweit es ihr hier gelingen wird, die Kolbendampfmaſchine zu verdrängen, iſt zurzeit noch eine offene Frage.

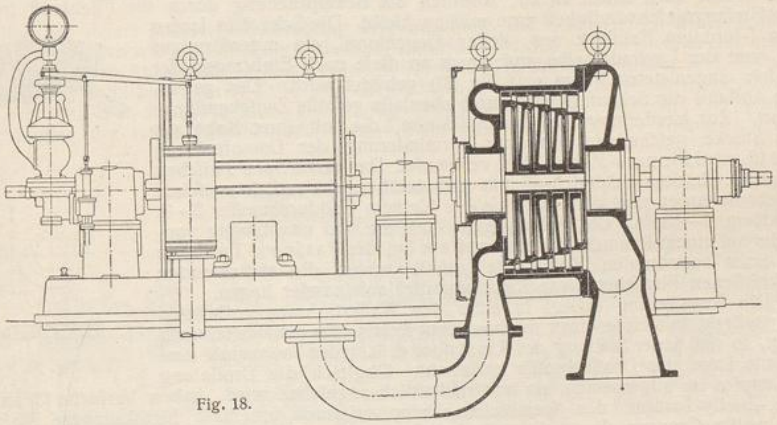


Fig. 18.

Die Dampfturbine Rateau und Zoelly. In dem auf S. 632 mitgeteilten Ueberſichtsſchema ſtand der Parſons-Turbine die Rateau- und Zoelly-Turbine gegenüber. Dieſe beiden ſind vielſtufige Druckturbinen ohne Geſchwindigkeitsabſtufung und gegenwärtig ungefähr in gleicher Geſamtleiſtung (ca. 20000 PS.) zur Ausführung gelangt.

Die **Zoelly-Turbine** der A.-G. Eſcher Wyß & Cie. in Zürich [3], [17] wird meiſt als Verbundturbine mit hintereinander geſchaltetem Hochdruck- und Niederdruckteil ausgeführt. Jeder Teil enthält z. B. bei einer 500-PS.-Turbine fünf Druckſtufen, ſo daß die Geſamtzahl der Laufräder zehn, alſo verhältnismäßig wenig beträgt. Fig. 18 gibt die Hochdruckſeite einer ſolchen Verbundturbine in Anſicht, die Niederdruckſeite im Schnitt an. Zwiſchen den auf der Welle aufgekeilten Laufrädern befinden ſich die als Leitapparate ausgebildeten Zwiſchenwände, deren jede ſich mit einem vorſpringenden Rande gegen die vorhergehende lehnt. Dieſe Wände haben einen verhältnismäßig ſtarken einſeitigen Druck auszuhalten und ſind entſprechend kräftig gehalten. Ihre Detailkonſtruktion iſt aus Fig. 19 erſichtlich. Sie werden aus Stahlguß hergeſtellt und dampfdicht in das Gehäuſe eingepaßt. An der Stelle, wo die Welle der Turbine durchtritt, ſind ſie, um Dampfverluſte nach Möglichkeit zu vermeiden, mit einer Labyrinthdichtung verſehen, wie ſolche bereits gelegentlich der Parſons-Turbine beſchrieben wurde. Der verhältnismäßig kleine Durchmeſſer der Bohrung macht den Dampfläſſigkeitsverluſt unbedeutend. Die Leitſchaufeln *m* (Fig. 19) ſind mit Lappen *n* verſehen, die in entſprechende Schlitze *l* des äußeren Randes der Scheidewand und des umgebenden ſchmiedeeiſernen Kranzes *k* ſtramm eingepaßt werden. Um ein Herausfallen zu verhüten, werden nach Einſetzen der Schaufeln zwei Nuten o_1 und o_2 eingedreht, in die Preßringe gelegt werden, deren Befeſtigung durch verſenkte Schrauben erfolgt. Die Leitſchaufeln erſtrecken ſich dabei in den erſten Partien nicht über den ganzen Umfang, ſo daß die Beaufſchlagung im Anfange eine partielle iſt, wobei geeignete Paßſtücke *p*

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

die toten Räume zwiſchen den einzelnen Schaufelgruppen ausfüllen. Erſt in den ſpäteren Stufen verteilen ſich die Schaufeln über den ganzen Umfang. Die radiale Weite der Leitapparate nimmt mit fortſchreitender Expanſion des Dampfes beſtändig zu. Das gleiche gilt auch von den Längen der Schaufeln des Laufrades; letzteres iſt in Fig. 20 im Detail, in Fig. 21 in Anſicht dargeſtellt.

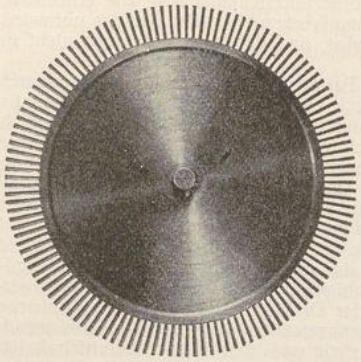


Fig. 21.

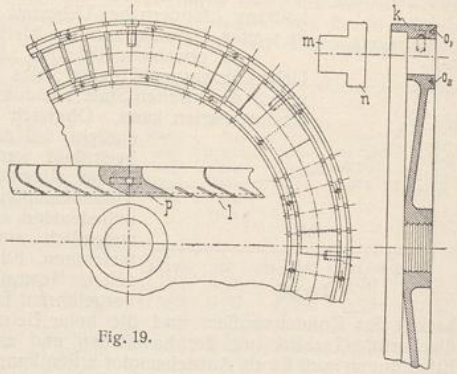


Fig. 19.

Die Schaufeln, deren Geſamtzahl im Verhältnis zu der andrer vielſtufiger Turbinen gering iſt, werden mit großer Genauigkeit durch Fräſen aus feinſtem Nickelſtahl hergeſtellt und ſauber poliert. Dadurch ſoll dem Verroſten und der Dampfreibung vorgebeugt werden. Ihr Querſchnitt nimmt nach außen zu ab, wodurch die Beanſpruchung durch die Fliehkraft trotz der hohen Umfangsgeſchwindigkeit eine mäßige bleibt. Die Schaufeln laufen in ein T-förmiges Fußſtück aus, deſſen Gegenform, ein nutenförmiger Kanal, von der Laufradſcheibe und einem an dieſe nach Einbringen der Schaufeln angenieteten Ringe *s* (ſ. Fig. 20) gebildet wird. Der gegenſeitige Abſtand der Schaufeln wird durch ebenfalls gefräſte Zwiſchenſtücke gewahrt. Zur Herſtellung der Laufradſcheibe, die mit ihrer Nabe aus einem Stücke geſchmiedet und zur Verminderung der Dampfreibung poliert iſt, wird Siemens-Martin-Stahl verwendet. Das axiale Spiel zwiſchen Lauf- und Leiträdern beträgt 3—5 mm und darüber, das radiale zwiſchen den Schaufelenden und dem Gehäuſe bei kleinem Raddurchmeſſer 2—3, bei großem 3—4 mm. Die gut iſolierten Gehäuſe ſind unabhängig voneinander auf einem Rahmen montiert und wie bei der Parſons-Turbine längs einer horizontalen Mittelebene geteilt, wobei die abdichtenden aufgeſchliffenen Flanſchen ohne Zwiſchenmittel aufeinander liegen.

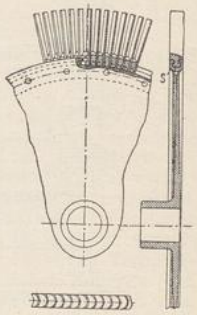


Fig. 20.

Die Regulierung erfolgt in einer den Waſſerturbinen entlehnten Weiſe, indirekt mit Hilfe eines mechaniſchen Relais, das ein Droſſelventil betätigt, ſo daß jeder Stellung des Regulators d. h. jeder Tourenzahl eine beſtimmte Lage des Droſſelventils entſpricht. Obgleich die Droſſelung des Dampfes im allgemeinen als unwirtſchaftlich angeſehen wird, haben Verſuche [3] an einer 500-PS-Zoelly-Turbine den ſpezifiſchen Dampfverbrauch innerhalb für ſtationäre Maſchinen relativ weiter Grenzen als wenig veränderlich ergeben, und ſtellt Fig. 22 den Dampfverbrauch pro PS_e-Stunde als Funktion der Belaſtung dar, wie er aus den Verſuchsdaten mit Berückſichtigung des Wirkungsgrades der Dynamo folgt. Der abſolute Druck des nur um 2—4° überhitzten, alſo nahezu trocken geſättigten Dampfes betrug 11 Atmoſphären, der Gegendruck 0,07 Atmoſphären. Die in Fig. 22 eingetragenen Maßſtäbe des indizierten und thermiſchen Wirkungsgrades laſſen die Größe der letzteren erkennen, deren Maximalwerte 0,54 bezw. 0,15 ſind. Ein Dampfverbrauch von 5,77 kg/PS_e-Stunde wurde bei 258,5° Anfangstemperatur, 13,13 Atmoſphären Druck, 0,066 Atmoſphären Gegendruck und 575 PS_e Nutzleiſtung erzielt, welchen Werten ein $\eta_t = 0{,}56$ und $\eta_t = 0{,}16$ entſpricht. Zu beachten iſt, daß in vorſtehenden Angaben die Arbeit für die Kondenſation nicht inbegriffen iſt, dieſelbe mag 3% der Normalleiſtung betragen haben. Die Tourenzahlen ſind für Leiſtungen bis ca. 100 PS. 3000—4000, für 100—1000 PS. 3000, von 1000—3000 PS. ca. 1500, bei höheren Leiſtungen 1000 u. ſ. w pro Minute. Längere Betriebserfahrungen liegen zurzeit noch nicht vor, doch wird angegeben, daß eine ſeit einem Jahre bei der Firma Eſcher Wyß & Cie. im Betriebe befindliche Turbine noch keine Abnutzung der Schaufeln oder andrer Teile erkennen ließ.

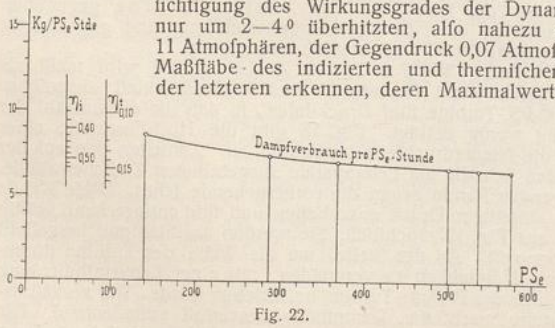


Fig. 22.

Wesentlich mehr Versuchsresultate sind indessen bis jetzt gesammelt worden bezüglich der **Rateau-Turbine** [3], [18] der Société Sautter Harlé & Cie., Paris, und der Maschinenfabrik Oerlikon, Schweiz, die sich von der im Prinzipe identischen Zoelly-Turbine durch die im allgemeinen etwas größere Zahl von Druckstufen und entsprechend kleinere Umfangsgeschwindigkeiten unterscheidet. Die Laufräder bestehen aus einer Nabe, einer an diese angenieteten, am äußeren Rande umgebördelten dünnen Platte aus Flußeisenblech und den mit letzterer durch Nietung verbundenen Schaufeln, die, aus Bronze oder Stahlblech gebogen, zur Ausfüllung der Bodenecken wohl auch mit Metall ausgegossen und zur Verminderung der

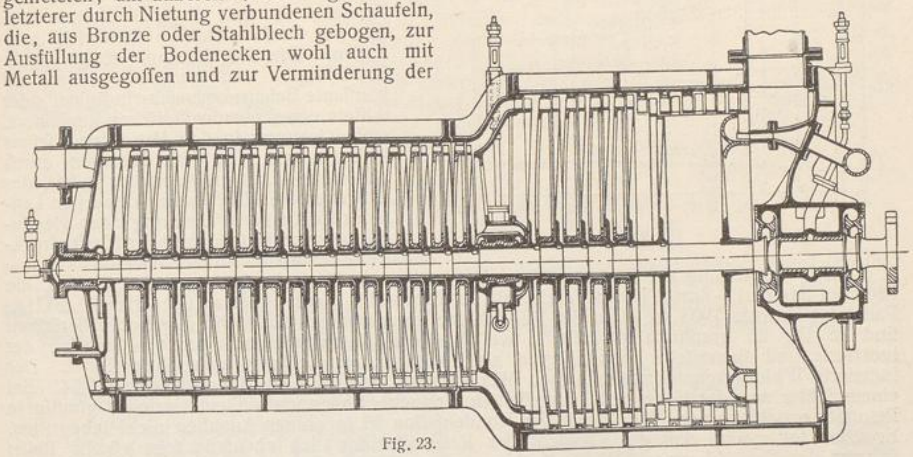


Fig. 23.

Ventilation mit einem äußeren Abschlußring umgeben sind. Die Leiträder, im wesentlichen aus denselben Elementen wie die Laufräder bestehend, unterscheiden sich von diesen zunächst dadurch, daß sie bei neueren Ausführungen längs eines horizontalen Durchmessers geteilt sind, wobei die oberen Hälften mit dem oberen Teile des ebenfalls in horizontaler Mittelebene geteilten Gehäuses wie bei der Zoelly-Turbine gleichzeitig abgehoben werden können. Der partiellen Beaufschlagung der ersten Turbinenräder entsprechend haben die Leiträder anfangs nur einige

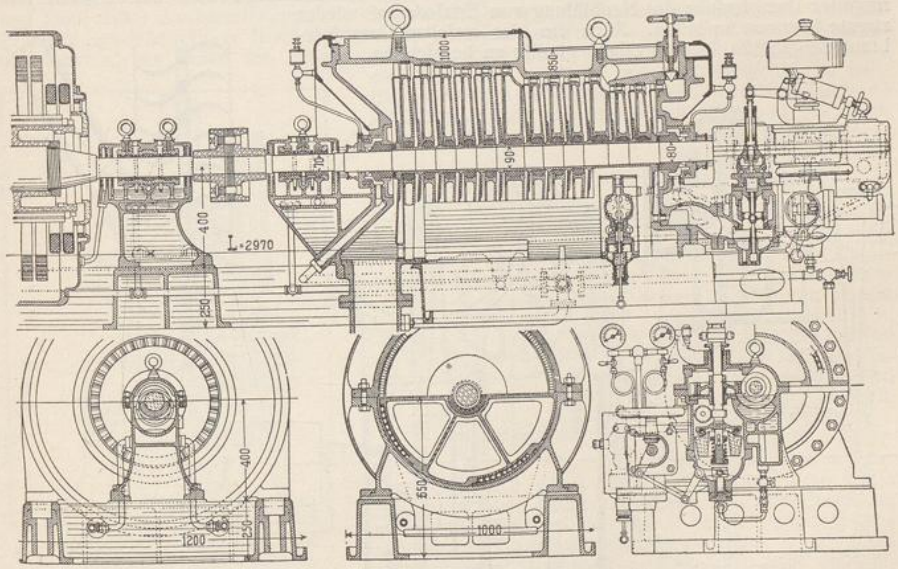


Fig. 24. Dampfturbine „Oerlikon", 200 Kilowatt, 3000 Touren.

in gleichen Abständen angeordnete Durchlaßöffnungen für die Leitschaufeln, die sich erst später über den ganzen Umfang erstrecken. Fig. 23 stellt den Längsschnitt durch eine für Schiffszwecke bestimmte Turbine von 1200 PS. älterer Bauart dar, während Fig. 24 eine 300-PS$_e$-Turbine neuerer Konstruktion zeigt, erstere mit im Innern der Turbine angeordneten Lagern, deren Schmierung und Instandhaltung indessen wegen ihrer Unzugänglichkeit während des Betriebes Schwierigkeiten verursacht haben dürften. Daher weisen neuere Ausführungen bei größeren Einheiten ähnlich der Zoelly-Turbine eine Teilung in Hoch- und Niederdruckturbinen

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

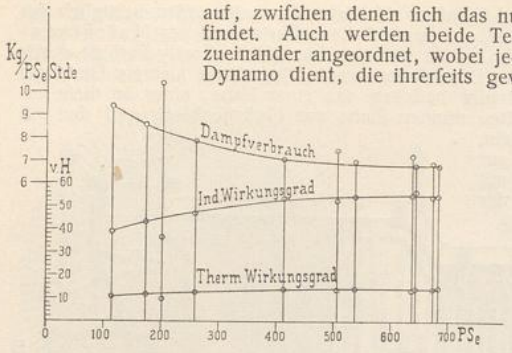


Fig. 25.

auf, zwiſchen denen ſich das nunmehr frei zugängliche Zwiſchenlager befindet. Auch werden beide Teile, Hoch- und Niederdruck, oft parallel zueinander angeordnet, wobei jede Turbine zum Antriebe einer beſonderen Dynamo dient, die ihrerſeits gewöhnlich in Parallelſchaltung auf dasſelbe Netz arbeiten. Wie bei der Zoelly-Turbine iſt ein axialer Schub kaum vorhanden, ſo daß Ausgleichkolben wie bei der Parſons-Turbine ſich nicht vorfinden. Die Regulierung erfolgt durch Droſſelung, und zwar entweder auf konſtante Beharrungsgeſchwindigkeit oder mittels eines pſeudoaſtatiſchen Regulators, wobei letzterer in den Mittellagen ſeines Hubes direkt, in den Endlagen durch Auslöſung eines mechaniſchen Relais, das entweder die Abſchützung des erſten Leitrades durch einen Deckring oder die Zuführung von Friſchdampf zur Niederdruckſtufe veranlaßt, wirken ſoll.

Zur Beurteilung der Rateau-Turbine mögen die Verſuche herangezogen werden, die Profeſſor Stodola-Zürich [3] im Verein mit der Erbauerin, Société Sautter Harlé & Cie., Paris, im Februar 1903 an einer 500-PSe-Turbine vorgenommen hat. Die Ergebniſſe derſelben ſind in Fig. 25 graphiſch dargeſtellt, wo ſich der Dampfverbrauch pro PSe-Stunde, der indizierte und thermiſche Wirkungsgrad als Funktion der Leiſtung angegeben findet. Der indizierte Wirkungsgrad erreicht ſeinen Maximalwert mit 0,56, der thermiſche mit 0,14. Bei einem ſpäter von der Firma ſelbſt angeſtellten Verſuche ſind noch um ein Geringes günſtigere Reſultate erzielt worden. Die Arbeit der Kondenſation iſt in obigen Angaben nicht inbegriffen. Erwähnt ſei noch, daß das Gewicht der Rateau-Turbine ſich ebenfalls ſehr günſtig ſtellt; ſo wird das Gewicht einer 1200 PS.-Turbine auf ca. 3500 kg angegeben. Ein neues Feld der Energieausnutzung haben in letzter Zeit die Rateauſchen Niederdruckturbinen in Verbindung mit einem beſonderen Wärmeakkumulator [19] erſchloſſen, nämlich die Ausnutzung des Abdampfes von Fördermaſchinen und andern mit Auspuff arbeitenden Dampfmaſchinen. Dieſer wird meiſt mit ungefähr atmoſphäriſcher Spannung aus letzteren abſatzweiſe ausgeſtoßen. Rateau leitet ihn in einen Wärmeakkumulator, ein hinreichend große Gußeiſenmaſſen oder Waſſermengen enthaltendes Gefäß. Dort wird er zwecks Druckausgleiches geſammelt, wobei ſich überſchüſſiger Dampf kondenſieren kann, um ſeine Kondenſationswärme bei zeitweiſe verringerter Dampfzufuhr der Neubildung von Erſatzdampf wieder zugute kommen zu laſſen. Auch die hier erzielten Dampfverbrauchsergebniſſe ſind als relativ günſtig zu bezeichnen.

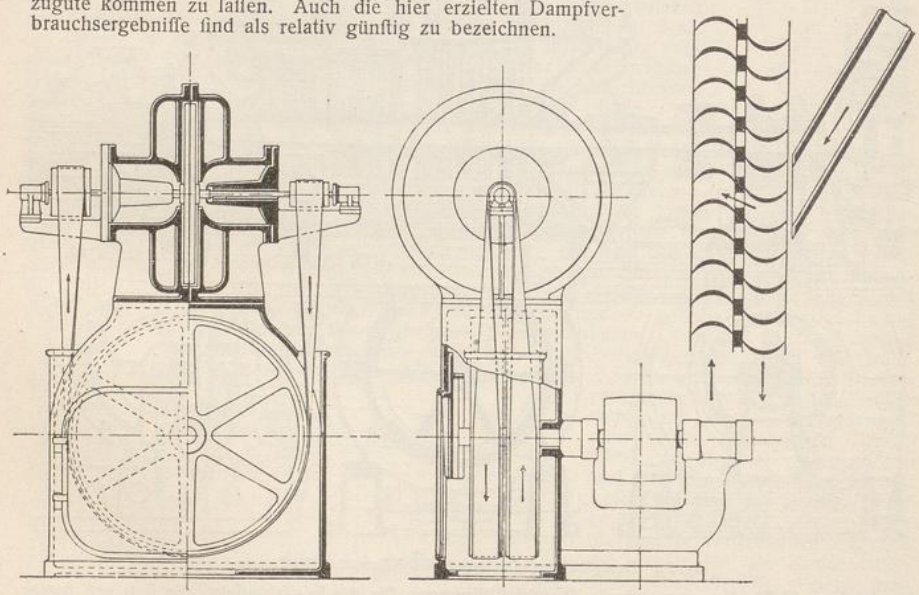


Fig. 26.

Turbinen mit Geſchwindigkeitsabſtufung.

Den nur auf dem Prinzipe der Druckabſtufung beruhenden Turbinen von Rateau und Zoelly ſtehen die mit Geſchwindigkeitsabſtufung arbeitenden gegenüber, von denen in dem Ueberſichtsſchema S. 632 die Seger-, Riedler-Stumpf- ſowie Electra-Turbine genannt worden ſind.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Die Dampfturbine von Seger [20] ist von diesen die älteste und hat seinerzeit in Frankreich einige Anwendung gefunden. Sie ist aus dem Grunde bemerkenswert, weil bei ihr zwei in entgegengesetztem Sinne rotierende Laufräder zur Verwendung gelangen, eine Anordnung, die zur Nachahmung wiederholt gereizt hat. Fig. 26 gibt ein Bild von ihrer Einrichtung. Der aus der Zuleitungsdüse kommende Dampf strömt mit großer Geschwindigkeit gegen ein Laufrad, aus dem er noch mit ziemlich hoher absoluter Geschwindigkeit austritt. Mit dieser wird er gegen ein zweites Laufrad geschickt und darin verarbeitet. Der Uebertritt erfolgt dabei durch eine mit Löchern versehene Scheidewand ohne Vermittlung eines besonderen feststehenden Leitapparates. Jede Laufradachse trägt zum Zwecke der Kraftabnahme eine kleine Riemenscheibe, über die ein Riemen unter Vermittlung zweier größerer Scheiben geführt ist. Die eine der letzteren dient nur zum Anspannen des Riemens und ist zu diesem Zwecke vertikal verstellbar, die andre zur Arbeitsabgabe.

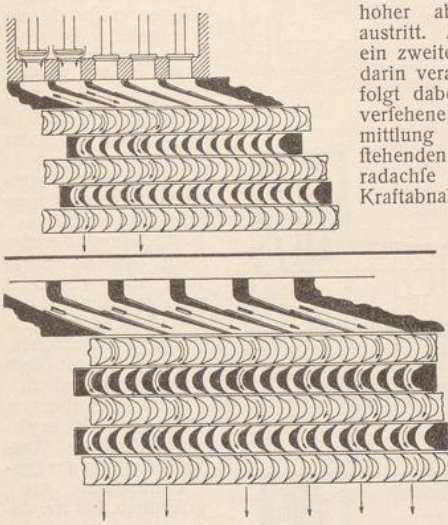


Fig. 29.

Fig. 27.

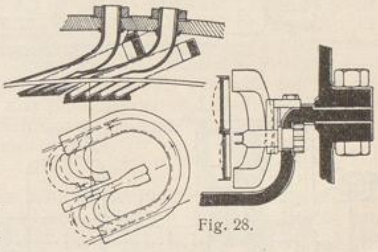


Fig. 28.

In wesentlich verschiedener Weise wird die Geschwindigkeitsabstufung bei solchen Turbinen erzielt, die nur nach einer Richtung umlaufende Räder besitzen und somit fester Zwischenleitapparate zum Auffangen und Umlenken der absoluten Austrittsgeschwindigkeit benötigen. Hierher gehören vor allem die Konstruktionen von Riedler-Stumpf und Curtis, aus denen die Turbine der Allgemeinen Elektrizitätsgesellschaft Berlin entstanden ist, sowie die von der Gesellschaft für elektrische Industrie in Karlsruhe gebaute Electra-Turbine [21]. Das Prinzip der letzteren [20] ist aus Fig. 27 zu erkennen. Eine Radialdruckturbine wird zuerst durch eine Lavalsche Dampfdüse von außen beaufschlagt. Den noch mit hoher Geschwindigkeit aus dem Rade austretenden Dampf fängt ein Umkehrapparat auf, der ihn von neuem, und zwar diesmal von innen, gegen das Laufrad schickt. Am äußeren Umfange austretend, wird er abermals aufgefangen, umgelenkt und zum dritten Male in die Turbine gesandt. Das Spiel kann sich noch öfters wiederholen. Auf diese Weise gelingt es, bei kleiner Radgröße mit verhältnismäßig geringer Umfangsgeschwindigkeit bezw. Tourenzahl eine annehmbare Dampfökonomie zu erzielen. Wo es nicht auf niedrigsten Dampfverbrauch, sondern mehr auf Einfachheit der Konstruktion ankommt, gebührt die Electra-Turbine in erster Linie genannt zu werden. Als sehr einfach und naheliegend ist das Mittel von Riedler-Stumpf [22] und Curtis [23] zu bezeichnen, das in einer Verringerung der Tourenzahl durch Vergrößerung des Raddurchmessers besteht und bei gleichzeitiger richtiger Benutzung der Vorteile der Geschwindigkeitsabstufung zu einer aus wenigen Elementen bestehenden Konstruktion führt. So ist eine 2000-PS.-Riedler-Stumpf-Turbine mit nur einem Rade von 2 m Durchmesser und 3000 Touren pro Minute — nach Riedler lassen sich solche Räder aus Nickelstahl noch mit fünffacher Bruchsicherheit herstellen — im Elektrizitätswerke zu Moabit zur Aufstellung gelangt, die bei 10 (13) Atmosphären Anfangsdruck, 295° (300°) Anfangstemperatur und

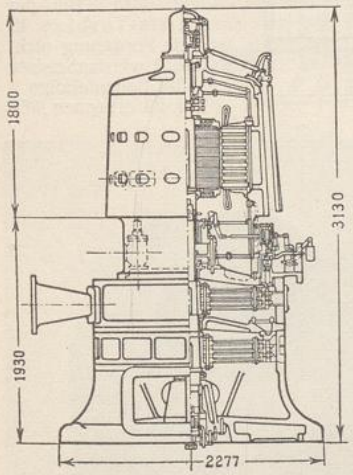
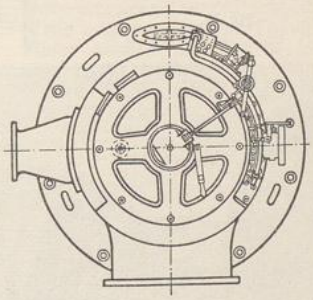


Fig. 30.



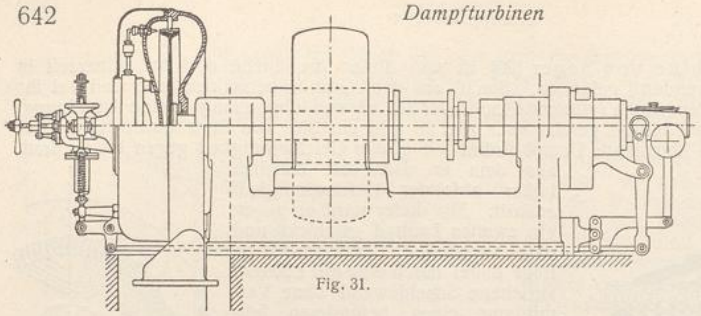


Fig. 31.

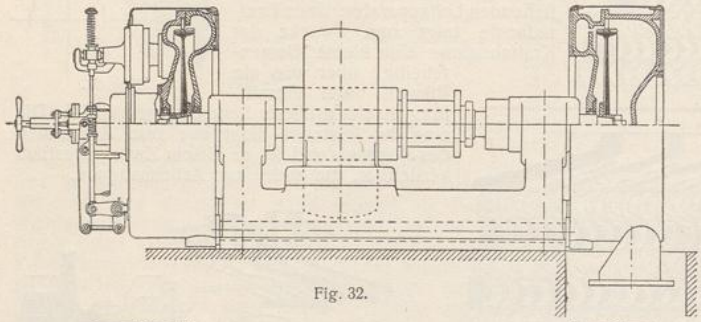


Fig. 32.

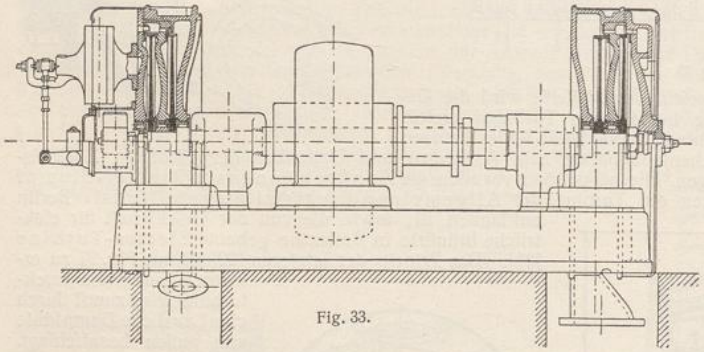


Fig. 33.

0,15 (0,0855) Atmosphären Gegendruck 8,89 (7,9) kg/Kilowattstunde = 6,04 (5,36) kg/PSe-Stunde brauchte. Diesen Werten entspricht ein reduzierter Dampfverbrauch von 6,60 (5,86) kg/PSe-Stunde, ein thermischer Wirkungsgrad $\eta_t = 0{,}15$ (0,17), ein indizierter Wirkungsgrad $\eta_i = 0{,}61$ (0,60). Natürlich erfordert die Ausbildung und Ausbalancierung so großer Räder besondere Sorgfalt, und vermeidet man daher bei ihnen die besondere Einsetzung von Schaufeln, die man lieber aus dem Vollen herausfräst. Fig. 28 zeigt eine von Riedler-Stumpf vorgeschlagene Ausführungsform der Umkehrapparate; wie ersichtlich, sind Wendepunkte in der Bahn des Dampfes vermieden, indem die Krümmung derselben stets gleichsinnig bleibt, ein Punkt, auf den wohl nicht mit Unrecht Gewicht gelegt wird. Bei der Curtis-Turbine ist diese Forderung nicht erfüllt, wie das Schema der Schaufelfolge Fig. 29 erkennen läßt.

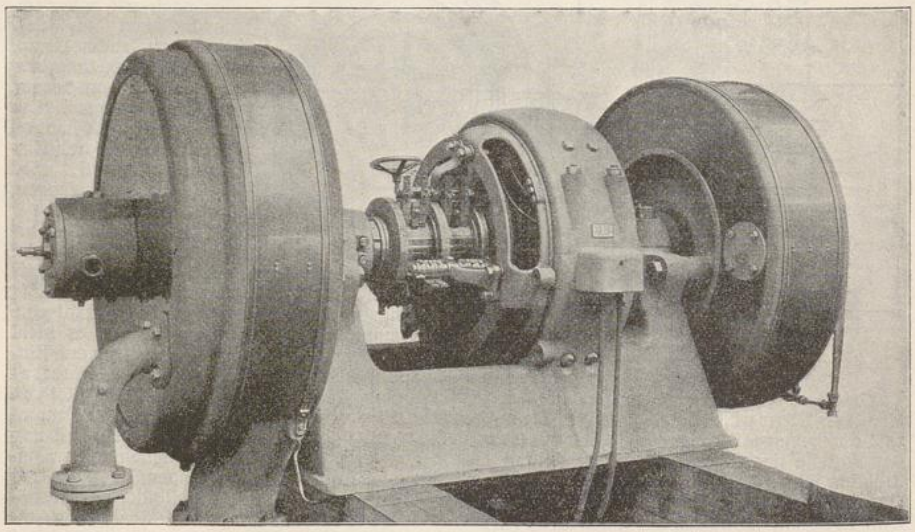


Fig. 34. (Allgemeine Elektrizitätsgesellschaft Berlin.)

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Fig. 30 ſtellt eine 500-Kilowatt-Turbine mit zwei Druck- und je drei Geſchwindigkeitsſtufen zur Hälfte im Schnitt dar. Die vertikale Bauart mit oben angeordneter Dynamo wird von den Amerikanern bevorzugt, doch ſind auch Curtis-Turbinen mit horizontaler Achſe zur Ausführung gelangt. Die erforderliche Bodenfläche iſt natürlich im erſteren Falle geringer als im letzteren, dagegen iſt die Montage und Zugänglichkeit bei der horizontalen Anordnung im allgemeinen bequemer. Fig. 31—33 ſtellen drei Typen der von der Allgemeinen Elektrizitätsgeſellſchaft Berlin [24] gebauten Turbine dar. Fig. 31 läßt eine einſtufige Turbine erkennen. Das Laufrad iſt fliegend an das Ende der Welle angeflanſcht, die, in zwei Lagern geführt, in der Mitte zwiſchen dieſen die Dynamo trägt. In Fig. 32 iſt man bereits zu zwei, in Fig. 33 ſogar zu vier Druckſtufen geſchritten, wobei in letzterem Falle eingebaute und bis nahe an die Welle geführte kräftige Scheidewände zur Abgrenzung der Druckräume vorgeſehen ſind. Fig. 34 zeigt eine Außenanſicht der Allgemeinen Elektrizitätsgeſellſchafts-Turbinen. Wie erſichtlich, iſt das Turbinengehäuſe fliegend gegen die Enden des Lagerbockes geſchraubt, ſo daß es ſich unter dem Einfluſſe der Wärme frei nach allen Seiten hin ausdehnen kann. Charakteriſtiſch für die Riedler-Stumpfſchen Konſtruktionen iſt noch die Dampfdüſe Fig. 35, die mit der Lavalſchen Düſe die Erweiterung gemein hat, ſich jedoch von dieſer dadurch unterſcheidet, daß das Querſchnittsprofil des erweiterten Teils, wie die einzelnen Schnitte *a—d* zeigen, allmählich von der runden in die viereckige Form übergeht. Dadurch ſoll ein ungünſtiges Arbeiten, wie es bei der elliptiſchen Geſtalt des Schnittes einer Lavalſchen Düſe mit der Radebene an den Enden der Ellipſe wegen Beauffchlagung der betreffenden Schaufeln auf einer ungenügenden Länge vermutlich ſtatthat, vermieden werden.

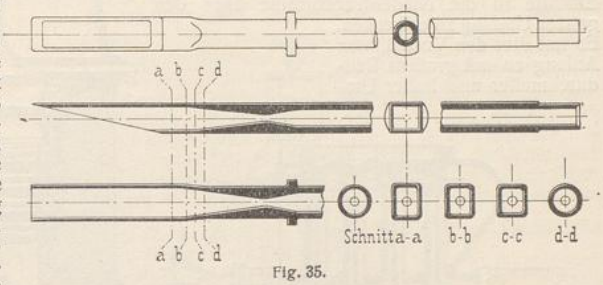


Fig. 35.

Schluß.

Es würde hier zu weit führen, auf die große Zahl der in jüngſter Zeit aufgetauchten Beſtrebungen und Konſtruktionen einzugehen. Zwei derſelben mögen hingegen noch kurz erwähnt werden. Die eine iſt die Turbine von Schulz [3], [25], die andre diejenige der Union-A.-G. Eſſen. Erſtere iſt in einer Stärke von 230 PS_e max. als Verbundturbine mit einem aus zehn nach dem Druck-, fünf nach dem Ueberdruckprinzip arbeitenden Lauffchaufelkränzen beſtehenden Hochdruckteil und einem als 15ſtufige Ueberdruckturbine eingerichteten Niederdruckteil in Verbindung mit einer aus Radial- und Axialturbine zuſammengeſetzten Rückwärtsturbine (für Schiffszwecke) ausgeführt, und der Gegenſtand ebenſo einfacher wie inſtruktiver Indizierverſuche geworden. Die Beauffchlagung der erſten zehn Druckſtufen des Hochdruckteils kann mit Hilfe von Ringſchiebern beliebig verändert und dem der jeweiligen Leiſtung der Turbine entſprechenden Dampfdurchgange in theoretiſch richtiger Weiſe angepaßt werden. Fig. 36 zeigt die in den einzelnen Stufen herrſchenden Drücke bei normaler, Fig. 36a bei verringerter Leiſtung, Fig. 37 eine aus vier Druck- und je zwei Geſchwindigkeitsunterſtufen beſtehende Schulz-Turbine neuerer Konſtruktion für Dynamoantrieb. Für den Fall der Benutzung des Ueberdruckprinzips wendet Schulz zur Aufhebung des Axialſchubs an Stelle der Parſonsſchen Ausgleichkolben das ebenſo bemerkenswerte wie einfache Mittel an, die Turbine in einen Hoch- und Niederdruckteil zu zerlegen und beide in entgegengeſetzter Richtung vom Dampfe durchſtrömen zu laſſen, ſo daß die axialen Schübe einander entgegenwirken und ſich gänzlich oder bis zu einem beliebigen Reſtbetrage kompenſieren. Die Union-Turbine (Fig. 38) hingegen ſtellt einen Verſuch dar, bei vertikaler Anordnung der Turbinenwelle den axialen Schub dem Gewichte der drehbaren Teile entgegenwirken zu laſſen und dieſes ſomit ganz oder teilweiſe aufzuheben, indem der Dampf die Turbine von unten nach oben durchſtrömt. Letztere iſt in ihrem Niederdruckteil als Ueberdruckturbine

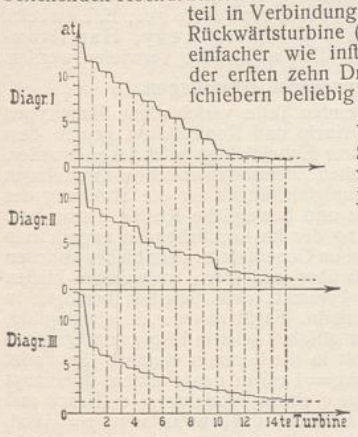


Fig. 36a. Indikatordiagramm (22. Jan. 1901).
Diagramm I: Die Leiträder 1—10 erhalten $^1/_6$ Durchgang; 1310 Umgänge.
Diagramm II: Die Leiträder 1, 5 und 10 erhalten $^1/_6$ Durchgang; 1440 Umgänge.
Diagramm III: Leitrad 1 erhält $^1/_6$ Durchgang; 1440 Umgänge.

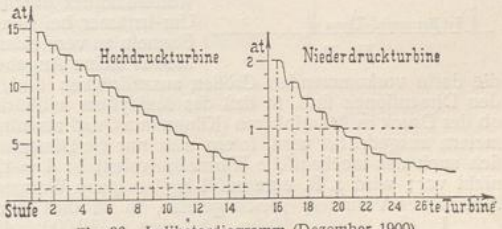


Fig. 36. Indikatordiagramm (Dezember 1900). 2050 Umgänge pro Minute.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

ausgebildet, der vierſtufige Hochdruckteil iſt aus Druckturbinen zuſammengeſetzt, wobei die Laufräder mit taſchenförmig in den Umfang eingefräſten peltonartigen Schaufeln verſehen ſind und tangentialer Beaufſchlagung unterliegen. Letztere iſt im Anfange eine partielle und nimmt mit fortſchreitender Expanſion zu, um ſich beim Eintritte in die Niederdruckturbine über den ganzen Umfang zu erſtrecken.

Es hat dies den Vorteil, von Anfang an mit großem Raddurchmeſſer und hoher Um-

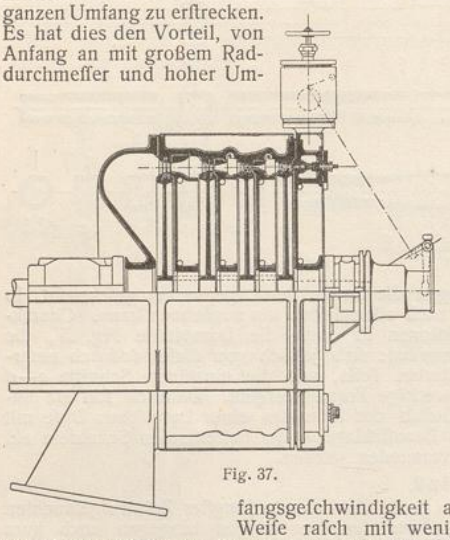


Fig. 37.

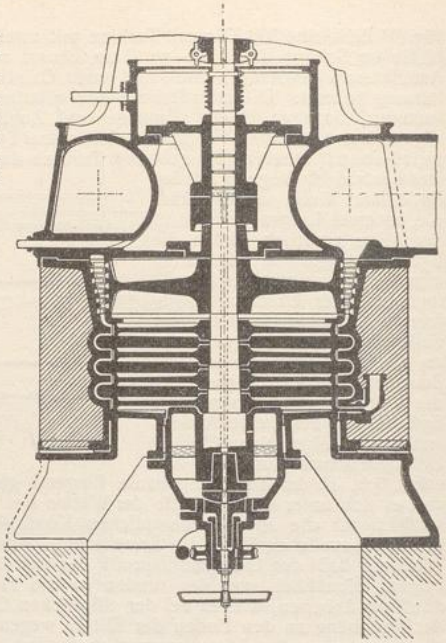


Fig. 38.

fangsgeſchwindigkeit arbeiten und das disponible Gefälle auf dieſe Weiſe raſch mit wenig Rädern aufarbeiten zu können; denn käme das Ueberdruckprinzip bereits bei den erſten Stufen zur Anwendung, ſo würden ſich infolge des noch geringen ſpezifiſchen Dampfvolumens bei der erforderlichen vollen Beaufſchlagung unzuläſſig geringe Schaufellängen ergeben, ſofern man nicht wie Parſons durch eine große Zahl von Druckſtufen die Dampfgeſchwindigkeit in niedrigen Grenzen hält. Bezüglich der weiteren Konſtruktionen und Beſtrebungen von Lindmarck, Breguet, Gelpke-Kugel, E. Lewicki, Nadrowski, Fullagar, Dolder, Levy, Hamilton-Holzwarth u. a. muß auf die Fachliteratur verwieſen werden.

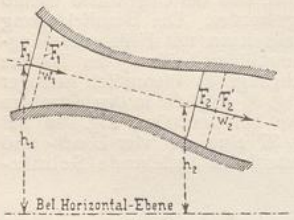


Fig 39.

Thermodynamiſche Grundlagen.

Nachdem im vorſtehenden Teile verſchiedene Haupttypen der Dampfturbine nach Prinzip und Konſtruktion gemäß dem gegenwärtigen Stande ihrer Entwicklung beſchrieben wurden, erübrigt es, die eigentlichen thermodynamiſchen Grundlagen nachzutragen und die Hauptgleichungen für die Strömung des Waſſerdampfes durch feſte und bewegliche Kanäle anzugeben. Um Irrtümer bei Benutzung der im nachſtehenden angeführten Formeln zu vermeiden, die im Gegenſatz zu dem bisher üblichen Modus keine Angaben darüber enthalten, in welchen Maßen die darin vorkommenden Größen auszudrücken ſind, ſei bemerkt, daß dieſelben homogen in den Dimenſionen ſind, ſo daß das Maßſyſtem willkürlich bleibt. Es iſt daher z. B. gleichgültig, ob der Druck in Atmoſphären (Kilogramm/Quadratzentimeter abſolut) oder in Kilogramm/Quadratmetern ausgedrückt wird, ſofern man nur die Dimenſion mit in die Formeln einführt. So findet ſich auch das mechaniſche Wärmeäquivalent $1 : A = 424\ \text{mkg} = 1\ \text{cal}$ in den Formeln überhaupt nicht vor; wird z. B. eine auf 1 kg bezogene Wärmemenge i einem Produkte $p \cdot v$ (Druck mal ſpezifiſches Volumen) gleich geſetzt, ſo iſt dies ſo zu verſtehen, daß, wenn etwa $p = 10$ at, $v = \frac{1}{10}\frac{\text{cbm}}{\text{kg}}$ iſt, $i = \frac{10\ \text{kg}}{\text{qcm}} \cdot \frac{1}{10}\frac{\text{cbm}}{\text{kg}} = \frac{10000}{424} \cdot \frac{424\ \text{mkg}}{\text{kg}} = 23{,}58\frac{\text{cal}}{\text{kg}}$ wird. Dadurch fallen die ſchleppenden Angaben über die zu benutzenden Maße fort, und die Formeln erlangen ſelbſtändige Gültigkeit. Gegeben ſei ein ruhendes Rohr Fig. 39 mit veränderlichem Querſchnitte, durch das Dampf im Beharrungszuſtande ſtröme [26]. Die Bewegung erfolge in benachbarten Stromfäden ſo gleichartig, daß die Einführung von Mittelwerten für die den einzelnen Querſchnitten zukommenden Zuſtandsgrößen des Dampfes gerechtfertigt erſcheint. In dieſem Sinne ſei in einem beliebigen Querſchnitte F_1 w_1 die Dampfgeſchwindigkeit, p_1 der Druck, v_1 das ſpezifiſche Volumen, u_1 die innere Energie oder Arbeitsfähigkeit, h_1 die Höhe über einem beliebig gewählten Horizontalniveau. Die für einen beliebigen zweiten Querſchnitt F_2 geltenden entſprechenden Größen mögen mit dem Zeiger 2 behaftet ſein. Iſt dann G das pro Sekunde durch jeden Querſchnitt ſtrömende Dampfgewicht, ſo gilt die Kontinuitätsgleichung:

$$G = \frac{F_1 w_1}{v_1} = \frac{F_2 w_2}{v_2}. \qquad 1.$$

Nun denke man sich den zwischen den Querschnitten F_1 und F_2 befindlichen Teil des Dampfstromes von dem vorausgehenden und nachfolgenden gewissermaßen durch ideelle Scheidewände abgetrennt und zu zwei unendlich benachbarten Zeitpunkten betrachtet. Während der Zeit dt rückt der Querschnitt F_1 um das Stück $w_1\,dt$ nach F_1', F_2 um $w_2\,dt$ nach F_2' vor. Dabei erhält das betrachtete Dampfabteil Energiezufuhr von außen. Als solche ist zu nennen: 1. etwa von außen zugeführte Wärme; dieselbe betrage $Q_{12}\cdot G\,dt$ (durch Abkühlung entzogene Wärme wäre negativ in Rechnung zu stellen); 2. die Arbeit $F_1 p_1 w_1\,dt - F_2 p_2 w_2\,dt$, die von der nachfolgenden und der vorausgehenden Dampfsäule geleistet wird. Die Summe dieser Arbeiten muß sich in der Erhöhung des Energieinhaltes des Dampfes wieder finden. Dieser setzt sich aus der Summe der Energieinhalte aller einzelnen Teile zusammen. Dem vorausgesetzten Beharrungszustande entsprechend birgt nun der zwischen F_1' und F_2 befindliche Raum zu Ende der Zeit dt Dampf von genau derselben Menge und Beschaffenheit wie zu Anfang, wenn auch einige Dampfteilchen ausgetreten, andre neu eingetreten sind. Bei einem Vergleiche des Energieinhaltes der zwischen F_2' und F_1' zur Zeit dt enthaltenen Dampfmenge mit demjenigen der zu Anfang zwischen F_1 und F_2 enthalten gewesenen fällt daher der Energieinhalt des zwischen F_1' und F_2 befindlichen Teiles aus der Betrachtung heraus, und die gesuchte Energiedifferenz ergibt sich als Ueberschuß der Energiemenge des zwischen F_2 und F_2' eingeschlossenen Dampfes gegenüber derjenigen, die der von F_1 und F_1' begrenzte Teil besitzt. Die Energie jedes der beiden Teile besteht nun aus den drei Summanden: innere Energie $G\,dt\cdot u$, kinetische Energie $G\,dt\,\frac{w^2}{2g}$ und potentielle Energie $G\,dt\cdot h$, so daß als gesuchte Energiedifferenz erscheint:

$$G\,dt\,(u_2-u_1)+G\,dt\,\frac{w_2^2-w_1^2}{2g}+G\,dt\,(h_2-h_1).$$

Man hat daher die Gleichung

$$Q_{12}\,G\,dt+F_1 p_1 w_1\,dt-F_2 p_2 w_2\,dt=G\,dt\,(u_2-u_1)+G\,dt\,\frac{w_2^2-w_1^2}{2g}+G\,dt\,(h_2-h_1).$$

Durch Division mit $G\,dt$ folgt unter Beachtung von Gleichung 1.:

$$Q_{12}=u_2+p_2 v_2-(u_1+p_1 v_1)+\frac{w_2^2-w_1^2}{2g}+h_2-h_1,$$

welche Gleichung man unter Einführung des Begriffes der Erzeugungswärme $i=u+p\cdot v$ [27] d. h. derjenigen Wärme, die zur Erzeugung von 1 kg Dampf bei unverändertem Drucke p aus Wasser von 0° erforderlich ist, in der Form $Q_{12}=i_2-i_1+\frac{w_2^2-w_1^2}{2g}+h_2-h_1$ schreiben kann. In dieser Gleichung macht man nun stets die durchaus zulässige Annahme, daß die Differenz h_2-h_1 gegenüber den andern in der Gleichung auftretenden Größen als verschwindend klein vernachlässigt werden darf, und hat damit

$$Q_{12}=i_2-i_1+\frac{w_2^2-w_1^2}{2g}. \qquad 2.$$

Zu beachten ist, daß diese Beziehung einschließlich aller etwaigen Reibungs- oder Strömungswiderstände gilt. Hätte man den Dampf auf dem Wege von F_1 nach F_2 etwa durch eine Turbine geschickt und ihn somit gezwungen, während der Zeit dt die Arbeit $V_{12}\,G\,dt$ nach außen abzugeben, so würde diese Energiemenge noch in Abzug zu bringen gewesen sein, und die erweiterte Gleichung hätte, immer unter Voraussetzung des Beharrungszustandes,

$$Q_{12}-V_{12}=i_2-i_1+\frac{w_2^2-w_1^2}{2g} \qquad 2\,a.$$

gelautet. In Gleichung 2. darf nun im allgemeinen stets $Q_{12}=0$ gesetzt werden, was zu

$$0=i_2-i_1+\frac{w_2^2-w_1^2}{2g} \qquad 2\,b.$$

führt. Die Gleichung 2b. im Verein mit Gleichung 1. genügt nicht, um den Strömungsvorgang festzulegen, es erübrigt noch der Reibung [26], [28] Rechnung zu tragen. Dies kann auf Grund folgender Ueberlegung geschehen [29]: Sei in der schematischen Anordnung Fig. 40 A ein Sammelbehälter, von dem aus Dampf (oder Gas) vom Zustande $p_1 v_1$ durch die Düse B gegen die Turbine C ströme. Nach Abgabe der Arbeit V_{12} pro Kilogramm an die Turbine erfülle er als ruhender Dampf vom Zustande $p_2 v_2$ die Kammer D. Der Kolben F im Zylinder E sauge ihn bei unverändertem Drucke p_2 an (Zustandslinie 6 2), komprimiere ihn isotherm längs 2 3, dann adiabatisch längs 3 4, wobei in 4 die Anfangstemperatur T_1 erreicht sei. Die Isotherme 4 1 führe auf den Anfangszustand $p_1 v_1$ zurück. Von 1 ab werde der Dampf bei konstantem Drucke p_1 auf dem Wege 1 5 in den Sammelraum A hineingedrückt, wodurch in diesem wieder dieselbe Menge Dampf wie zu Anfang enthalten ist. Der ganze Vorgang ist kontinuierlich zu denken, so daß der Beharrungszustand ständig aufrechterhalten wird. Von einer Wärmeabgabe nach außen sei abgesehen und der Betrachtung 1 kg Dampf zugrunde gelegt. Dasselbe leistet insgesamt die Arbeit

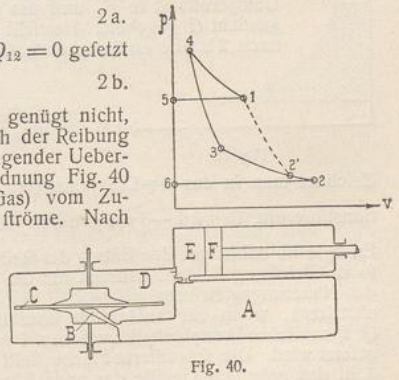


Fig. 40.

$$V_{12}+\int_6^3 p\,dv+\int_3^4 p\,dv+\int_4^5 p\,dv+\int_1^5 p\,dv,$$

wobei $\int_6^2 p\,dv=p_2 v_2$, $\int_1^5 p\,dv=-p_1 v_1$, und nach 2a. wegen Q_{12}, w_2 und $w_1=0$

$$V_{12}=i_1-i_2 \qquad 2\,c.$$

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

gesetzt werden darf. Diese Arbeitssumme kann nicht größer sein als die Arbeit L des entsprechenden, d. h. zwischen den gleichen Temperaturgrenzen liegenden, nach oben von der Isotherme 4 1 begrenzten Carnotschen Prozesses [30]. Legt man durch 1 die Adiabate 1 2′ bis zum Schnitte 2′ mit der Isotherme 2 3, so ist

$$L = \int_1^{2'} p\,dv + \int_{2'}^{3} p\,dv + \int_3^4 p\,dv + \int_4^1 p\,dv, \text{ und es folgt}$$

$$i_1 - i_2 + p_2 v_2 + \int_2^3 p\,dv + \int_3^4 p\,dv + \int_4^1 p\,dv - p_1 v_1 + Z_{12} = \int_1^{2'} p\,dv + \int_{2'}^3 p\,dv + \int_3^4 p\,dv + \int_4^1 p\,dv,$$

wobei Z_{12} der stets positive Energieverlust ist. Da bei adiabatischer Expansion die geleistete Arbeit gleich der Abnahme der inneren Energie ist, wird $\int_1^{2'} p\,dv = u_1 - u_2'$. Berücksichtigt man ferner $i_1 - p_1 v_1 = u_1$, $i_2 - p_2 v_2 = u_2$ und $\int_{2'}^3 p\,dv - \int_2^3 p\,dv = \int_{2'}^2 p\,dv$, so folgt

$$Z_{12} = u_2 - u_2' + \int_{2'}^2 p\,dv.$$

Die rechte Seite ist der Ausdruck für die auf der Isotherme 3 2 längs des Weges 2′ 2 zugeführte Wärmemenge $Q_2'_2$, so daß endlich $Z_{12} = Q_2'_2$ wird. Da Z_{12} stets positiv ist, kann 2 nie links, sondern stets nur rechts von 2′ liegen. Fällt 2 mit 2′ zusammen, so wird $Q_2'_2$ und damit Z_{12} Null und man hat das Maximum der Arbeit erhalten. Dasselbe wird nach 2c.

$$V_{12}\,\text{max.} = i_1 - i_2'. \qquad 2\,c'.$$

Dies ist nach der obigen Bezeichnungsweise das gegebene oder disponible Gefälle. Insofern der Dampf im Punkte 2′ naß ist, ist die Isotherme in 2′ mit der Isobare identisch und man kann von einem gegebenen Gegendrucke sprechen, obgleich das, wodurch man in der Dampfausnutzung nach unten zu begrenzt ist (abgesehen von Auspuffmaschinen), nicht der Druck, sondern die Temperatur ist. Man kann daher, da der Endzustand des Dampfes in der Regel stets innerhalb des Sättigungsgebietes liegen wird, das Gefälle als die Abnahme der Erzeugungswärme zwischen dem Anfangszustande und dem durch adiabatische Expansion auf den Gegendruck erlangten Endzustand definieren. Mit T_2 als unterer absoluter Temperatur, s_2 als Entropie in 2, s_1 als Entropie in 1 bezw. 2′ schreibt sich der Energieverlust Z_{12} auch $Z_{12} = T_2 (s_2 - s_1)$. Würde man in Fig. 40 die wahre, die Punkte 1 und 2 verbindende Zustandskurve sowie eine Schar von Adiabaten einzeichnen, so müßten diese von jener stets im Sinne wachsender Entropie geschnitten werden, d. h. die Zustandsänderung des Dampfes erfolgt, als würde ihm von außen Wärme zugeführt. Diese scheinbar zugeführte Wärme definiert man als Reibungswärme und macht daher für die Strömung des Dampfes durch ein Rohr oder eine Turbine den Ansatz $dR = du + p\,dv = di - v\,dp$ oder in Integralform

$$R_{12} = u_2 - u_1 + \int_1^2 p\,dv = i_2 - i_1 - \int_1^2 v\,dp, \qquad 3.$$

worin dR bezw. R_{12} die stets positive Reibungswärme repräsentiert. Bei der Strömung des Dampfes durch ein Rohr stelle R_{12} die zwischen den Querschnitten F_1 und F_2 entwickelte Reibungswärme vor. Die Gleichungen 1., 2b. und 3. bestimmen im allgemeinen den Ausfluß des Dampfes durch Rohre, sobald über R_{12} Annahmen gemacht werden. Es sei F_1 sehr groß und w_1 als verschwindend klein zu vernachlässigen. Ferner sei der Dampfzustand in F_1 und das pro Sekunde durch jeden Querschnitt gehende Dampfgewicht G gegeben. Herrscht dann in einem Querschnitte F_2 der Druck p_2, so ist nach 2b. die entsprechende Geschwindigkeit w_2 an die Bedingung geknüpft

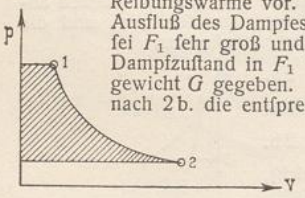


Fig. 41.

$$\frac{w_2^2}{2g} = i_1 - i_2, \qquad 2\,d.$$

und die Verbindung mit Gleichung 3. gibt

$$\frac{w_2^2}{2g} = -\int_1^2 v\,dp - R_{12}. \qquad 4.$$

Zeichnet man in das p/v-Diagramm (Fig. 41) die vom Anfangszustande $p_1 v_1$ ausgehende Expansionslinie ein, so wird $-\int_1^2 v\,dp$ durch die schraffierte Fläche dargestellt. Die erzeugte kinetische Energie ist daher um den Betrag der Reibungsarbeit kleiner als diese Fläche. Ist R_{12} gleich Null, so ist Gleichung 3. der Ausdruck für die adiabatische Zustandsänderung, die nach Zeuner [26a] der Näherungsgleichung

$$p \cdot v^n = \text{const} \qquad 5.$$

unterliegt, wenn für anfänglich überhitzten Dampf $n = 1{,}333$, für nassen $n = 1{,}035 + 0{,}1\,x$ (x spezifischer Dampfgehalt zwischen 1 und 0,7), somit für trocken gesättigten Dampf $n = 1{,}135$ gesetzt wird. Die schraffierte Fläche stellt alsdann die erzeugte kinetische Energie pro Kilogramm, d. h. das gegebene Gefälle dar und ist, wie ersichtlich, mit der Arbeit einer verlustfreien Dampfmaschine identisch, für deren Berechnung bei anfänglich gesättigtem Dampfe Mollier die Näherungsformel

$$-\int_1^2 v\,dp = = \frac{\log p_1 - \log p_2}{6{,}87 - 0{,}9 \log p_2/\text{at}} \cdot 637\ \text{cal/kg}$$

gegeben hat. Bei Benutzung von Gleichung 5. erhält man hingegen

$$-\int_1^2 v\,dp = \frac{n p_1 v_1}{n-1}\left(1 - \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{n-1}{n}}\right), \qquad 4a.$$

so daß

$$w_2 = \sqrt{\frac{2 g n p_1 v_1}{n-1}\left(1 - \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{n-1}{n}}\right)} \text{ folgt [31].} \qquad 6.$$

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Da nach 5. $v_2 = v_1 \left(\frac{p_1}{p_2}\right)^{\frac{1}{n}}$ iſt, wird nach 1.

$$G = \frac{F_2 w_2}{v_2} = F_2 \sqrt{\frac{2 g n}{n-1} \frac{p_1}{v_1} \left[\left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{2}{n}} - \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{n+1}{n}}\right]}, \qquad 7.$$

welche Formel umgekehrt bei gegebenem F_2 und p_2 zur Berechnung der Ausflußmenge G benutzt werden kann. Der Wurzelausdruck beſitzt als Funktion von p_2 ein Maximum, das durch Differentiation leicht zu

$$\sqrt{\frac{g n p_1}{v_1} \left(\frac{2}{n+1}\right)^{\frac{n+1}{n-1}}}$$

erhältlich iſt und bei dem ſogenannten kritiſchen Drucke

$$p_m = p_1 \left(\frac{2}{n+1}\right)^{\frac{n}{n-1}} \qquad 8.$$

$$= 0{,}5774\ p_1, \quad \text{für } n = 1{,}135 \qquad 8\,a.$$

$$= 0{,}5396\ p_1, \quad \text{für } n = 1{,}333 \qquad 8\,b.$$

eintritt. Da das Produkt aus F_2 und dem Wurzelausdruck für alle Stellen des Rohres nach 7. konſtant iſt, muß F_2 bis zu einem Minimum ab- und dann wieder zunehmen, wobei ſich im engſten Querſchnitte F_m der kritiſche Druck einſtellen muß, wenn die Expanſion bis unter den kritiſchen Druck erfolgen ſoll. Sonach wird

$$G = F_m \sqrt{\frac{g n p_1}{v_1} \left(\frac{2}{n+1}\right)^{\frac{n+1}{n-1}}} \qquad 9.$$

und die Geſchwindigkeit im engſten Querſchnitte auf Grund von 6. und 8.

$$w_m = \sqrt{\frac{2 g n p_1 v_1}{n+1}}. \qquad 10.$$

Im Falle anfänglich geſättigten Dampfes ($n = 1{,}135$) wird

$$G = 19{,}91 \frac{F_m}{\text{qcm}} \sqrt{\frac{p_1/\text{at}}{v_1/\frac{\text{cbm}}{\text{kg}}}}\ \text{gr/sec} \qquad 9\,a.$$

$$w_m = 323 \sqrt{\frac{p_1}{\text{at}} \frac{v_1}{\frac{\text{cbm}}{\text{kg}}}}\ \text{m/sec}. \qquad 10\,a.$$

Nimmt man noch die Zeunerſche Näherungsgleichung der Grenzkurve [26b]

$$\left(\frac{p}{\text{at}}\right)\left(\frac{v}{\text{cbm/kg}}\right)^{1{,}0646} = 1{,}7617 \qquad 11.$$

zu Hilfe, ſo gehen 9a. und 10a. über in

$$G = \frac{F_m}{\text{qcm}} 15{,}26 \left[\frac{p_1}{\text{at}}\right]^{0{,}9696}\ \text{gr/sec} \qquad 9\,b.$$

$$w_m = 421{,}4 \left[\frac{p_1}{\text{at}}\right]^{0{,}0303}\ \text{m/sec}. \qquad 10\,b.$$

Für praktiſche Zwecke als ſehr bequem und hinreichend genau empfiehlt ſich auch zur Berechnung von G ſtatt 9b. die Näherungsformel

$$G = \frac{F_m}{\text{qcm}} \left(\frac{p_1}{\text{at}}\right)\left[15{,}26 - 1{,}07 \log\left(\frac{p_1}{\text{at}}\right)\right]\ \text{gr/sec}. \qquad 9\,b'.$$

Bei überhitztem Dampf $n = 1{,}333$ wird

$$G = 21{,}09 \frac{F_m}{\text{qcm}} \sqrt{\frac{p_1/\text{at}}{v_1/\text{cbm/kg}}}\ \text{gr/sec}, \qquad 9\,c.$$

$$w_m = 334{,}8 \sqrt{\frac{p_1}{\text{at}} \cdot \frac{v_1}{\text{cbm/kg}}}\ \text{m/sec}. \qquad 10\,c.$$

Fällt der engſte Querſchnitt des Rohres mit dem Ausſtrömungsquerſchnitte zuſammen, hat man es alſo z. B. mit einer konvergenten Düſe oder gut abgerundeten Mündung zu tun, und iſt p_0 der Gegendruck, d. h. der Druck in der den ausſtrömenden Dampf aufnehmenden Vorlage, ſo ſtellt ſich dieſer im Endquerſchnitte ein, ſofern er größer oder gleich p_m iſt. In dieſem Falle gelten die Formeln 6. und 7. mit $p_2 = p_0$. Für ſehr kleine Druckdifferenzen iſt es zuläſſig, in 4. für die Fläche $-\int_1^2 v\,dp$ $v_1 (p_1 - p_0)$, d. h. ein Rechteck zu ſetzen. Damit tritt an Stelle von 6.

$$w_2 = \sqrt{2 g p_1 v_1 \left(1 - \frac{p_0}{p_1}\right)} \qquad 6\,a.$$

$$\text{bezw. } w_2 = 579 \left(\frac{p_1}{\text{at}}\right)^{0{,}03} \cdot \sqrt{1 - \frac{p_0}{p_1}}\ \text{m/sec} \qquad 6\,b.$$

für anfänglich trocken geſättigten Dampf.

Iſt jedoch $p_0 \leq p_m$, ſo kann der Dampf mangels einer Querſchnittseinſchnürung mit darauf folgender Erweiterung nicht bis auf p_0 expandieren, ſondern es ſtellt ſich, unabhängig von p_0, der kritiſche Druck p_m im Endquerſchnitte ein, und die Formeln 9. und 10. bezw. 9a., 10a., 9b. und 10b. treten in Kraft. Aus den beiden letztgenannten geht hervor, daß alsdann die Ausflußmenge bei zu Beginn geſättigtem Dampfe dem Anfangsdrucke p_1 nahezu proportional iſt,

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

während die Ausſtrömgeſchwindigkeit von p_1 faſt unabhängig iſt und im Mittel 450 m/sec beträgt (Schallgeſchwindigkeit für Dampf vom Expanſionsendzuſtande). Auf beide hat dann die Größe von p_0 keinen Einfluß. — Fällt der engſte Querſchnitt F_m jedoch nicht mit dem Ausſtrömungsquerſchnitte F_2 zuſammen, ſondern liegt eine ſich nach einer Einſchnürung wieder erweiternde Düſe vor, ſo beſtimmen Gleichung 7. und 9., aus denen man ſich G eliminiert denken kann, zuſammen einen Druck p_2 (ſtreng genommen 2, da die ſich ergebende Gleichung 2 reelle Wurzeln beſitzt [32]), der mit p_0 z. B. bei einer richtig konſtruierten Laval-Düſe identiſch ſein muß. Bei einer ſolchen beſtimmt ſich danach das Erweiterungsverhältnis [1a], d. h. das Verhältnis zwiſchen Austrittsquerſchnitt F_0 und engſtem Querſchnitt F_m nach 7. und 9. zu

$$\frac{F_0}{F_m} = \sqrt{\frac{\frac{n-1}{2}\left(\frac{2}{n+1}\right)^{\frac{n+1}{n-1}}}{\left(\frac{p_0}{p_1}\right)^{\frac{2}{n}} - \left(\frac{p_0}{p_1}\right)^{\frac{n+1}{n}}}} \qquad 12.$$

$$= \frac{0{,}155}{\sqrt{\left(\frac{p_0}{p_1}\right)^{1{,}762} - \left(\frac{p_0}{p_1}\right)^{1{,}881}}} \quad \text{für } n = 1{,}135, \qquad 12\,a.$$

während das Verhältnis der Ausſtrömgeſchwindigkeit w_0 zur Geſchwindigkeit im engſten Querſchnitte w_m durch Diviſion von 6. und 10. mit $w_2 = w_0$ zu

$$\frac{w_0}{w_m} = \sqrt{\frac{n+1}{n-1}\left[1 - \left(\frac{p_0}{p_1}\right)^{\frac{n-1}{n}}\right]} \qquad 13.$$

$$= 3{,}9768\sqrt{1 - \left(\frac{p_0}{p_1}\right)^{0{,}1189}} \quad \text{für } n = 1{,}135 \qquad 13a.$$

folgt. Auf Grund der Formeln 8a., 9a., 10a., 12a. und 13a. hat Zeuner [1a] für eine Reihe von Anfangsdrücken p_1 bezw. Druckverhältniſſen $\frac{p_0}{p_1}$ die beiden nachſtehenden Tabellen berechnet, die ſonach nur für anfänglich geſättigten Dampf gelten und von denen die erſte hier noch um die drei letzten Spalten erweitert worden iſt.

p_1/at	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
p_m/at	2,887	3,465	4,042	4,619	5,197	5,774	6,352	6,929	7,506	8,084	8,661
$\frac{G}{F_m}$ / $\frac{\text{grsec}^{-1}}{\text{qcm}}$	72,7	86,7	100,7	114,6	128,5	142,3	156,1	169,8	183,5	197,2	210,8
w_m/msec^{-1}	442,4	444,9	447,0	448,8	450,4	451,8	453,1	454,3	455,5	456,5	457,4

$\frac{p_1}{p_0}$	2	4	6	8	10	20	50	60	70	80	90	100
$\frac{F_0}{F_m}$	1,015	1,349	1,716	2,069	2,436	3,966	7,980	9,163	10,395	11,555	12,690	13,802
$\frac{w_0}{w_m}$	1,119	1,550	1,742	1,861	1,924	2,177	2,426	2,469	2,505	2,535	2,560	2,583
$\sqrt{\frac{F_0}{F_m}}$	1,007	1,161	1,310	1,438	1,561	1,991	2,825	3,027	3,224	3,399	3;562	3,715

Die letzte Zeile der zweiten Tabelle gibt für kreisförmige Düſenquerſchnitte das Durchmeſſerverhältnis von F_0 und F_m an. Sinkt bei einer Laval-Düſe der Gegendruck p_0 unter den der Düſenerweiterung entſprechenden Druck p_2, ſo erfolgt die Expanſion demungeachtet innerhalb der Düſe nur bis zum Drucke p_2, und die maximale Geſchwindigkeit wird wegen ungenügender Düſenerweiterung im Austrittsquerſchnitte nicht erreicht; iſt endlich $p_0 > p_2$, ſo treten Verhältniſſe ein, die erſt in neuerer Zeit durch die experimentellen Unterſuchungen Stodolas eine Klärung erfahren haben und deren theoretiſche Erklärung auf der Vorausſetzung einer Unſtetigkeit im Expanſionsvorgange, dem ſogenannten Verdichtungsſtoße, baſiert, auf den weiter unten eingegangen werden ſoll. Vorerſt mögen die vorſtehenden Entwicklungen dahin eine Erweiterung erfahren, daß von der beſchränkenden Annahme polytropiſcher Expanſion (Gleichung 5.) abgeſehen werden und von den allgemeinen Gleichungen zunächſt immer noch unter der Vorausſetzung reibungsfreier Strömung Gebrauch gemacht werden ſoll. Da gilt es zunächſt für einen gegebenen Anfangszuſtand des Dampfes und gegebenen Gegendruck das Gefälle zu berechnen, was nach Gleichung 2c. zu erfolgen hat. Dieſe ſetzt die Kenntnis der Erzeugungswärme i voraus, die ſich, ſofern alle Größen der linken Grenzkurve mit einem Strich, alle Größen der rechten Grenzkurve mit zwei Strichen bezeichnet werden, nach den Formeln berechnet: a) bei naſſem Dampf $i = i' + x(i'' - i') = i'' - y(i'' - i')$ 14.
(x ſpezifiſcher Dampfgehalt, $y = 1 - x$ ſpezifiſche Dampfnäſſe); b) bei überhitztem Dampfe

$$i = i'' + c_p(t - t'') \qquad 15.$$

(c_p ſpezifiſche Wärme bei konſtantem Druck, t Temperatur nach Celſius). Die auf die Grenzkurven bezüglichen Werte finden ſich in den Regnault-Zeunerſchen Dampftabellen mit großer Genauigkeit angegeben, mit Bezug auf die Zeunerſchen Bezeichnungsweiſen iſt i'' mit der Geſamtwärme λ, i' mit der Flüſſigkeitswärme q praktiſch identiſch, $i'' - i'$ wird gewöhnlich als Verdampfungswärme r bezeichnet. Ueber die Größe c_p fehlen noch in der Literatur

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

einwandfreie Angaben. Als Mittel aus Verſuchen von Regnault [33] ſetzt man meiſt mit Zeuner

$$c_p = 0{,}4805, \tag{16.}$$

obgleich c_p ſicher keine Konſtante iſt [34].

Die Entropie s, die während der adiabatiſchen Expanſion auf den Gegendruck konſtant bleibt, wird berechnet nach den Beziehungen: a) bei naſſem Dampf:

$$s = s' + x\frac{(i'' - i')}{T''} = s'' - y\frac{i'' - i'}{T''}, \tag{17.}$$

worin s' und s'' wieder den Dampftabellen zu entnehmen ſind, b) bei überhitztem Dampf:

$$s = s'' + 0{,}4805 \log n \frac{T}{T''}. \tag{18.}$$

Die Elimination von x bezw. y aus 14. und 17. führt zu der neuen Gleichung

$$i = (s - s')\,T'' + i' \text{ (naſſer Dampf)}, \tag{19.}$$

diejenige von t bezw. T aus 15. und 18. zu

$$i = \left(e^{\frac{s - s''}{0{,}4805}} - 1\right) 0{,}4805\,T'' + i'' \text{ (überhitzter Dampf)}. \tag{20.}$$

Die genaue Berechnung des Gefälles auf Grund von 2c. muß nun in der Weiſe erfolgen, daß zunächſt die Erzeugungswärme i_1 nach 14. bezw. 15. ermittelt wird. Dann berechnet man die zugehörige Entropie nach 17. bezw. 18, ſetzt ſie in 19. bezw. 20. ein und findet daraus bei bekanntem p_2 den Wert von i_2 im Expanſionsendzuſtande. Damit hat man das Gefälle $i_1 - i_2$ und ſomit die maximale kinetiſche Energie $\frac{w_2^2}{2g}$. Dieſe immerhin umſtändlichen Rechnungen zu vermeiden, tritt nun die graphiſche Darſtellung in ihr Recht, und hier iſt vor allem das Diagramm der Erzeugungswärme von Mollier [27] zu nennen, das jedes Gefälle unmittelbar als Strecke abzuleſen geſtattet. Bei demſelben findet ſich die Erzeugungswärme i als Funktion der Entropie s aufgetragen. Jeder adiabatiſchen Zuſtandsänderung entſpricht eine Parallele zur Ordinatenachſe, von einem gegebenen Anfangszuſtande ausgehend, hat man daher nur eine ſolche Parallele bis zur Linie des Gegendruckes zu ziehen und die Ordinatendifferenz abzugreifen. Ein beigegebener Maßſtab der Geſchwindigkeit gibt ſofort die erlangte Endgeſchwindigkeit w_2 an. Weitergehende Rechnungen ſetzen die Kenntnis der ſpezifiſchen Volumina des Waſſerdampfes voraus. Dieſe fallen unter die Gleichungen

a) bei naſſem Dampfe:

$$v = v' + x\,(v'' - v') = v'' - y\,(v'' - v'); \tag{21.}$$

b) bei überhitztem Dampfe nach Zeuner [26c]:

$$v = v'' + \frac{0{,}0050933}{p/\text{at}}\,(t - t'')\ \text{cbm/kg}, \tag{22.}$$

nach Batelli-Tumlirz [35]:

$$\frac{v}{\text{cbm/kg}} = \frac{0{,}0046698\,T}{p/\text{at}} - 0{,}008402. \tag{22a.}$$

Die Elimination von x bezw. y aus 14. und 21., ferner diejenige von t bezw. T aus 15. und 22. führt zu den neuen Gleichungen: a) bei naſſem Dampfe:

$$v = v'' + \frac{0{,}0106}{p/\text{at}}\,\frac{i - i''}{\text{cal/kg}}\ \text{cbm/kg}; \tag{23.}$$

b) bei überhitzem Dampfe:

$$i = \frac{v''\,i' - v'\,i''}{v'' - v'} + v\,\frac{i'' - i'}{v'' - v'}. \tag{24.}$$

Auch die numeriſche Auswertung dieſer Gleichungen umgeht man beſſer durch die graphiſche Darſtellung. Dieſem Zwecke dient die thermodynamiſche Rechentafel [36], deren Wiedergabe in verkleinertem Maßſtabe Fig. 42 bringt und welche außer den Gleichungen 23. und 24. die Beziehungen 1., 2c., 8a., 14., 15., 19. und 20. ohne Rechnung auszuwerten geſtattet. Dieſelbe zeigt eine Anzahl Skalen, von denen in der Regel je drei zuſammengehören. Jeder Skala iſt am einen Ende ihre Bedeutung angeſchrieben. So bezieht ſich z. B. die oberſte horizontale Skala auf die Entropie überhitzten und naſſen Waſſerdampfes, wobei jedem Entropiewerte zwiſchen 1,4 und 2,1 cal/kg ein beſtimmter Punkt derſelben entſpricht. Gehören nun drei Skalen zuſammen — das Kennzeichen dafür iſt, daß der Bedeutung der einen von ihnen die Bedeutungen der beiden andern in Klammer beigefügt ſind, z. B. ι, t und $\overset{p}{(i,\,t)}$ —, ſo liegen je drei einander nach den obigen Gleichungen entſprechende Punkte auf einer Geraden, und man kann ſtets einen von ihnen durch geradliniges Verbinden der beiden andern finden. Dabei iſt jeder Skala angeſchrieben, ob ſie ſich auf naſſen oder überhitzten Dampf bezieht. Am einfachſten wird ein Beiſpiel die Handhabung des Diagrammes dartun: Gegeben ſei überhitzter Dampf von 350° C. und 10 Atmoſphären, der in einer Düſe auf 2 Atmoſphären adiabatiſch expandiere. Geſucht ſei die Endgeſchwindigkeit und der pro Kilogramm/Sekunde Dampf erforderliche Endquerſchnitt. Man beſtimmt die anfängliche Erzeugungswärme durch geradliniges Verbinden der Punkte $t = 350°$ (unterſte horizontale Skala) mit $\overset{p}{(i,\,t)} = 10$ at (kleine horizontale Skala über der vorigen). Im Schnittpunkte mit der mittleren horizontalen i-Skala findet man $i = 743{,}5$ cal/kg. Letzterer Punkt, mit dem Punkte 10 der mit der Aufſchrift $\overset{p}{(i,\,s)}$ und „überhitzt“ verſehenen Skala verbunden, liefert auf der oberſten Skala die Entropie $s = 1{,}726$ cal/kg. Dieſe bleibt nun bei der adiabatiſchen Expanſion konſtant. Iſt der Dampf daher auf den Druck $p = 2$ Atmoſphären adiabatiſch herabexpandiert, ſo beſitzt er noch die nämliche Entropie, und die Erzeugungswärme

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

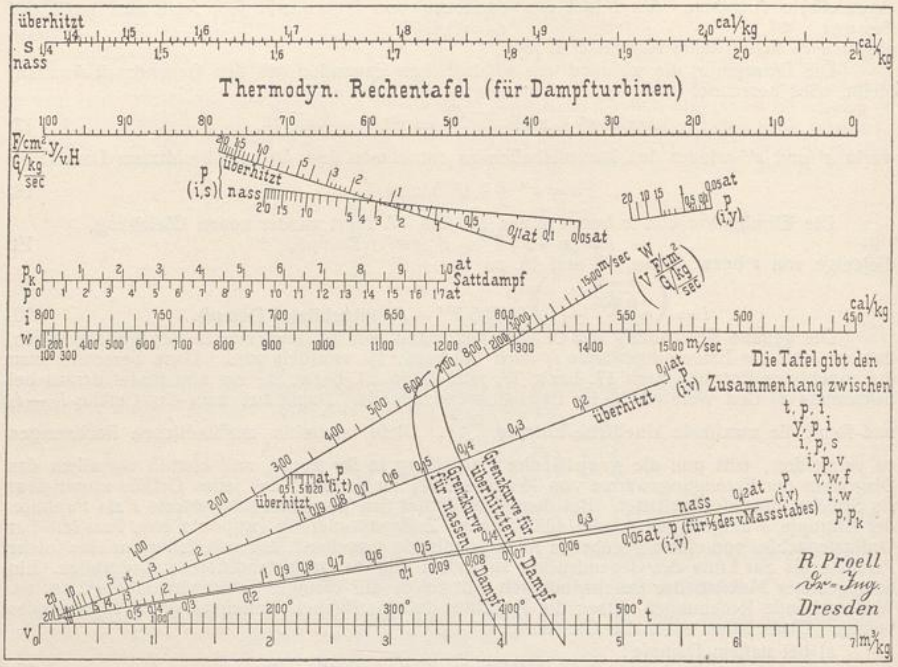


Fig. 42.

im Expanſionsendzuſtande wird gefunden, indem man die Punkte $s = 1{,}726$ cal/kg und $\overset{p}{(i,s)}$ überhitzt $= 2$ Atmoſphären verbindet. $i = 655$ cal/kg iſt das Reſultat, die Differenz $743{,}5 - 655 = 88{,}5$ cal/kg repräſentiert das Gefälle, das, in kinetiſche Energie umgeſetzt, auf die Geſchwindigkeit $w_2 = 859$ m/sec führt, wie man durch Abtragen der als Strecke dem i-Maßſtabe entnommenen Differenz von 88,5 cal/kg vom Anfangspunkte des mit jenem zuſammengelegten w-Maßſtabes unmittelbar ablieſt. Will man das ſpezifiſche Volumen im Endzuſtande ermitteln, ſo verbindet man die Punkte $i = 655$ cal/kg und $\overset{p}{(i,v)}$ überhitzt $= 2$ Atmoſphären und hat an der unterſten Skala $v = 0{,}95$ cbm/kg, das man nun in die Kontinuitätsgleichung 1. einſetzen könnte, um $\frac{F_2}{G}$, d. h. den Endquerſchnitt pro 1 kg/sec Dampf zu finden. Auch dieſe Rechnung entfällt durch Verbinden der Punkte $v = 0{,}95$ cbm/kg mit $\left(v\,\frac{F}{G}\right)^{w} = 859$, indem die Verbindungsgerade $\frac{F}{G} = 11{,}0$ qcm $\Big/ \frac{\text{kg}}{\text{sec}}$ liefert. Durch Expanſion auf einen Zwiſchendruck kann man einen Zwiſchenquerſchnitt und die in dieſem herrſchende Geſchwindigkeit beſtimmen, insbeſondere gibt die Expanſion bis auf den kritiſchen Druck den engſten Querſchnitt und damit die erforderliche Düſenerweiterung an. Für anfänglich geſättigten Dampf liefert die beigegebene Skala der kritiſchen Drücke zu jedem Anfangsdruck den zugehörigen kritiſchen Druck; man begeht nur einen unbedeutenden Fehler, wenn man auch bei überhitztem Dampf, für den Gleichung 8b. gelten würde, von ihr Gebrauch macht. Die beiden eingezeichneten Grenzkurven dienen dazu, naſſen und überhitzten Dampf getrennt zu halten, ſie haben die Eigenſchaft, daß jede Tangente an ſie auf den Skalen i, $\overset{p}{(i,s)}$ naß und s naß bezw. $\overset{p}{(i,s)}$ überhitzt und s überhitzt Werte ausſchneiden, die für den Sättigungszuſtand des Dampfes gelten. Liegt die Expanſionslinie nicht wie in obigem Beiſpiele völlig im Ueberhitzungs-, ſondern zum Teil auch im naſſen Gebiete, ſo unterſcheidet ſich die graphiſche Behandlung nur in einer Vertauſchung von mit „überhitzt“ bezeichneten Skalen mit ſolchen, welche die Aufſchrift „naß“ tragen, wobei der Uebergang aus dem Ueberhitzungs- ins naſſe Gebiet durch Tangierung der betreffenden Grenzkurze angezeigt wird.

Die rechneriſche Behandlung hat für den Fall teilweiſe ins Ueberhitzungs-, teilweiſe ins Sättigungsgebiet fallender Adiabate noch eine Erweiterung zu erfahren. Soweit die Beſtimmung des kritiſchen Druckes dabei in Frage kommt, iſt dieſe Erweiterung von Stodola [3a] gegeben worden. Kennzeichnet man durch den Zeiger s die Zuſtandsgrößen des Dampfes in dem Punkte, wo die Expanſionsadiabate aus dem Ueberhitzungs- ins Naßgebiet übertritt — mit Hilfe der erwähnten graphiſchen Darſtellungen, ſind dieſelben ohne Mühe zu ermitteln —,

fo ift nach 2d. für eine ins Naßgebiet fallende Geſchwindigkeit w $\frac{w^2}{2g} = (i_1 - i_s) + (i_s - i)$, wobei der zweite Summand der rechten Seite nach 4a.

$$i_s - i = \frac{n\, p_s\, v_s}{n-1}\left(1 - \left(\frac{p}{p_s}\right)^{\frac{n-1}{n}}\right)$$

mit $n = 1{,}135$ geſchrieben werden kann. Nach 1. muß ein Minimum von F mit einem Maximum von $\frac{w}{v}$ und damit auch von $\frac{w^2}{v^2}$ zuſammenfallen. Nach 5. iſt

$$v^2 = \left(\frac{p_s}{p}\right)^{\frac{2}{n}} v_s^2, \text{ und es folgt}$$

$$\frac{w^2}{v^2} = 2g\left[\frac{i_1 - i_s}{p_s^{\frac{2}{n}}\, v_s^2}\cdot p^{\frac{2}{n}} + \frac{n\, p_s\, v_s\, p^{\frac{2}{n}}}{v_s^2\, p_s^{\frac{2}{n}}(n-1)}\left(1 - \left(\frac{p}{p_s}\right)^{\frac{n-1}{n}}\right)\right].$$

Differentiation dieſes Ausdruckes nach p gibt die Bedingung des Maximums und ſomit des kritiſchen Druckes p_m:

$$p_m = p_s\left[\frac{2}{n+1}\left\{1 + \frac{n-1}{n}\,\frac{i_1 - i_s}{v_s\, p_s}\right\}\right]^{\frac{n}{n-1}}. \qquad 8c.$$

Liegt eine Ueberhitzung nicht vor, d. h. iſt $i_1 = i_s$, ſo gelangt man auf die Gleichung 8. Es erübrigt noch die zugehörige Geſchwindigkeit w_m und Ausflußmenge G bei gegebenem engſten Querſchnitt F_m anzugeben. Nach obigem iſt

$$\frac{w_m^2}{2g} = i_1 - i_s + \frac{n\, p_s\, v_s}{n-1}\left(1 - \left(\frac{p_m}{p_s}\right)^{\frac{n-1}{n}}\right).$$

Führt man hierin das Verhältnis $\frac{p_m}{p_s}$ nach Gleichung 8c. ein, ſo ergibt ſich

$$w_m = \sqrt{\frac{2g\,n}{n+1}\, p_s\, v_s\left\{1 + \frac{n-1}{n}\,\frac{i_1 - i_s}{p_s\, v_s}\right\}}, \qquad 10d.$$

und die Kontinuitätsgleichung $G = \frac{F_m\, w_m}{v_m}$ gibt

$$G = F_m\sqrt{\frac{g\,n\,p_s}{v_s}\left[\frac{2}{n+1}\left\{1 + \frac{n-1}{n}\,\frac{i_1 - i_s}{p_s\, v_s}\right\}\right]^{\frac{n+1}{n-1}}}. \qquad 9d.$$

Bezeichnet man die aus den Gleichungen 8., 9. und 10. mit $p_1 = p_s$ und $v_1 = v_s$ ſich ergebenden Größen von p_m, G und w_m mit p_m', G' und w'_m, ſo treten an Stelle der Gleichungen 8c., 10d. und 9d. die bezüglichen Beziehungen:

$$p_m = p_m'\left\{1 + \frac{n-1}{n}\,\frac{i_1 - i_s}{p_s\, v_s}\right\}^{\frac{n}{n-1}}$$

$$= p_m'\left\{1 + 0{,}00296\,\frac{\frac{i_1 - i_s}{\text{cal/kg}}}{(p_s/\text{at})^{0{,}0607}}\right\}^{3{,}41}, \qquad 8d.$$

$$w = w_m'\sqrt{1 + \frac{n-1}{n}\,\frac{i_1 - i_s}{p_s\, v_s}}$$

$$= w_m'\sqrt{1 + 0{,}00296\,\frac{\frac{i_1 - i_s}{\text{cal/kg}}}{(p_s/\text{at})^{0{,}0607}}}, \qquad 10e.$$

$$G = G'\left\{1 + \frac{n-1}{n}\,\frac{i_1 - i_s}{p_s\, v_s}\right\}^{\frac{n+1}{2(n-1)}}$$

$$= G'\left\{1 + 0{,}00296\,\frac{\frac{i_1 - i_s}{\text{cal/kg}}}{(p_s/\text{at})^{0{,}0607}}\right\}^{7{,}91}. \qquad 9e.$$

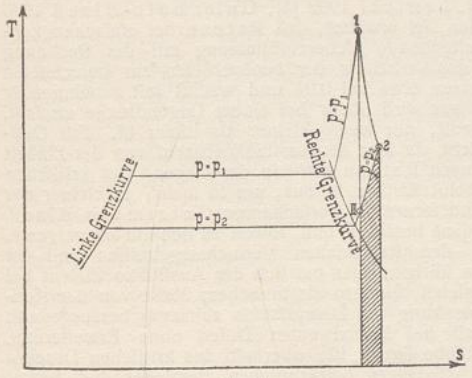


Fig. 43.

Vorausſetzung für die Gültigkeit dieſer Formeln iſt $\frac{p_s}{p_1} > 0{,}5396$, andernfalls die für überhitzten Dampf gültigen Gleichungen 8b., 9c. und 10c. in Kraft treten. Gleichzeitig iſt noch erforderlich, daß

$$\frac{\frac{i_1 - i_s}{\text{cal/kg}}}{(p_s/\text{at})^{0{,}0607}} \leqq 22{,}78$$

iſt. Die im vorſtehenden gemachte Vorausſetzung widerſtandsfreier Strömung möge nun wieder aufgegeben und der Einfluß der Reibung in Berückſichtigung gezogen werden. Derſelbe äußert ſich, wie gezeigt worden war, ſtets in einer Entropievermehrung und kann daher am beſten durch Diagramme veranſchaulicht werden, in denen die Entropie als eine Koordinate auftritt. Dies iſt außer in dem ſchon erwähnten neueren Mollierſchen Diagramm in dem älteren Wärmediagramm (abſolute Temperatur als Funktion der Entropie) der Fall, in dem bekanntlich die unter einer Zuſtandskurve liegende, von dieſer, den Ordinaten der Endpunkte und der Entropieachſe begrenzte Fläche ein Maß für die auf der Zuſtandskurve zu- oder abgeführte Wärme bildet. Dasſelbe ſei in Fig. 43 mit eingezeichneten Kurven gleichen Druckes p verſehen dargeſtellt.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Punkt 1 kennzeichne den Anfangszuſtand des Dampfes, wie er vor Eintritt in eine Düſe vorliegt. Der reibungsfreien Strömung entſpricht dann als Zuſtandskurve die Vertikale 1 II, der wirklichen Strömung hingegen die einer Entropiezunahme entſprechend nach rechts verlaufende Kurve 1 2. Beide mögen bei demſelben Expanſionsenddruck $p_2 = p_{II}$ enden. Nach 2d. iſt

$$\frac{w_2^2}{2g} = i_1 - i_2,$$

$$\frac{w_{II}^2}{2g} = i_1 - i_{II},$$

mithin

$$\frac{w_{II}^2 - w_2^2}{2g} = i_2 - i_{II} \qquad 25.$$

und

$$\nu = \frac{w_{II}^2 - w_2^2}{w_{II}^2} = \frac{i_2 - i_{II}}{i_1 - i_{II}}. \qquad 26.$$

Gleichung 25. beſagt, daß der Verluſt an kinetiſcher Energie bei dem wirklichen Strömungsvorgange gegenüber dem verluſtloſen durch die Differenz der Erzeugungswärme im Expanſionsendzuſtande des einen oder andern Falles gemeſſen wird. Daher ſtellt die unter der die Punkte II und 2 verbindenden Iſobare liegende ſchraffierte Fläche den Energieverluſt dar, der natürlich mit der Reibungswärme R_{12} nicht identiſch iſt. Letztere wird vielmehr durch die unter der Zuſtandskurve 1 2 liegende Fläche dargeſtellt und iſt ſomit um den Betrag der Fläche 1 2 II größer als jener. Der prozentuale, d. h. zum gegebenen Gefälle ins Verhältnis geſetzte Energieverluſt ν berechnet ſich nach Gleichung 26. Verſuche von Stodola [3], Delaporte [37], E. Lewicki [4], Büchner [38], Rofenhain [39] u. a. laſſen auf die Größe von ν bei Laval-Düſen ſchließen. Stodola findet bei einer Düſe von der Querſchnittserweiterung $\frac{F_2}{F_m} = 10{,}2$ im Mittel $\nu = 0{,}15$, Delaporte bei $\frac{F_2}{F_m} = 2{,}25$ $\nu = 0{,}052$, E. Lewicki bei $\frac{F_2}{F_m} = 1{,}64$, $\nu = 0{,}06$ bis $0{,}137$, Büchner bei den bezüglichen Werten $\frac{F_2}{F_m} = 1{,}25$, $1{,}38$, $1{,}83$, $\nu = 0{,}12$, $0{,}14$, $0{,}14$, während ſich aus Verſuchen von Rofenhain an einer Düſe von der Erweiterung $\frac{F_2}{F_m} = 1{,}83$ $\nu = 0{,}078$ folgern läßt.

Natürlich äußert ſich der Einfluß der Reibung nicht nur in einem Verluſte an kinetiſcher Energie, ſondern auch in einer Verringerung der Ausflußmenge, doch iſt hier ihr Einfluß weit unbedeutender, ſo daß die angegebenen Ausflußformeln praktiſch mit ſehr großer Annäherung zutreffen. Verſuche über den Ausfluß von Waſſerdampf liegen vor von Minary und Réfal 1861 [40], Napier 1866 [41], Zeuner 1870 [26d], Peabody und Kunhard 1890 [42], Rofenhain 1899 [39], Rateau 1895/96 [43], Lewicki 1902 [4], Gutermuth-Blaeß 1903 [44] u. a. Um einige Reſultate herauszugreifen, ſei erwähnt, daß Rateau bei einfachen konvergenten gut abgerundeten Mündungen weitgehende Uebereinſtimmung mit der Rechnung gefunden hat. Der Ausflußkoeffizient, d. h. das Verhältnis der beobachteten zur berechneten Ausflußmenge liegt bei kleinen Druckdifferenzen etwa bei 0,94 und wächſt mit zunehmender Druckdifferenz bis auf den Wert 1 an, und zwar wird dieſer bei einem Gegendrucke erreicht, der, in der Nähe des kritiſchen Druckes liegend, nur wenig kleiner als dieſer iſt. Für Oeffnungen in dünner Wand gilt dies dagegen nicht, da hier der Ausflußkoeffizent von der Einheit ſehr ſtark verſchieden iſt. Derſelbe erreicht nach Rateau nicht in der Gegend des kritiſchen Druckverhältniſſes ſein Maximum, ſondern wächſt darüber hinaus, um ſo mehr, je kleiner der Gegendruck wird. Beſonders beachtenswert ſind ferner die Verſuche von Gutermuth-Blaeß, die ſich auf acht verſchiedene Ausſtrömungsorgane beziehen und, ſoweit es ſich um konvergente, gut abgerundete Mündungen handelt, mit den Rateauſchen Verſuchsergebniſſen und der Theorie in guter Uebereinſtimmung ſtehen. Im übrigen aber hat ſich der Ausflußkoeffizient bei den unterſuchten Mündungsformen nicht als gleich, ſondern als in hohem Maße von der Kontraktion, in geringerem von Reibung und Ablenkung des Dampfſtrahls abhängig herausgeſtellt. So iſt derſelbe bei Laval-Düſen geringer als bei konvergenten Düſen ohne Erweiterung, ſolange der Gegendruck kleiner als der kritiſche Druck iſt, oberhalb des kritiſchen Druckes jedoch behält die Ausflußmenge noch innerhalb eines beträchtlichen Bereiches bei Laval-Düſen ihren Maximalwert bei, um z. B. im Falle innen gut abgerundeter Einmündung erſt bei $\frac{p_2}{p_1} \geqq 0{,}86$ abzunehmen, eine Erſcheinung, die auch ſchon Stodola beobachtet hat und die ihre Erklärung darin findet, daß Gleichung 12., nach $\frac{p_0}{p_1}$ aufgelöſt, zwei Wurzeln beſitzt, von denen die größere offenbar hier in Frage kommt. Darauf wird jedoch noch weiter unten eingegangen werden. Für eine zylindriſche nicht abgerundete Mündung von 5,4 mm Durchmeſſer gibt Gutermuth den Ausflußkoeffizienten

$$\alpha = 1{,}043 - 0{,}285 \left(\frac{p_2}{p_1}\right),$$

für einen rechteckigen von gleichem Querſchnitte

$$\alpha = 1{,}098 - 0{,}285 \left(\frac{p_2}{p_1}\right) \text{ an;}$$

α iſt indeſſen zugleich von der Größe des Querſchnitts abhängig und ſcheint mit wachſendem Querſchnitte abzunehmen.

Im p/v-Diagramm äußert ſich der Einfluß der Reibung dadurch, daß die Expanſionskurve höher liegt und flacher verläuft als die Adiabate; Zeuner behandelt ſie daher als Polytrope

von der Gleichung $p \cdot v^{\mu} =$ konſtant mit $\mu > n$. Stodola macht hingegen von dem Anſatze Gebrauch $dR = \zeta \frac{w^2}{2g} dx \cdot \frac{U}{4F}$ (U vom Dampfe benetzter Umfang, F Fläche des Querſchnitts), ſetzt alſo die auf dem in Richtung der Düſenachſe gemeſſenen Wege dx entwickelte Reibungswärme dR (pro Kilogramm) dem Quadrate der Geſchwindigkeit und dem Querſchnittsumfange U direkt, der Querſchnittsfläche F an der betreffenden Stelle umgekehrt proportional. Für eine von ihm unterſuchte Düſe fand Stodola für den Widerſtandskoeffizienten ζ den Wert 0,039. Lorenz [45] überträgt den für die Erzeugungswärme vollkommener Gaſe zutreffenden Ausdruck $di = \frac{k}{k-1} d(pv)$ (k Verhältnis der ſpezifiſchen Wärme $\frac{c_p}{c_v}$) auf den Waſſerdampf. Benutzt man beide Anſätze, ſo kann man den Strömungsvorgängen auf rechneriſchem Wege [46] näher kommen. Es tritt zunächſt an Stelle von 2b. die Gleichung

$$\frac{w^2}{2g} = \frac{k}{k-1} (p_1 v_1 - pv) + \frac{w_1^2}{2g}, \qquad 27.$$

an Stelle von Gleichung 3. in Differentialform:

$$\frac{U}{4F} \zeta \frac{w^2}{2g} dx + v\,dp - di = 0$$

oder:

$$\frac{U}{4F} \zeta \frac{w^2}{2g} dx + v\,dp + d\frac{w^2}{2g} = 0. \qquad 28.$$

Es empfiehlt ſich, zunächſt v aus 27. und 28. mit Hilfe der Kontinuitätsgleichung zu eliminieren, was zu

$$p\frac{F}{G} = \left(p_1 v_1 + \frac{k-1}{2gk} w_1^2\right) \frac{1}{w} - \frac{k-1}{2gk} w, \qquad 29.$$

und

$$\frac{F\,dp}{G} + \frac{dw}{g} + \frac{U}{4F} \zeta \frac{w}{2g} dx = 0 \qquad 30.$$

führt. Aus 29. folgt durch Differentiation:

$$\frac{F\,dp}{G} + \frac{p\,dF}{G} = -\left[\left(p_1 v_1 + \frac{k-1}{2gk} w_1^2\right) \frac{1}{w^2} + \frac{k-1}{2gk}\right] dw. \qquad 31.$$

30. hiervon ſubtrahiert gibt unter gleichzeitiger Elimination von p mittels 29.:

$$\frac{d \log n\, w}{dx} = \frac{\left\{\left(p_1 v_1 + \frac{k-1}{2gk} w_1^2\right) \frac{1}{w^2} - \frac{k-1}{2gk}\right\} \frac{d \log n\, F}{dx} - \frac{\zeta}{2g} \frac{U}{4F}}{\frac{k+1}{2gk} - \left(p_1 v_1 + \frac{k-1}{2gk} w_1^2\right) \frac{1}{w^2}}. \qquad 32.$$

Dieſe, eine einparametrige Kurvenſchar darſtellende Differentialgleichung zu integrieren, müſſen F und U als Funktionen von x bekannt ſein. Ihr Integral iſt von der Form

$$\Phi(w, x) = C. \qquad 33.$$

Gewöhnlich wird bei einer Düſe w_1 entſprechend dem Anfangszuſtande 0, $F_1 \infty$ ſein. Dann kann die Konſtante C bei gegebenem Anfangszuſtande $p_1 v_1$ und ein und derſelben Düſe nur noch von dem Druck p_2 in der Vorlage abhängen. Das gleiche gilt hinſichtlich der Ausflußmenge G, es iſt ſomit berechtigt, G als Funktion von C anzuſehen. Nun ſtellt ſich, wie in obigem dargetan worden iſt, im Endquerſchnitte einer konvergenten Düſe, ſobald der Gegendruck unter den kritiſchen Druck ſinkt, letzterer ein, und damit wird die ſekundliche Ausflußmenge zu einem Maximum. Die Bedingung des Maximums der Ausflußmenge auf den vorliegenden Fall der allgemeinen Düſe übertragend, hat man daher $dG = 0$ zu ſetzen. Statt deſſen kann man auch $dC = \frac{\partial \Phi}{\partial w} dw + \frac{\partial \Phi}{\partial x} dx = 0$ ſchreiben, und dieſe Bedingung kann in die Gleichungen $\frac{\partial \Phi}{\partial w} = 0$ und $\frac{\partial \Phi}{\partial x} = 0$ geſpalten werden, die erfüllt ſind, ſobald in Gleichung 32. Zähler und Nenner gleichzeitig Null werden. Man hat ſomit

$$\frac{k+1}{2gk} = \frac{p_1 \cdot v_1}{w^2} \qquad 34.$$

und

$$\frac{d \log n\, F}{dx} = \zeta \frac{U}{8F} k. \qquad 35.$$

Eliminiert man $p_1 v_1$ aus 34. und 27., ſo wird mit $w_1 = 0$, $w^2 = k g p v$, d. h. die Geſchwindigkeit des Dampfes in dem durch Gleichung 35. beſtimmten Querſchnitt wird gleich der Fortpflanzungsgeſchwindigkeit des Schalles in ruhendem Dampfe von gleichem Zuſtande, wie er in beſagtem Querſchnitte herrſcht, weshalb Lorenz letzteren als „tönenden“ Querſchnitt bezeichnet hat. Für $\zeta = 0$ wird der „tönende“ Querſchnitt zum engſten, und Gleichung 33. lautet mit $w_1 = 0$:

$$F w \left(1 - \frac{(k-1) w^2}{2gk p_1 v_1}\right)^{\frac{1}{k-1}} = C, \qquad 33a.$$

wobei C mit G in der einfachen Beziehung $C = G \cdot v_1$ ſteht. Für $\zeta > 0$ fällt der „tönende“ Querſchnitt mit dem engſten Querſchnitte nicht mehr genau, immerhin aber noch ſehr nahe zuſammen, und man kann $\frac{d \log n\, w}{dx}$ der Gleichung 32. durch gleichzeitige Differentiation von Zähler und Nenner nach x beſtimmen. Mit der Abkürzung ζ' ſtatt $\zeta \cdot \frac{U}{8F}$ ergibt ſich:

$$\frac{d \log n\, w}{dx} = -\frac{\zeta' k}{2} \pm \sqrt{\frac{\zeta'^2 k^2}{4} + \frac{1}{k+1} \frac{d}{dx}\left(\frac{d \log n\, F}{dx} - \zeta' k\right)} \qquad 36.$$

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

und die in der Form $\frac{p F}{w G}\frac{d \log n p}{d x}+\frac{d \log n w}{g d x}+\frac{\zeta'}{g}=0$

geschriebene Gleichung 30. gibt das zugehörige

$$\frac{d \log n p}{d x}=-\zeta' k\left(1-\frac{k}{2}\right)\mp\sqrt{\frac{\zeta'^2 k^2}{4}+\frac{1}{k+1}\frac{d}{d x}\left(\frac{d \log n F}{d x}-\zeta' k\right)}. \qquad 37.$$

Nach 36. und 37. gibt es sowohl für die Geschwindigkeit als auch für den Druck als Funktion des Weges im „tönenden" Querschnitte je zwei Differentialquotienten, die von dem zweiten Differentialquotienten von F nach x, d. h. der Abrundung der Düse an der betreffenden Stelle abhängen. Geometrisch hat man es mit einem Knotenpunkte zu tun. Kurve I und II Fig. 44 stellen für $\zeta=0$ den theoretischen Druckverlauf in der gezeichneten Laval-Düse dar. Der gestrichelte Teil der Kurve II kann natürlich nicht in Frage kommen. Nach Passieren des engsten Querschnittes gibt es in jedem Punkte je zwei Werte des Druckes und entsprechend auch der Geschwindigkeit, und es bleibt zunächst ungewiß, welcher der beiden vom engsten Querschnitte ausgehenden Zweige zu wählen ist. Entscheidend hierfür ist die Größe des Gegendruckes. Im Austrittsquerschnitte hat man zwei mögliche Werte des Druckes p_2 und p'_2 (analog zwei Geschwindigkeiten w_2 und w'_2). Ist der Gegendruck $p_0 \leq p_2$, so ist vom engsten Querschnitt ab die untere, ist $p_0 = p'_2$, so ist die obere Druckkurve zu wählen, und man sieht, daß dann im engsten Querschnitte der niedrigste Druck herrscht, also eine Art Saugwirkung zustande kommt, die auch erhalten bleibt, wenn $p_0 > p'_2$ wird, obgleich von da ab die Ausflußmenge mit wachsendem Gegendrucke abnimmt. Dies erklärt die Beobachtungen Stodolas [3], der den Druck in der Strahlachse an verschiedenen Punkten derselben gemessen hat, und schon bei ganz geringen Differenzen zwischen Innen- und Außendruck im engsten Querschnitt eine auffallende Druckerniedrigung wahrnahm, sowie die Versuchsergebnisse Gutermuths, nach denen das Maximum der Ausflußmenge bei Laval-Düsen nicht erst beim kritischen Druckverhältnis, sondern schon eher bei noch geringen Druckunterschieden erreicht wird. Für die Fälle, daß jedoch p_0 zwischen p_2 und p'_2 liegt, hat die vorstehende Theorie noch eine Erweiterung zu erfahren. Hier ist es die Annahme einer Unstetigkeit, des sogenannten Dampfstoßes, der die Beobachtungen erklärt und dessen Theorie von Riemann [47], dessen experimenteller Nachweis von Stodola gegeben worden ist. Letzterer beobachtete bei künstlich erhöhtem Gegendrucke unter anderm eine DruckSteigerung von $1\frac{1}{2}$ Atmosphären auf eine Rohrlänge von 3 mm im erweiterten Teile einer Laval-Düse und erklärte sie damit, daß mit hoher Geschwindigkeit begabte Dampfteilchen auf eine nicht schnell genug ausweichende Dampfmasse stoßen. Sei A (Fig. 45) die feststehende Stoßebene, p_I, v_I und w_I Druck, spezifisches Volumen und Geschwindigkeit im Querschnitt F_I unmittelbar vor, p_{II}, v_{II} und w_{II} die entsprechenden Größen im Querschnitte F_{II} unmittelbar nach Eintreten des Verdichtungsstoßes, so gibt der sogenannte Impulssatz (Satz vom Antriebe der Kraft, Flächensatz):

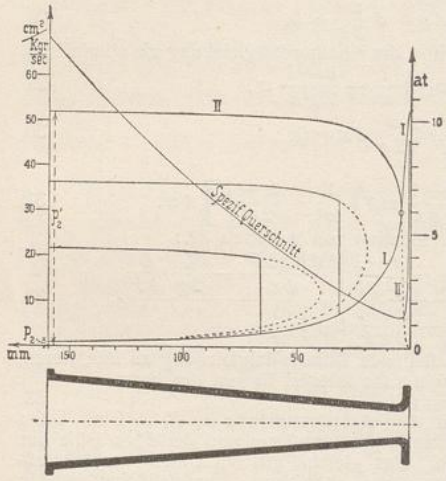


Fig. 44.

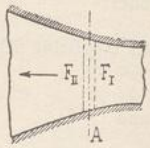


Fig. 45.

$$dt\,(p_I F_I - p_{II} F_{II}) = \frac{G\,dt}{g}\,(w_{II} - w_I),$$

wobei zu den auf der linken Seite stehenden Kräften eigentlich noch die von den Düsenwandungen auf den Dampf ausgeübten Kräfte zu treten haben. Diese werden jedoch bei unendlich nahem Zusammenrücken der Querschnitte F_I und F_{II} unendlich klein im Vergleich zu $p_I F_I$ und $p_{II} F_{II}$ und dürfen somit fortgelassen werden. Gleichzeitig geht F_{II} in F_I über, und man hat

$$(p_I - p_{II})\,F_I = \frac{G}{g}\,(w_{II} - w_I),$$

oder bei Benutzung der Kontinuitätsgleichung $\frac{F_I w_I}{v_I} = \frac{F_{II} w_{II}}{v_{II}} = G$,

$$p_I - p_{II} = \frac{w_I}{v_I g}\,(w_{II} - w_I), \qquad 38.$$

$$\frac{w_I}{v_I} = \frac{w_{II}}{v_{II}}, \qquad 39.$$

und nach 2b.

$$\frac{w_{II}^2 - w_I^2}{2g} = i_I - i_{II}. \qquad 40.$$

Die drei Gleichungen 38., 39. und 40. bestimmen bei gegebenem p_I, v_I und w_I die drei Unbekannten p_{II}, v_{II} und w_{II}, d. h. der Zustand nach dem Stoße ist vollkommen bestimmt, wenn der Zustand vor dem Stoße bekannt war. Löst man die Gleichungen auf und bezeichnet man das Verhältnis $\frac{w_I^2}{g k p_I v_I}$ mit ψ, so wird [29]

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

$$p_{II} = \frac{p_I}{k+1}\left(2k\psi - (k-1)\right), \tag{41.}$$

$$v_{II} = \frac{v_I}{k+1}\left(\frac{2}{\psi} + k - 1\right), \tag{42.}$$

$$w_{II} = \frac{w_I}{k+1}\left(\frac{2}{\psi} + k - 1\right). \tag{43.}$$

Das Eintreten eines Verdichtungsſtoßes ſetzt $\frac{p_{II}}{p_I} > 1$ und damit nach 41. $\psi > 1$ voraus, d. h. die augenblickliche Geſchwindigkeit muß größer als die zugehörige Schallgeſchwindigkeit ſein. Dann tritt aber auch ſtets eine Entropievermehrung ein, wie man am einfachſten durch Benutzung des für vollkommene Gaſe gültigen Ausdruckes der Entropie $s = c_v \log n\, p \cdot v^k +$ const erkennt. Der Verdichtungsſtoß bedeutet daher jederzeit einen Energieverluſt, deſſen Größe als Produkt aus Entropievermehrung und abſoluter unterer Temperatur zu beurteilen iſt. Prandtl [46] hat noch die weiteren einfachen Gleichungen angegeben:

$$w_{II} = \frac{a_0^2}{w_I}, \tag{44.}$$

$$p_{II} = p_I + \frac{w_I}{v_I\, g}(w_I - w_{II}), \tag{45.}$$

worin a_0 von allen Geſchwindigkeiten, die der Dampf nacheinander annimmt, diejenige iſt, die mit der zum augenblicklichen Zuſtande gehörenden Schallgeſchwindigkeit $\sqrt{g\,k\,p\,v}$ übereinſtimmt. Setzt man in Gleichung 27. für w a_0 und für $p \cdot v$ $\frac{a_0^2}{g\,k}$ ein, ſo wird

$$a_0^2 = \frac{2\,g\,k}{k+1} p_1 v_1 + \frac{k-1}{k+1} w_1^2, \tag{46.}$$

dieſelbe beſitzt alſo einen vom Anfangszuſtande abhängigen feſten Wert, worauf bereits Lorenz [45] aufmerkſam gemacht hat. Auf Gleichung 32. zurückgreifend, ſchreibt ſich dieſelbe bei kreisrundem Düſenquerſchnitt auch mit $F = r^2\pi$, $U = 2\,r\pi$ und mit Gleichung 46.

$$\frac{d\,w^2}{w^2\,d\,x} = \frac{\left(\frac{a_0^2}{w^2} - \frac{k-1}{k+1}\right)\frac{4}{r}\frac{d\,r}{d\,x} - \frac{\zeta\,k}{r(k+1)}}{1 - \frac{a_0^2}{w^2}}. \tag{47.}$$

Bei einem zylindriſchen Rohre wird $\frac{d\,r}{d\,x} = 0$, und rechnet man den Weg x vom Anfangsquerſchnitte F_1 ab, auf den ſich die Größen p_1, v_1 und w_1 beziehen, ſo erhält man als Löſung [29]:

$$\frac{w^2}{a_0^2}\, e^{\frac{a_0^2}{w^2}} = \frac{w_1^2}{a_0^2}\, e^{\frac{a_0^2}{w_1^2} - \frac{\zeta\,k}{(k+1)}\cdot\frac{x}{r}}. \tag{48.}$$

Die linke Seite der Gleichung beſitzt bei $w = a_0$ ein Minimum. Da die rechte Seite mit wachſendem x ſtändig abnimmt, ſo muß, gleichviel ob w_1 größer oder kleiner als a_0 war, die Dampfgeſchwindigkeit ſich der Schallgeſchwindigkeit nähern. Iſt dieſe erreicht, ſo gibt es keine Werte von w mehr, die Gleichung 48. befriedigen, und es muß eine Störung irgendwelcher Art eintreten. Eine ſolche Störung hat denn auch Stodola [3] nachgewieſen, indem er in einem zylindriſchen Rohre, in das der Dampf, aus einer vorgeſchalteten Laval-Düſe kommend, eintrat, eine ſcheinbar widerſinnige plötzliche Druckſteigerung feſtſtellte. Für eine koniſch erweiterte Düſe, deren Profil geradlinig, alſo etwa entſprechend der Gleichung $r = A\,x + r_1$ verläuft, lautet die Löſung von Gleichung 47.:

$$\left(\frac{a_0^2}{w^2}\right)\left(\frac{w^2}{a_0^2} - \varepsilon\right)^{1-\varepsilon} = \left(\frac{a_0^2}{w_1^2}\right)\left(\frac{w_1^2}{a_0^2} - \varepsilon\right)^{1-\varepsilon}\frac{r^4}{r_1^4}, \tag{49.}$$

worin zur Abkürzung $\varepsilon = \frac{k+1}{k-1+\frac{\zeta\,k}{4\,A}}$ geſetzt iſt.

Zur graphiſchen Darſtellung des Druckverlaufes hat Prandtl [46] die Konſtruktion von ſogenannten Iſentropen vorgeſchlagen, die folgendermaßen erhalten werden: Nach Verzeichnen der Kurven I und II (Fig. 44) denke man ſich bei unveränderter Erzeugungswärme i_1 und Ausflußmenge G ſowie der Anfangsgeſchwindigkeit $w_1 = 0$ den Innendruck p_1 erniedrigt, was einer Vermehrung der anfänglichen Entropie gleichkommt. Für einen beliebigen Querſchnitt F_2 beſtimmen nun die Gleichungen 1., 2b. und 3. (mit $R_{12} = 0$) zwei Drücke p_2 und p'_2, die über dem betreffenden Querſchnitt als Ordinaten aufgetragen werden können. Auf dieſe Weiſe erhält man die übrigen Kurven von Fig. 44. Liegt nun der Gegendruck p_0 zwiſchen den zum Austrittsquerſchnitt gehörigen Drücken p_2 und p'_2, ſo würde die theoretiſche Expanſionskurve bei Abweſenheit von Reibung zuerſt mit Kurve I zuſammenfallen, dann aber mit ſenkrechtem Anſtieg plötzlich von derſelben abzweigen, und zwar um ſo eher, je höher der Gegendruck ſteigt. Bei Gegenwart von Reibung müſſen die Iſentropen von der Expanſionslinie im Sinne wachſender Entropie geſchnitten werden. Auf dieſe Weiſe erklären ſich die experimentell durch direkte Druckmeſſung beobachteten Erſcheinungen.

Es erübrigt noch, den Druckverlauf des Dampfes nach Verlaſſen der Düſe kurz zu kennzeichnen. Tritt der Dampf mit dem Drucke der Umgebung aus, ſo finden nach dem Verlaſſen der Düſe keine Druckänderungen mehr ſtatt; iſt der Gegendruck jedoch geringer, ſo ſetzt ſich

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

die Expanſion außerhalb der Düſe fort, wobei, wie Stodola durch den Verſuch nachgewieſen hat, Schallſchwingungen entſtehen. Obgleich daher die Austrittsgeſchwindigkeit in dem auf S. 626 angezogenen Beiſpiele bei einer konvergenten Düſe nur etwa die Hälfte der maximalen Geſchwindigkeit betrug und ſonach die zu erwartende Arbeitsleiſtung pro Kilogramm höchſtens ein Viertel der disponibeln Arbeit ſein konnte, ſo ändern ſich doch die Verhältniſſe durch Zunahme der Geſchwindigkeit außerhalb der Düſe infolge weitergehender Expanſion zugunſten der konvergenten Düſe um, ohne dieſelbe jedoch der Laval-Düſe gleichwertig erſcheinen zu laſſen, da Schallſchwingungen ſtets als ſchädlicher Energieverluſt zu vermeiden ſein werden. Bei zu hohem Gegendruck endlich entſtehen außer dem beſprochenen Dampfſtoß ebenfalls Schallſchwingungen.

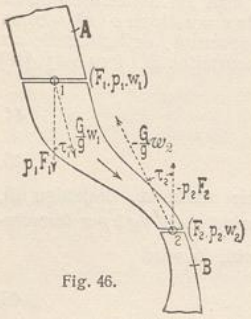


Fig. 46.

Reaktion des Dampfes.

Die im vorſtehenden für ruhende Rohre entwickelten Geſetze der Dampfſtrömung ſollen nun zum Schluß noch in ihren Prinzipien auf bewegte Kanäle übertragen und damit die Grundlage für die Wirkung des Dampfes in den Laufrädern der Dampfturbinen gegeben werden. Da iſt es zunächſt erforderlich, die Hauptſätze über die Reaktion des Dampfes zu entwickeln, die, ſoweit der Dampf keine Aenderung ſeines Zuſtandes, d. h. von Druck und Volumen, erfährt, mit den für Waſſer gültigen, ſchon von Euler aufgeſtellten Sätzen zuſammenfallen. Doch ſoll hier das Wort Reaktion in allgemeinſter Bedeutung gebraucht und darunter die Summe $\mathfrak{R}$ aller vom Dampfe auf die Kanalwandungen ausgeübten Kräfte verſtanden werden, deren Geſamtmoment in bezug auf eine beliebige Achſe oder einen beliebigen Punkt mit $\mathfrak{M}(\mathfrak{R})$ bezeichnet werde, wie überhaupt der Buchſtabe $\mathfrak{M}$ im nachfolgenden als Momentenzeichen benutzt werden ſoll.

Es ſei 1, 2 (Fig. 46) ein ruhendes Rohr mit veränderlichem Querſchnitt und beliebig gekrümmter Achſe, das von dem mit unendlich kleinem Spalt anſchließenden Zuleitungsrohre A bei 1 Dampf empfängt und ihn an das ebenſo dicht anſchließende Rohr B bei 2 abgibt. Der Beharrungszuſtand liege wie bei all unſern Betrachtungen vor. Da die Reaktion $\mathfrak{R}$ entgegengeſetzt, gleich der Summe aller von den Wandungen auf den Dampf ausgeübten Kräfte iſt, ſo ſei letztere mit $-\mathfrak{R}$ bezeichnet. Alle auf den Punkt 1 bezüglichen Werte mögen mit dem Zeiger 1, entſprechend alle für den Punkt 2 geltenden Größen mit dem Zeiger 2 verſehen werden. So ſeien F_1 und F_2 Anfangs- bezw. Endquerſchnitt, die im Gegenſatze zu früherem hier nicht mehr ſenkrecht zu den Geſchwindigkeiten w_1 und w_2 zu ſein brauchen. Der von ihrer Flächennormale und der Geſchwindigkeit eingeſchloſſene Winkel ſei vielmehr von 0 verſchieden und mit τ_1 bezw. τ_2 bezeichnet. Man denke ſich die zwiſchen den Querſchnitten F_1 und F_2 befindliche Dampfmenge momentan abgegrenzt und wende auf ſie als materiellen Punkthaufen den ſogenannten Flächenſatz an. Danach muß, bezogen auf einen beliebigen Punkt oder eine beliebige im Raume feſtſtehende Gerade, die Summe der ſtatiſchen Momente aller auf den betrachteten materiellen Punkthaufen einwirkenden äußeren Kräfte der zeitlichen Aenderung der Summe der ſtatiſchen Momente aller Bewegungsgrößen (Maſſe mal Geſchwindigkeit) gleich ſein, für welch letztere Summe Föppl [7a] den kürzeren Ausdruck Drall eingeführt hat. Um die Aenderung des Dralls während eines Zeitelementes dt zu finden, benutzt man die auf S. 645 ſchon bei der Unterſuchung der Aenderung des Energieinhaltes angewandte Ueberlegung. Rückt während der Zeit dt der Querſchnitt F_1 um $(w_1 \cos \tau_1)\, dt$ nach F_1', F_2 um $(w_2 \cos \tau_2)\, dt$ nach F_2' vor, ſo fällt wegen des vorausgeſetzten Beharrungszuſtandes das zwiſchen F_1' und F_2 gelegene Dampfabteil aus der Betrachtung heraus, und die Aenderung des Geſamtzuſtandes beſteht nur darin, daß bei 1 die Dampfmenge $G\,dt$ verſchwunden und dafür bei 2 neu hinzugekommen iſt. Die Aenderung der geſamten Bewegungsgröße des Haufens während der Zeit dt iſt daher $\frac{G\,dt}{g} w_2 - \frac{G\,dt}{g} w_1$, des Dralls $\mathfrak{M} \frac{G\,dt}{g} w_2 - \mathfrak{M} \frac{G\,dt}{g} w_1$, die Aenderung des Dralls nach der Zeit $\mathfrak{M} \frac{G}{g} w_2 - \mathfrak{M} \frac{G}{g} w_1$, wobei $\frac{G}{g} w_2$ und $\frac{G}{g} w_1$ als Kräfte, d. h. als gerichtete, in den Punkten 2 bezw. 1 angreifende Größen aufzufaſſen ſind, deren Momente man zu bilden hat. Außer der Kraft $-\mathfrak{R}$ wirkt nun noch in 1 ſenkrecht zu F_1 die Kraft $p_1 F_1$, in 2 ſenkrecht zu F_2 die Kraft $-p_2 F_2$, wobei das Minuszeichen andeutet, daß die Kraft entgegengeſetzt der Bewegungsrichtung wirkt. Nach dem angezogenen Flächenſatze muß ſomit unter Vernachläſſigung der Schwerkraft

$$\mathfrak{M}\, p_1 F_1 - \mathfrak{M}\, p_2 F_2 - \mathfrak{M}(\mathfrak{R}) = \mathfrak{M} \frac{G}{g} w_2 - \mathfrak{M} \frac{G}{g} w_1,$$

oder

$$\mathfrak{M}(\mathfrak{R}) = \mathfrak{M}\, p_1 F_1 - \mathfrak{M}\, p_2 F_2 + \mathfrak{M} \frac{G}{g} w_1 - \mathfrak{M} \frac{G}{g} w_2 \qquad 50.$$

ſein. Da dieſe Gleichung in bezug auf jede beliebige Achſe oder in bezug auf jeden beliebigen Punkt gilt, ſo findet man die Einwirkung von ſtrömendem Dampf oder überhaupt einer Flüſſigkeit auf ein Rohr, indem man außer den die Wirkung der nachfolgenden und vorausgehenden Flüſſigkeitsſäule erſetzenden Kräften $p_1 F_1$ und $-p_2 F_2$ im Eintrittsquerſchnitte in Richtung von w_1 die Kraft $\frac{G}{g} w_1$, im Austrittsquerſchnitte entgegengeſetzt w_2 die Kraft $\frac{G}{g} w_2$ anbringt, wie dies in Fig. 46 angedeutet iſt. Dabei iſt keinerlei Annahme über die Reibungswiderſtände der Strömung oder Wärmeaustauſch mit der Umgebung gemacht, ſo daß Gleichung 50. allgemeine Gültigkeit beſitzt.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Nun sei die Voraussetzung gemacht, daß das Rohr 1, 2 nicht mehr ruhend sei, sondern samt Zu- und Ableitung A und B gleichförmig um eine beliebige Achse im Raume rotiere. Dann ändert sich an der vorstehenden Betrachtung nur eins. Es sollen w_1 und w_2 nach wie vor die Geschwindigkeiten gegenüber dem Rohre, also nunmehr die relativen Geschwindigkeiten bedeuten. Der Flächensatz bezieht sich hingegen auf die absoluten Geschwindigkeiten c_1 und c_2, die aus den relativen durch geometrische Addition der Umfangsgeschwindigkeiten a_1 und a_2 an den Stellen 1 und 2 erhalten werden können, wie nebenstehende Geschwindigkeitspläne (Fig. 47) andeuten. Es tritt somit für ein gleichförmig rotierendes Rohr an Stelle von 50. die Gleichung

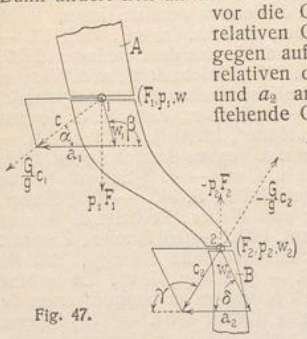


Fig. 47.

$$\mathfrak{M}\,\mathfrak{R} = \mathfrak{M}\,p_1 F_1 - \mathfrak{M}\,p_2 F_2 + \mathfrak{M}\frac{G}{g}c_1 - \mathfrak{M}\frac{G}{g}c_2. \qquad 51.$$

Steht wie bei Turbinen Zu- und Ableitung fest, so müssen die Querschnitte F_1 und F_2 Teile von Rotationsflächen um die Drehachse sein, und der Beharrungszustand muß dadurch ermöglicht werden, daß, sobald der rotierende Kanal 1, 2 aus dem Bereiche der Zuleitung A tritt, er in den Bereich einer neuen Zuleitung gelangt, welche die Stelle von A ersetzt, u. s. w. Wendet man Gleichung 51. auf die Rotationsachse selbst an, so fallen, da F_1 und F_2 Teile von Rotationsflächen sind und somit $p_1 F_1$ und $p_2 F_2$ als Normalen zu Rotationsflächen die Achse schneiden, $\mathfrak{M}\,p_1 F_1$ und $\mathfrak{M}\,p_2 F_2$ fort, und es wird

$$\mathfrak{M}\,\mathfrak{R} = \mathfrak{M}\frac{G}{g}c_1 - \mathfrak{M}\frac{G}{g}c_2. \qquad 51\,a.$$

Die sekundliche Leistung wird $L = \omega \cdot \mathfrak{M}\,\mathfrak{R}$, wenn ω die Winkelgeschwindigkeit bedeutet.

Es handelt sich nun darum, die

Strömungsgleichung für den rotierenden Kanal

abzuleiten. Würde die Bewegung in einer einfachen, gleichförmigen Translation bestehen, so ist ohne weiteres klar, daß alsdann die Strömung nach den für das ruhende Rohr gültigen Gleichungen 1., 2. und 3. erfolgen müßte, worin w_1 und w_2 als relative Geschwindigkeiten zu betrachten wären. Angenähert kann man dies auch bei allen Axialturbinen tun. Dagegen erfordert die Radialturbine eine Erweiterung der Theorie, die hier, obgleich die Radialtype zurzeit bei Dampfturbinen, wie erwähnt, kaum angewandt wird, der Vollständigkeit halber nicht fortgelassen werden darf.

Man betrachte den um die Drehachse mit der Winkelgeschwindigkeit ω gleichförmig rotierenden Kanal 1, 2 während des Zeitelementes dt und wende das Energieprinzip an. Die die Wirkung der nachfolgenden Dampfsäule ersetzende Druckkraft $p_1 F_1$ leistet in der Zeit dt die Arbeit $F_1 p_1 (w_1 \cos \tau_1)\,dt + (\mathfrak{M}\,F_1 p_1)\,\omega\,dt$, wobei das Moment, da es für die Rotationsachse zu bilden ist und $p_1 F_1$ die Drehachse schneidet, verschwindet. Analog leistet die vorausgehende Dampfsäule die Arbeit $-F_2 p_2 (w_2 \cos \tau_2)\,dt$. Drittens verrichtet das Moment $-\mathfrak{M}\,\mathfrak{R}$ der vom Kanal 1, 2 auf den Dampf ausgeübten Kräfte die Arbeit $-\mathfrak{M}\,\mathfrak{R}\,\omega\,dt$, und die Summe dieser Arbeiten muß, da wir von etwa zugeführter und abgeführter Wärme absehen, gleich der Energiezunahme der zwischen F_1 und F_2 ursprünglich befindlichen Dampfmenge während des Zeitelementes dt sein. Nach der nun schon wiederholt gepflogenen Ueberlegung ist diese bei Vernachlässigung der Schwere

$$G\,dt\left(u_2 + \frac{{c_2}^2}{2g}\right) - G\,dt\left(u_1 + \frac{{c_1}^2}{2g}\right),$$

und die Gleichsetzung ergibt unter Einführung des in 51a. für $\mathfrak{M}\,\mathfrak{R}$ gegebenen Wertes mit $F_1 w_1 \cos \tau_1 = G v_1$ bezw. $F_2 w_2 \cos \tau_2 = G v_2$ und $i_1 = u_1 + p_1 v_1$ bezw. $i_2 = u_2 + p_2 v_2$

$$-i_1 + i_2 - \frac{{c_1}^2}{2g} + \frac{{c_2}^2}{2g} + \frac{\omega}{g}\mathfrak{M}\,c_1 - \frac{\omega}{g}\mathfrak{M}\,c_2 = 0.$$

Ist r_1 der Abstand des Punktes 1, r_2 der des Punktes 2 von der Drehachse, so ist unter Einführung der aus Fig. 47 ersichtlichen Winkel α und γ

$$\omega\,\mathfrak{M}\,c_1 = \omega \cdot c_1 \cos\alpha \cdot r_1 = c_1 \cdot a_1 \cos\alpha$$
$$\omega\,\mathfrak{M}\,c_2 = -\omega \cdot c_2 \cos\gamma\, r_2 = -c_2\, a_2 \cdot \cos\gamma,$$

und obige Gleichung geht über in

$$-i_1 + i_2 - \frac{{c_1}^2}{2g} + \frac{c_1 \cdot a_1 \cdot \cos\alpha}{g} + \frac{{c_2}^2}{2g} + \frac{c_2 \cdot a_2 \cdot \cos\gamma}{g} = 0.$$

Die Anwendung des Cosinussatzes auf die beiden Geschwindigkeitsdreiecke (Fig. 47) gibt mit den dort gebrauchten Bezeichnungen

$${c_1}^2 - 2\,c_1 \cdot a_1 \cos\alpha = {w_1}^2 - {a_1}^2 \qquad 52.$$
$${c_2}^2 + 2\,c_2\,a_2 \cos\gamma = {w_2}^2 - {a_2}^2, \qquad 53.$$

mit deren Benutzung man endlich die Beziehung

$$i_2 - i_1 + \frac{{w_2}^2}{2g} - \frac{{w_1}^2}{2g} - \frac{{a_2}^2}{2g} + \frac{{a_1}^2}{2g} = 0 \qquad 54.$$

erhält [1b], die sich von der analogen Gleichung 2b. nur durch das Neuhinzutreten der Glieder $\frac{{a_1}^2}{2g}$ und $\frac{{a_2}^2}{2g}$ unterscheidet. Bei einer Axialturbine sind die beiden Umfangsgeschwindigkeiten a_1 und a_2 einander gleich, so daß Gleichung 54. wieder von selbst in Gleichung 2b. übergeht. Im allgemeinsten Falle des gleichförmig rotierenden Kanals bestimmen jedoch die Gleichungen 1., 54. und 3. die Bewegung des Dampfes.

Literatur: [1] Zeuner, Theorie der Turbinen, Leipzig 1899, S. 171 ff.; [1a] ebend., S. 265 ff.; [1b] ebend., S. 355. — [2] Sosnowski, K., Roues et turbines à vapeur, Paris 1904, und Bulletin

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale, Auguſt 1896, S. 1151; ſ. ferner auch Neilſon, Steam-Turbine, 2. Aufl., London. — [3] Stodola, Die Dampfturbinen und die Ausſichten der Wärmekraftmaſchinen, 2. Aufl., Berlin 1904, oder auch [3a] Zeitſchr. d. Vereins deutſch. Ingen. 1903, S. 131; [3b] ebend., S. 165. — [4] Lewicki, E., Zeitſchr. d. Vereins deutſch. Ingen. 1903, S. 441; ſ. auch Mitteilungen über Forſchungsarbeiten d. Vereins deutſch. Ingen., Heft 12. — [5] Odell, Engineering, Januar 1904, S. 33. — [6] Grübler, Zeitſchr. d. Vereins deutſch. Ingen. 1897, S. 862. — [7] Föppl, Civilingenieur 1895, S. 333 und 519, 1896, S. 249; Kirſch, Zeitſchr. d. Vereins deutſch. Ingen. 1896, S. 702; ſ. auch [7a] Föppl, Vorleſung über Techniſche Mechanik, Bd. 4: Dynamik, Leipzig 1901, 2. Aufl. — [8] Klein, Civilingenieur 1895, S. 519. — [9] Mollier, Zeitſchr. d. Vereins deutſch. Ingen. 1898, S. 685; ſ. auch Des Ingenieurs Taſchenbuch „Hütte", 18. Aufl., Bd. 1, S. 305. — [10] Boveri, „Stahl und Eiſen" 1904, Nr. 13; ſ. ferner Klein, Zeitſchr. d. Vereins deutſch. Ingen. 1895, S. 1193; Joffe, Zeitſchr. d. Vereins deutſch. Ingen. 1904, S. 969 u. f. w. — [11] Schweizeriſche Bauztg. 1902, I, S. 238. — [12] Zeitſchr. d. Vereins deutſch. Ingen. 1903, S. 143. — [13] Singer, Elektrotechn. Zeitſchr., 25. Aug. 1904. — [14] Lindley, Schröter und Weber, Zeitſchr. d. Vereins deutſch. Ingen. 1900, S. 829. — [15] Robb, Electrical World, Sept. 1902. — [16] Brauer, Zeitſchr. d. Vereins deutſch. Ingen. 1888, S. 136. — [17] Weishäupl, Schweizeriſche Bauztg., Bd. 43, Nr. 25 und 26; Zeitſchr. d. Vereins deutſch. Ingen. 1904, S. 693. — [18] Rey, Jean, La turbine à vapeur système Rateau et ses applications, Paris 1904; ſ. auch Mémoires et compte rendu de travaux de la société des ingénieurs civils de France, Bulletin d'Avril 1904. — [19] Rateau, Bulletin de la société de l'industrie minérale, 1. Aufl., 1903; ſ. auch Zeitſchr. d. Vereins deutſch. Ingen. 1904, S. 772. — [20] Le Génie civil 1901, S. 313; ſ. auch Zeitſchr. d. Vereins deutſch. Ingen. 1901, S. 641. — [21] Stahl und Eiſen 1904, Nr. 13; ſ. auch Grauert, Verhandlungen des Vereins zur Beförderung des Gewerbefleißes, April 1904, S. 111; ferner Gutermuth, Zeitſchr. d. Vereins deutſch. Ingen. 1904, S. 1556. — [22] Riedler, Jahrbuch der Schiffbautechn. Geſellſchaft, 1904, Bd. 5, S. 249, vgl. auch Zeitſchr. d. öſterr. Ingen.- u. Arch.-Vereins 1904, S. 197. — [23] Emmet, Electrical World and Engineer 1903, 11. April, S. 609, und 10. Oktober, S. 606; Engineering Record 1903, 11. April, S. 371; Zeitſchr. d. Vereins deutſch. Ingen. 1903, S. 1120. — [24] Laſche, Zeitſchr. d. Vereins deutſch. Ingen. 1904, S. 1205. — [25] Gentſch, Dampfturbinen, Hannover 1905. — [26] Zeuner, Techniſche Thermodynamik, 3. Aufl., Leipzig, Bd. 1, S. 212; [26a] ebend., Bd. 2, S. 67; [26b] ebend., Bd. 2, S. 36; [26c] ebend., Bd. 2, S. 239; [26d] ebend., Bd. 2, S. 180. — [27] Mollier, Zeitſchr. d. Vereins deutſch. Ingen. 1904, S. 271. — [28] Grashof, Theoretiſche Maſchinenlehre, Leipzig 1875, Bd. 1, S. 61. — [29] Proell, Zeitſchr. für das geſamte Turbinenweſen 1904, Heft Nr. 11. — [30] Carnot, Sadi, Betrachtungen über die bewegende Kraft des Feuers, Oſtwalds Klaſſiker der geſamten Naturwiſſenſchaften, Nr. 37. — [31] Saint-Venant, de, und Wantzel, Journal de l'École polytechnique 1839, t. 16; ſ. auch Weisbach, Lehrbuch der Ingenieur- und Maſchinenmechanik, 1855, 3. Aufl., Bd. 1, S. 820. — [32] Koob, Zeitſchr. d. Vereins deutſch. Ingen. 1904, S. 275 und 660. — [33] Regnault, Relation des expériences, t. 2, p. 167. — [34] Knoblauch, Linde, R., Klebe, Die thermiſchen Eigenſchaften des geſättigten und des überhitzten Waſſerdampfes zwiſchen 100 und 180° C.; I. Teil: Linde, R., Die thermiſchen Eigenſchaften des geſättigten und des überhitzten Waſſerdampfes zwiſchen 100 und 180° C.; II. Teil: Lorenz, Die ſpezifiſche Wärme des überhitzten Waſſerdampfes; Mitteilungen über Forſchungsarbeiten des Vereins deutſcher Ingenieure, Heft 21. — [35] Tumlirz, Sitzungsberichte der k. Akademie der Wiſſenſchaften Wien, Mathematiſch-naturwiſſenſchaftl. Klaſſe IIa, Bd. 108, S. 1058, v. J. 1899. — [36] Proell, Thermodynamiſche Rechentafel, Berlin 1904; ſ. auch Zeitſchr. d. Vereins deutſch. Ingen. 1904, S. 1418. — [37] Delaporte, Revue de Mécanique, Mai 1902. — [38] Büchner, Zeitſchr. d. Vereins deutſch. Ingen. 1904, S. 1029; ſ. auch Mitteilungen über Forſchungsarbeiten d. Vereins deutſch. Ingen., Heft Nr. 18. — [39] Roſenhain, Proceedings of the Institution of Civil Engineers 1900, S. 199. — [40] Minary und Réſal, Annales des Mines, t. 19, p. 379; ſ. auch Civilingenieur 1862, Bd. 8. — [41] Napier, On the velocity of steam and other gases, and the true principles of the discharge of fluids, deutſch im Civilingenieur 1871, Bd. 17, S. 215; ſ. ferner Engineer 1869. — [42] Peabody und Kunhard, American Society of Mechanical Engineers, 1890. — [43] Rateau, Annales des Mines 1902, Bd. 1, S. 1. — [44] Gutermuth, Zeitſchr. d. Vereins deutſch. Ingen. 1904, S. 75; ſ. auch Blaeß, Phyſikaliſche Zeitſchrift 1902, IV, S. 82, ſowie Mitteilungen über Forſchungsarbeiten d. Vereins deutſch. Ingen., Heft 19; vgl. ferner Emden, P., Ausſtrömungserſcheinungen des Waſſerdampfes, Inauguraldiſſertation der Univerſität Baſel, München 1903. — [45] Lorenz, Zeitſchr. d. Vereins deutſch. Ingen. 1903, S. 1600; ſ. auch Stodola, Zeitſchr. d. Vereins deutſch. Ingen. 1903, S. 1787. — [46] Prandtl und Proell, Zeitſchr. d. Vereins deutſch. Ingen. 1904, S. 349. — [47] Riemann-Weber, Die partiellen Differentialgleichungen der mathematiſchen Phyſik, 1901, Bd. 2, S. 471.

R. Proell.

Dampfüberhitzer, ſ. Ueberhitzer; vgl. a. Dampfkeſſel.

Dampfverbrauchsziffer, die Dampfmenge, die von einer Dampfmaſchine für die Arbeitseinheit in einer gegebenen Zeit verbraucht wird.

Bei Betriebsdampfmaſchinen wird ſie auf die Stunde und indizierte Pferdeſtärke, bei Pumpwerksmaſchinen auf dieſelbe Einheit oder auf die Pumpenpferdeſtärke oder auf 1 cbm gehobenen Waſſers bezogen. Die Dampfverbrauchsziffer gibt ſomit einen Maßſtab für die Güte und wirtſchaftliche Seite einer Dampfmaſchinenanlage und wird deshalb als Grundlage für die Garantiebedingungen bezüglich der erforderlichen Dampfökonomie benutzt. Der Dampfverbrauch einer Dampfmaſchine iſt abhängig von dem Maſchinenſyſtem (Einzylinder oder Verbund), von der Dampfwirkung (Auspuff oder Kondenſation), von der Eintrittsſpannung, vom Expanſionsgrad und der Tourenzahl ſowie von der Größe, der Ausführung und Steuerung der Maſchine. Die Dampfverbrauchsziffern ſchwanken daher innerhalb weiter Grenzen, und zwar für die indizierte Pferdeſtärke und Stunde etwa zwiſchen 5,5 und 30 kg.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Für die verfchiedenen Dampfmafchinenkonftruktionen und Ausführungen bewegen fich die Dampfgarantien etwa zwifchen folgenden Dampfverbrauchsziffern:

Kleinmotoren mit freiem Auspuff . . . . . 25 —30 kg,
Größere Auspuffeinzylinder- oder Zwillingsmafchinen . . . . . 12 —13,5 „
„ Kondenfationseinzylinder- oder Zwillingsmafchinen . . . 9 —11,0 „
Verbundkondenfationsmafchinen . . . . . 6,5— 8,0 „
{Dreifachexpanfionsmafchinen und
{Zweifachexpanfionsmafchinen mit überhitztem Dampf . . . . . 5,5— 6,0 „

Schmidts Heißdampfmotoren bei 180—200° Ueberhitzung:

60—100pf. Verbunddampfmafchine . . 5,5 bezw. 5,2 kg für die Brems-PS. u. Stunde,
20pf. Einzylinderauspuffmafchine . . . . 8,5—9,0 „ „ „ „ „ „

Wolffche Lokomobilen:

10—15pf. Auspuffmafchinen . . . . . 14,5 kg für die Brems-PS. u. Stunde,
20pf. „ . . . . . 13,7 „ „ „ „ „ „
50pf. Verbundkondenfationsmafchinen . . . . 8,76 „ „ „ „ „ „
120pf. „ . . . 6,26 „ „ „ „ „ „

Die nachftehende Tabelle gibt einen Vergleich der Dampfverbrauchsziffern bei Sattdampf- und Heißdampfmafchinen und die Erfparniffe auf Grund von amtlich feftgeftellten Dampfverbrauchsziffern nach Mitteilung der Afcherslebener Maſchinenbau-Aktiengefellfchaft vormals W. Schmidt & Co.

Art der Mafchine	Leiftung in PS.	Dampfverbrauch für 1 PSi und Stunde		Erfparnis bei Heißdampf %
		bei Sattdampf kg	bei Heißdampf kg	
Einzylindermafchinen ohne Kondenfation	40	14,2	8,1	43
	60	13,2	7,8	41
Einzylindermafchinen mit Kondenfation	50	10,6	6,4	40
	80	10,3	6,2	40
	100	7,7	4,6	40
Verbundmafchinen mit Kondenfation	200	7,2	4,35	40
	300	6,9	4,25	38
	500	6,5	4,15	36
	1000	6,0	4,07	32

Wie aus diefer Zufammenftellung erfichtlich ift, beträgt die Dampferfparnis durch Ueberhitzung bei mittleren Mafchinen etwa 38%. Als Mehrverbrauch an Kohle find dagegen etwa 12% zu rechnen, fo daß die wirkliche Erfparnis $(100-62)\cdot 1{,}12 = 30{,}5\,\%$ gegenüber einer gleichwertigen Sattdampfmafchine beträgt. Die Refultate der Dampfverbrauchsunterfuchungen einiger von der vorgenannten Firma erbauten Heißdampfmafchinen find in der folgenden Zufammenftellung gegeben.

Befitzer und Aufftellungsort der Mafchine	Mafchinenfyftem	Kondenfation	Kolbenhub	Tourenzahl	Leiftung beim Verfuch in PSi	Eintrittsfpannung in Atmofphären	Ueberhitzung in °C. an der Mafchine gemeffen	Dampfverbrauch pro PSi-Stunde	Verfuch ausgeführt durch
Sächfifche Filztuchfabrik Wolff & Co., Rodewitfch i. V.	Tandemmafchine, Patent Wilh. Schmidt	mit	1000	90	310	10,8	362	4,2	Sächfifcher Dampfkeffel-revifionsverein
Gewerkfchaft Ludwig II., Staßfurt	Zwillingstandemmafchine, Patent Wilh. Schmidt	mit	1000	100	560	10,3	312	4,3	Prof. Straube, Karlsruhe
Eifenhüttenwerk Thale, Thale a. H.	Tandemmafchine, Patent Wilh. Schmidt	mit	1000	79	257	11,5	351	4,07	Prof. Lewicki, Dresden
Chr. Niewerth, Holzfchneiderei, Hafferode a. H.	Tandemmafchine Patent Wilh. Schmidt	mit	800	99	152	11	339	4,3	Prof. Straube, Karlsruhe
G. Schäuffelenfche Papierfabrik, Heilbronn	Tandemmafchine	mit	1100	86	618	10,8	344	4,2	Württemberg. Dampfkeffel-revifionsverein
Wilhelm Vogel, Lunzenau	Tandemmafchine	mit	1400	85	1514	9,9	342	4,4	Sächfifcher Dampfkeffel-revifionsverein
Elektrizitätswerk Plauen bei Dresden	Stehende Tandemmafchine	mit	550	152	300	7,5	310	5,4	Prof. Lewicki, Dresden
Elektrizitätswerk Metz	Zwei ftehende Verbundmafchinen	mit	500	150	250	9,5	350	4,6	Union E.-G., Berlin
Quedlinburger Textilinduftrie-Aktiengef., Quedlinburg	Einzylindermafchine	ohne	800	100	112	8,5	265	7,3	Quedlinburger Textilinduftrie-Aktiengefellfch.
Mälzerei-Aktiengefellfchaft vorm. Alb. Wrede, Cöthen	Einzylindermafchine	mit	700	110	103	4,5	326	6,2	Zivilingenieur Keil, Cöthen

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Hiernach ift bereits bei einer Mafchine von nur 257 PS. ein Dampfverbrauch von nur 4,07 kg erreicht, ein Wert, der dem bei einer 1000pferdigen Mafchine gefundenen, in der obigen Tabelle enthaltenen gleichkommt. Einige weitere Angaben enthalten die nachftehenden Tabellen für verfuchsmäßig feftgeftellte Dampfverbrauchszahlen bei Dampfmafchinen der Vereinigten Mafchinenfabrik Augsburg und Nürnberg (Werk Augsburg).

Normal-leiftung	Mafchinenfyftem	Anfangs-druck	Dampfverbrauch pro PS_i und Stunde bei Normalleiftung		Dampfverbrauch pro PS_e und Stunde bei Normalleiftung	
			gefättigt. Dampf	Dampf v. 300° C.	gefättigt. Dampf	Dampf v. 300° C.
PS_e		Atm.	kg	kg	kg	kg
50	Einzylinder m. Kondenf.	9	8,2	7,4	9,1	8,2
100	Verbund „ „	10	6,4	5,2	7,4	6,0
500	„ „ „	11½	6,25	4,9	7,1	5,5
1000	Dreifachexpanfion	12	5,3	4,33	6,2	5,0
2000	„	12	5,25	4,20	6,0	4,8
3000	„	13	5,2	4,1	5,9	4,6

Die Dampfverbrauchszahlen, welche die bekannte Dampfmafchinenfabrik A. Borfig in Tegel bei Berlin ihren Dampfgarantien zugrunde legt, find in der folgenden Tabelle enthalten. Die Zahlen beziehen fich einerfeits auf trockenen, gefättigten Dampf von 9½ Atmofphären Druck mit Kondenfation, anderfeits auf überhitzten Dampf von 300° C. Temperatur und von einem Anfangsdruck von 13½ Atmofphären, ebenfalls mit Kondenfation.

Mafchinenfyftem	Leiftung	Dampfverbrauch pro PS und Stunde		Verhältnis beider	Erfparnis bei Heißdampf in % der größeren Zahl
		Sattdampf	Heißdampf		
	PS.	kg	kg		
Liegende Zweifach-verbundmafchinen	50	7,0	5,7	0,814	18,6
	100	6,4	5,3	0,828	17,2
	500	5,9	4,9	0,830	16,9
	1000	5,7	4,8	0,842	15,8
	2000 / 3000	5,5	4,6	0,836	16,3
Liegende Dreifach-verbundmafchinen	350	5,3	4,5	0,850	15,10
	600	5,2	4,4	0,846	15,30
	1000	5,0	4,2	0,840	16,00
	2000	4,9	4,1	0,836	16,30
	3000	4,8	4,0	0,833	16,67

Die in Dampfmafchinenverträgen geleiftete Dampfgarantie bezieht fich in der Regel ausdrücklich auf trockenen Dampf, das ift alfo auf die dem Keffel zugeführte Speifewaffermenge abzüglich des Feuchtigkeitsgehalts, der Leitungskondenfation und der Undichtheitsverlufte vor der Mafchine. Da es praktifch fchwierig ift, das vom Dampf mitgeführte Waffer vor feinem Eintritt in die Mafchine vollftändig abzufcheiden, fo ift zur Vermeidung nachträglicher Einwände von vornherein eine genaue Vereinbarung darüber zu treffen, ob die Befchaffenheit des von der zu unterfuchenden Keffelanlage gelieferten Dampfes hinfichtlich feines Feuchtigkeitsgehaltes für die Erfüllung der Garantiebedingungen als genügend erachtet wird und mit welchen Mitteln und Einrichtungen die Waffer abfcheidung vor der Mafchine erfolgen foll. *v. Ihering.*

Dampfwärme ift der Mehrbetrag an Energie (f. d.) in der Gewichtseinheit Dampf (ohne Flüffigkeitsbeimifchung) gegenüber ihrem Wert in der Gewichtseinheit Flüffigkeit bei gleichem Drucke und 0° C. Temperatur, gemeffen in Wärmeeinheiten (f. Kalorie). Die Dampfwärme ift für gefättigten Dampf $J = q + \varrho$, für überhitzten Dampf, wenn c_p die mittlere fpezififche Wärme bei dem betreffenden Drucke während des Ueberhitzens um $\tau = t - t'$ Grad von der Sättigungstemperatur t' bis zur wirklichen Temperatur t bedeutet, $J = q + \varrho + c_p \tau$. Näheres f. Dampf, gefättigter, und Dampf, überhitzter. Der Name Dampfwärme rührt von Zeuner her. *Weyrauch.*

Dampfwagen, f. v. w. Lokomotive.

Dampfwalzen, f. Straßenwalze.

Dampfwafferableiter, f. Kondenfationswafferableiter und Waffer abfcheider.

Dampfwafferanwärmer bewirkt, daß der in Waffer einftrömende Dampfftrahl fofort mit immer neuen Waffer teilen in innigfte Berührung gelangt, wobei durch die entftehende gleichmäßige Kondenfation des Dampfes in dem Waffer das fonft fo fehr läftige, laute knatternde Geräufch faft vollkommen befeitigt wird.

Um auch den letzten Reft des Geräufches fortzufchaffen, das fich namentlich dann noch zeigte, wenn die Flüffigkeit den Siedepunkt nahezu erreicht hatte, werden bei den verbefferten Waffer anwärmern von Gebrüder Körting, A.-G. in Körtingsdorf bei Hannover, dem Dampf-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

ſtrahle kleine Mengen atmoſphäriſcher Luft zugemengt; hierdurch wird „eine geräuſchloſe Anwärmung bis hinauf zur Siedehitze auf das vollkommenſte erreicht". Dieſe Luft wird auf der in Fig. 1 mit *L* bezeichneten Stelle in den Apparat eingeführt und miſcht ſich mit dem Dampfſtrahle, mit dem ſie dann zuſammen den Apparat durchſtrömt. Die Menge der Luft wird mit Hilfe der Luftſchraube, die ſich am Ende des in *L* befeſtigten dünnen Rohres befindet, je nach Bedarf eingeſtellt. Fig. 2 ſtellt einen Dampfwaſſeranwärmer mit Flanſch zum Befeſtigen an der inneren Seite der Blechplatten von Waſſerbehältern dar. Außerdem werden ſolche mit Verſchraubung (zum Hineinhängen in Waſſerbehälter, wo eine Durchbrechung der Seitenwand nicht ſtatthaft iſt) und ſolche mit Mantel zum ſeitlichen

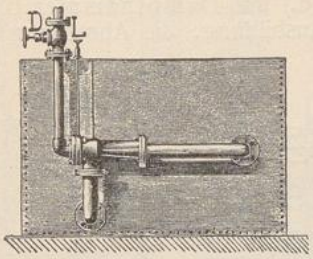


Fig. 3.

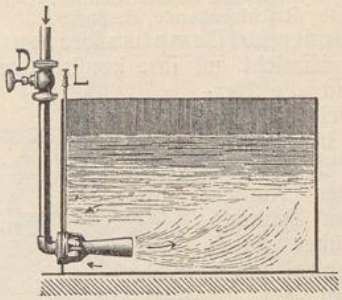


Fig. 2.

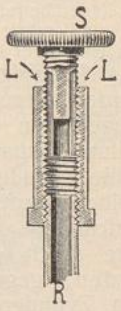


Fig. 1.

äußeren Anbringen an Waſſerbehältern, wie aus Fig. 3 erſichtlich, gebaut. Aus folgender Tabelle ſind die Abmeſſungen und Preiſe der Dampfwaſſeranwärmer der obengenannten Firma erſichtlich

Nr.	Anzahl der Wärmeeinheiten, die bei 3 Atm. Dampfdruck in der Stunde abgegeben werden	Geringſte Weite des Dampfrohres	Weite der Waſſerrohre der Klaſſe-B-Apparate	Preiſe der Apparate						Preis der Dampfventile
				Klaſſe A mit Flanſch, Eiſenkörper mit Rotgußdüſe	Gußeiſerner Gegenflanſch mit Gasgewinde nebſt Schrauben	Klaſſe A mit Gewindeanſchluß		Klaſſe B		Eiſenkörper mit Metallgarnier. u. Delta-Metallſpindel
						Eiſenkörper mit Rotgußdüſe	Körper u. Düſen ganz Metall	mit Mantel Eiſenkörper mit Rotgußdüſe	Ein Satz gußeiſern. Gegenflanſch. u. Schrauben dazu	
		mm	mm	ℳ.	ℳ.	ℳ.	ℳ.	ℳ.	ℳ.	ℳ.
1	50000 W.E.	10	40	20	1.50	20	20	30	8.—	6.—
2	100000 „ „	13	50	25	2.25	25	30	40	9.—	7.50
3	200000 „ „	19	70	30	3.—	30	35	50	11.—	9.—
4	300000 „ „	25	90	35	3.50	35	40	60	13.50	11.50
5	500000 „ „	30	120	40	4.—	40	50	80	17.50	15.—

Bei höherem Dampfdrucke als 3 Atmoſphären ſteigt die Leiſtungsfähigkeit der Apparate, bei niedrigerem ſinkt ſie, bei Abdampf auf ungefähr $^1/_4$ der angegebenen Leiſtung. Wenn ſehr lange Dampfrohrleitungen nötig werden, ſo iſt es zweckmäßig, die Rohre weiter zu nehmen, weil durch den Widerſtand an den Rohrwandungen der Druck des Dampfes bis zum Apparate verringert wird. *v. Ihering.*

Dampfwaſſerheber, ſ. Strahlapparate.

Dampfwaſſeröfen, ſ. Heizung.

Dampfwinden, Windwerke, durch Dampfmaſchinen angetrieben.

Zwiſchen Kurbel- und Trommelachſe iſt ſtets ein einfaches oder mehrfaches Vorgelege eingeſchaltet. Als Antriebsmaſchinen dienen meiſt Zwillings-, ſeltener Einzylinderdampfmaſchinen mit hoher Umdrehungszahl und mit Umſteuerung. — Das Windwerk iſt ſtets noch mit einer Band- oder Backenbremſe zum Stillhalten oder Niederlaſſen der Laſt verſehen, die von Hand oder mit dem Fuße betätigt wird. Die Dampfmaſchine läßt ſich horizontal, geneigt oder vertikal ſtehend anordnen. Die Dampfwinden finden Anwendung zum Heben großer Laſten überhaupt, beſonders auf Bauplätzen, als Aufzugsmaſchinen zum Heben von Perſonen und Laſten, im

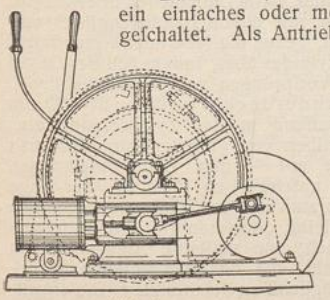


Fig. 1.

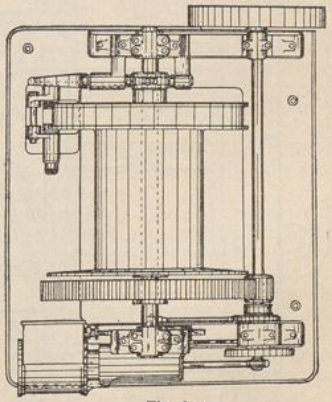


Fig. 1a.

Zuſammenhang mit Kranen für große Laſten, wie Scheren-, Bock-, Hafenkrane, ferner für Eiſenbahnzwecke, in Hafen und Docks, in Lagerhäuſern, zu Bergwerkszwecken, in Steinbrüchen, für Seilförderungen u. dergl. — Fig. 1 und 1a zeigen eine Dampfwinde für größere Laſten mit einfachem Stirnrädervorgelege für Bergwerkszwecke oder für Laſthebung. — An Bord der Handelsſchiffe dient die Dampfwinde zum Laden und Löſchen von Gütern ſowie zum Verholen, bei Kriegsſchiffen zum Ein- und Ausſetzen ſchwerer Boote, zum Munitionstransport u. dergl. Es ſind meiſt liegende Zwillingsmaſchinen mit Stephenſonſcher Kuliſſe für Vorwärts- und Rückwärtsgang mit Räderüberſetzung auf die Windetrommel. Der Abdampf geht meiſt in die Dampfabgangsrohre.

Literatur: [1] Busley, Die Schiffsmaſchine, Kiel 1886. — [2] Klamroth, G., Leitfaden für den Unterricht in der Maſchinenkunde, Berlin 1902.

T. Schwarz.

Dampfzylinder für Dampfmaſchinen (ſ. d.) und Dampfhämmer (ſ. d.) werden hier in Hinſicht auf ihre konſtruktive Ausbildung, die Abmeſſung der Einzelheiten und die Herſtellung behandelt. — Der hohle Zylinder, in dem der Kolben läuft, iſt an der Maſchinen- oder Kurbelſeite durch den Zylinderboden, gegenüber durch den Zylinderdeckel abgeſchloſſen und ſteht mit der Steuerung durch die Zylinderkanäle in Verbindung, die zum Teil im Boden und Deckel münden. Mit dem Geſtell oder der Kreuzkopfführung wird er gleichachſig verſchraubt und, außer bei kurzem Hub, durch einen Sockel oder mehrere Füße unterſtützt. Die Zylinder werden, außer bei kleinen Maſchinen (Fig. 1) und bei Speiſung mit Heißdampf, meiſt mit einem Dampfmantel zur Heizung umgeben, und zwar entweder doppelwandig gegoſſen (Fig. 2 und 3) oder in den Mantel beſonders eingeſetzt (Fig. 4). Der Dampfhammerzylinder (Fig. 5) ſitzt mit ſeitlichen Rippen am Geſtell, durch Schrauben, Dübel und Schrumpfringe befeſtigt.

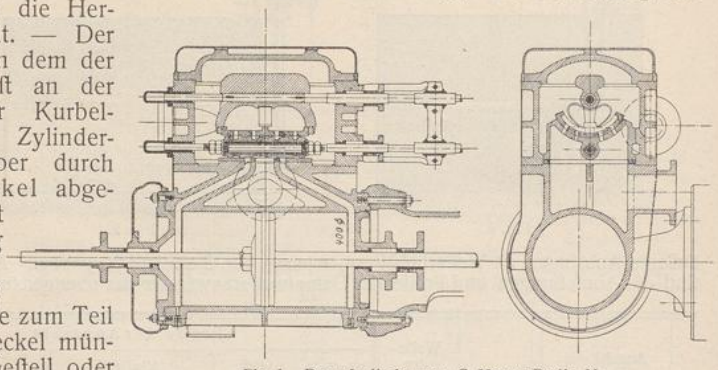


Fig. 1. Dampfzylinder von C. Hoppe-Berlin N.

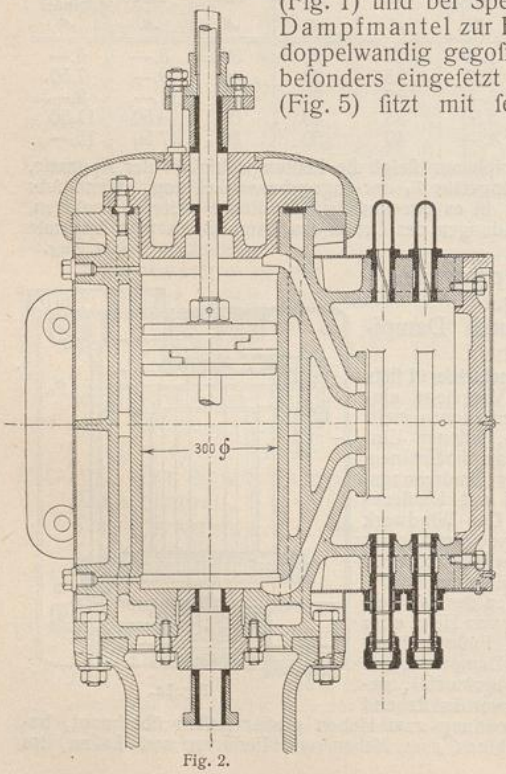
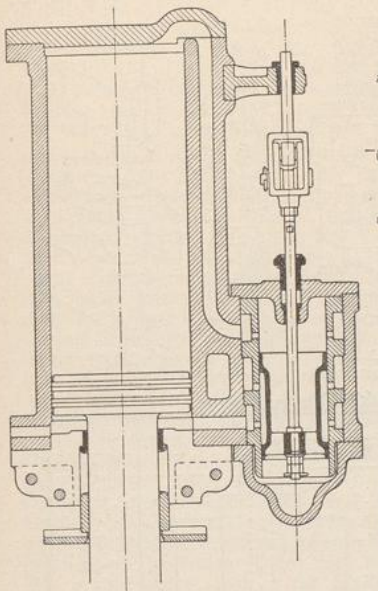


Fig. 2.

Die innere Lauffläche von beſtimmtem Durchmeſſer und Hub iſt in ihrer Länge ſo zu bemeſſen, daß die Kolbenringe beiderſeits um einige Millimeter überlaufen, damit ſich kein Grat anläuft. Der Zylinder wird deshalb an beiden Enden um etwa 10 mm im Durchmeſſer weiter ausgedreht. In dieſe Ausdrehungen ſind Boden und Deckel eingeſetzt, ſo daß ſie paſſend bleiben, auch wenn die Lauffläche nachgebohrt werden muß. Beim Einſchieben des Kolbens, der zuvor mit einem Bandeiſengürtel umſpannt iſt, gehen die federnden Ringe leicht in den Zylinder über, indem ſich der Gürtel an den Vorſprüngen vom Kolben abſtreift. Der Zylinderdeckel greift auf 20—30 mm Länge paſſend in das Zylinderende ein; hohle Kolben von größerer Länge läßt man weiterhin mit $^1/_2$ mm Luft hineinragen, damit er unſchwer zu löſen iſt, der enge Zwiſchenraum aber mit Waſſer und Schmiere gefüllt bleibt, oder man gibt ihm an ſeinem Ende noch eine paſſende Anlageleiſte in der Abſicht, die dampfabkühlende Wandfläche möglichſt zu beſchränken. Die eigentliche Abdichtung liegt in der ebenen Ringfläche außen am Zylinderflanſch; hier iſt der Deckel an einer 10—20 mm breiten Leiſte innerhalb des Schraubenkranzes dicht

aufgefchliffen (Fig. 1) oder über die ganze Flanfchbreite durch einen Ring von mit Firnis getränktem Zeichenpapier abgedichtet (Fig. 3). — Der Zylinderboden kann an den Zylinder angegoffen werden unter Ausfparung einer mittleren Oeffnung von etwa der halben Weite des Zylinders zur Durchführung der Bohrfpindel beim Ausdrehen des Zylinders und zum Einfetzen



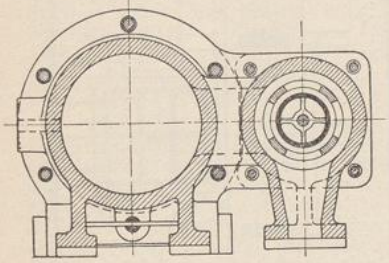


Fig. 5.

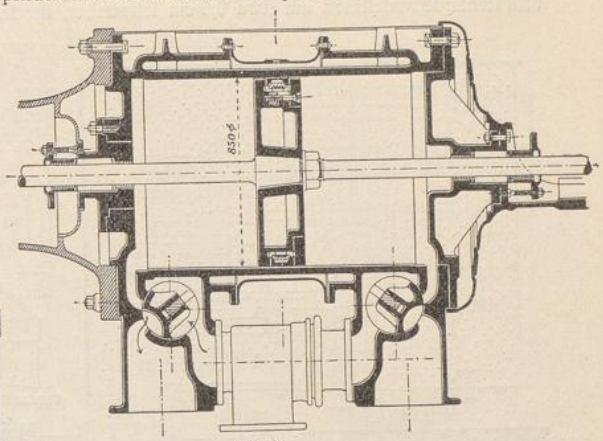


Fig. 3.

eines befonderen Stopfbüchfenftückes (Fig. 2 und 3). Ebenfo kann er mit der Kreuzkopfführung vereinigt werden. Oefter legt man ihn, mit Drehflächen eingepaßt, zwifchen Zylinder und Führung, fo zwar, daß diefe fich zentrieren, aber doch den Bodenflanfch zwifchen fich feft und dicht halten, fei es, daß diefer auf der ganzen Flanfchbreite anliegt oder fchmaler ift. Fig. 1 (nach einer bewährten Ausführung von C. Hoppe) zeigt den Zylinderboden mittels Kupferftemmung befeftigt und gedichtet. In Fig. 5 ift der Boden mit der Stopfbüchfe zweihälftig auf die Stange gebracht, weil diefe mit Kolben und Bär aus einem Stück befteht. — Boden und Deckel find der Form des Kolbens ftets fo anzupaffen, daß in den Endftellungen je 2—8 mm Spielraum in der Achfenrichtung bleibt.

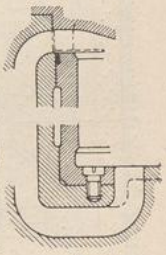


Fig. 4.

Der Heizmantel in Fig. 2 mündet an beiden Enden mit je fechs Kernöffnungen aus, die durch einen eingepaßten und mittels Stiftfchrauben befeftigten Schmiedeeifenring abgefchloffen werden. In Fig. 3 ift inmitten der Länge ein Stahlblech zweihälftig umgelegt, zufammengenietet und auch mit den Mantelflanfchen vernietet. Neben den Stoßftellen find Armlöcher in dem Mantel vorgefehen mit Verfchlußdeckeln. Der Stahlring foll die Wärmedehnung erleichtern. Die Befeftigung einer befonderen Laufbüchfe (Fig. 4) erfolgt am beften mit Innenflanfch am Boden mit Papierdichtung und verfenkten Schrauben unter Umführung des Dampfkanals durch den Boden; an der Deckelfeite durch eingeftemmte Kupferringe in Schwalbenfchwanzfuge von 6—10 mm Weite; die Einpaßleiften am äußeren Umfang, an beiden Enden und allenfalls auch in der Mitte, erhalten um 2 mm verfchiedene Durchmeffer zur Erleichterung der Einfetzung. Die fonft vielfach benutzte Dichtung mit Kupferringen an beiden Enden ficher den Zylinder nicht genügend gegen Lockern und Verfchieben, da man den Deckel nicht gleichzeitig zum Feftha1ten der Laufbüchfe und zum Abdichten am Flanfch bringen kann.

Der Sockel des Zylinders in Fig. 1 fitzt an deffen hinterem Ende. Der Grundriß zeigt im Schnitt die Indikatorftutzen an beiden Zylinderenden. Das Niederfchlagwaffer, das durch die am Schieberkaften und an beiden Enden des Zylinders unten fitzenden Hähne abzulaffen ift, fließt durch Kupferröhrchen ab. Der Schieberkaften liegt in Fig. 1 fo tief, daß das Waffer aus dem Zylinder durch die Dampfkanäle austreten kann. Bemerkenswert ift hier der Angriff des Expanfionsfchiebers dicht an feiner Laufflache mittels einer Klaue mit Gegengewicht. An Dampfmafchinen (f. d.) mit Ventilfteuerung, bei denen der Zylinder unten für die Auslaßventile und Dampfrohre frei bleiben muß, ordnet man vier feitlich aufftehende Füße an, deren hintere, befonders bei Heißdampf, nicht feftgefchraubt werden, fondern in Schwalbenfchwanzführungen gleiten können, damit die Ausdehnung des Zylinders nicht behindert wird.

Um für Rechts- und Linksmafchinen, je nachdem der Bajonettarm auf der rechten oder linken Seite zum Kurbellager nach vorn reicht und fomit auch die Steuerung rechts oder links liegt, dasfelbe Zylindermodell benutzen zu können, geftaltet man das Gußftück möglichft

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

ſymmetriſch zur mittleren Querſchnittsebene, ſo daß z. B. in Fig. 1 nur die Stopfbüchſen für die Schieberſtangen am Modell umzuſetzen ſind.

Für die **Abmeſſungen** gilt folgendes: Die Wandſtärke des Zylinders iſt in Rückſicht auf genaue Erhaltung der Form $\delta = 0{,}02\,D + 1{,}5$ cm zu ſetzen, für ummantelte Zylinder und ſtehende Maſchinen um etwa 0,5 cm ſchwächer, für ſchwebende Zylinder um 0,5 cm ſtärker.

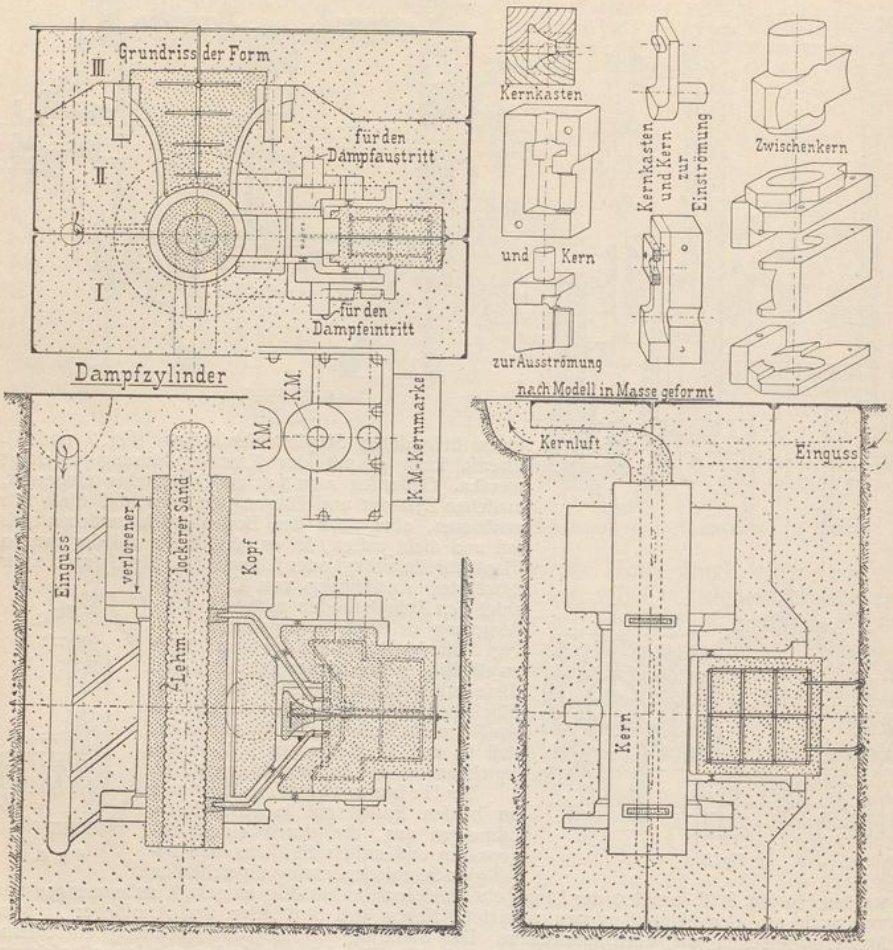


Fig. 6.

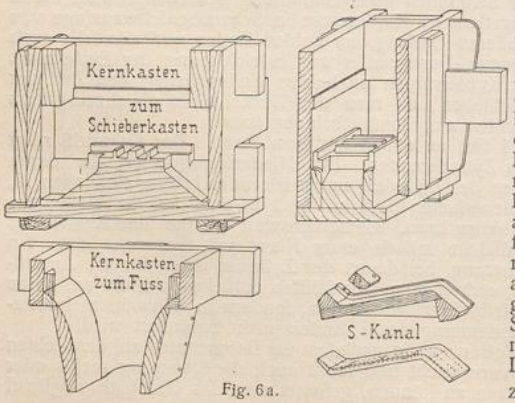


Fig. 6a.

Die Dicke der Flanſchen $0{,}025\,D + 2{,}0$ cm oder gleich der Schraubenſtärke; Wandſtärke der Dampfmäntel $0{,}9\,\delta$; Kernſtärke angegoſſener Mäntel 40—70 mm; Weite des Dampfmantels bei eingeſetzter Laufbüchſe 20—30 mm. Der Lochkreisdurchmeſſer für die Boden- und Deckelverſchraubung iſt ſo knapp zu bemeſſen, wie es die Schraubenköpfe zulaſſen, die am äußeren Mantel abgeflacht anliegen können. Der Schraubenabſtand ſoll höchſtens 150 mm betragen, ſo daß man $Z = 0{,}22\,D_{\text{cm}} + 1$ oder 2 Schrauben anzuordnen hat, abgerundet auf eine gerade oder auch ungerade Zahl. Den Schraubendurchmeſſer d in Zentimetern ſetze man für q Atmoſphären Dampfüberdruck und D cm Zylinderweite zunächſt $d = \frac{1}{2}\sqrt[3]{q\,D}$ und berechne für

den Kernquerſchnitt, der $= \frac{1}{2} d^2$ iſt, die Zugſpannung s im Kern für den Dampfdruck $q \pi (D+1)^2/4$, unter Zurechnung von 200—300 kg für den auf je eine Schraube entfallenden Dichtungsdruck, aus der Gleichung $\frac{1}{2} d^2 s = q \pi (D+1)^2/4 Z +$ (200—300 kg). Die Spannung ſoll 200—300 kg/qcm betragen. Der Flanſch reicht über den Lochkreis um den Halbmeſſer der Unterlagſcheibe hinaus, bei Stiftſchrauben um 5 mm mehr. Die Schrauben am Zylinderboden ſind in gleicher Weiſe zu berechnen, bei Tandemmaſchinen aber für die geſamte Kolbenſtangenkraft. — Die Deckelſcheiben werden als Platten (ſ. d.) berechnet. Für eine flache, runde Scheibe vom Lochkreisdurchmeſſer D_0 ergibt ſich die Wandſtärke w für q Atmoſphären Dampfüberdruck aus $w = 0{,}5\, D_0 \sqrt{q/s}$ mit der Biegungsſpannung $s = 200$—250 kg/qcm; z. B. für $q = 8$ zu $w = 0{,}1\, D_0$. Hierbei iſt die Preſſung der Dichtung am Flanſch bis zum Lochkreis, und zwar gleich der Dampfſpannung gerechnet. Die Verſchraubung des Schieberkaſtendeckels bekommt etwas ſchwächere Schrauben als der Zylinder und eine ſolche Anzahl, daß die Spannung im Kern unter 300 kg/qcm bleibt, die Teilung unter 150 mm; an den Ecken ſitzen die Schrauben ſo nahe, daß ihre Verbindungslinie noch in die Dichtungsfläche fällt. Die Abdichtung erfolgt mit Papier oder Aſbeſt. Die genaue Einpaſſung rechteckiger Deckel vermeidet man gern, läßt aber den Rand zur Verſteifung in den Kaſten eingreifen und wölbt die Deckelſcheibe oder verſieht ſie mit Rippen auf der Innenſeite. Die rechteckigen, ebenen Wandflächen des Schieberkaſtens und der Dampfkanäle werden als Platten (ſ. d.) für die Diagonalquerſchnittsflächen berechnet, ebenſo die zwiſchen den Rippen liegenden Teile der Wandflächen. Für a cm Länge und b cm Breite bis zur Befeſtigungslinie des Randes erhält man die Wandſtärke w für q Atmoſphären Ueberdruck aus $w = 0{,}7\, b \sqrt{q/s\,[1 + (b/a)^2]}$ mit der Biegungsſpannung $s = 200$—300 kg/qcm, z. B. für $q = 8$ und $b = 0{,}7\, a$ zu $w = 0{,}1\, b$.

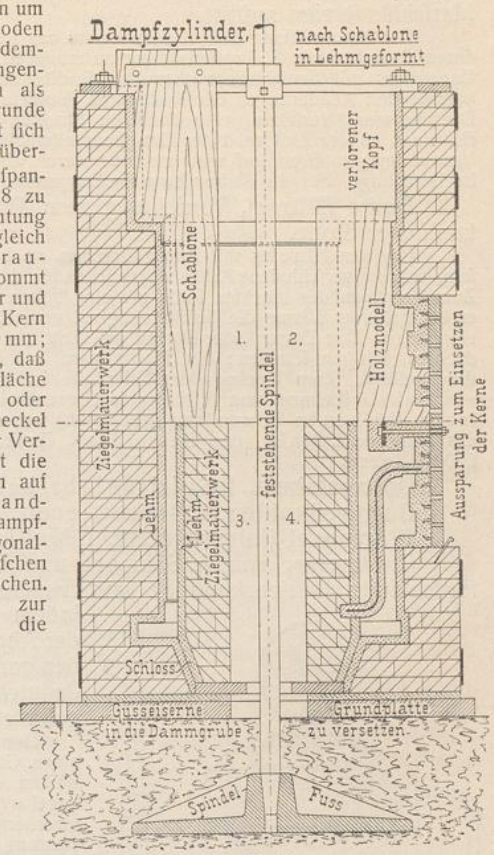


Fig. 7.

Hinſichtlich der **Ausführung** zeigen Fig. 6, 6a die Gußform eines Dampfzylinders, der nach einem durch Zylinder und Schieberkaſten geteilten Modell mit verlorenem Kopf in dreiteiligem Formkaſten, in der Dammgrube ſtehend, gegoſſen werden ſoll, und Fig. 7 die Herſtellung der Form eines Zylinders in Lehm in vier Arbeitsſtufen mit beſonderem Holzmodell für die Schieberſpiegelplatte. Das Gußeiſen ſoll beſonders dicht, feinkörnig und nicht zu weich ſein; man ſetzt dem Gußeiſen beſonderer Qualität etwas Schmiedeeiſen oder auch Zinn hinzu oder miſcht Weißeiſen mit Siliciumeiſen. Die Zylinderwand erhält keine Kernſtützen. Beim Ausbohren ſoll der Zylinder womöglich in gleicher Lage und Art befeſtigt ſein wie ſpäter an der Maſchine, damit er die zylindriſche Form fehlerlos beibehält. Das Ausdrehen und Schlichten, auch das Schmirgeln ſoll, außer bei den größten Zylindern, ohne jede Unterbrechung durchgeführt werden, weil ſich ſonſt kleine Abſätze in der Lauffläche bilden. Für das Nachbohren an Lokomotivzylindern u. ä., die ſich im Betriebe hauptſächlich an beiden Enden unten auswaſchen, hat man transportable Vorrichtungen, die an den Zylinder angeſetzt werden können.

Literatur: ſ. Dampfmaſchinen und Maſchinenelemente. *Lindner.*

Dandy, Dandy loom, übliche Bezeichnungen für halbmechaniſche Webſtühle (mechaniſche Handwebſtühle).

Dandyroller, in der Papiermaſchine diejenige aus Metallgewebe beſtehende zylindriſche Walze, die gewöhnlich, nahe dem Ende der Form gelegen, die Aufgabe hat, Linien, Zeichen, Ornamente in die noch feuchte Papierfaſerſchicht einzudrücken; ſ. Papierfabrikation. *Maxim. Kraft.*

Daniellſches Element, ſ. Galvanismus.

Daniells Hygrometer, ſ. Feuchtigkeitsmeſſer.

D'Arcetſches Metall (Newtonſches Metall), ſ. Wismutlegierungen.

Darcyſche Röhre, ſ. Waſſermeſſung.

Darg, Lokalname für Torf.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Dargmoor, in den Küftengegenden Norddeutfchlands und Hollands vorkommende Moorbildung, die zu den Niederungs-(Grünlands- oder Wiefen-) Mooren zu zählen ift und teils oberirdifch, teils als Unterlage von Hochmooren und Marfchländereien auftritt.

Die Moorfubftanz befteht vorwiegend aus Reften von Phragmites (Dachrohr), woraus auf deren Charakter als Süßwafferbildung zu fchließen ift. Wo gleichwohl eine Ueberlagerung des Dargmoors mit Seefchlick vorkommt, ift dies aus den im Lauf der Zeit nicht felten vorkommenden Aenderungen der Küftenlinie (Vordringen des Meeres ins Binnenland) zu erklären. Die nur wenig zerfetzte, eine deutliche Struktur zeigende Moorfubftanz hat eine gelbbraune Färbung; an der Luft wird der Dargmoor allmählich fchwarz unter Verluft der Struktur. Seine Verwendung zu Brenntorf wird meiftens durch einen hohen Gehalt an Schwefelverbindungen beeinträchtigt. Für die Kultur kommen Dargmoore gleichfalls nur wenig in Betracht. *Drach.*

Darre (Dörre), Vorrichtung zum Trocknen oder fchwachen Röften vegetabilifcher Stoffe.

Um den Flachs mit Erfolg brechen zu können, muß derfelbe gehörig ausgetrocknet fein, was auf verfchiedene Arten zu erreichen ift: durch Luft, Sonnen- oder künftliche Erwärmung. Zum Trocknen des Flachfes follte nie eine höhere Wärme als 40° C. angewendet werden, weil er bei größerer Wärme die Gefchmeidigkeit verliert; daher ift die Lufttrocknerei am meiften zu empfehlen. Das Darren oder Dörren gefchieht am beften auf hölzernen Gittergeftellen, in überdachten luftigen Räumen; der Flachs wird auf die Holzgitter (Geftelle) gelegt und Zugluft durchgeführt. Zum Trocknen der Faferftoffe find fehr gute Trockenmafchinen für lange Fafern von Haas in Lennep, von P. Hahn in Grevenbroich und von der Rheinifchen Mafchinenfabrik Dülken in Verwendung gekommen; wir verweifen auf die Kataloge. — Ueber Darren des Malzes f. Malz, des Getreides f. Getreidetrockenvorrichtung, des Obftes f. Obftdarre. *Th. Eug. Schiefner.*

Darrmalzhefe, f. Spiritusfabrikation.

Darrpreßkohlen, f. Briketticren, S. 300.

D'Arfonval-Galvanometer, f. Meßinftrumente, elektrifche.

Dafymeter, von A. Siegert und W. Dürr (München), ermöglicht die fortlaufende Betriebskontrolle von Feuerungsanlagen der verfchiedenften Art, indem es den jeweiligen Kohlenfäuregehalt der Abgafe anzeigt und fo einen Schluß auf den vorhandenen Luftüberfchuß bezw. auf den dadurch bedingten Wärmeverluft zu ziehen geftattet.

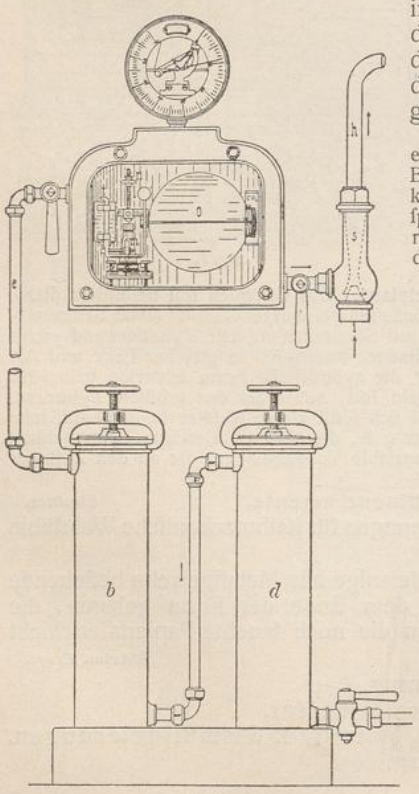


Fig. 1.

Der Apparat befteht im wefentlichen aus einer in einen Glaskaften eingefchloffenen Wage, deren einer Balken eine mit atmofphärifcher Luft gefüllte Glaskugel *o* (Fig. 1) trägt, während am andern ein entfprechendes Gegengewicht nebft Kompenfationsvorrichtung *m, n* befeftigt ift. Die letztere hat den Zweck, den ftörenden Einfluß der Temperaturfchwankungen

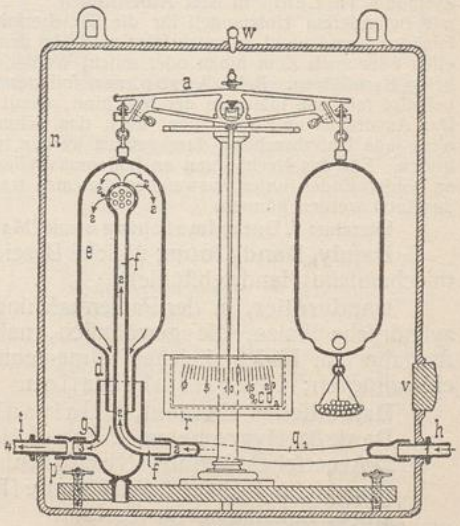


Fig. 2.

und des Barometerſtandes auf die Dichte der den Kaſten paſſierenden Gaſe durch eine entſprechende Verſchiebung des Schwerpunkts der Wage auszugleichen. Die beiden an dem Kaſten angebrachten Oeffnungen ſtehen durch die Rohrleitungen *e* und *h* einerſeits mit dem Schornſtein, anderſeits mit dem Fuchskanal der Feuerung in Verbindung. Die Abgaſe werden mit Hilfe der Strahlpumpe *s* durch das Rohr *e* angeſaugt und durchſtrömen, nachdem ſie behufs Reinigung von Ruß und Flugaſche die mit Baumwolle präparierten Filter *b* und *d* paſſiert haben, den Kaſten, in dem ſich die Wage befindet, worauf ſie durch Rohr *h* in den Schornſtein gelangen. Falls die Luft im Kaſten kohlenſäurefrei iſt, ſpielt der Zeiger der Wage auf 0 der Skala ein; erhöht ſich jedoch das ſpezifiſche Gewicht der Luft infolge eines Gehalts an Kohlenſäure, ſo erleidet die Glaskugel einen dem Kohlenſäuregehalt entſprechenden Auftrieb und iſt die Graduierung der Skala derart getroffen, daß ein Volumprozent Kohlenſäure einem Ausſchlag der Zeigerſpitze von je einem Teilſtrich der Skala entſpricht.

Da nun aus der in bekannter Weiſe zu ermittelnden Temperatur und dem Kohlenſäuregehalt der Abgaſe von Steinkohlenfeuerungen der Wärmeverluſt V nach der Siegertſchen Formel: $V = 0{,}65\,\frac{T-t}{CO_2}$, worin T die Temperatur der Abgaſe, t die Temperatur der unter den Roſt tretenden Luft und CO_2 den Prozentgehalt an Kohlenſäure bezeichnet, berechnet werden kann, ſo gibt das Daſymeter einen wichtigen Anhaltspunkt zur Beurteilung des jeweiligen Nutzeffekts der Feuerung. In der Tat hat ſich der Apparat namentlich in der Praxis des Dampfkeſſelbetriebs vielfach Eingang zu verſchaffen vermocht und lauten die bislang vorliegenden Urteile ſehr günſtig, zumal da auch die Heizer den großen Nutzen desſelben bald ſchätzen lernen.

Mindeſtens ebenſo brauchbar als das Daſymeter hat ſich das für den gleichen Zweck beſtimmte und auf dem gleichen Prinzip beruhende Oekonometer von M. Arndt in Aachen (D.R.P. Nr. 70829) erwieſen.

Während das Gewicht bezw. der Kohlenſäuregehalt der Gaſe im Daſymeter durch den Auftrieb einer an einem Wagbalken befeſtigten geſchloſſenen und mit Luft gefüllten Kugel nach Art der Luxſchen Gaswage beſtimmt wird, findet im Oekonometer das Wägen des Gaſes in einem offenen Gasbehälter *e* (Fig. 2) ſtatt. Die Zu- und Ableitung der Gaſe in bezw. aus dieſem Behälter erfolgt durch das in ihn hineinragende Rohr *f* und den Stutzen *g*, zwiſchen denen ſo viel Zwiſchenraum vorhanden iſt, daß der Hals *d* des Behälters *a* bei der Auf- und Abwärtsbewegung ohne Widerſtand ſpielen kann. Die Gaſe werden durch den Stutzen *h* des die Wage umſchließenden Kaſtens, ferner durch den Schlauch q_1 und das Rohr *f* eingeſaugt, durchſtrömen dann den Behälter in den Pfeilrichtungen 1 und 2 und treten, durch Stutzen *g*, Schlauch *p* und Stutzen *i* abgeſaugt, in den Richtungen 3 und 4 aus dem Behälter aus. Zweifellos würden beide Vorrichtungen, Daſymeter wie Oekonometer, eine weit größere Verbreitung gefunden haben, wenn ſie nicht häufige Reparaturen erfordern würden.

Literatur: Daſymeter, Zeitſchrift des Vereins deutſcher Ingenieure 1888, S. 1102; 1891, S. 791; 1892, S. 837; Oekonometer, ebend. 1893, S. 801. *Häußermann.*

Dattel, Bezeichnung für die innerſte, ſehr fericinreiche Schicht des Seidenkokons, die eine pergamentähnliche Schale bildet. Aus den Abfällen (Stami) wird das Crescentingarn geſponnen.

Dattelkaffee, ſ. Kaffeeſurrogate.

Datum, Datumwechſel, Datumgrenze. Der bürgerliche Tag eines beſtimmten Ortes beginnt, d. h. der Datumwechſel tritt ein zur Zeit der mittleren Mitternacht des Orts (nach der Ortszeit, die neuerdings zum Teil um gewiſſe Beträge verſchoben iſt, auf die aber hier nichts ankommt, vgl. die Art. Eiſenbahnbetrieb [Eiſenbahnzeit] und Zeit).

Da nun die mittlere Zeit eines Ortes, der λ Grade in Länge öſtlich von einem andern Orte liegt, der mittleren Zeit dieſes letzteren um $\lambda \cdot 4$ Minuten voraus iſt, ſo daß man z. B. gleichzeitig mit dem Greenwicher Mittag auf der Oſtſpitze Neuſeelands Mitternacht hat, ſo muß ein die Erde in der Richtung nach Oſten vollſtändig umfahrendes Schiff irgendwo auf ſeinem Weg einen Tag doppelt zählen (Wochentag und Datum, z. B. alſo Donnerstag, 24. Oktober, und am folgenden Tag nochmals Donnerstag, 24. Oktober), wenn es an ſeinem Ausgangspunkt wieder mit dem daſelbſt richtigen Wochentag und Datum ankommen will; umfährt das Schiff die Erde nach Weſten, ſo muß, um denſelben Zweck zu erreichen, ein Tag ausfallen, überſprungen werden (Donnerstag, 24. Oktober, am nächſten Tag Samstag, 26. Oktober). Wenn das Schiff kein Land berühren würde, ſo wäre es offenbar ganz gleichgültig, wo auf ſeinem Weg es dieſen Datumwechſel vornehmen wollte; man iſt aber aus dem angedeuteten Grund übereingekommen, eine beſtimmte Linie als Datumwende feſtzuſetzen, und als ſolche gilt in der Nautik ganz allgemein der Meridian, der um 180° öſtlich reſp. weſtlich von Greenwich abſteht.

Beim Ueberſchreiten dieſes Meridians auf freier Fahrt nach Oſten oder Weſten wird im Schiffsjournal der angegebene Datumwechſel vorgenommen; er teilt den großen Ozean in einen öſtlichen Abſchnitt, in dem Sonntag ... iſt, und einen weſtlichen, in dem gleichzeitig Montag ... gezählt wird. Die Datumgrenze für die Bewohner der Inſeln des Stillen Ozeans dagegen ſpiegelte bis vor 60 Jahren ganz genau die Entdeckungsgeſchichte jener Inſeln, indem die von Weſten (Holländer) oder Oſten (Spanier) kommenden europäiſchen Schiffe eben ihr Datum mitbrachten, von dem an dann weitergezählt wurde [1], ſo daß die Datumgrenze auf etwa 15° n. Br. den ſcharfen Ausbug nach Weſten machte, der die Philippinen, Karolinen u. ſ. w. ohne Rückſicht auf den Verkehr mit den andern Sundainſeln, mit Japan u. ſ. w. der öſtlichen Hälfte

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

des Stillen Ozeans zuwies. Dieſe Linie, die man irrtümlicherweiſe noch heute vielfach ſo abgebildet ſieht, hat jedoch nur noch hiſtoriſches Intereſſe: auf den Philippinen wurde 1844 das bis dahin vorhandene „öſtliche Datum“ durch das „weſtliche“ erſetzt, indem man den Silveſtertag ausfallen, dem 30. Dezember 1844 ſogleich den 1. Januar 1845 folgen ließ [2], und dieſem Beiſpiel folgten Karolinen, Marianen u. ſ. w. Auf der andern Seite haben neuerdings die Fidſchiinſeln, Tongainſeln u. ſ. w., die öſtliches Datum hatten, das auſtraliſche Datum angenommen, auf das ſie durch ihren Verkehr angewieſen ſind, während die Aleuten, als ſie 1867 zur Union kamen, das öſtliche Datum erhielten; endlich iſt auf den Samoainſeln 1892 das Datum geändert worden, indem aus Dienstag, 5. Juli 1892: Montag, 4. Juli, gemacht wurde. Die hiſtoriſche iſt ſo durch eine wirtſchaftliche Datumgrenze, eine Verkehrsdatumſcheide erſetzt, die, im allgemeinen mit dem Meridian 180° von Greenwich zuſammenfallend, nur bei der Tſchuktſchenhalbinſel (die Linie geht durch die Beringſtraße) und den Aleuten, weiter im Süden bei den Fidſchi-, Tonga- und Samoainſeln, endlich bei den Kermadec- und Chathaminſeln (bei Neuſeeland) etwas davon abweicht [3].

In der Aſtronomie pflegt man den Datumwechſel nicht um Mitternacht, ſondern des Mittags vorzunehmen, damit nicht während der Nacht, der Hauptbeobachtungszeit, das Datum wechſelt. Es iſt daher bei der Aufzeichnung aſtronomiſcher Beobachtungen, falls ſie nicht ausſchließlich für Aſtronomen beſtimmt ſind, notwendig dazuzuſetzen, ob das Datum bürgerlich oder aſtronomiſch gezählt iſt. Zweckmäßig erſcheint es dann immer, auch den Wochentag mit anzugeben.

Literatur: [1] Bekannt iſt die Erfahrung der Magalhaesſchen Mannſchaft (1522), die, von Spanien gegen Weſten ausgefahren, nach Umſchiffung des Kaps Hoorn und des Kaps der guten Hoffnung auf den Kapverdiſchen Inſeln nach ihrer Zählung am Mittwoch, 9. Juli, ankam, da doch dort bereits Donnerstag, 10. Juli, gezählt wurde; vgl. Pigafettas Beſchreibung der erſten Reiſe um die Welt, deutſch nach der Ausgabe von Amoretti, Gotha 1801, S. 235. — [2] Kapitän Benko hat neuerdings über dieſe Aenderung des Datums auf den Philippinen vor 60 Jahren mehrfach berichtet, z. B. in Mitt. d. Geogr. Geſ., Wien 1890, S. 560; vgl. ferner z. B. Günther, Handbuch der mathemat. Geogr., Stuttgart 1890, S. 242, zur ganzen Sache S. 240—243; oder auch Gretſchel, Lexikon der Aſtronomie, Leipzig 1882, S. 75—77, wo auf dem Kärtchen der Verlauf der hiſtoriſchen Grenze angegeben iſt; auch bei Wolf, Handbuch der Aſtronomie, I, 2, Zürich 1891, S. 406, und vielen andern aſtronomiſchen und geographiſchen Werken finden ſich Angaben über die Datumgrenze. — [3] Graphiſch richtige Darſtellungen der jetzt tatſächlich vorhandenen Datumſcheidelinie ſ. in verſchiedenen Atlanten, z. B. in dem kleinen (Taſchen-) Seeatlas, Gotha 1894, Bl. 20, in Stielers Handatlas, Gotha, Ausg. 1905, Bl. 5, oder in Debes' Handatlas, Leipzig 1895, Nr. 10, Nebenkarte II.

Ambronn.

Daturin, ſ. v. w. Atropin, ſ. Alkaloide, Bd. 1, S. 143.

Dauben, die die Seitenwandung der Fäſſer, Eimer, Bottiche bildenden Holzſtäbe (ſ. Böttcherei und Faßfabrikation).

Daubenabkürzſäge (Daubenſägemaſchine), Daubenfügeſäge (ſ. Faßfabrikation).

Dauerbrandlampe, Dauerbrenner, ſ. Bogenlampen.

Dauerfahrt, ſ. Probefahrt.

Dauerſtreu, die in Viehſtällen durch das tägliche Einſtreuen von friſchem Stroh, Torfmull, Waldſtreu oder dergl. anwachſende Düngerſchicht.

Dauerverſuche bezwecken, das Verhalten der Materialien gegenüber mehr oder weniger lange anhaltender oder mehr oder weniger oft wiederholter Inanſpruchnahme durch äußere mechaniſche oder chemiſche Einflüſſe zu ermitteln. Im nachſtehenden ſollen indes nur die Dauerverſuche mit Baumaterialien durch mechaniſche Inanſpruchnahme und die Veränderungen, welche die Feſtigkeitseigenſchaften hierbei erleiden, beſprochen ſein.

A. Veränderungen der Feſtigkeitseigenſchaften des Materials durch Beanſpruchungen geringer Zahl.

Aus älteren Unterſuchungen iſt bekannt, daß die Elaſtizitätsgrenze des Eiſens durch Dehnen erhöht wird, und wie Bauſchinger berichtet [1], wurde dieſe Tatſache ſchon im Jahre 1854 von L. Werder praktiſch ausgenutzt, indem er beim Bau des Münchner Glaspalaſtes die Zugſtangen zum Dachſtuhle vor dem Einbauen kalt ſtreckte. Später wurde das Verfahren des Kaltſtreckens von Uchatius angewendet, der bei Herſtellung bronzener Geſchützrohre deren Feſtigkeit durch Aufdornen erhöhte [2]. Eingehende Unterſuchungen über den Einfluß des Dehnens in kaltem Zuſtande liegen vor von Bauſchinger [3]. Ihre Ergebniſſe laſſen ſich wie folgt zuſammenfaſſen:

1. Die Proportionalitätsgrenze wird durch Dehnen mit Belaſtungen, die über der Proportionalitätsgrenze, aber noch unter der Streckgrenze liegen, ſofort erhöht, und zwar um ſo mehr, je höher die voraufgegangene Belaſtung war. Ueberſchreitet letztere die Streckgrenze, ſo wird die Proportionalitätsgrenze bei Eiſen und Stahl herabgeworfen, oft bis auf Null. Bei ſofortiger Wiederholung des Verſuches iſt dann bei Eiſen und Stahl entweder gar keine Proportionalitätsgrenze vorhanden oder ſie liegt bedeutend niedriger als urſprünglich. Bleibt der Stab aber nach dem Dehnen längere Zeit entlaſtet, ſo hebt ſich die Proportionalitätsgrenze wieder, und zwar ſchließlich bis über die voraufgegangene Belaſtung hinaus. Dieſe Erhebung ſcheint bei

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Eifen und Stahl nur fehr langfam vor fich zu gehen, wenn die erftmalige Belaftung nahe der Bruchgrenze lag. — Bei Kupfer liegt die Elaftizitätsgrenze fchon unmittelbar nach dem erften Strecken und Entlaften höher als urfprünglich und rückt durch wiederholtes Strecken noch höher hinauf. Bei längerem Entlaften nach dem Strecken geht die Elaftizitätsgrenze bis über die vorherige Streckgrenze hinauf. — Bei Rotguß hebt Strecken ebenfalls die Elaftizitätsgrenze fofort. Sie geht dann aber weder durch wiederholtes Strecken noch bei längerem Entlaften höher.

2. Die Streckgrenze wird fofort bis zu der Belaftung hinaufgehoben, mit der geftreckt wurde. Mit der Zeit der Ruhe zwifchen der erften und zweiten Belaftung erhebt fich die Streckgrenze bei Eifen und Stahl über die vorausgegangene Belaftung hinaus; die Erhebung fchreitet mit der Zeit fort und dauert vielleicht jahrelang an. — Bei Kupfer geht die Streckgrenze auch mit der Zeit der Ruhe wenig oder gar nicht über die Streckbelaftung hinaus, und bei Rotguß bleibt fie fogar hinter diefer zurück.

3. Der Elaftizitätsmodul wird durch Strecken erniedrigt. Mit der Zeit hebt er fich ebenfalls wieder, wahrfcheinlich aber langfamer als die Proportionalitätsgrenze.

4. Durch heftiges Erfchüttern ohne Formänderung wird die durch Dehnen heruntergeworfene Proportionalitätsgrenze bis auf den urfprünglichen Wert wieder gehoben; die gehobene Streckgrenze wird erniedrigt, fie bleibt aber noch weit über der Höhe, die fie urfprünglich hatte.

5. Erwärmen und langfames Abkühlen erniedrigt die Proportionalitätsgrenze und in geringerem Grade auch die Streckgrenze.

6. Die Proportionalitätsgrenze für Druck wird durch Dehnen, und diejenige für Zug durch voraufgegangene Druckbelaftung fofort heruntergeworfen, und zwar um fo mehr, je weiter die Proportionalitätsgrenze bei der erftmaligen Belaftung im entgegengefetzten Sinne überfchritten wurde. Die Zeit der Ruhe zwifchen beiden Belaftungen bleibt hierbei ohne wefentlichen Einfluß.

Nach Verfuchen von Ewing [4] ift es für die Rückkehr der durch Dehnen heruntergeworfenen Proportionalitätsgrenze gleichgültig, ob der Stab während der Ruhezeit entlaftet ift oder belaftet bleibt, ebenfo wird die Rückkehr durch Erfchüttern und Magnetifieren nicht beeinflußt, wohl aber durch fchwaches Erwärmen befchleunigt. Wie Ledebur mitteilt, wird auch die durch Kaltbearbeitung bereits gehobene Proportionalitätsgrenze bei Stahl noch weiter gehoben, wenn das Material auf 150—350° erhitzt wird [5]. — Charpy [6] fand für dasfelbe Material bei Zugverfuchen mit ausgeglühten Stäben ausgeprägtes Strecken, während kalt bearbeitete Stäbe kein Strecken zeigten. Zug- und Druckproben, aus Stäben entnommen, die bis über die Streckgrenze hinaus belaftet worden waren, zeigten bei Prüfung im ungeglühten Zuftande ebenfalls kein Strecken, wohl aber nach dem Ausglühen. — Unwin [7] belaftete Stäbe aus weichem Stahl (Mild steel) und Schmiedeeifen wiederholt (fünf- bis achtmal) bis über die Streckgrenze, nachdem die Stäbe vor jeder neuen Belaftung immer wieder bei dunkler Rotglut ausgeglüht waren. Die Spannung an der Streckgrenze, bezogen auf den durch das Dehnen gefchwächten Querfchnitt, wurde ftets annähernd gleichgroß gefunden, und der Verlauf der Schaulinie für die Beziehungen zwifchen Spannung und Dehnung bis zum Bruch war bei der letzten Reihe der gleiche wie für das Material im urfprünglichen Zuftande. Wurden die Stäbe vor der wiederholten Belaftung nicht ausgeglüht, fo konnte die urfprünglich fcharf ausgeprägte Streckgrenze bei der wiederholten Belaftung nicht mehr wahrgenommen werden; die Schaulinie verlief ähnlich wie bei dem aus Rotglut in Waffer abgefchreckten Material. Hiernach wurde alfo die durch das Kaltftrecken verurfachte Materialveränderung durch das Ausglühen jedesmal wieder befeitigt. — Bach [8] ftellte bei feinen Unterfuchungen über die Formänderungen flacher, durch Anker oder Stehbolzen unterftützter Keffelwandungen vergleichende Verfuche an mit dem Ankermaterial im Anlieferungszuftande und nachdem es in dem belafteten Keffel gedehnt war. Er fand hierbei:

Zuftand des Materials	Zugfeftigkeit kg/qmm	Bruchdehnung %
Ungeftreckt (u)	34,9	18,9
Geftreckt (g)	38,6	11,7
Verhältnis $(g : u \cdot 100)$ %	110	62

Durch das Strecken hatte alfo die Zugfeftigkeit um 10 % zugenommen, die Dehnung um 38 % abgenommen. Von demfelben Verfaffer liegen auch einige Verfuche über den Einfluß des kalten Biegens und Richtens vor. Die Proben wurden Keffelböden entnommen, die bei Beanfpruchung des Keffels durch inneren Druck ausgebeult und vor der Bearbeitung kalt geradegerichtet waren. Ihre Ergebniffe find mit denen für das gleiche Material im Anlieferungszuftande, alfo ungebogen, in Vergleich geftellt. Die Verfuche ergeben:

Zuftand des Materials	Streckgrenze kg/qmm	Zugfeftigkeit kg/qmm	Dehnung %
Ungebogen (u)	18,0	35,4	21,2
Gebogen und gerichtet (g)	26,0	43,5	17,9
Verhältnis $(g : u \cdot 100)$ %	144	123	84

Hiernach waren durch das kalte Biegen und Richten die Streckgrenze und Zugfeftigkeit gehoben und die Dehnung vermindert. — Martens [9] ließ fünf Rundftäbe von 20 mm Durchmeffer aus der gleichen Stange Flußeifen zunächft bis zur Höchftfpannung (Beginn des Einfchnürens) und hierauf nach verfchieden langer Ruhepaufe wieder bis zum eintretenden Strecken belaften. Aus dem Verlauf der aneinander gereihten Schaulinien, die von der Mafchine felbfttätig aufgezeichnet waren, folgert Martens in Beftätigung der vorftehend unter 2. genannten

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Beobachtungen von Baufchinger, daß die Streckgrenze bei ſofortiger Wiederholung des Verſuches und nach einem Tage Ruhepauſe faſt auf die Größe der voraufgegangenen Anſpannung gehoben wurde und die Schaulinien aus den Wiederholungsverſuchen ganz gut an den allgemeinen Verlauf der erſten Schaulinie, wie ſie ohne Entlaſtung gewonnen worden wäre, ſich anſchloſſen. Nach einer Woche und noch mehr nach längeren Ruhepauſen lag die Streckgrenze höher als die voraufgegangene Anſpannung. Die Schaulinien fielen aber nach Erreichung der neuen Streckgrenze ſofort ab. — Rudeloff führte vier Verſuchsreihen über den Einfluß des Streckens ſowie des Biegens und Richtens an Proben aus einem Flußeiſenblech mit 40 kg/qmm Zugfeſtigkeit aus [10]. In Reihe I wurden je fünf Stäbe durch Zugbelaſtung um etwa 0,2—2—5—10—14 und 18% und bis zum Beginn des Einſchnürens vorgeſtreckt, und dann immer je einer der fünf annähernd gleich viel vorgeſtreckten Stäbe ſofort und nach 1, 7, 21 und 63 Tagen Ruhe zum zweitenmal belaſtet. In Reihe II wurden Stäbe bis zu etwa 6% vorgeſtreckt, und dann wurden aus ihnen kleinere Zerreißproben kalt herausgeſchnitten, derart, daß das Material bei der zweiten Belaſtung in der gleichen Richtung beanſprucht war wie bei der erſten. In Reihe III wurden breite, ſtufenförmig abgeſetzte Stäbe zuerſt ſo hoch beanſprucht, daß der ſchmalſte Stabteil einzuſchnüren begann, und dann wurden aus jeder Stufe drei neue kleinere Stäbe kalt derart herausgeſchnitten, daß ihre Längsachſe ſenkrecht zu der des ſtufenförmigen Stabes lag, ſo daß das Material alſo bei Prüfung der kleinen Stäbe ſenkrecht zur erſtmaligen Streckung beanſprucht war. In Reihe IV wurden Stäbe kalt nach verſchiedenen Halbmeſſern gebogen und dann wieder kalt gerichtet. Hierbei wurde ein Teil der Stäbe vor, der andre nach dem Richten ausgeglüht, während der Reſt ohne voraufgegangenes Glühen geprüft wurde. — Eine V. Reihe erſtreckte ſich auf die Unterſuchung über den Einfluß des Streckens bei verſchiedenen Wärmegraden (bis zu 400° C.) auf die nachherige Zugfeſtigkeit. Unterſucht wurden Schweißeiſen, Siemens-Martin-Eiſen, Deltametall, Manganbronze und Kupfer.

Aus Reihe I ergab ſich, wenn die Belaſtungswerte bei der zweiten Belaſtung auf die Abmeſſungen der geſtreckten Stäbe bezogen werden, folgendes:

1. Die Proportionalitätsgrenze fand ſich bei ſofortiger nochmaliger Prüfung an den um mehr als 20% vorgeſtreckten Stäben erhöht, im übrigen war ſie heruntergedrückt, und zwar durch Vorſtrecken um 4, 5 und 9% auf Null. Bei längerem Entlaſten hob ſich die Proportionalitätsgrenze wieder, und zwar um ſo höher, je mehr der Stab vorgeſtreckt war. Schon nach einem Tage lag ſie höher als die urſprüngliche Proportionalitätsgrenze, blieb aber noch hinter der Höchſtſpannung, mit der geſtreckt wurde, zurück. Nach 7 Tagen ſcheint ſie die erreichbaren Höchſtwerte angenommen zu haben, die nun höher lagen als die Spannung beim Vorſtrecken.

2. Die Dehnungszahl α (Dehnung der Längeneinheit für die Spannungseinheit innerhalb der Proportionalitätsgrenze) wurde durch das Vorſtrecken, gleichviel wie groß es war oder wie lange die Stäbe bis zur nochmaligen Prüfung entlaſtet waren, nur unweſentlich verändert.

3. Die Streckgrenze wurde (von drei Fällen abgeſehen) ſofort gehoben, und zwar um ſo mehr, je größer die Vorſtreckung geweſen war und je länger die Entlaſtung bis zur zweiten Prüfung gedauert hatte. Die Erhebung erfolgte mit wachſender Vorſtreckung bis 5% ſehr ſchnell, war dann der letzteren annähernd proportional, und ſchließlich lag die Streckgrenze um etwa 42% höher als die Höchſtſpannung beim Vorſtrecken. Das ausgeprägte Fließen im urſprünglichen Zuſtande (Knick in der Schaulinie) wurde ſchon durch Vorſtrecken um 0,2—0,5% zurückgedrängt; nach Vorſtrecken um 2% war der Knick in der Schaulinie ganz verſchwunden, ſtellte ſich aber nach ſtärkerem Vorſtrecken wieder ein.

4. Die Bruchfeſtigkeit wurde durch das Vorſtrecken ebenfalls gehoben, erreichte ihren Höchſtwert bei Vorſtreckung um etwa 14% und blieb dann bei ſtärkerem Vorſtrecken konſtant. Am größten waren die Erhebungen nach 21tägiger Ruhepauſe zwiſchen der erſtmaligen und zweiten Belaſtung.

5. Die Bruchdehnung der Stäbe, bezogen auf die urſprüngliche Länge (Geſamtdehnung), nahm mit wachſender Vorſtreckung zunächſt ab und dann wieder zu. Der Einfluß der Ruhedauer ſcheint hierbei inſofern von Einfluß zu ſein, als die geringſten Dehnungen bei um ſo größerer Vorſtreckung ſich ergaben, je kürzer die Ruhedauer geweſen war. — Reihe II und III ergaben:

6. Bei Entnahme neuer Proben aus den vorgeſtreckten Stäben wurde der Einfluß der Vorſtreckung auf die Spannungsgrenzen geringer und auf die Bruchdehnung größer befunden als bei unmittelbarer nochmaliger Prüfung der vorgeſtreckten Stäbe ſelbſt.

7. Die Veränderungen der Materialeigenſchaften waren größer, wenn die erſtmalige Streckung in der gleichen Richtung ſtattgefunden hatte wie die wiederholte Beanſpruchung, als wenn letztere ſenkrecht zur Vorſtreckung gerichtet war. — Aus Reihe IV folgt:

8. Durch Kaltrichten der gebogenen und dann ausgeglühten Stäbe wurden die Proportionalitätsgrenze und Streckgrenze heruntergedrückt, und zwar erſtere auf Null; die Bruchfeſtigkeit wurde gehoben und die Bruchdehnung vermindert.

9. Durch Kaltbiegen und Kaltrichten wurde die Proportionalität zwiſchen Spannung und Dehnung geſtört, Streckgrenze und Bruchgrenze wurden gehoben, die Bruchdehnung wurde vermindert. Die Veränderungen waren um ſo größer, je kleiner die Biegungshalbmeſſer geweſen waren.

10. Durch Ausglühen wurde die Proportionalität zwiſchen Spannung und Dehnung wiederhergeſtellt, im übrigen aber der Einfluß des Kaltbiegens und hierauf folgenden Kaltrichtens nicht vollkommen wieder beſeitigt.

11. Streckung bei höheren Temperaturen (bis 400° C.), Reihe V, erhöhte im allgemeinen die Feſtigkeit und verminderte die Dehnbarkeit des Materials. Der Einfluß war am größten für Schweißeiſen, Martinſtahl und Manganbronze bei 200—250° C., für Deltametall bei 100°; beim Kupfer, das anſcheinend vorher kalt bearbeitet war, wurden die höchſten Werte für die

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Spannungsgrenze und die geringſten für die Dehnung nach dem Strecken bei Zimmerwärme gefunden. Das Strecken bei 100° C. hatte nur die Proportionalitätsgrenze noch erhöht, Strecken bei höheren Wärmegraden hatte die Proportionalitätsgrenze auf Null und auch die Streck- und Bruchgrenze heruntergedrückt.

B. Verhalten des Materials bei Dauerbeanſpruchung.

a) Die Wöhlerſchen Verſuche. Die erſten Dauerverſuche mit beſonders hergerichteten Probeſtäben unter wiederholtem Spannungswechſel bis zum Bruch der Proben wurden von Wöhler angeſtellt. Sie bildeten die Fortſetzung ſeiner auf der Kgl. niederſchleſiſch-märkiſchen Eiſenbahn ausgeführten „Verſuche über Biegung und Verdrehung von Eiſenbahnwagenachſen während der Fahrt", bei denen die genannten Formänderungen mit Hilfe beſonderer Meßwerkzeuge beobachtet wurden, die zwiſchen der Achſe und je einer Speiche der beiden zugehörigen Räder eingeſchaltet waren [11]. — Dieſe Verſuche hatten ergeben, daß die größte Kraft, die auf Biegung der Achſe wirkte, 62—68% des Bruttowagengewichtes betrug und daß als Bedingung der Sicherheit an die Achſen die Forderung geſtellt werden mußte, daß ſolche Belaſtungen, mit denen das Material abwechſelnd auf Zug und Druck in Anſpruch genommen wird, nicht die Gefahr eines Bruchs herbeiführen. Um nun die Grundlagen für die Berechnung der erforderlichen Achſenſtärken aus den beobachteten Kräften zu gewinnen, ſtellte Wöhler zunächſt (1860) Dauerbiegeverſuche an, bei denen die Proben — ganze Eiſenbahnwagenachſen und dünnere Rundſtäbe — paarweiſe mit dem einen Ende bei f und f_1 in eine in zwei Lagern b ruhende gußeiſerne Welle a feſt eingelaſſen und am andern Ende bei e mit Hilfe eines Dynamometers g belaſtet wurden (ſ. Fig. 1). Die Welle wurde dann durch einen Schnurantrieb c in

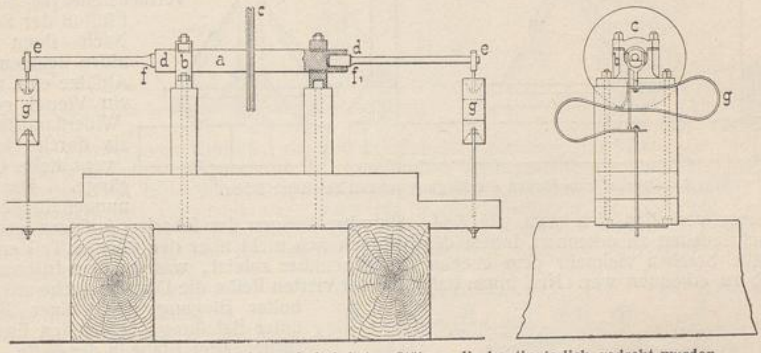


Fig. 1. Apparat zu Verſuchen mit belaſteten Stäben, die kontinuierlich gedreht wurden.

Umdrehung verſetzt, ſo daß die Proben übereinſtimmend mit der Betriebsinanſpruchnahme einer Eiſenbahnwagenachſe einem wiederholten Biegen bei ſtetig wechſelnder Biegungsebene unterworfen wurden. Bei einzelnen dieſer Verſuche wurden die Proben nebenbei dadurch wiederholt erſchüttert, daß ein 2 kg ſchwerer Hammer bei jeder Umdrehung der Welle durch einen mit ihr verbundenen Daumen angehoben wurde und, von dem Daumen abgleitend, auf den Wellenkopf auffchlug. Von den gemachten Beobachtungen möge angeführt ſein, daß 1. glatte Stäbe eine größere Dauerhaftigkeit zeigten als ſolche, die an der Austrittsſtelle aus der Welle ſcharf abgeſetzt waren, und 2. die Erſchütterungen den Eintritt des Bruches befchleunigten. Den ſchädlichen Einfluß des ſcharfen Abſatzes erklärt Wöhler damit, daß die mit den Zug- und Druckſpannungen verbundenen Querſchnittsänderungen an der Biegeſtelle durch den benachbarten größeren Querſchnitt beeinträchtigt werden, wobei Schubſpannungen entſtehen, die den Bruch befchleunigen. Anſchließend an dieſe Verſuche führte Wöhler zur Kennzeichnung der Eigenſchaften der Probematerialien Biegeverſuche mit ruhender Belaſtung aus, bei denen die Proben mittels einer in Fig. 2 dargeſtellten Vorrichtung an beiden Enden unterſtützt und in zwei ſymmetriſch zwiſchen den Stützpunkten gelegenen Querſchnitten gleichmäßig belaſtet wurden. Dieſe Anordnung war gewählt, um zwiſchen den Angriffspunkten der Belaſtung für alle Querſchnitte gleiche Kraftmomente zu erzielen und ſomit für prismatiſche Stäbe bei kreisförmiger Verbiegung die Elaſtizitätsgrenze innerhalb dieſer ganzen Länge gleichzeitig zu erreichen, wodurch die bleibende Durchbiegung weit früher meßbar werden mußte als bei Stäben, die nur in einem Querſchnitt belaſtet ſind. Die Stützpunkte des Stabes und die Angriffspunkte der Laſt wurden durch Schneiden gebildet, die von den Schwingen a, a_1 und b, b_1 (Fig. 2) getragen wurden. An den letzteren hing der Querbaum d mit der Belaſtungsſchale c. Um den Stab zu entlaſten, konnte der Querbaum mit Hilfe von zwei durch Schraubengetriebe betätigten Hebelwerken angehoben werden. Hierbei traten die oben an den Schwingen b und b_1 befindlichen Stifte in die Halter n und n_1 ein und hinderten die Schwingen am Umſchlagen. Die Durchbiegungen der Probe wurden mit Hilfe eines Fühlhebels mit zehnfacher Ueberſetzung gemeſſen, der an der Probe aufgehängt wurde und deſſen Nonius ſo geteilt war, daß 0,001 Zoll (0,025 mm) abgeleſen und 0,0002 Zoll (0,005 mm) geſchätzt werden konnten. Dieſe Verſuche führten unter Berückſichtigung der Ergebniſſe aus den mit demſelben Material angeſtellten Dauerbiegeverſuchen zu dem Schluß, daß die bleibende Durchbiegung einen Maßſtab für die Widerſtandsfähigkeit des Körpers liefert, derart, daß von zwei Körpern derjenige der widerſtandsfähigere iſt, der bei gleicher Spannung die geringſte bleibende Durchbiegung erleidet. Ferner zeigte ſich, daß bei

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

längerer konſtanter Belaſtung die elaſtiſche Biegung einen konſtanten Wert behielt, während die bleibende Durchbiegung ſtändig zunahm. Wöhler folgerte hieraus, daß die bleibenden und die elaſtiſchen Formänderungen nicht Folgen derſelben Eigenſchaft des Körpers ſein können, und führt die letzteren auf Formänderungen der als vollkommen elaſtiſch anzunehmenden Moleküle des Körpers, die bleibenden Formänderungen aber auf Verſchiebung dieſer Moleküle zurück. In Uebereinſtimmung mit dieſer Erklärung ſteht die Beobachtung, daß die elaſtiſche Formänderung der Belaſtung ſtets proportional bleibt, gleichviel, ob eine bleibende Formänderung ſtattgefunden hat oder nicht [12]. — Die dritte, im Jahre 1863 abgeſchloſſene Verſuchsreihe [13] beſtätigte den bereits bei der erſten Reihe erkannten Einfluß der Stabform und der Erſchütterungen auf die Dauerhaftigkeit des Materials. Ferner ergab ſich die Zahl der Umdrehungen (Beanſpruchungen) bis zum Bruch um ſo größer, je geringer die Spannung und je länger die Dauer der einzelnen Umdrehungen war. — Auch die vierte Wöhler'ſche Verſuchsreihe [14] betraf den Einfluß der Stabform. Nach ihren Ergebniſſen beſitzen ſcharfe Abſätze eine um etwa ein Viertel geringere Widerſtandsfähigkeit als durch Hohlkehle vermittelte Uebergänge. Die Spannungen für gleiche Betriebsdauer verhalten ſich etwa wie 3 : 4. Unterbrechungen des ſcharfen Anſatzes gaben ſich im Bruchausſehen zu erkennen, indem der Anbruch ſich nicht über den ebenen Teil erſtreckte. Die Stäbe brachen vielmehr dem ebenen Teil gegenüber zuletzt, was an dem friſchen Bruch deutlich zu erkennen war. Neu hinzu traten bei der vierten Reihe die Dauerverſuche mit wiederholter Biegung nach einer Richtung unter Belaſtung der an den Enden frei aufliegenden Stäbe in der Mitte. Die Belaſtungen wechſelten hierbei zwiſchen 0 und einem größten Wert oder zwiſchen zwei Belaſtungen von beſtimmten endlichen Größen. Der zu dieſen Verſuchen benutzte Belaſtungsapparat iſt in Fig. 3 dargeſtellt. Die Probe *A* ruht wagerecht mit den beiden Enden auf den Tragſchneiden der Schwingen *a* und *b*, von denen erſtere bei *o* an dem feſten Maſchinengeſtell aufgehängt iſt, während die Schwinge *b* bei *c* an dem kürzeren Ende eines Hebels angreift. Dieſer iſt bei *e* mittels einer Schneide geſtützt und bei *f* durch ein Federdynamometer belaſtet, das dazu dient, den bei *b* herrſchenden größten Auflagedruck (gleich der halben Belaſtung der Probe) zu meſſen. Die Belaſtung der Probe *A* erfolgt durch die Zugſtange *q*, an die bei *n* ein Daumen der Welle *g* angreift, die durch den Hebel *hk* und die Exzenterſtange *p* in ſchwingende Bewegung verſetzt wird. Zum Verſuch wird die Dynamometerfeder unter Berückſichtigung ihrer zuvor ermittelten Dehnungszahl (Dehnung für die Belaſtungseinheit) ſo weit angeſpannt, daß die Summe der an dem langen Arm des Hebels *cd* wirkenden Kraftmomente gleich dem Moment aus dem für die gewünſchte Belaſtung des Stabes berechneten Auflagedruck und dem kürzeren Hebelarm iſt. Alsdann wird die Zugſtange *q* durch eine Mutter mit Rechts- und Linksgewinde ſo weit verkürzt, daß ſich die Schraube *d* am längeren Hebelarm beim Betriebe der Maſchine von ihrem Stützpunkte ſoeben abhebt. Der Schlitz am unteren Ende der Stange *q* dient dazu, daß der Daumen der Welle *g* keinen Druck nach oben auf die Probe ausüben kann. Soll die Entlaſtung des Stabes nach den einzelnen Anſtrengungen keine vollſtändige ſein, ſondern ſtets eine gewiſſe Spannung in dem Stabe verbleiben, ſo wird das Federdynamometer, wie oben erörtert, zunächſt dieſer kleineren Spannung entſprechend angeſpannt. Hierzu wird mit der Schraube m_1, ein ſolcher Druck auf die Probe ausgeübt, daß der Hebel bei *d* ſich von der Unterlage abhebt, und nun erſt wird die Feder der gewünſchten größten Belaſtung entſprechend angeſpannt. Die Verſuche mit Belaſtungswechſel zwiſchen 0 und einer höchſten Spannung ergaben, daß 1. die Bruchgrenze,

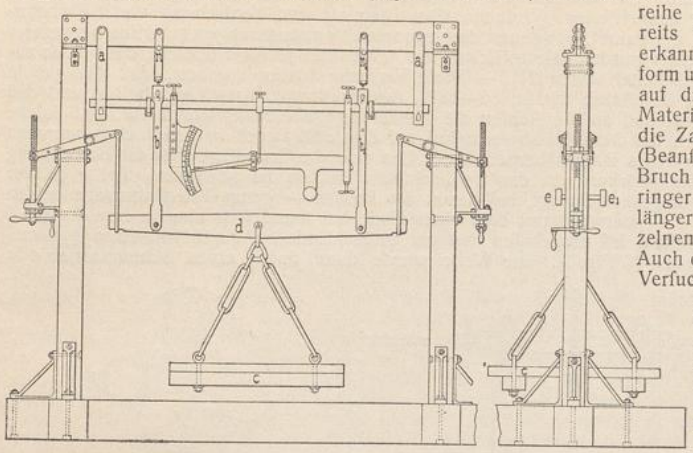


Fig. 2. Apparat zum Meſſen der Biegung ruhend belaſteter Stäbe.

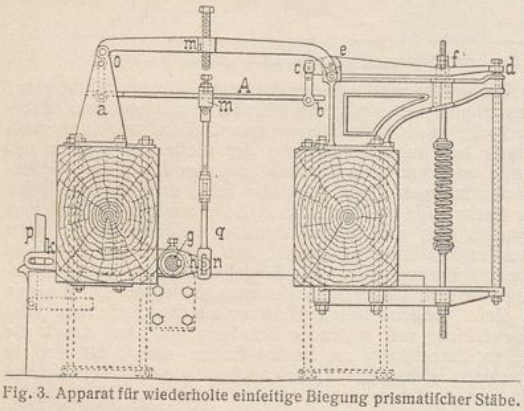


Fig. 3. Apparat für wiederholte einſeitige Biegung prismatiſcher Stäbe.

d. h. die Spannung, die auch bei wiederholter Inanſpruchnahme keinen Bruch herbeiführt, bei demſelben Material und Biegung nach einer Richtung nahezu doppelt ſo hoch lag als bei den Biegungen nach allen Seiten, d. h. beim Wechſel zwiſchen Zug- und Druckbelaſtungen; 2. die bleibenden Formänderungen bei Verſuchen mit Spannungen über die Elaſtizitätsgrenze hinaus in den erſten Stunden des Verſuches ſich vollzogen und dann konſtant blieben, ſo daß die Stäbe bis zum erfolgten Bruch oder Einbruch keine Einbuße an Spannkraft erlitten, die Annäherung des Bruches ſich alſo durch eine Verminderung der Feſtigkeit nicht bemerkbar machte. Die Verſuche mit Spannungswechſel zwiſchen zwei verſchiedenen Grenzen führten ferner zur Aufſtellung des folgenden fogenannten Wöhlerſchen Geſetzes: „Der Bruch des Materials läßt ſich nicht nur durch eine die abſolute Feſtigkeit überſchreitende ruhende Belaſtung, ſondern auch durch vielfach wiederholte Schwingungen, von denen keine die abſolute Bruchgrenze erreicht, herbeiführen. Die Differenzen der Spannungen, welche die Schwingungen eingrenzen, ſind dabei für die Zerſtörung des Zuſammenhanges maßgebend. Die abſolute Größe der Grenzſpannungen iſt nur inſoweit von Einfluß, als mit wechſelnder Spannung die Differenzen, die den Bruch herbeiführen, ſich verringern.“ — In einer fünften Verſuchsreihe, die im Jahre 1870 zum Abſchluß gelangte [15], legte Wöhler die allgemeine Gültigkeit ſeines Geſetzes, das bis dahin nur aus Biegeverſuchen abgeleitet war, auch für Inanſpruchnahmen auf Zug- und Torſionsfeſtigkeit dar und wies zugleich nach, daß die verſchiedenen Arten der Feſtigkeit in beſtimmten Beziehungen zueinander ſtehen. Die hierbei für Zugverſuche und Torſionsverſuche benutzten Maſchinen ſind in Fig. 4—7 dargeſtellt. Bei der Maſchine für wiederholte Zugbelaſtung (Fig. 4) iſt der Probeſtab *A* am unteren Ende durch die mit der Schraube *b* verſehene Einſpannklaue am Maſchinengeſtell feſtgelegt, während die Einſpannklaue des oberen Stabendes in Schneiden an dem kürzeren Arm des Hebels *h* aufgehängt iſt. Die Anſpannung des Stabes erfolgt durch eine mittels Exzenterantrieb betätigte Daumenwelle, indem die Schwingung des Daumens durch die Zugſtange *d* und die Feder *g* zunächſt auf das wagerechte Zwiſchenſtück *em* und durch deſſen Arm *e* auf den längeren Arm des Hebels *h* übertragen wird. Der Arm *m* des Zwiſchenſtückes ruht auf einem zweiten Hebel, deſſen längerer Arm durch das Federdynamometer *f* ſo belaſtet iſt, daß er ſich eben anhebt, ſobald die gewünſchte Belaſtung in dem Probeſtabe erreicht iſt und ſofern die Längen der Schraube *b* und der Zugſtange *d* vor dem Verſuch auf das erforderliche Maß eingeſtellt ſind. Die Spannvorrichtung *k* dient dazu, dem Probeſtabe eine beſtimmte Anfangsbelaſtung geben zu können. — Bei der Maſchine zum wiederholten Verwinden (Fig. 5—7) iſt der Probeſtab an beiden Enden in dem Bock *b* gelagert und außerhalb der Lager mit je einem Hebel feſt verbunden. Von letzteren wird h_0 durch den mittels Exzenterſtange betätigten Zwiſchenhebel *c*, mit dem er durch die Stange *S* verbunden iſt, in ſchwingende Bewegung geſetzt, welcher der gleicharmige Hebel hh_1 am andern Stabende folgt, bis ſich die an ſeinen Enden angebrachten Stellſchrauben auf die kurzen Arme der bei *d* und d_1 in Schneiden gelagerten Hebel *g* und g_1 auffetzen. Dieſe Hebel ſind durch die Federdynamometer *f* ſo belaſtet, daß ſie erſt nachgeben, ſobald durch den Unterſchied in der Winkelbewegung der beiden Hebel h_0 und hh_1 die gewünſchte Torſionsſpannung in dem Probeſtabe erreicht iſt. Zur richtigen Einſtellung des Hubes iſt die Zugſtange *S*, die durch die Lenkerſtange *l* geführt wird, mit Stellmuttern verſehen. Die Wöhlerſchen Verſuche ſind ſpäter mit denſelben Maſchinen durch Spangenberg an der ehemaligen Gewerbeakademie in Berlin fortgeſetzt [16].

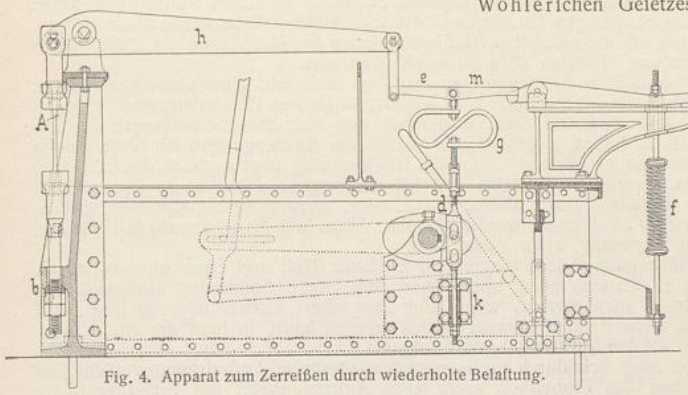


Fig. 4. Apparat zum Zerreißen durch wiederholte Belaſtung.

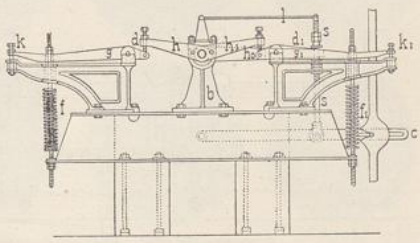


Fig. 5.

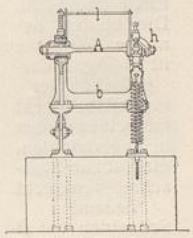


Fig. 6.

Apparat zum Verwinden durch wiederholte Belaſtung.

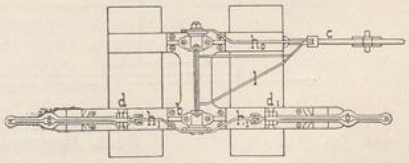


Fig. 7.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

b) Die Baufchingerfchen Dauerverfuche. Im Jahre 1881 begann auch Baufchinger in München die Ausführung von Dauerverfuchen unter Zugbelaftung mit Mafchinen, die den Wöhlerfchen nachgebildet waren. Aus den Ergebniffen feiner Verfuche zieht Baufchinger folgende Schlüffe [17] und [18]:

1. „Wenn bei wiederholten Anftrengungen auf Zug, deren untere Grenze Null ift, die obere Grenze in der Nähe der urfprünglichen Elaftizitätsgrenze liegt, fo wird auch durch 5—16 000 000 malige Wiederholung diefer Anftrengungen der Bruch nicht erreicht." Als Einfchränkung der allgemeinen Gültigkeit diefes Schluffes ift hierbei zu beachten, daß das Material vollkommen fehlerfrei fein muß. Geringe Fehlftellen auf der Oberfläche und auch im Innern des Stabes machen fich befonders bei dem homogenen Flußeifen in einem frühzeitigen Bruch geltend. Schweißeifen fcheint dagegen für kleine Oberflächenfehler faft unempfindlich zu fein. Ferner ift zu berückfichtigen, ob die gefundene Elaftizitätsgrenze des Materials nicht fchon vorher durch mechanifche Bearbeitung künftlich allzu hoch gehoben war.

2. „Durch oftmals wiederholte Anftrengungen zwifchen Null und einer oberen Spannung, die in der Nähe oder auch mehr oder weniger über der urfprünglichen Elaftizitätsgrenze gelegen ift, wird diefe gehoben, und zwar bis über, manchmal weit über die obere Grenze der Anftrengungen hinaus und um fo höher, je größer die Anzahl der Anftrengungen ift, ohne jedoch eine gewiffe Höhe überfchreiten zu können." In diefer Beobachtung liegt zugleich die Erklärung für die durch Wöhler nachgewiefene Tatfache, daß Schwingungen, deren obere Grenze über der Elaftizitätsgrenze des Materials liegt, deffen Bruch nicht notwendig herbeiführen müffen, fondern in unbefchränkter Zahl ausgehalten werden können, fofern nur die Spannungsdifferenzen, entfprechend der höchften Spannung, klein genug find.

3. „Wiederholte Anftrengungen (Schwingungen) zwifchen Null und einer oberen Grenze, welche die urfprüngliche Elaftizitätsgrenze noch über ihre obere Spannung hinauszuheben vermögen, führen den Bruch nicht herbei; wenn aber ihre obere Grenze fo hoch liegt, daß die Elaftizitätsgrenze nicht mehr darüber hinausgehoben werden kann, fo muß der Bruch nach einer befchränkten Anzahl folcher Anftrengungen erfolgen."

4. „Die Zugfeftigkeit zeigt fich durch millionenmal wiederholte Anftrengungen nicht vermindert, eher erhöht, wenn das Probeftück nach jenen Anftrengungen mit ruhender (ftetig wachfender?! Der Verfaffer) Belaftung abgeriffen wird."

5. „Oftmal, millionenmal wiederholte Anftrengungen des Eifens und Stahls bringen keine Aenderung der Struktur hervor." Die eigentümlichen Zeichnungen, die an Brüchen erfichtlich find, die während folcher wiederholten Anftrengungen entftanden, rühren von einer Strukturänderung her, die fich lediglich auf die äußerfte Oberfläche der Bruchftellen befchränkt.

c) Die Verfuche von Jerome Sondericker [19], begonnen im Jahre 1890, dienten zur Ermittlung des Einfluffes wiederholter Anftrengungen auf die elaftifchen Eigenfchaften von Eifen und Stahl. Die hierbei benutzte Mafchine ift in Fig. 8 dargeftellt. Der Probeftab fteckt mit beiden Enden in Lagerbüchfen, die mit zur Stabachfe fenkrecht ftehenden Schneiden bei *B* auf dem Mafchinengeftell geftützt werden. An dem einen Ende ift er durch die

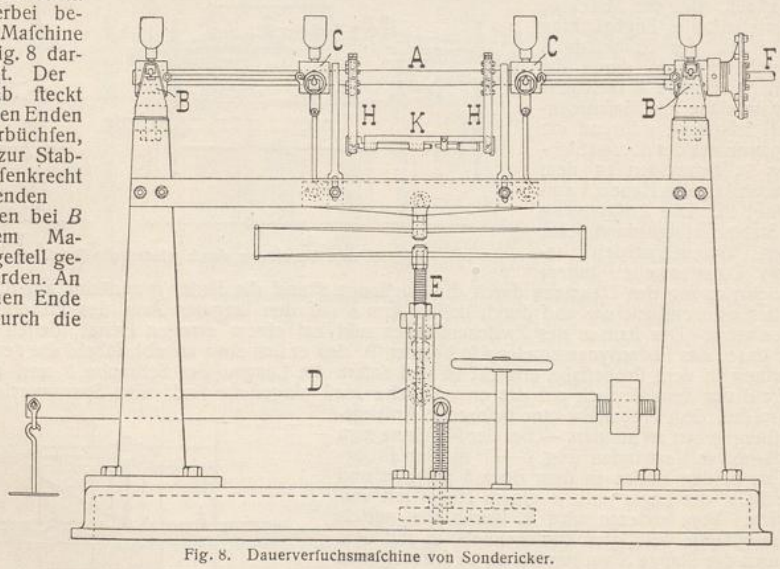


Fig. 8. Dauerverfuchsmafchine von Sondericker.

bewegliche Kupplung *F* mit einer mechanifch angetriebenen Welle verbunden, fo daß er deren Umdrehungen (500 in der Minute) mitmacht. Symmetrifch zu den Stützpunkten *B* fitzen auf dem Probeftabe die Hülfen *C* mit feitlichen Schneiden zur gemeinfamen Aufnahme der Belaftung, die durch den Hebel *D* bewirkt wird. Zwifchen der Zugftange *E* des Hebels und dem von den Hülfen *C* getragenen Gehänge ift eine Feder eingefchaltet, die verhindern foll, daß der Hebel *D* bei wechfelnden Durchbiegungen des beftändig gedrehten Stabes in Schwingungen gerät. Zur Beftimmung der Durchbiegungen find in gleichen Entfernungen von den Stützfchneiden *C* die Stangen *H* an den Probeftab fenkrecht zu feiner Achfe angefchraubt, die an

ihren unteren Enden in Kugellagern das Meßwerkzeug *K* tragen. Dieſes beſteht nach Art der Schublehren aus zwei Teilen, die ſich bei Schrägſtellung der Stangen *H* entſprechend der Verbiegung des mittleren Stabteiles *A* gegeneinander verſchieben. Die Größe dieſer Verſchiebung wird als Maß für die Durchbiegung mit Hilfe einer Mikrometerſchraube gemeſſen. Hierbei wurde wie folgt verfahren: Die Stangen *H* blieben während des Dauerverſuches an dem Stabe, nach Erreichung der gewünſchten Anzahl Anſtrengungen wurde die Maſchine angehalten, die Belaſtung bei aufrechter Stellung der Stangen *H* entfernt, der Stab um 180° gedreht und nun die erſte Meſſung ausgeführt, dann wurde die Belaſtung wieder aufgebracht und die zweite Meſſung angeſtellt und ſchließlich vor einer dritten Meſſung die Belaſtung nochmals entfernt.

Fig. 10. Bruchfläche aus einem Dauerbiegeverſuch.

Der Unterſchied zwiſchen der erſten und zweiten Meſſung ergab die geſamte, derjenige zwiſchen der zweiten und dritten die elaſtiſche und derjenige zwiſchen der erſten und dritten die bleibende Durchbiegung. Als vorläufiges Ergebnis ſeiner noch nicht abgeſchloſſenen Unterſuchungen teilt Sondericker mit, daß 1. Aenderungen im elaſtiſchen Verhalten und bleibende Formänderungen erſt mit Ueberſchreitung der Elaſtizitätsgrenze durch die Verſuchsſpannung eintreten, ſich dann vornehmlich zu Anfang des Verſuches vollziehen und nach und nach für die gleiche Anzahl Anſtrengungen geringer werden, um ſchließlich keine weitere Aenderung zu erleiden, 2. daß die Dauerhaftigkeit des Materials nach ſeiner Elaſtizitätsgrenze nicht zuverläſſig beurteilt werden kann und in hohem Grade von Fehlſtellen im Material abhängig iſt.

Fig. 9. Bruchfläche aus einem Dauerzugverſuch.

d) Gefügeänderungen beim Dauerverſuch. Die eigenartigen Brucherſcheinungen, die bei Dauerverſuchen auftreten und zum Teil in den Fig. 9—15 veranſchaulicht ſind, ſowie die mehrfach gemachte Beobachtung, daß im Betriebe gebrochene Konſtruktionsteile ein ausgeprägt körniges, kriſtalliniſches Bruchgefüge zeigen, während Zerreißſtäbe aus demſelben Stück matten, ſehnigen Bruch aufweiſen, führten zu der Annahme, daß durch wiederholte Anſtrengungen Gefügeänderungen in dem Material veranlaßt werden [20]—[22]. Spangenberg ſagt hierüber [16]: „Das eigentümliche Ausſehen ſämtlicher Bruchflächen (von Dauerverſuchsſtäben) und der Umſtand, daß die glatten, dem Einbruch zunächſt liegenden Flächen im allgemeinen um ſo größer ſind,

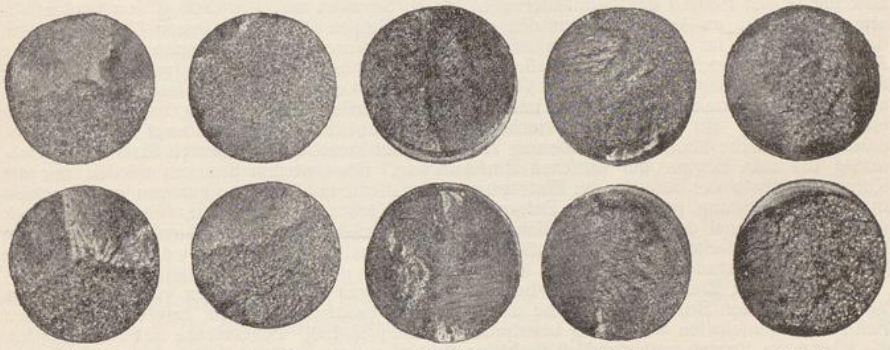


Fig. 11. Fig. 12. Fig. 13. Fig. 14. Fig. 15.
Bruchflächen aus Dauerbiegeverſuchen mit wechſelnder Biegungsebene.

je größer die Zahl der Anſtrengungen bis zum Bruch, alſo je geringer die Maximalſpannung war, und endlich die Wahrnehmung, daß der Einbruch ſich ſtets in den gezogenen Faſern zeigt, dieſe Erſcheinungen veranlaßten mich zu der Annahme, daß durch oft wiederholte Dehnungen das kriſtalliniſche Gefüge der Metalle nach und nach in das amorphe übergeführt werde, daß auf ſolche Weiſe verſchiedene Gleichgewichtszuſtände der Moleküle entſtehen, deren jeder einer Elaſtizitätsgrenze entſpricht, daß dann durch Fortſetzung der Dehnungen die letzte Elaſtizitätsgrenze überſchritten und endlich die Widerſtandskraft des Querſchnittes ſo verringert werde, daß die ſich konſtant gebliebene Kraft des Federdynamometers zur Bruchlaſt für den reſtierenden Teil des Querſchnittes wird und deſſen Bruch plötzlich bewirkt.“ Autenheimer [23] erklärt die vermeintliche Gefügeänderung wie folgt: „Vor Beginn der Spannung haben die kleinſten Teile des Körpers eine beſtimmte Lage zueinander. Während nun die Spannung ſteigt, ändert ſich dieſe Lage. Hält die Spannung in gleicher Höhe an, ſo verbleiben auch die Teile in dieſer neuen Lage. Sowie aber die Spannung auf die urſprüngliche zurückkehrt, ſo iſt die Tendenz vorhanden, die urſprüngliche Lage der Teile wiederherzuſtellen. Bei Materialien, wie ſie zu Konſtruktionen verwendet werden, wird dieſe Herſtellung nicht vollſtändig erreicht, ſelbſt dann nicht, wenn die Formänderung innerhalb der ſogenannten Elaſtizitätsgrenze erfolgt. Bei einem derartigen Spannungswechſel iſt indeſſen dieſe Aenderung nicht immer bemerkbar, ſelbſt nicht bei einer mäßigen Anzahl ſolcher Wechſel. Da nun aber jeder Spannungswechſel eine molekulare Verſchiebung hervorbringt, ſo muß nach einer genügend großen Anzahl ſolcher Wechſel der neue Zuſtand wahrnehmbar vom urſprünglichen abweichen. Der neue Zuſtand charakteriſiert ſich dadurch, daß die Struktur des Materials grobkörniger, ſelbſt blätterig und kriſtalliniſch wird.“ Nach dieſer Erklärung müßte die Aenderung des Gefüges ſich über die ganze Länge des Stabes erſtrecken, ſofern alle Querſchnitte, wie z. B. bei prismatiſchen Zugſtäben, dem Spannungswechſel in gleichem Grade unterworfen waren, da ſie dann doch alle

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

auch an der Gefamtdehnung, wenn auch vielleicht nicht in gleichem Maße, beteiligt find. Dem widerfpricht aber der Umftand, daß das anfcheinend veränderte Gefüge fich felbft bei Stäben und Konftruktionsteilen mit großem Querfchnitt immer nur in dem meift ebenen Bruchquerfchnitt zeigt, und daß Proben, die unmittelbar neben der Bruchftelle folcher Stücke entnommen wurden, das gleiche (fehnige) Bruchgefüge aufweifen wie Stäbe aus folchem Material, das dem Spannungswechfel nicht unterlag. — Baufchinger fagt in feinem obenangeführten Satz 5, daß die Aenderung des Gefüges fich lediglich auf die äußerfte Oberfläche der Bruchftelle befchränkt, gibt aber für deren Entftehung keine nähere Erklärung [17]. Sorby [24] verneint die Entftehung der Gefügeänderung durch wiederholte Anftrengungen und erklärt das eigenartige Ausfehen der Bruchflächen von Dauerverfuchsftäben und von im Betriebe gebrochenen Konftruktionsteilen im Gegenfatz zu dem Bruchausfehen von Zerreißproben aus denfelben Stücken lediglich mit Verfchiedenartigkeiten im Verlauf der Brüche. Beim Zerreißverfuch mit allmählich gefteigerter Belaftung werden die einzelnen Maffenteilchen (Kriftalle) lang geftreckt, gleichfam fpitz ausgezogen, fo daß der Bruch dann ein fehniges, mattes Gefüge darftellt. Bei wiederholten Anftrengungen mit Spannungen, die nicht hinreichen, den Bruch des Materials auf einmal herbeizuführen, löfen fich dagegen die Kriftalle voneinander los, ohne voraufgegangene erhebliche Formänderung, bis ihr Zufammenhang in dem fchwächften, meift gefpannten Querfchnitt fo weit gelöft ift, daß der Bruch nun bei unveränderter Inanfpruchnahme des Stückes eintritt. Der Bruch verläuft alsdann in den Trennungsebenen der einzelnen Kriftalle und zeigt fomit ein kriftallinifches Ausfehen. Hingeführt wurde Sorby auf diefe Erklärung durch Ergebniffe von Dauerverfuchen, die er in der Weife anftellte, daß er eine Stange an einen Schwanzhammer fo befeftigte, daß fie beim Auffchlagen des Hammers durch Schwingungen hin und her gebogen wurde. Ein Längsfchnitt durch das gebrochene Ende zeigte, daß das Gefüge am Bruch im Korn von dem urfprünglichen nicht abwich, wohl aber erfchienen einzelne Kriftalle um weniges von den benachbarten gelöft, ftatt mit ihnen ringsum in enger Berührung zu fein. — Gegen das Kriftallinifchwerden und die Feftigkeitsverminderung des Eifens durch den Gebrauch fprechen ferner die Verfuche von Baufchinger [25] und Belelubsky mit Brückengliedern gleicher Fertigung, von denen ein Teil viele Jahre im Bauwerk beanfprucht war, während andre als Reftveglieder aufbewahrt gewefen waren und die weder bezüglich der Elaftizitäts- und Feftigkeitseigenfchaften noch im Gefüge Unterfchiede wahrnehmen ließen. — Kurrein unterfuchte den Einfluß der Formänderungen durch Strecken auf das Gefüge von kohlenftoffarmem Flußeifen an Aetzproben aus den geftreckten Stäben [26]. Nach feinen Unterfuchungen find die Körner im unbelafteten Zuftande nahezu kubifch, ohne eine befonders bevorzugte Richtung zu zeigen, fie liegen nach allen möglichen Richtungen. Bei Beanfpruchung über die Streckgrenze erleiden auch die Körner Formänderungen. Letztere find beim Beginn des Fließens außerordentlich klein und konnten nur an den Gleitlinien nach Ewing und Rofenhain erkannt werden. Mit wachfendem Strecken geht die kubifche Form der Körner in die länglich parallelepipedifche über. Die Aenderung ift und bleibt innerhalb der ganzen Stablänge gleichmäßig bis zum Beginn der örtlichen Einfchnürung. Bei weiterem Strecken werden nur die Körner innerhalb des Bereichs der Einfchnürung auffallend in die Länge gezogen und durchaus in die Kraftrichtung gelegt. Die Deformation der Körner ift (mit großer Wahrfcheinlichkeit genau) proportional der Stabdeformation. Der Bruch erfolgt fchließlich durch Gleiten. Diefe Beobachtungen decken fich im wefentlichen mit den Darlegungen, die Rudeloff über den Verlauf der Formänderungen und des Bruches gab [27].

Ueber den Einfluß der Betriebsbeanfpruchung liegen Unterfuchungen vor mit Teilen aus 24—40 Jahre alten Brücken. Teile, die mit 16 kg/qmm beanfprucht waren, zeigten die gleichen Feftigkeitseigenfchaften wie gering beanfpruchte Teile [28], [29]. Feuerbleche aus Schweißeifen, 4—8 Jahre im Betrieb und zum Teil ftark angeftrengt, zeigten geringe Verminderung der Feftigkeit, die auch auf die Bearbeitung zurückgeführt werden kann; dagegen war die Dehnung auf 75—33 % des urfprünglichen Wertes zurückgegangen [30].

Literatur: [1] Dingl. Polytechn. Journal 1877, Bd. 224, S. 1. — [2] Ebend. 1875, Bd. 217, S. 122. — [3] Mitteilungen aus dem mech.-techn. Laboratorium der Kgl. Techn. Hochfchule München, Heft 13, 1886. — [4] The Engineer 1899, S. 420. — [5] Die Vorgänge beim Härten des Stahles, Stahl und Eifen 1895, II, S. 947; Howe, Metallurgy of steel, S. 214 und 219. — [6] Stahl und Eifen 1895, I, S. 459, und II, S. 745. — [7] On the Yield point of iron and steel and the effect of repeated straining and annealing, Proc. of the Royal Soc., Vol. 57, p. 178. — [8] Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ingen. 1894, S. 347. — [9] Handbuch der Materialienkunde für den Mafchinenbau, S. 212, Berlin 1898. — [10] Rudeloff, Unterfuchungen über den Einfluß voraufgegangener Formänderungen auf die Feftigkeitseigenfchaften der Metalle, Mitteilungen aus den Kgl. techn. Verfuchsanftalten zu Berlin, 1901, Ergänzungsheft I, S. 1—76. — [11] Wöhler, Bericht über die Verfuche, die auf der Kgl. niederfchlefifch-märkifchen Eifenbahn mit Apparaten zum Meffen der Biegung und Verdrehung von Eifenbahnwagenachfen während der Fahrt angeftellt wurden, Zeitfchr. f. Bauwefen 1858, S. 641. — [12] Wöhler, Verfuche zur Ermittelung der auf die Eifenbahnwagenachfen einwirkenden Kräfte und die Widerftandsfähigkeit der Wagenachfen, Zeitfchr. f. Bauwefen 1860, S. 583. — [13] Wöhler, Ueber die Verfuche zur Ermittelung der Feftigkeit von Achfen, Zeitfchr. f. Bauwefen 1863, S. 233. — [14] Refultate der in der Zentralwerkftatt der niederfchlefifch-märkifchen Eifenbahn zu Frankfurt a. O. angeftellten Verfuche über die relative Feftigkeit von Eifen, Stahl und Kupfer, Zeitfchr. f. Bauwefen 1866, S. 67. — [15] Wöhler, Ueber die Feftigkeitsverfuche mit Eifen und Stahl, Berlin 1870. — [16] Spangenberg, Ueber das Verhalten der Metalle bei wiederholten Anftrengungen, Zeitfchr. f. Bauwefen 1874, S. 473. — [17] Baufchinger, Mitteilungen aus dem mech.-techn. Laboratorium der Kgl. Techn. Hochfchule München, Heft 13, 1886. — [18] Baufchinger, Ueber die Veränderlichkeit der Elaftizitätsgrenze von Eifen und Stahl, Dingl. Polytechn. Journal 1887, Bd. 266, S. 216. — [19] Sondericker,

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

A description of some repeated stress-experiments, Technology Quarterly 1892, p. 70. — [20] Ueber das sogenannte Kristallinischwerden von Schmiedeeisen durch Erschütterungen, Prometheus 1890, S. 412. — [21] Does the vibrations of stamp-stemps change the molecular structure? Transactions of the Amer. Institute of mining Eng., 1894. — [22] Kreuzpointner, Kristallisieren Eisen und Stahl im Betriebe? „Stahl und Eisen" 1895, S. 474. — [23] Autenheimer, Ueber die Schwächung des Arbeitsvermögens der Materialien durch Spannungswechsel, Schweiz. Bauztg. 1893, S. 47. — [24] Rudeloff, Das Kleingefüge von Eisen und Stahl nach den Untersuchungen von Sorby, Glasers Annalen für Gewerbe und Bauwesen 1887, S. 123. — [25] Bauschinger, Ueber das Kristallinischwerden und die Festigkeitsverminderung des Eisens durch den Gebrauch, Dingl. Polytechn. Journal 1880, Bd. 235, S. 169. — [26] Kurrein, Gefügeänderungen in Flußeisen von 0,1 % *C* unter mechanischer Beanspruchung, Baumaterialienkunde 1904, Heft 13—16. — [27] Rudeloff, Connerts Untersuchungen über den Einfluß der Arbeitsgeschwindigkeit auf die Zerreißfestigkeit und Bruchdehnung von ausgeglühtem Kupferdraht und der Fließvorgang beim Zugversuch, Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1887, S. 773. — [28] Zentralblatt der Bauverwaltung 1895, S. 414. — [29] Ebend. 1900, S. 364. — [30] Lechner, Beobachtungen bei der Verarbeitung von Eisen und Stahl, „Stahl und Eisen" 1895, S. 60. *Rudeloff.*

Dauerwurftwaren, s. Fleischwarenfabrikation.

Daulésches Verfahren, s. Stereotypie.

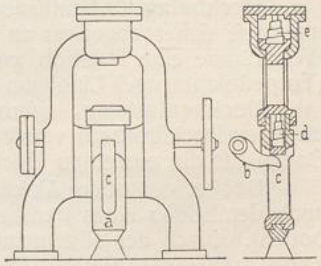
Daumen oder Däumling (Frosch, Wellfuß), in eine Welle radial eingesetzter Hebel, am Ende mit ähnlicher Abrundung wie der menschliche Daumen.

Diese Einrichtung wird u. a. in der Aufbereitung häufig zur Hervorbringung einer hin und her gehenden Bewegung angewendet, z. B. am Pochwerk (s. d.) und am Stoßherd (s. Herdarbeit). *Treptow.*

Daumeisen oder Vasenhorn, ein schmaler, mit abgerundeter Spitze versehener Amboß (s. d.) zum Aushämmern von Vasen oder ähnlichen bauchigen Gefäßen. *Dalchow.*

Daumendrücker, kleine Hebel am Handwirkstuhle, die der Arbeiter mit den Daumen bewegt.

Daumenhammer, ein durch Transmission betriebener Vertikalhammer (vgl. Hammer), bei dem der Hammerbär oder Fallblock durch einen auf einer Welle sitzenden Daumen gehoben wird.

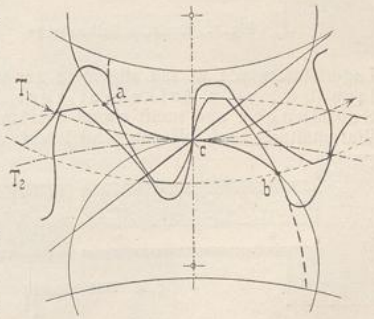


In der Figur, die einen Schmerberschen Hammer darstellt, ist *a* der Hammerbär, *b* der Daumen, *c* der Schlitz des Bärs, in den der Daumen eingreift. Die Federn *d* und *e* dienen zur Vermeidung von Stößen. Durch einen Hebel kann der Hammer festgestellt werden. Man bezeichnet auch die durch Daumen und Daumenwelle betriebenen Hebelhämmer als Daumenhämmer (vgl. Aufwerfhämmer). *Dalchow.*

Daumenräder, s. Kettenräder.

Daumenscheiben (Daumenwelle), eine mit Daumen, das ist mit einem häufig nach einer Evolvente gekrümmten Ansatz versehene Scheibe oder Welle zur Hervorbringung von Schalt- oder Vorschubbewegungen oder zum Heben von Hämmern (s. Aufwerfhämmer und Daumenhammer). *Dalchow.*

Daumenverzahnung erstrebt, Zähne mit möglichst starkem Fuß zu bilden, die in der einen Richtung günstig arbeiten. Die arbeitenden Flanken sollen durch Cykloiden, die Rückflanken durch Evolventen gebildet werden, deren Grundkreisradius 0,8 vom Teilkreisradius ist (Reuleaux, Der Konstrukteur). *Lindner.*



Daumenzange, s. Greifzeuge.

Davit nennt man kranartige Ausleger an Bord der Schiffe, an denen die Beiboote geheißt und gefiert werden (Bootsdavits) oder die Anker an Deck genommen werden (Ankerdavits), und zwar Katt- und Fischdavits. Die Davits werden meist aus Rundeisen geschmiedet und gebogen, größere Davits werden auch als Blechträger gebaut. Sie ruhen in den Davitspuren und werden durch Davithalter geführt. *T. Schwarz.*

Davysche Sicherheitslampe, s. Geleucht.

Deadweighttonnage, das Gewicht der Schiffsladung in englischen Tons bei normalem Tiefgang des Schiffes; dasselbe wird für normale Ladung nach dem

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Rauminhalt der Schiffe (Regiſtertonnengehalt) berechnet; man rechnet 1 Deadweightton = $^2/_3$ Regiſterton. *T. Schwarz.*

Deblockieren, ſ. Entblocken.

Debourreur, ſ. Seidenſpinnerei.

Debuſkop (Debüſkop), von Debus herrührende Form des Kaleidoſkops.

Dechargengalerie, ſ. Feſtungsbau.

Dechloriſieren, derjenige nach dem Bleichen des Papierzeugs mit Chlor auszuführende Prozeß, durch den etwa noch im Zeuge vorhandenes freies Chlor unſchädlich gemacht werden ſoll; ſ. Bleichen, Papierfabrikation.

Deck, im Schiffbau die einzelnen Plattformen, die den Schiffsraum der Höhe nach teilen zur Stauung der Ladung, Unterbringung der Wohnräume, Aufſtellung der Geſchütze u. ſ. w.

Bei Handelsſchiffen bezeichnet man die einzelnen Decks, von unten beginnend, mit Raumdeck, Orlogdeck, Unterdeck, Zwiſchendeck, Hauptdeck, Oberdeck, Brückendeck, Promenadendeck, Bootsdeck. Awning-, Spar- und Sturmdeck ſind bei Frachtdampfern leichte geſchloſſene Decks über dem Oberdeck, um dem Schiffe einen größeren Freibord zu geben. Im Vorſchiff bezw. mittſchiffs und hinten treten noch häufig das Backdeck, das Hüttendeck und das Quarterdeck hinzu. Bei Kriegsſchiffen bezeichnet man die einzelnen Decks mit Plattformdeck, Zwiſchendeck, Batteriedeck, Oberdeck, Aufbaudeck und Brückendeck. *T. Schwarz.*

Deckbalken, die Träger der Decks; ſie reichen von Bord zu Bord und ſind mit den Spanten durch Knie oder Stützbleche verbunden. S. Schiffbau.

Deckbaum, ein 4—6 m langes Rundholz, das beim Eindecken von Stroh- und Rohrdächern, mit Seilen an dem Firſt befeſtigt, dem Arbeiter als Stützpunkt dient. *Weinbrenner.*

Deckbelag für Schiffsdecks, eine Verkleidung der Stahlbeplattung der Decks, um dieſe ſicher begehbar zu machen und zugleich für die unter ihnen liegenden Wohnräume eine Iſolation zu bilden. Man verwendet außer Holz, Segeltuch (Torpedofahrzeuge) Linoleum ſowie künſtliche fugenloſe Belagmaſſen. *T. Schwarz.*

Deckbeplattung, eiſerne bezw. ſtählerne Platten, die mit den Deckbalken und den Deckſtringern vernietet werden und einen teilweiſen oder vollſtändigen Boden für die einzelnen Decks bilden (ſ. Schiffbau). *T. Schwarz.*

Decke, der obere Abſchluß eines Gebäuderaumes, in vielen Fällen zugleich auch der Boden eines darüberliegenden Geſchoſſes (Zwiſchendecke, öſterr. Oberboden). Nach der allgemeinen Hauptform unterſcheidet man ebene und gekrümmte (gewölbte) Decken, und nach den Stoffen, aus denen die Träger der Decken beſtehen — wenn wir von den Gewölben (ſ. d.) als den eigentlichen Steindecken abſehen —, Holz- und Eiſendecken.

Fig. 1. Einfache Balkendecke.

I. Holzdecken.

Die Holzdecken ſtehen zwar in bezug auf Dauer, Tragfähigkeit und Feuerſicherheit den aus Eiſen und Stein erſtellten weit nach; da ſie aber ſchnell und billig hergeſtellt werden können und auch geringere Laſt bilden, ſo kommen ſie doch bei Wohn- und Fabrikbauten, Lagerhäuſern u. ſ. w. faſt allgemein zur Verwendung. Jede Holzdecke beſteht aus einer Balkenlage (ſ. d.; vgl. a. Balkenauflager, Auswechſeln der Balken), einer oder mehreren Schalungen und meiſt einem Füllmittel; dieſes hat den Zweck der Schalldämpfung und Warmhaltung und ſoll möglichſt leicht, dicht und trocken ſein (ſ. Deckenfüllung).

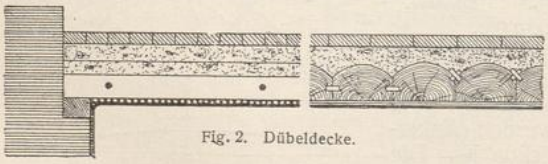


Fig. 2. Dübeldecke.

Die einfachſte Ausbildung iſt die ſogenannte **Stürzdecke** (Fig. 1), bei der auf den Balken ein Brettbelag aufgelegt iſt, der den oberen Abſchluß und zugleich den Fußboden des oberen Raumes bildet. Sie iſt nur für Magazine und Werkſtätten anwendbar, die eine ſtrenge Trennung nicht verlangen. Für Wohngebäude iſt dies nicht angängig; bei dieſen iſt die Decke erſt vollkommen zweckentſprechend, wenn die Balkenfache ſo dicht ausgefüllt ſind, daß ſie den Schall nicht durchdringen, ſowie auch die im Raume herrſchende Wärme nicht entweichen laſſen. Dieſen Anforderungen entſprechen verſchiedene ältere Deckenbildungen, wovon die älteſte wohl das Dübelgebälke, bei dem der Blockwand (ſ. Holzwände) ähnlich Balken an Balken gelegt ſind, die dann unter ſich durch Dübel verbunden und gegen Einſchlagen geſchützt werden. Solche Decken ſind die in Oeſterreich noch üblichen ſogenannten **Dübelböden** (Fig. 2), die dort für das Dachgebälke

amtlich vorgeschrieben sind, weil sie, mit einem Lehmauftrag und Backsteinbelag versehen, einen verstärkten Schutz gegen Feuersgefahr bieten und dem Durchschlagen herabfallender Dachhölzer bedeutenden Widerstand entgegensetzen. — Eine andre Art von Dübeldecken besteht aus durchgehenden stärkeren Balken mit dazwischen liegenden schwächeren und kürzeren Hölzern, die durch sogenannte Wechsel getragen werden (Fig. 3). Verwandt ist noch die Staakdecke (Fig. 4), aus sogenannten Halbhölzern gebildet (Fig. 3a) und mit einer Lage von Strohlehm überdeckt. Weniger holzraubend ist die **Einschubdecke** (Streifboden), bei der eine einfache oder eine doppelte Brettschalung (Stülpdecke, Fig. 5 und 5a) entweder senkrecht oder schräg zur Balkenrichtung in an den Balken seitlich angebrachten Nuten eingeschoben wird; statt der Nuten können auch Latten dienen, die an den Seiten der Balken festgenagelt sind. Bei einfachster Ausführung können zu der Schalung sogenannte Schwarten verwendet werden, worauf zur Dichtung der Zwischenfüllung eine Lage von Lehm oder Strohmörtel (s. Deckenfüllung) und zuletzt trockener Bausand aufgebracht wird; bei reicher sichtbarer Deckenbildung werden die Einschubbretter ineinander gespundet und gekehlt (Fig. 6). Um die senkrecht zur Balkenlage liegenden Bretter in die Nuten einführen zu können, ist in jedem Fache ein Balken auf Nutentiefe und die Breite eines Brettes auszuschneiden; dies ist entbehrlich, wenn die Bretter in schräger Richtung zu liegen kommen (Fig. 7, Schrägboden); dabei können an den Enden Abfälle verwendet werden. Die Wirkung einer solchen Holzdecke ist eine malerische, lebhafte. Statt der Einschubbretter mit der oben beschriebenen Auffüllung kommen in neuerer Zeit auch zur Verwendung: 1. Zementdielen (s. d.) aus der Fabrik von Wygasch, Maurermeister in Beuthen (Oberschlesien); 2. Gipsdielen (s. d.) von Mack in Ludwigsburg; 3. Spreutafeln (s. d.) von Dr. Katz in Waiblingen. Diese Füllmittel in der Stärke von 5—10 cm werden auf seitlich an den Balken festgenagelten Latten eingeschoben (Fig. 8 und 9); sie bilden eine rasch ausführbare, trockene, warmhaltende und leichte Decke, die zu jeder Jahreszeit ausgeführt werden kann. — Besser noch entspricht den Anforderungen an Schalldichtung und Warmhaltung das Stücken (Staaken) mit Lehmwicklung (Fig. 10), wobei eichene Stückstecken von $^3/_7$ cm Stärke mit Strohlehm umwickelt und zwischen die mit Falzen oder Nuten versehenen Balken eingestreift werden. Diese Hölzer bilden eine feste Verspannung der Balken. Je nach der Stärke der Balken sind dabei die Nuten tief- oder hochgelegt, wodurch die Deckenfüllung entweder auf die ganze Höhe durchgeht oder zum Teil, d. h. unten ein Hohlraum entsteht (Fig. 10a) und eine Erleichterung eintritt. — Bei großen und tiefen Räumen mit starken Balkenquerschnitten, z. B. Schulsälen, kann eine Kreuzstückung (Fig. 11) zur besseren Versteifung beitragen. Immerhin birgt aber diese Bauweise einen großen Nachteil: auch bei sehr günstiger Jahreszeit braucht der Lehmwickel längere Zeit zum Trocknen, und da durch ein zu frühes Abschließen der Zwischendecke von der Luft durch den Bodenbelag und

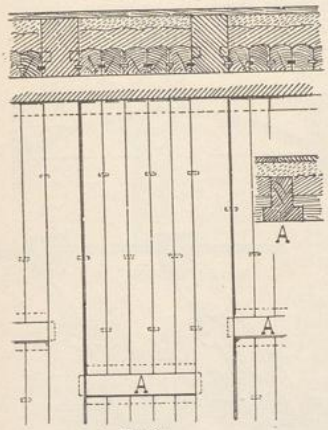


Fig. 3.

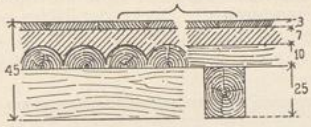


Fig. 3a.

Fig. 4.

Fig. 5.

Fig. 5a.

Stülpdecke.

Fig. 6.

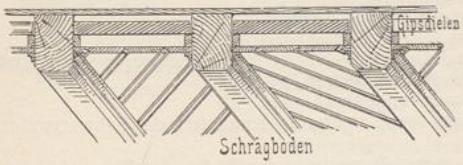


Fig. 7.

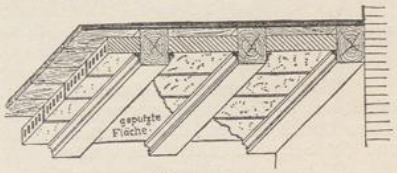


Fig. 8.

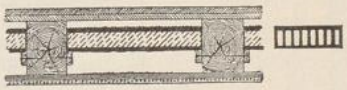


Fig. 9.

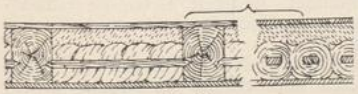


Fig. 10.

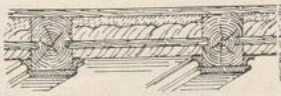


Fig. 10a.

Fig. 11.

den Deckenputz die Gefahr der Fäulnis oder Schwammbildung für das Holzwerk entſteht, ſo iſt ſie einer raſchen Förderung des Innenbaus nicht günſtig. — Raſcher trocknend iſt der Strohmörtel, der auf die Streif- oder Schrägböden (ſ. oben) aufgetragen wird. Weniger dicht und gut verſteift ſind die in Oeſterreich üblichen **Tramdecken** (Fig. 12), bei denen die Auffüllung über der Balkenlage liegt, wodurch die Decke der Höhe nach mehr Raum in Anſpruch nimmt. Die Unterſicht der Wohnhausdecken iſt meiſt glatt und mit Putz bekleidet (ſ. Deckenputz) und außen mit Deckengeſimſen (ſ. d.) verſehen.

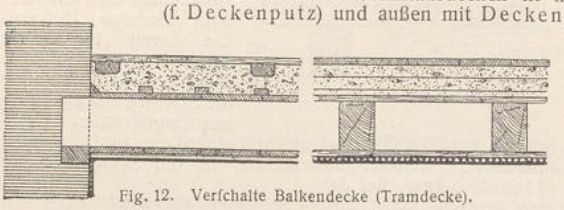


Fig. 12. Verſchalte Balkendecke (Tramdecke).

Fig. 16.

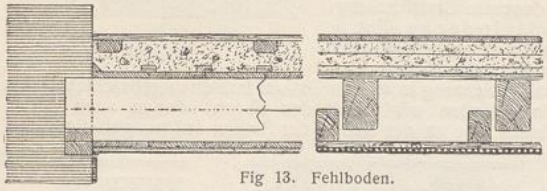


Fig 13. Fehlboden.

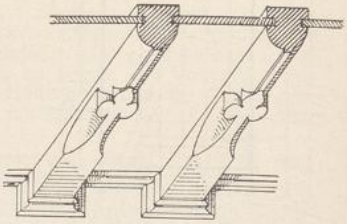


Fig. 17. Zierdecke aus Konſtanz.

Werden die Putzdecken mit reicheren Stukkaturen oder Malereien ausgeſchmückt, ſo iſt dafür zu ſorgen, daß dieſe nicht durch Erſchütterungen des Gebälkes notleiden. In dieſem Falle werden ſogenannte **Fehlböden** (Fig. 13) angewendet, bei denen außer der den oberen Boden tragenden Balkenlage noch eine zweite, leichtere dazwiſchen liegt, die, von der oberen Laſt unberührt, nur den Zweck hat, ſich ſelbſt und die Putzdecke zu tragen. — Nach weſentlich anderm Syſtem ſind die Holzdecken in Amerika gebildet. Hier ſind ſtatt der ſtarken Balken nur 7—10 cm ſtarke Dielen in Abſtänden von ca. 30 cm auf die hohe Kante gelegt und unter ſich durch Kreuzverſpannungen verſteift. Die Zwiſchenräume bleiben hohl (Fig. 14), was einer raſchen Ausbreitung des Feuers ſehr förderlich und auch wenig ſchalldicht iſt.

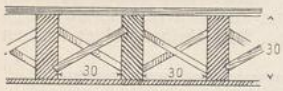


Fig. 14.

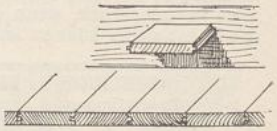


Fig. 15.

Von beſonderer Konſtruktionsart ſind die **Bohlendecken,** gebildet aus 5—7 cm ſtarken genuteten Bohlen aus Tannenholz. Sie waren üblich in den Holzhäuſern des Mittelalters ſowie in den Bauernhäuſern des Schwarzwalds und der Schweiz. Dieſelben wurden

1. wagerecht und gerade konſtruiert, wenn ſie zugleich den Boden des Obergeſchoſſes zu bilden hatten. In der Mitte des Bodens iſt ein Keilſtück mit verlängertem Kopf (Fig. 15), der durch die Schwelle der Außenwand reicht, um beim Schwinden der Bohlen nachgetrieben werden zu können;

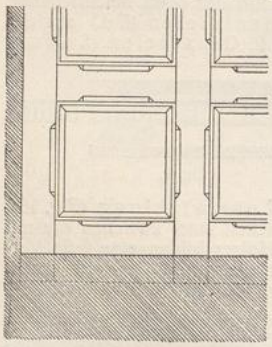


Fig. 18.

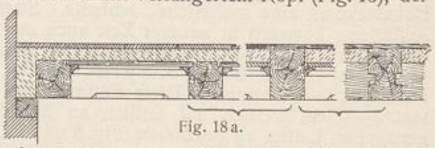


Fig. 18a.

2. als Bogendecke eingeſpannt zwiſchen feſten Wandhölzern (Fig. 16). Beim Trocknen und Schwinden ſenkt ſich der Bogen, beim Quellen hebt ſich die Fläche, die Fugen bleiben dicht geſchloſſen, ein konſtruktiver Gedanke, der auch bei reicher gebildeten Decken zur Ausführung kam. Es ſind dies

3. Zierdecken in flacher Tonnenform von ca. $^1/_5$ Pfeilhöhe, gebildet aus rundlichen oder gekehlten Bälkchen, oft mit reichgeſchmückten End- und Mittelſtücken. Dazwiſchen ſind Brettafeln von etwa 60 cm Breite eingeſpundet. Beiſpiele bieten die Rathausſäle von Ueberlingen und Lindau am Bodenſee und manche Wohnhäuſer in Oberſchwaben (Fig. 17).

Ueberhaupt ſind die ſichtbaren Holzdecken von einem beſonderen Reiz und oft von bedeutendſter Wirkung. Deren künſtleriſche Ausbildung zeigen uns (außer der vorgenannten Art) folgende Syſteme:

a) Bei einfachſter Weiſe ſind die Balken glatt gehobelt, abgefaßt oder profiliert, in reicher Art an den Enden mit Kopf ausgebildet; die Zwiſchenfelder aber entweder glatt geputzt und bemalt oder mit Täferung und Leiſtenwerk verkleidet (Fig. 20 und 21).

b) Reichere Ausbildung zeigen die Kaſſettendecken (Fig. 18). Durch quer eingeſpannte Balken in quadratiſche Felder zerlegt, werden die tragenden Teile wie die Zwiſchenfelder durch

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

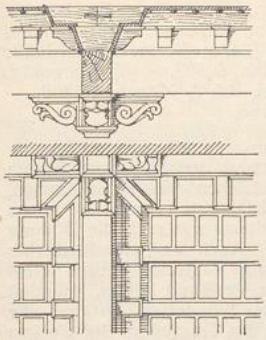


Fig. 20. (Rathaus Piftoja.)

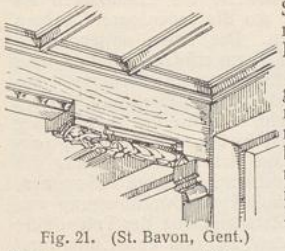


Fig. 21. (St. Bavon, Gent.)

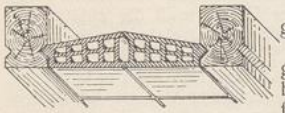


Fig. 21a.

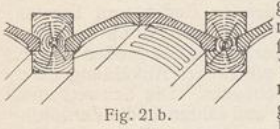


Fig. 21b.

ein Täferwerk in flacher oder ftark erhabener Profilierung verkleidet, eine Geftaltung, wie fie die antiken Holzdecken und in Nachbildung derfelben die großartigen **Kaffettendecken** der Renaiffancezeit darftellen (Fig. 19) [1]. Die ruhige Würde der in quadratifchen Feldern gebildeten Decken (S. Maria maggiore in Rom, S. Spirito in Siena u. f. w.) ift von mächtigfter Wirkung. Die fpätere formale Entwicklung begnügte fich hiermit nicht mehr. Eine reichbewegte Durchbildung von Haupt- und Nebenfeldern, in Kreisform oder Kreisfegmenten, abwechfelnd mit Kreuzform, langgeftreckten Recht- oder Sechsecken, geraden und gebrochenen Linien in fehr verfchiedener Höhe der Felder ergab mit dem Ornament- und Figurenfchmuck, der in Verbindung mit Bemalung und Vergoldung oder als Holzeinlage in den verfchiedenften Graden zur Anwendung kam, die höchften Leiftungen folcher Innendekoration (Fig. 20a) [2].

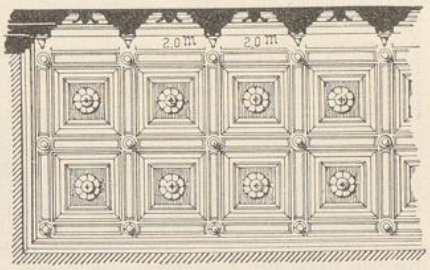


Fig. 19. Kaffettendecke.

Fig. 20a. (Aus Schloß Ambras.)

c) Die mittelalterlichen Holzdecken in Bogen- oder Gewölbeform find eine Verkleidung des fteil aufftei genden Dachftuhls; fie laffen den Innenraum mächtig und hochragend erfcheinen. Beifpiele: in Belgien, Italien, befonders in England. Verwandt hiermit find die fichtbaren Dachftühle weit überdeckter Räume; fie zeigen die Unterficht des Daches als Decke, die Hölzer der Dachbinder in geradliniger oder Bogenform als tragende Teile [3]. Bei den beiden letzten Bildungsweifen kommt als wichtiges Hilfsmittel zur Hebung der Gefamtwirkung die Bemalung des Holzes in reicherem oder geringerem Maße fowie die Vergoldung hinzu. Bei den kräftigen konftruktiven Teilen dienten Schnitzereien zur feineren Durchbildung [4].

Nachftehend folgen einige Mittelwerte für das Eigengewicht der Holzdecken, wie fie allgemein gebräuchlich find und bei den Berechnungen der Gebäudelaften in Verbindung mit den Werten der Nutzlaften zugrunde gelegt werden.

Eigengewicht der Holzdecken	Kilogramm pro 1 qm
Einfache Sturzdecke (Fig. 1)	50—80
Dübelgebälke mit 8 cm Füllung und Dielung	300
„ „ 8 „ „ „ Ziegelboden (Fig. 2)	350
Fehlboden (Fig. 13)	270
Balkendecke mit Lehmwicklung (Fig. 10)	380—400
Kaffettendecke (Fig. 20)	210

Weitere Werte f. in [1], [2], [4].

Literatur: [1] Gottgetreu, R., Lehrbuch der Hochbaukonftruktionen, 2. Teil, Berlin 1882. — [2] Breymann, G. A., Allgemeine Baukonftruktionslehre, 2. Teil. — [3] Deutfches Bauhandbuch, Bd. 2, 1. Hälfte, Berlin 1880. — [4] Handbuch der Architektur, 3. Teil, Hochbaukonftruktionen, Bd. 2, Heft 3a: Balkendecken von Barkhaufen, Stuttgart 1901; ebend., 3. Teil, Bd. 3, Heft 3: Aus-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

bildung der Deckenflächen von Hugo Koch, Stuttgart 1903, 18. Kap., S. 276 ff. — [5] Heinzerling, F., Die angreifenden und widerſtehenden Kräfte der Brücken- und Hochbaukonſtruktionen, 2. Aufl., Berlin 1876. — [6] Taſchenbuch der „Hütte“. — [7] Burkhardt, J., Der Cicerone, Baſel 1860; Derſ., Geſchichte der Renaiſſance in Italien, Stuttgart 1868, B. Dekoration, S. 267. — [8] Letaruoilly, Edifices de Rome moderne, Paris 1868. — [9] Semper, G., Der Stil, Bd. 2, München 1863. — [10] Ortwein, A., und Scheffers, Deutſche Renaiſſance, Leipzig 1874/88.

II. Feuerſichere Decken.

In Räumen, wo Waſſerdampf oder Ammoniakdunſt das Holzwerk gewöhnlicher Decken einer raſchen Zerſtörung entgegenführen, wie in Stallungen, Waſchküchen oder Fabrikräumen, hat man ſchon früher verſucht, die weichen und wenig widerſtandsfähigen Teile durch ſolche zu erſetzen, die eine Schädigung durch Fäulnis möglichſt hintanhalten, wie z. B. die Bildung der Zwiſchenfelder aus Form- oder Hohlſteinen (Fig. 21 und 21 a). Auch in geſundheitlicher Hinſicht haftet den Holzdecken der Mangel an, daß ſie Keimpilze und Anſteckungsſtoffe leicht aufnehmen und feſthalten und ſo der Uebertragung von Krankheiten Vorſchub leiſten. Handelt es ſich aber um Herſtellung von Decken, die vollkommen feuerſicher ſein ſollen, ſo ſind alle Holzteile gänzlich auszuſchließen. In allen dieſen Fällen wird heute das Tragſyſtem der Decken aus **Balken von Eiſen oder Stahl** oder aus ſogenannten **Verbundkörpern** hergeſtellt.

Die erſte Anwendung und Verbreitung fand dieſe neue Bauweiſe der Eiſenbalken als Deckenträger in den holzarmen Ländern, beſonders in Frankreich, wo die Ingenieure Chibon und Zorês ihre Erfindung etwa im Jahre 1849 in Paris einführten. Die erſten angewandten Formen waren ⊥-, Λ-, ⊔- und ∩ (Zorês)-Eiſen, die ſpäter durch die T-Form erſetzt wurden. Durch die in den letzten Jahrzehnten hochgeſteigerte Entwicklung der Eiſenerzeugniſſe kommen nunmehr die aus Schweißeiſen gewalzten Tragbalken in den verſchiedenſten Größen und Längen zur Ausführung. Wiſſenſchaft und Technik vereint haben es erreicht, daß die zur Anwendung gebrachten Träger in den ſogenannten Normalprofilen (ſ. d.) [1] bei geringſtem Querſchnitt die größte Tragfähigkeit bieten. Um ohne genaue ſtatiſche Berechnung der Deckenträger einen Anhalt über die Höhe und Entfernung der einzelnen Balken zu bekommen, muß berückſichtigt werden, daß unter Feſthaltung der höchſten zuläſſigen Durchbiegung von 1 : 600 der Stützweite die freie Länge eines Trägers höchſtens das Zwanzigfache der Trägerhöhe betragen darf. Daraus folgt, daß einer Balkenhöhe von 150, 200 bezw. 250 mm eine Entfernung der Unterzüge von 3, 4 bezw. 5 m entſpricht. Bei Berechnung der Decke muß die zuſätzliche Belaſtung pro Quadratmeter zugrunde gelegt werden; ſelbſtverſtändlich iſt dieſelbe je nach Art des Gebäudes ſehr verſchieden. Nach der Erfahrung ergibt ſich für Wohnräume im Mittel 250 kg, für Tanzſäle mindeſtens 400 kg und für Werkſtätten, je nach Zweck, 300—1800 kg per Quadratmeter. Die beſten Angaben über die Eigengewichte und über die Berechnung der am häufigſten vorkommenden Decken finden ſich in [1]. Zur heutigen Vervollkommnung dieſer Bauweiſe hat in der Folge die Erfahrung beigetragen, daß das Eiſen an ſich nicht ſo feuerſicher iſt, als allgemein angenommen worden war, was ſich bei großen Bränden in Berlin und London, beſonders aber in amerikaniſchen Städten wie Chicago und Baltimore [30], erwies. Es widerſteht weder das Gußeiſen noch das Schweißeiſen den ſchlimmen Einwirkungen eines großen Feuers. Das erſtere — beſonders zu Stützen verwendet — zerſpringt bei plötzlicher Abkühlung durch kalte Waſſerſtrahlen und verurſacht hierdurch den Einſturz des Gebäudes. Die Schweißeiſenträger biegen ſich in glühendem Zuſtande durch, ohne zu zerreißen, und führen ſo die Zerſtörung des Innenbaus herbei. Als wirkſames Schutzmittel hiergegen hat man eine vollkommene **Umhüllung** oder **Ummantelung** der Eiſenteile erkannt, wie ſie zuerſt von dem amerikaniſchen Ingenieur Wight ausgeführt wurde und im Verlauf der folgenden Darlegungen gezeigt werden wird. Die Zwiſchenfüllungen der Deckenfelder ſind dabei aus Stoffen gebildet, die der Einwirkung des Feuers widerſtehen und entweder

a) gewölbeartig bezw. in Keilform zwiſchen die Eiſenbalken eingeſpannt oder
b) als Mörtel, d. h. auf naſſem Wege aufgetragen werden.

Bei erſterer Art werden meiſt Stoffe bevorzugt, die als Hohlkörper oder durch ihr Eigengewicht nur eine geringe Belaſtung bilden. Dieſe mannigfachen Konſtruktionsweiſen, deren Zahl ſchon nach Hunderten zählt, bieten der neuen Bautätigkeit ein weites Feld der Erfindung; und jeder Erfinder ſucht ſeinen Gedanken durch Einholung eines Patentes gegen Nachahmung zu ſchützen. Ueber deren Bewährung wird erſt der Zeiten Lauf beſtimmte Ergebniſſe bringen. Die wichtigſten ſind hier anzuführen:

A. Eiſenbalken mit gewölbter oder keilförmig eingeſpannter Zwiſchenfüllung. Zwiſchen Eiſenbalken ausgeführte, ½ Stein ſtarke Gewölbekappen in Voll- oder Hohlſteinen (Fig. 22, *a*, *b*) zählen zu den älteſten Konſtruktionsweiſen dieſer Art. Zuerſt wurden die Widerlagſteine mit dem Hammer zugerichtet, ſpäter aber durch beſondere Formſteine erſetzt. Bei 1,0—1,5 m Spannweite in 1/10 Pfeilhöhe mit gewöhnlichem Mörtel vermauert beſtehen die Kappen aus Steinen gewöhnlicher Art oder in Keilform. Der Rücken iſt mit Mörtelguß auszuſtreichen und mit Mauerſand aufzufüllen; die Gewölbeunterſicht iſt ſauber auszufugen oder mit glattem Putz zu verſehen. Solche Decken haben den Nachteil, daß ſie nicht eine Ebene bilden, und dadurch ſtehende Luftſchichten mit ſogenannten toten Winkeln entſtehen, die der Lufterneuerung entgegenwirken (ſ. oben). Dieſem Uebelſtande abzuhelfen dienen die Zwiſchenfüllungen mit ſcheitrechten Gewölben, bei denen auf eine tunlichſte Erleichterung der zu verwendenden Hohlſteine und richtige Aufnahme des Drucks ſowie Verteilung der Spannungen zu achten iſt.

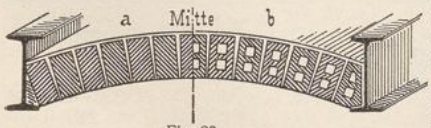


Fig. 22.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Diese Art Formsteine (s. Fig. 23 und 24a) haben jedoch den Nachteil, daß sie zu ihrer Herstellung die Anfertigung mehrfacher Modelle notwendig machen, daher sehr kostspielig werden. Es war daher ein wesentlicher Fortschritt, die Anzahl der Modelle so zu verringern, daß nur solche für die Anfänger, die Mittelstücke und den Schlußstein nötig werden (s. Fig. 24b).

Fig. 23.

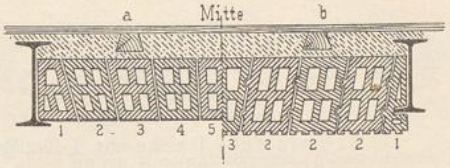


Fig. 24.

Hierher kann auch die Puldasche Triumphdecke (Fig. 25), D.R.G.M. Nr. 90000, gezählt werden, gebildet aus schrägen Wölbsteinen mit Spunten in den Keilfugen. Zur Ausgleichung bei verschiedenen Spannweiten werden die Schlußsteine aus Stampfmörtel gebildet. Eine weitere Verbesserung bilden die tiefgelegten Anfängersteine, die nach den obenentwickelten Grundsätzen die Unterflanschen der Eisenbalken umfassen und gegen Feuerwirkung schützen. Besonders

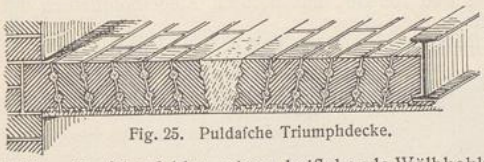


Fig. 25. Puldasche Triumphdecke.

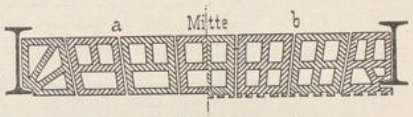


Fig. 26. Wight fireproofing.

leichte Zwischenfelder zeigen beistehende Wölbhohlsteine von amerikanischen Erfindern (Fig. 26 und 27) [3], [4], [5]. Das Verlegen derselben geschieht mit reinem Zementmörtel, der nur die Fugen an den Berührungsflächen der einzelnen Stege ausfüllt.

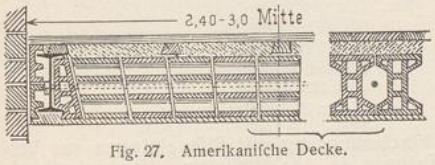


Fig. 27. Amerikanische Decke.

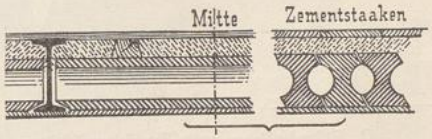


Fig. 28.

B. Eisenbalken mit Zwischenfeldern aus Hohlkörpern, geformt aus Gips, Zement oder in gebranntem Ton, eine Bauweise, die den Bestrebungen der neueren Technik in besonderer Weise entspricht, weil hierbei nur trockene Körper zur Verwendung kommen, wodurch eine rasche Weiterführung des Baues, ohne Gefahr für das Holzwerk des Innenbaues, ermöglicht ist. Es ist das ebenjener Zweig des Hochbauwesens, in dem in den letzten Jahren die meisten Neuerungen eingeführt worden sind und eine fast unübersehbare Zahl von mehr oder weniger wertvollen Erfindungen gemacht wurden. Wir müssen uns darauf beschränken, die wichtigsten und grundlegenden Verbandweisen aufzuführen. Zunächst sind es die (schon bei den Holzdecken besprochenen) Zwischenfüllungen, aus ungebrannten Formstücken erstellten, wovon zu den ältesten zählen:

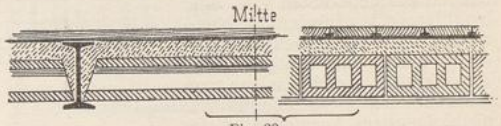


Fig. 29.

a) Gipsdielen von Ad. Mack in Ludwigsburg und A. und F. Probst in Heffental bei Hall, in Stärken von 3—7 cm [6] und Fig. 7 und 8.

b) Schilfbretter von Giraud, Brunner & Cie. in Mülhausen i. E., aus Gips und Rohr erstellt.

c) Spreu- und Hohltafeln aus Gips, System Katz-Stuttgart (Fig. 9) [7].

d) Kunsttuffsteinplatten von Posnansky & Strelitz in Berlin (gegründet 1868).

e) Zementdielen von Otto Böcklen in Lauffen a. N. und Stuttgart; in ebener und gewölbter Fläche mit Verstärkungsrippen, wonach die

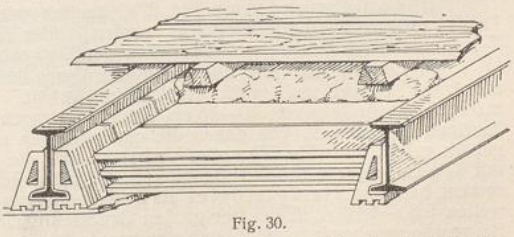


Fig. 30.

f) Zementhohldielen von J. Wygasch in Beuthen, O.-Schl., und Breslau (gegründet 1892), D.R.P. Nr. 21772, gebildet worden sind [8].

g) Zementstaaken von C. Dalmar in Trier (Fig. 28).

h) Patentdecken mit Keilverspannung von v. Heister, bestehend aus Formstücken von Gips und Kohlenasche.

Von den aus gebrannten Formstücken gebildeten Zwischendecken sind zu erwähnen:

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

i) Hourdidecken, beſtehend aus Hohlkörpern von 60—90 cm Länge, 25 cm Breite und 7—8 cm Höhe. Dieſe liegen entweder direkt auf den Flanſchen der Deckenbalken auf (Fig. 29) oder zwiſchen Widerlagſteinen (Fig. 30), welche die Flanſchen umfaſſen und ſo einen Feuerſchutz bilden. Deren Anfertigung erfolgt in den meiſten Maſchinenziegeleien.

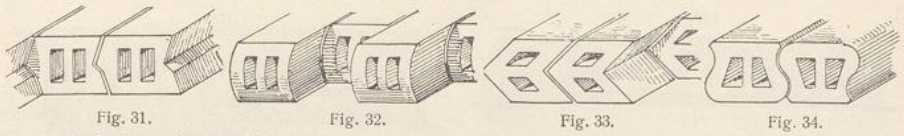


Fig. 31. Fig. 32. Fig. 33. Fig. 34.

k) Schmidtſche Decke aus ⊥-förmigen Stücken mit Vorkehrung für Ventilation.

l) Förſterſche, und (Fig. 31) [9]

m) Müllerſche Maſſivdecke, beide aus Hohlſteinen mit ſeitlicher Abfälzung. Hierher zählen auch:

n) Decken aus Hohlſteinen mit Spuntung in Dreieck-, Halbkreis- oder Karniesform, Omegaſteine (Fig. 32—34).

o) Triumphformſteine von W. Lauterbach in Düſſeldorf, D.R.P. Nr. 81562 [Broſchüre].

p) Securadecke, D.R.P. Nr. 127 549 und 136848, aus poröſen Ziegelhohlſteinen mit ſchrägen in der Richtung der Drucklinie anſteigenden Stegen.

q) Doppeldecke aus Keilformſteinen, Syſtem Kapferer, D.R.P. Nr. 91 360 (Fig. 35), [Broſchüre].

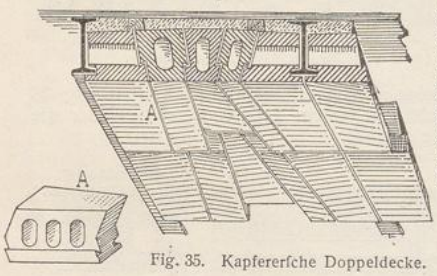


Fig. 35. Kapfererſche Doppeldecke.

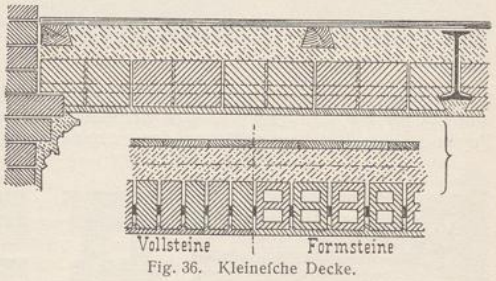


Fig. 36. Kleineſche Decke.

C. Eiſenbalken mit Zwiſchenfeldern in Flachmauerung mit Eiſeneinlagen zur Verſtärkung der Tragfähigkeit durch Erhöhung der Reibung in den Stoßfugen. Hierher zählen:

a) Schwemmziegeldecke, Syſtem Kopp, D.R.G.M. Nr. 51 574. Verbunden durch Ausgießen der Fugen mit raſchbindendem Zement.

b) Kleineſche Decke (Fig. 36), D.R.P. Nr. 71 102, beſtehend aus gebrannten Voll- oder Hohlſteinen, je nach den Zwiſchenweiten flach oder hochkantig geſtellt; erhält hier Feſtigkeit und Tragfähigkeit durch Einlage von Bandeiſen in die Stoßfugen mit nachfolgendem Ausgießen dieſer mit Zementmörtel [10]—[12].

c) Schumanns Maſſivdecke, D.R.P. Nr. 80 653, bei der ſogenannte Wellblechſchienen als Einlage dienen [13].

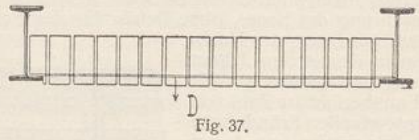


Fig. 37.

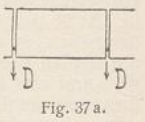


Fig. 37a.

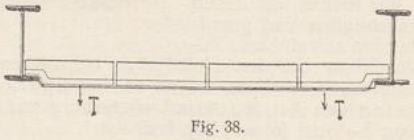


Fig. 38.

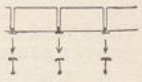


Fig. 38a.

d) Moniermauerung (Fig. 37), ähnlich wie b), bei der zwiſchen Backſteinen oder Tuffſteinen runde Drähte eingelegt werden, oder (Fig. 38) unter die Backſteinfugen kleine T-Träger, die auf den unteren Flanſchen der Deckenbalken ruhen [15].

D. Eiſenbalken mit Zwiſchenfeldern aus Mörtelmaſſe, die feucht eingebracht wird, aber raſch erſtarrt und große Tragfähigkeit erhält. Die erſten Verſuche erfolgten in Gipsmörtel, in Auftrag von 10—15 cm Stärke, getragen durch ein weitmaſchiges Netz von vierkantigen Eiſenſtäben, von denen die querlaufenden mit hakenförmigen Enden über das Eiſengebälk gelegt ſind (Fig. 39), eine Verbandweiſe, die in der Hauptſache auf das Pariſer Gebiet mit ſeinem ausgezeichneten Baugips beſchränkt blieb. Im übrigen wurde der aus Portlandzement bereitete Stampfmörtel als Zwiſchenfüllung angewendet. Bei den üblichen Zwiſchenweiten 0,80—1,20 m iſt bei der großen Druckfeſtigkeit des Zementmörtels im allgemeinen eine Bogenform ebenſo tragfähig wie eine gerade Decke, aber leichter als dieſe, weil von geringerem Querſchnitt. Die Pfeilhöhe iſt hierbei $^1/_{10}$ Weite oder geringer. Nun haben aber, wie oben ſchon ausgeführt, die gebogenen Zwiſchenfelder den Nachteil, daß ſie ſtehende Luftſchichten bilden und damit einer Lufterneuerung hinderlich ſind. Aus dieſem Grunde ſind in Krankenhäuſern, überhaupt in bewohnten Räumen, gerade Decken unerläßlich, und man hat für dieſen Zweck lange Zeit die ſehr ſchwere Stampfmörteldecke von 10—12 cm Dicke, oben mit einer leichteren Auffüllung von Schlackenmörtel zur Anwendung gebracht. Zur Erhöhung des Wider-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

ſtandes ſolcher Decken gegen Feuerwirkung erhielt die untere Trägerflanſche eine Ummantelung (Fig. 40). Eine bedeutende Erleichterung der Decke kann erreicht werden durch Einſpannung eines Netzwerks aus Drahtziegelgewebe (Fig. 43), auf das ein Gußmörteleſtrich ausgebreitet wird. Die Unterſicht der Decke wird gebildet durch ein zweites Gewebe zur Aufnahme des Putzes in Gips- oder Zementmörtel.

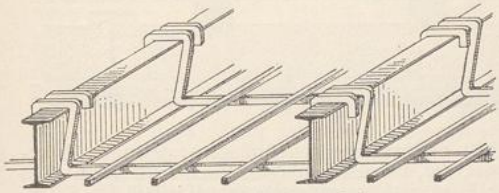


Fig. 39. Syſtem Rouſſel-Paris.

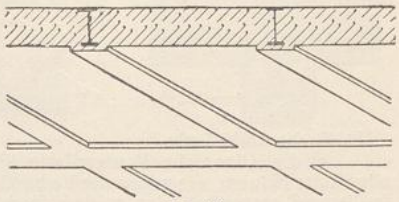


Fig. 40.

Den wichtigſten Fortſchritt zur Erzielung größerer Tragfähigkeit brachte die Erſtellung von ſogenannten Verbundkörpern, d. i. **eine innige Verbindung des Stampfmörtels mit Eiſeneinlagen,** wie er zuerſt bei der Monierbauweiſe (ſ. d.) zur Anwendung kam. Die Vorteile des Zementmörtels in Verbindung mit Eiſen beruhen in folgendem:

1. Sehr große Druckfeſtigkeit des Zementes = zehnfacher Zugfeſtigkeit.
2. Deſſen Flächenanziehung an das Eiſen = 40—47 kg/qcm.
3. Die Ausdehnungskoeffizienten von Eiſen und Zement ſind nicht weit voneinander entfernt.
4. Zement ſchützt das Eiſen gegen Roſten beſſer als alle Anſtriche und beſonders auch gegen Einwirkung des Feuers.

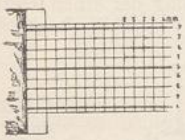


Fig. 41.

Hieraus erklärt ſich, daß bei einer Stampfmörteldecke mit Drahtnetzeinlage (Béton armé) von entſprechender Maſchenweite die Stärke des Deckenfeldes um ein bedeutendes verringert werden kann. Das Drahtnetz nimmt die Zugſpannungen, der Stampfmörtel die Druckſpannungen auf, wodurch die Tragfähigkeit ganz außerordentlich erhöht wird und bei geringer Widerlagſtärke große Spannweiten möglich ſind.

Fig. 41 a.

a) Die **Monierdecken,** wie ſie von der Firma Wayß & Freytag in Neuſtadt a. H. ſeit etwa zwanzig Jahren zur Ausführung gebracht werden [16], finden für größere Spannweiten beſonders in Fabrikgebäuden Verwendung. Sie werden an Ort und Stelle angefertigt. Nachdem die Eiſenträger bis zur oberen Kante eingeſchalt ſind, wird das Eiſengerippe, das je nach der Belaſtungsbeanſpruchung aus Rundeiſenſtäben von 5—10 mm Dicke beſteht, in Maſchen von 80—100 qcm über das ganze Stockwerk geflochten und in einer Stärke von 5—6 cm mit Zement umgeben. Eine auf dieſe Art hergeſtellte Decke bildet eine einzige Zementplatte über das ganze Stockwerk. — Bei der in Fig. 41 angegebenen Geflechtſtärke und einer Dicke des Betons von 5 cm iſt die Tragfähigkeit von 1 m von Träger zu Träger (Fig. 41 a) mit 3000 kg/qm baupolizeilich feſtgeſtellt. Größere Beanſpruchungen und Spannweiten bedingen ſtärkere Eiſen-

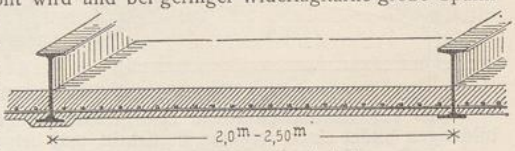


Fig. 42. Ebene Monierdecke.

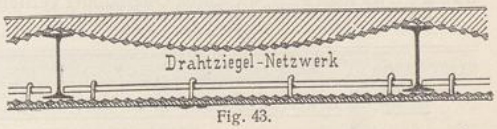


Fig. 43.

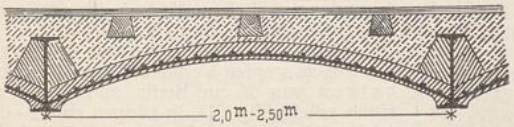


Fig. 44. Moniergewölbe.

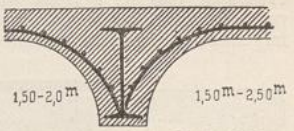


Fig. 45. Kaſſettierte Monierdecke.

einlagen; es empfiehlt ſich jedoch aus ökonomiſchen Gründen, dieſe Decken nicht über 2,5 m Spannweite auszuführen [15]. Sie ſind von relativ geringem Eigengewicht, durch die Drahteinlage ſehr widerſtandsfähig gegen Stöße und befähigt, bei längerem Schadenfeuer den unvermeidlichen Ausbiegungen der I-Träger zu folgen (ſ. Fig. 42, 44 und 45).

Eine ähnliche Deckenbildung bietet

b) das **Syſtem Holzer,** D.R.P. Nr. 78498 [17], bei dem die auf die unteren Flanſchen der I-Träger gelegten, ca. 20 mm hohen L- oder T-Eiſen (in Fig. 47 mit *T* bezeichnet) eine Rohrmatte zwiſchen ſich und einen ca. 3 mm ſtarken verzinkten Rundeiſenſtab aufnehmen, auf die, nachdem die Befeſtigung durch verzinkten Bindedraht ſtattgefunden hat, Zementmörtel aufgebracht wird. Ueber dieſen kann dann die Deckenfüllung u. ſ. w. gelegt oder Gußmörtel bis

zum Fußboden aufgetragen werden. In [15] finden ſich verſchiedene Verbandweiſen von a) und b) angegeben; erwähnt ſei noch, daß die Holzer-Decken billiger und leichter ſind als Monierdecken und daß ſich der Deckenputz beſſer herſtellen läßt wegen des unmittelbaren Auftrags auf das Rohrgewebe (Fig. 46). — Einen weiteren Schritt zur Vervollkommnung zeigt

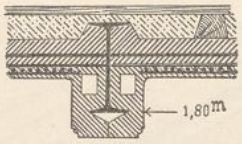


Fig. 46. Holzerſche Decke.

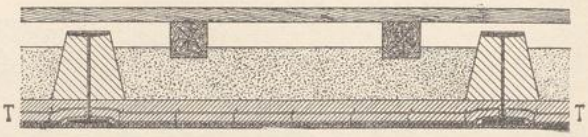


Fig. 47.

c) die **Könenſche Voutenplatte** (Fig. 48), ein zwiſchen den Auflagern, ſeien es Unterzüge oder Mauern, eingeſpannter Verbundkörper, der, bei ſehr geringem Querſchnitt auf 6—8 m freiliegend ausgeführt, eine große Erſparnis an Eiſen und Zement ermöglicht [18], [19], [3], S. 136.

Bei allen Deckenbildungen mit Eiſengebälk und Stampfbeton oder Wölbſteinen iſt es erforderlich, für die Ausführung eine Einrüſtung mit Einſchalung zu erſtellen, welche die

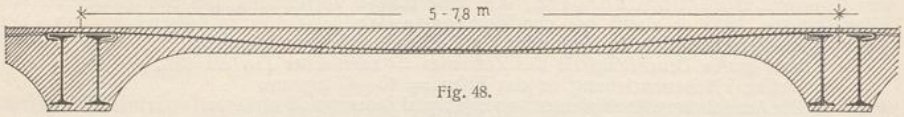


Fig. 48.

Baukoſten nicht unweſentlich beeinfluſſen. Damit dieſe Koſten nicht zu bedeutend werden, dürfen die Rüſthölzer nicht von unten aus unterſtützt oder getragen werden; ſie ſind vielmehr am Eiſengebälke aufzuhängen, aber ſo zu verlegen, daß ſie nach Fertigſtellung der Arbeit leicht gelöſt und weggenommen werden können, wie dies in den Fig. 49a—49d dargeſtellt iſt. Auch iſt es von Vorteil, wenn nicht alle Felder gleichzeitig einzuſchalen ſind, vielmehr, um an Rüſtholz zu ſparen, nur zwei bis drei auf einmal.

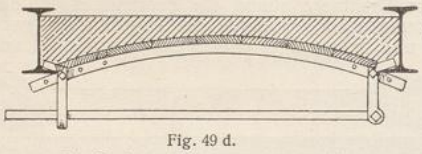


Fig. 49d.

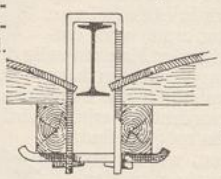


Fig. 49a.

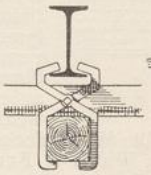


Fig. 49b.

Fig. 49c.

E. Verbunddecken (ohne Eiſengebälk). Gegenüber den ſoeben beſprochenen Deckenbildungen bildet einen weiteren Fortſchritt und beſonders eine weitere Erſparnis an Eiſen das

Syſtem Hennebique (Architekt in Brüſſel), das unter Ausſchaltung der Eiſenbalken nur dünne Zugſtangen, die durch Querbänder verſteift ſind, als Träger verwendet (Fig. 50), [24], [28].

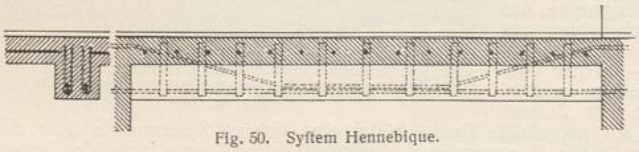


Fig. 50. Syſtem Hennebique.

In folgerichtiger Durchführung desſelben Grundgedankens ſind auch die Stützenbildungen aus dünnen Eiſenſtäben unter ſich durch Querbänder verſteift, gebildet und hierdurch bei geringſtem Querſchnitt eine ſehr große Standfeſtigkeit erzielt. Bedeutende Beiſpiele in großer Zahl, die in [22], [23] und [25]—[28] dargeſtellt ſind, erhärten dies. Als einziger Nachteil dieſer Bauweiſe iſt zu erwähnen, daß der geſamte Aufbau der Stützen und Decken mit ihrem Balkenſyſtem eine durchgehende Einrüſtung von Stockwerk zu Stockwerk verlangt. Dieſem Mangel iſt das nachfolgende Syſtem nicht unterworfen, das auch ſonſt von allen vorerwähnten abweicht:

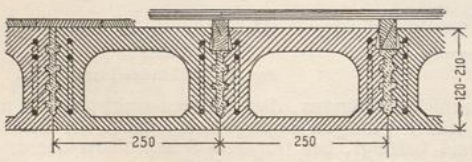


Fig. 51. Syſtem Siegwart-Luzern.

Syſtem Siegwart (Architekt in Luzern). Bei dieſem werden Verbundkörper als Hohlbalken von 25 cm Breite und 12—21 cm Höhe erſtellt (Fig. 51), in Längen von 4—6 m (eine größere Länge iſt wegen der Schwierigkeit der Beiſchaffung nicht ratſam). Dieſe Verbundhohlbalken werden einzeln nebeneinander verlegt und die erweiterten und mit Nuten verſehenen Stoßfugen mit Zement ausgegoſſen. Ueber die Verwendung in einzelnen Fällen, z. B. bei größeren Spannweiten, ſ. [29].

Literatur: [1] Scharowsky, Muſterbuch für Eiſenkonſtruktionen, 3. Aufl., Bd. 1, Berlin 1895. — [2] Breymann, Allgemeine Baukonſtruktionslehre, 3. Teil: Konſtruktionen in Eiſen, 6. Aufl., Leipzig 1902, S. 171 ff. — [3] Handbuch der Architektur, 3. Teil, 2. Band, Heft 3a: Balkendecken, 2. Aufl., Stuttgart 1901. — [4] Zeitſchr. des öſterr. Ingen.- und Arch.-Ver. 1896, S. 264. — [5] Schweiz. Bauztg., Bd. 30, 1897, S. 144. — [6] Architekt Adolf Mack, Ludwigs-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

burg, patentierte Gipsdielen. — [7] Dr. Katz, Reg.-Baumeiſter Stuttgart-Cannſtatt, Spreutafeln, D.R.P. Nr. 52725. — [8] Höffer, O., Ingenieur, Breslau, Verwendung von Zementdielen und Zementbrettern im Hochbau, Breslau 1895. — [9] Zentralbl. der Bauverwalt. 1897, S. 579. — [10] Deutſche Bauztg. 1893, S. 507. — [11] Neue Decke Syſtem Kleine, von Knoch & Kallmeyer, Halle a. S. — [12] Syſtem Kleine, Arch. Karl Schmidt, Stuttgart 1898. — P. J. Schürmanns Maſſivdecken auf Wellblechſchienen, Münſter i. W. 1896. — [14] Wayß, G. A., Die Monier-Mauerung, Berlin 1895. — [15] Wayß & Freytag, Bauten in Stampfbeton, Monierbeton u. ſ. w., Berlin 1895. — [16] Barkhauſen, Verbundkörper aus Mörtel und Eiſen im Bauweſen, Zeitſchr. f. Architektur, Hannover 1902, Nr. 48, S. 245—252. — [17] Wayß & Freytag, Das Syſtem Holzer (D.R.P. Herſtellung von feuerſicheren Decken, Neuſtadt a. H. und Berlin 1895. — [18] Könen, Grundzüge für die ſtatiſche Berechnung der Beton- und Betoneiſenkonſtruktionen, Zentralbl. der Bauverwaltung 1902, Nr. 22, S. 229. — [19] Könenſche Voutenplatte für Decken u. ſ. w., 3. Aufl., Berlin 1899. — [20] Spitzer, Entwicklung der Betoneiſenbauten vom Beginn bis Gegenwart, Zeitſchr. des öſterr. Ingen.- und Arch.-Ver. 1902, Nr. 54, S. 73. — [21] Deutſche Portlandzement- und Betoninduſtrie auf der Düſſeldorfer Ausſtellung, Berlin 1902. — [22] Le béton armé, Organe des Agents et Concessionnaires du Système Hennebique, 6 Jahrgänge von 1898 an. — [23] Relevée des travaux exécutée en Système Hennebique pendant l'année 1900, Paris, Rue Danton. — [24] Finkelſtein, M., Armierte Betonbauten (Syſtem Hennebique), Paris 1901. — [25] Züblin, Ed., Zivil-Ing., Die Spinnerei „La cité" Mühlhauſen, erbaut nach Syſtem Hennebique, 1900. — [26] Hennebique-Konſtruktion in Leipziger Monatsſchr. f. Textilinduſtrie 1902, Nr. 17, S. 258—260. — [28] Mörſch, E., Fabrikbau in Betoneiſen für die Daimler-Motoren-Geſellſchaft in Untertürkheim (Württemberg), Deutſche Bauztg. 1902, Nr. 1 und 2. — [28] Mörſch, E., Theorie der Betoneiſenbauweiſe, Vortrag, Deutſche Bauztg. 1903, Nr. 33. — [29] Recordon, B., Ein neues Syſtem von armiertem Beton, Schweiz. Bauztg. 1901, Bd. 37, Nr. 24 und 25. — [30] The Baltimore Conflagration, Report of the committee on Fire-resistive Construction of the National Fire Protection Association, 1904, 2. Aufl., Chicago 1904. *Weinbrenner.*

Deckeldohle (Plattendurchlaß), ſ. Durchläſſe.

Deckelkarden, ſ. Baumwollſpinnerei, Bd. 1, S. 602.

Deckelriemen, die in der Papierfabrikation, bei der Langformpapiermaſchine die Breite des Papiers begrenzenden, ſich in gleicher Geſchwindigkeit mit dem Metalltuch weiterbewegenden, aus Kautſchuk oder mit Kautſchuk getränkten Baumwollſtreifen beſtehenden Bänder; ſ. Papierfabrikation. *Maxim. Kraft.*

Deckenbetrieb der Straßenunterhaltung nennt man im Gegenſatz zum Flickbetrieb die zeitweiſe vollſtändige Erneuerung der Decklage, die ebenſo wie bei Neubauten geebnet und abgewalzt wird; ſ. Straßenunterhaltung. *L. v. Willmann.*

Deckenfach, ſ. v. w. Balkenfach.

Deckenfüllung, d. h. Ausfüllung der Balkenfache oder Zwiſchendecken, erfolgt zur Schalldämpfung und zur Verhinderung unerwünſcht raſcher Wärmeleitung zwiſchen den durch die Decke getrennten Räumen.

Die Ausfüllung ſoll möglichſt leicht, unverbrennbar, wenig hygroſkopiſch, nicht ſchwammbildend, ungezieferfrei und, wenn nicht ſchon beim Einfüllen trocken, raſch auftrocknend ſein. Dieſe Eigenſchaften beſitzen nicht: die zwiſchen Streifboden und Fußboden eingebrachten Ausfüllungen mit Torf oder Torfmull (ſtark hygroſkopiſch), Erde (unrein, feucht, übelriechend), Spelzſpreu (leicht, aber ungezieferführend, bei nicht zu vermeidender Befeuchtung Modergeruch verbreitend), Baufchutt und Kohlenſchlacken (unrein, mit organiſcher Subſtanz vermiſcht, feucht). Ebenſo unbrauchbar zum Auffüllen über Streifböden ſind Miſchungen aus Gips mit Sand, Schlacken, Spreu, Sägeſpänen u. ſ. w., beſonders wenn naß eingebracht. Dagegen ſind zuläſſig die Ausfüllungen mit trockenem, reinem Quarzſand, mit Bimsſand aus dem Neuwieder Becken, mit gut getrockneter granulierter Hochofenſchlacke oder Koksgries, mit Korkabfällen (gut, aber teuer), Kieſelguhr (ebenſo) und mit reinem Lehm, wenn dieſer genügend austrocknen kann. Bis in die neueſte Zeit iſt auch das ſogenannte Stücken oder Wickeln im Gebrauch, d. h. die Ausfüllung der Deckenfache durch gekreuzte oder einreihig geſetzte, in Nuten der Balken abgeſteifte, mit naſſem Lehm, Hafer- oder Gerſtenſtroh umwundene Holzſtücke, oben mit naſſem Lehm und Sand, unten mit Lehmverſtrich abgeglichen; die Methode iſt bewährt, aber das unerläßliche Austrocknen nimmt viel Zeit in Anſpruch. Bei ſoliden Bauten und insbeſondere dann, wenn die eingangs erwähnten Eigenſchaften der Deckenfüllung mit raſcher Herſtellungsweiſe verbunden ſein ſollen, verwendet man Zementdielen, Gipsdielen (Schilfbretter), hohle Gipstafeln (Spreutafeln), Korkſteine; auch Auswölbungen zwiſchen den Balkenfachen, wobei die Steine auf längs der Balken angenagelten Latten aufliegen, ſind im Gebrauche. Am leichteſten, biegungsfeſt, ſehr gut ſchalldämpfend und ſchlecht wärmeleitend ſind die hohlen Gipstafeln von Dr. Katz in Waiblingen (D.R.P. Nr. 52725); die Korkſteine von Grünzweig & Hartmann in Ludwigshafen ſind ebenfalls ſehr leicht, aber relativ teuer und weniger biegungsfeſt. Zementdielen ſind ſchwerer, ebenſo Auswölbungen. Alle dieſe Materialien erſetzen nicht allein die Deckenfüllung, ſondern auch den Streifboden. Auf hölzernen Streifböden bringt man da und dort auch Beton aus Zement und leichten Schlacken als Füllung auf, was, wenn der Beton gut ausgetrocknet, zweckmäßig iſt; ähnlicher Beton mit Gips ſtatt Zement hat ſich nicht bewährt. *Weinbrenner.*

Deckengefims, trennende oder tragende Gliederung zwiſchen Wand und Decke, ein für Ausſchmückung der Innenräume weſentliches Bauglied.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Meiſt aus Gips hergeſtellt, wird es entweder an der Decke ſelbſt oder nahe unter dieſer angebracht und mittels Schablonen, die an dem Schlitten (Fig. 1) befeſtigt ſind, auf einem Lattengang gezogen. Für ſtark ausladende Geſimſe iſt 1. eine Vormauerung oder 2. eine Einlage von Rohrbäuſchen (Fig. 2) oder 3. eine Lattenunterlage auf Brettſtückchen (Fig. 3) befeſtigt anzuordnen. Bei hohen Räumen können größere, dem Spiegelgewölbe ähnliche Kehlen (Vouten) (Fig. 3) mit dazwiſchenliegendem flachen Deckenfeld gute Wirkung erzielen. Die Eigenart der Lichtwirkung in Innenräumen, die durch Rückſtrahlung vom Boden her entſteht, läßt eine häufige Anwendung von Kehlen, gekrümmten Flächen und ſcharfen Unterſchneidungen geeignet erſcheinen. *Weinbrenner.*

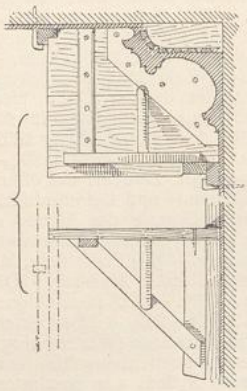


Fig. 1.

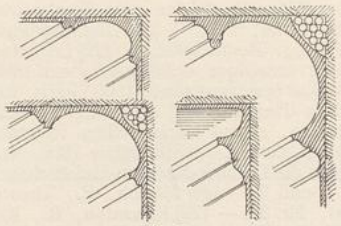


Fig. 2.

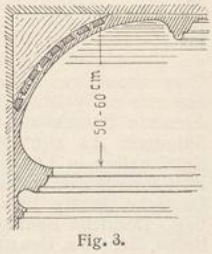


Fig. 3.

Deckenkehlung, Kehlbildung zwiſchen Wand und Decke.

Wenn es ſich ſchon empfiehlt, zur leichteren Reinhaltung der Wände die ſcharfen Winkel, in denen ſich Unreinlichkeiten, Keimpilze von anſteckenden Stoffen anſammeln und ſich ſchwer entfernen laſſen, durch abgerundete zu erſetzen, ſo iſt dies beſonders ratſam am Uebergang von Wand zur Decke. Hier kann dann außerdem durch Ausbildung des Winkels zu einer flachen Kehle mit abſchließendem Glied eine wirkſame Hebung des Deckenfeldes erreicht werden; ſ. Deckengeſims. *Weinbrenner.*

Deckenmalerei, farbige Ausſchmückung von Deckenflächen aller Art.

Dieſelbe dient dazu, einen der wichtigſten Teile des Innenraums, den oberſten Abſchluß, mit der Geſtaltung der übrigen Anordnung harmoniſch zu verbinden und auszubilden. Von den einfachen Linienverzierungen ſchablonierter Arbeit, von den durch Stuckrelief und Deckenroſetten lebhafter ausgeſtalteten farbigen Decken bis zu den von den erſten Künſtlern aller Zeiten gemalten Decken (Siſtina, Farneſina) liegt ein weites Feld der Ausbildung. Die reichſte Entfaltung fand die Deckenmalerei in den der Hochrenaiſſance folgenden Stilperioden.

Literatur: Ewald, E., Farbige Dekorationen alter und neuer Zeit, Berlin 1883 ff.; Eyth, V., und Meyer, F. S., Die Dekorationsmalerei mit beſonderer Berückſichtigung der kunſtgewerblichen Seite, Leipzig 1894; Gruner, L., Décorations des palais et d'églises en Italie du XV^e^ et XVI^e^ siècle, Paris 1854; Gélis-Didot, P., et Laffillée, H., La peinture décorative en France du XII^e^ au XVIII^e^ siècle, Paris 1897; Audsley, M. G., La peinture mûrale décorative dans le style du moyen-âge, Paris 1881; Dieſ., Praktiſche Vorlagen und Muſterſammlung u. ſ. w., Stuttgart 1893; Decoratione interne, Raccolta di soffiti del XII—XIX secolo dei migliori castelli e palazzi de Piemonte, Turin 1890. *Weinbrenner.*

Deckenputz wird aus Kalk- oder Gipsmörtel erſtellt.

Bei Holzgebälken iſt dieſer Putz in gleicher Weiſe wie Holzwandputz herzuſtellen, d. h. um die Bewegung des Holzes für den Auftrag unſchädlich zu machen, iſt eine Zwiſchenlage zu bilden, an welcher der Putz ſeinen Halt findet. Dies geſchieht a) durch Rohrung. Schon Vitruv (lib. VII, 3. Kap.) gibt an, daß die Rohrung durch zwei übereinander liegende, ſich kreuzende Schichten von Schilfrohren zu bilden ſei. Hierdurch wird erreicht, daß der Mörtel ſich hinter die Rohre zieht und ſo mechaniſch haftet. Dies iſt noch heute die beſte Art.

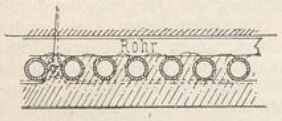


Fig. 1.

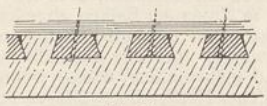


Fig. 2.

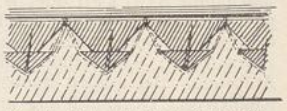


Fig. 3. Patent H. Kahls-Chemnitz.

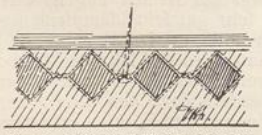


Fig. 4. Patent H. Kouble-Berlin.

Weniger gut iſt eine einfache Lage Rohre. Zur Befeſtigung der Rohre liegen die Balken meiſt zu weit, es iſt deshalb als Unterlage eine Schalung aus ſchmalen (geſchlitzten), rauhen Brettern mit nicht zu engen Fugen nötig. Den Halt finden die Rohre durch Drähte, die in Entfernung von 20—30 cm geſpannt und durch Rohrnägel befeſtigt werden. Um Draht und Nägel gegen Roſt zu ſchützen, ſind dieſelben zu ölen (frühere Art), beſſer zu verzinken. Der Auftrag des Mörtels erfolgt in einer Lage von 2 cm Dicke (Fig. 1). b) Durch Rohrgewebe, die in Fabriken in großen Flächen nach Maß angefertigt werden; Vorzüge derſelben: ſchöne Gleichmäßigkeit der Flächenbildung und raſche Ausführung im Bau. c) Durch Gipslättchen, d. h. tannene Leiſten von 7/15—10/20 mm Stärke und

4—6 m Länge, entweder vierkantig oder in Keilform geſchnitten (Fig. 2). d) Durch Lattengewebe, gebildet aus zwei mit Draht umſponnenen Lagen von Latten von drei- oder viereckigem Querſchnitt, die dem ſtarken Mörtelauftrag guten Halt geben (Fig. 3 und 4).

Auf Eiſengebälken mit Backſtein- oder Gußmörtelzwiſchenfüllung kommt der gewöhnliche Steinwandputz zur Anwendung. *Weinbrenner.*

Deckenriß, 1. Riß oder Aufzeichnung einer Decke mit ihrer Konſtruktion oder deren Ausſchmückung (meiſt für größeren Maßſtab gebräuchlich); 2. Riß in der Decke, durch Senkung entſtanden. *Weinbrenner.*

Deckenſchalung, ſ. Decken.

Deckenſchalungshalter, ſ. Fehltram.

Deckenſcheiben, ſ. Gasbeleuchtung.

Deckenſtück (im Plafondbild), Deckengemälde im Spiegel oder in den Feldern einer gemalten Decke.

Deckenverkleidung, ſ. Decken.

Decker, ein Inſtrument zum Abnehmen der Randmaſchen einer Wirkware von den Wirkſtuhlnadeln und Aufhängen derſelben auf weiter nach innen oder außen liegende Nadeln behufs Veränderung der Warenbreite. *Willkomm.*

Deckernagel, Nagel zur Befeſtigung von Dachdeckungen in Holz oder Metall.

Da von deſſen Dauer die Haltbarkeit der Deckung abhängt, iſt ein Roſten desſelben tunlichſt zu verhindern entweder durch Oelen oder beſſer durch einen nicht oxydierenden metalliſchen Ueberzug. *Weinbrenner.*

Deckfarben (Gouache-, Körperfarben), undurchſichtige, die Unterlage, auf die ſie aufgeſtrichen werden, vollſtändig oder mehr oder weniger vollſtändig verdeckende Farbkörper, zum Unterſchied von Laſurfarben, welche die Unterlage, z. B. die Textur des Holzes, durchſcheinen laſſen. Deckfarben erhalten durch Ueberſtreichen nach dem Trocknen mit Laſurfarben eine erhöhte Brillanz, während Laſurfarben mit Deckfarben überſtrichen vollſtändig verſchwinden und nur die Deckfarbe zur Wirkung kommt. *Andés.*

Deckfenſter, Oeffnungen (Luken) in den Decks, die mit hölzernen oder ſtählernen Lukfülls umgeben und durch aufklappbare Fenſter (Decklichter) geſchloſſen ſind. Sie dienen zur Beleuchtung und Lüftung der unteren Deckräume.

Deckfrucht (auch Ueberfrucht genannt) wird bei der Anſaat von Futtergräſern zu dem Zweck verwendet, die jungen, empfindlichen Graspflänzchen vor der ſchädigenden Wirkung von Hitze und Austrocknung des Bodens zu ſchützen. S. Berafung. *Drach.*

Deckfuge, deckende Fuge, die durch Abfälzung oder Spuntung erreicht wird, findet bei Fußbodenſchalungen Anwendung.

Deckgebirge, Bodendecke über Lagerſtätten nutzbarer Mineralien, die durch Tagebau abgebaut werden können (ſ. a. Abraum).

Deckgeſims, abſchließendes und bekrönendes Geſims kleinerer Bauteile, aus einem oder mehreren Gliedern beſtehend, im Gegenſatz zu Fußgeſims.

Deckgrün (Hamburger Deckgrün, Wiener Deckgrün), ſ. Chromfarben, Schweinfurtergrün.

Deckhammer, ſ. v. w. Dachdeckerhammer (ſ. d.).

Deckkultur (zum Unterſchied von Miſchkultur), diejenige Kulturmethode zur Urbarmachung von Moorflächen, bei welcher der zur Verbeſſerung des Moores dienende Mineralboden auf die Moorfläche als Decke aufgebracht, jedoch nicht mit dem unterliegenden organiſchen Bodenmaterial vermiſcht wird.

Die Deckkultur wurde erſtmals rationell ausgebildet durch Rittergutsbeſitzer Rimpau auf Cunrau und wird auch als Damm- oder Moordammkultur bezeichnet (ſ. Moorkultur). *Drach.*

Decklage der Steinbahn bezeichnet die obere Schicht des zur Befeſtigung der Straßenfahrbahn aufgebrachten Schotters.

Bei Vorhandenſein einer Packlage (ſ. d.) beſteht die Decklage am beſten aus einer einzigen Schicht von 8 bis höchſtens 20 cm Stärke mit Steinen gleichmäßiger Korngröße, die je nach der Härte der Steine zwiſchen 4 und 6 cm Seitenkante beſitzen können. Manche Straßenbaumeiſter empfehlen zwei Schichten von verſchiedener Korngröße, von denen die obere ein feineres Korn haben und aus härterem Material hergeſtellt werden ſoll. Bei Makadamſtraßen wird gewöhnlich die obere Schicht in einer Stärke von 6—8 cm aus kleineren und härteren Steinen hergeſtellt; ſ. a. Steinſchlagbahnen und Straßenbau. *L. v. Willmann.*

Deckleiſte, ſ. Fugenleiſte.

Decklicht, ſ. Deckfenſter.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Deckmaſchine, Vorrichtung an Wirkmaſchinen zum Aufhängen oder Aufdecken der Platinenmaſchinen auf die Stuhlnadeln; bisweilen wird auch die Vorrichtung zum Vermindern oder Vermehren der Warenbreite Deckmaſchine genannt. *Willkomm.*

Deckpanzer, ſ. Panzerdeckſchiff.

Deckpeilung, ſ. Peilung.

Deckplanken, vierkant beſchnittene Planken von 6—10 cm Dicke, die entweder direkt auf den Deckbalken verlegt oder, auf der ſtählernen Deckbeplattung angeordnet, den Deckbelag bilden. Man verwendet zu Deckplanken Kiefern-, Pitch- oder Yellow-pine-Zypreſſen- oder Teakholz. S. Schiffbau.

Deckſand wird in der Geologie ein in der Diluvialzeit entſtandener, lockerer, häufig geröllführender Sand oder Grand genannt, der nach dem Rückzug der Gletſcher auf der Grundmoräne zum Abſatz gelangte. Er bedeckt weite Strecken der norddeutſchen Tiefebene, und zwar deren höhere Flächen.

Deckſchaufel (Schalleiſen oder Scholleiſen), Werkzeug der Klempner und Dachdecker zum Biegen von Blech und zur Herſtellung von Falzen.

Es beſteht aus einem als Handgriff dienenden Eiſenbügel, deſſen eines Ende flach ausgeſchmiedet iſt, deſſen andres eine viereckige Schiene trägt. Um das ſcharfe Ende kann das Blech in ſpitzem Winkel herumgebogen werden, die Schiene dient als Widerlager beim Zuſammenſchlagen von Falzen. *Dalchow.*

Deckſcheiben, winkelförmige Scheiben mit Gewinden oder Lötzapfen zum Anbringen der Auslaufhähne an der Wand (ſ. Wandſcheiben).

Deckſchicht, 1. oberſte Schicht einer Mauer, die ſorgfältig ausgeebnet und ins Blei gebracht wird; 2. ſ. v. w. Gleichung oder Abgleichung.

Deckſchrauben, Holz- bezw. Mutterſchrauben zum Befeſtigen der hölzernen Deckplanken auf den hölzernen bezw. ſtählernen Deckbalken. S. Schiffbau.

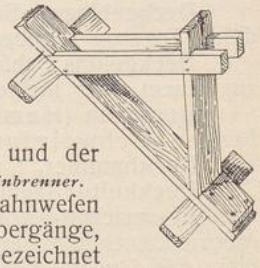
Deckshaus, ſ. Schiffsvermeſſung.

Decksplanken, -platten, ſ. Deckplanken, Schiffbau.

Deckſtein (auch Deckziegel), jeder Stein zur Abdeckung von Mauerwerk beſtimmt oder zugerichtet. Für den Ablauf des Waſſers iſt derſelbe mit Waſſerſchräge und Waſſernaſe zu verſehen; auch iſt für gute Dichthaltung der Stockfugen Sorge zu tragen. *Weinbrenner.*

Deckſtringer, eiſerne bezw. ſtählerne Plattengänge, die auf den Deckbalken an den Bordſeiten angeordnet ſind und zu deren Verbindung mit den Spanten und der Außenhaut dienen. S. Schiffbau. *T. Schwarz.*

Deckſtützen, aus Rundeiſen oder gezogenen Röhren gefertigte Säulen, welche die Deckbalken und ſomit die Decksabſtützen und zugleich eine Verſteifung des Schiffsrumpfes bilden. S. Schiffbau. *T. Schwarz.*



Deckſtuhl, Gerüſtbock für Schieferdeckung. Zwei ſolcher Stühle, mit Seilen an Dachhaken (ſ. d.) bei dem Firſt befeſtigt, dienen als Auflage für einen Dielen, auf dem das Deckmaterial aufgeſchichtet wird und der Arbeiter ſeinen Sitz findet (ſ. die Figur). *Weinbrenner.*

Deckungsſignale, Signale, mittels welcher im Eiſenbahnweſen beſonders gefährdete Stellen, Bahnhofeinfahrten, Wegübergänge, Bahnkreuzungen u. ſ. w. geſichert werden. Desgleichen bezeichnet man wohl als Deckungsſignale Signaleinrichtungen, die zur Sicherung der fahrenden oder auf der Strecke haltenden Züge dienen. — S. a. Abſchlußſignal, Bahnzuſtandsſignale, Blockeinrichtungen. *Köchy.*

Deckverſchraubungen, auf den eiſernen bezw. hölzernen Decks befeſtigte metallene Gehäuſe mit Bewegungsmechanismen, die mit Hilfe eines Aufſteckſchlüſſels bedient werden zum Oeffnen von Ventilen, Schiebern u. ſ. w. der Drainageeinrichtung (ſ. d.). *T. Schwarz.*

Deckwerke, Schutzbekleidungen der unter Waſſer liegenden Ufer (ſ. d.) zur Sicherung der Böſchungen gegen Rutſchungen. Vgl. Flußregulierung, Uferbau.

Deckzange (Falzzange), dient zum Biegen von Blech und (beſonders beim Dachdecken) zum Umlegen und Zuſammendrücken des Falzes. Die Zange hat ein ſtarkes, bis zu 12 cm breites Maul. *Dalchow.*

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Deckziegel, ſ. v. w. Deckſtein (ſ. d.).

Decoupiermaſchine, ſ. Durchſtoßmaſchine.

Decoupierſäge, ſ. Laubſäge.

Defekte an Eiſenbahnfahrzeugen, ſ. Eiſenbahnbetrieb.

Defibreur, Holzſchleifmaſchine, derjenige Apparat, durch den das Zerfaſern des Holzes behufs Herſtellung des in der Papierfabrikation als Surrogat verwendeten Holzzeuges zur Ausführung gebracht wird; ſ. Holzzeug. *Maxim. Kraft.*

Deflektionsmeſſer, ſ. Durchbiegungsmeſſer.

Deflektor, ſ. Lüftung geſchloſſener Räume.

Deformation der Flächen, im allgemeinen jede ſtetige Umformung, durch die eine Fläche in eine andre übergeht. Gewöhnlich verſteht man aber unter Deformation die Fähigkeit einer Fläche, ſich auf eine andre Fläche durch bloße Biegung oder Dehnung abwickeln zu laſſen. Bei dieſer Deformation bleiben der Winkel zweier Flächenkurven, die geodätiſchen Linien, das Krümmungsmaß und die geodätiſche Krümmung entſprechender Flächenkurven erhalten.

Literatur: [1] Salmon, G., Analytiſche Geometrie des Raumes, deutſch von W. Fiedler, 3. Aufl., Bd. 2, Leipzig 1880, S. 303 ff. — [2] Stahl, H., und Kommerell, V., Die Grundformeln der allgemeinen Flächentheorie, Leipzig 1893, S. 23 und 105 ff. — [3] Darboux, Leçons sur la théorie générale des surfaces et les applications géometriques du calcul infinitésimal, 3. partie, Paris 1891, livre II. *Wölffing.*

Deformation kontinuierlicher Medien. Jede ſtetige Formänderung eines kontinuierlichen Mediums kann in unendlich kleinen Bereichen als homogene oder affine Deformation aufgefaßt werden.

Sind nämlich x, y, z die Koordinaten eines Punktes p des urſprünglichen Mediums, X, Y, Z diejenigen desſelben Punktes P im veränderten Medium, ſo iſt nach dem Taylorſchen Satz:

$$dX = \frac{\partial X}{\partial x}dx + \frac{\partial X}{\partial y}dy + \frac{\partial X}{\partial z}dz$$
$$dY = \frac{\partial Y}{\partial x}dx + \frac{\partial Y}{\partial y}dy + \frac{\partial Y}{\partial z}dz$$
$$dZ = \frac{\partial Z}{\partial x}dx + \frac{\partial Z}{\partial y}dy + \frac{\partial Z}{\partial z}dz.$$

dx, dy, dz können als Koordinaten eines Nachbarpunktes von p im urſprünglichen Medium bezogen auf p als Nullpunkt betrachtet werden; dX, dY, dZ ſind dann die Koordinaten des deformierten Punktes bezogen auf P als Nullpunkt. Letztere ſind lineare Funktionen der erſteren und umgekehrt. Darin liegt aber die affine Beziehung des deformierten Bereiches zum urſprünglichen begründet. Es entſprechen nämlich parallelen Geraden und Ebenen des einen Bereiches ebenſolche des zweiten Bereiches und umgekehrt.

Jede homogene Deformation kann als die Aufeinanderfolge einer Drehung und einer reinen Deformation in drei zueinander ſenkrechten Richtungen aufgefaßt werden.

Eine Kugel des urſprünglichen Bereiches geht bei der homogenen Deformation in ein Ellipſoid des deformierten Bereiches über, wobei konjugierte Richtungen der Kugel in ſolche des Ellipſoides übergehen. Das Ellipſoid hat drei zueinander ſenkrechte konjugierte Richtungen, nämlich die Achſenrichtungen, denen drei zueinander ſenkrechte konjugierte Richtungen der Kugel entſprechen. Die Deformation kann nun ſo ausgeführt werden, daß man zuerſt die Kugel ſo lange dreht, bis die drei ſenkrechten Richtungen den Achſenrichtungen des Ellipſoides parallel werden, und dann in jenen drei Richtungen ſolche gleichförmige Dehnungen oder Zuſammendrückungen vornimmt, welche die Kugel in das Ellipſoid überführen. Dieſe geben zuſammen die reine Deformation.

Beſondere homogene Deformationen ſind die Scherungen oder Schiebungen, bei denen Figuren in einer Schar paralleler Ebenen kongruent bleiben, aber in einer beſtimmten Richtung (Scherungsrichtung) proportional mit der Entfernung ihrer Ebene von einer feſten Ebene verſchoben werden. In England gebraucht man für Deformation den Ausdruck Strain, der auch in Deutſchland vielfach Eingang gefunden hat. S. a. Elaſtizitätslehre, allgemeine, Dehnung, Hauptverſchiebungen, Dilatation. *Finſterwalder.*

Deformationsarbeit, ſ. Verſchiebungsarbeit.

Deformationsellipſoid, -fläche, ſ. Dehnung.

Degenrohr, das Saugrohr mancher Abteufpumpen (ſ. d.), das aus perſpektivartig ineinander geſchobenen Rohren beſteht, die ſich dem Fortſchreiten des Abteufens entſprechend bis zu einem beſtimmten Maße allmählich verlängern laſſen. *Treptow.*

Dégras (Abfett, Gerberfett), Fettgemiſch zum Einfetten von Leder.

Man gewinnt ihn fabrikmäßig, indem man billige Rohhäute (Schaf-, Büffelhäute) mit Tran einſchmiert und einwalkt und einige Zeit an der Luft liegen läßt. Durch Auspreſſen erhält man ſodann das Abfett als ein Fett, das infolge der Oxydation des Tranes in einen emulſionier-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

baren Zuſtand übergegangen iſt und ſich mit Waſſer zu einer mehr oder weniger konſiſtenten Maſſe miſcht. Dégras enthält im Durchſchnitt 10—20 % Waſſer. Urſprünglich wurde er als Nebenprodukt bei der Sämiſchgerberei (ſ. Leder) gewonnen. Er wird jetzt auch durch Oxydation von Tranen mit Hilfe von Oxydationsmitteln, wie Salpeterſäure, oder infolge Einblaſens warmer Luft erzeugt. *Päßler.*

Degummieren, die Befreiung der Rohſeide von dem anhaftenden Seidenleim und dem Farbſtoffe. Man erwärmt die Rohſeide mit ſtarker Seifenlöſung auf 90°, preßt dann aus und kocht mit ſchwacher Seifenlöſung. Die ſo behandelte Seide wird ſchließlich mit reinem, weichem Waſſer geſpült und dann getrocknet.

Dehnbarkeit (Duktilität). Alle ſtarren Körper erleiden durch Zug und Druck Formänderungen je nach dem Grade ihrer Härte. Die Formänderungen ſind entweder bleibende oder mit den einwirkenden Kräften verſchwindende. Im erſteren Falle heißen die Körper plaſtiſch (bildſam, knetbar), im letzteren Falle elaſtiſch. Verbindet ſich mit der Plaſtizität ein genügender Grad von Zähigkeit, von Widerſtreben der Teilchen gegen Trennung, ſo heißen die Körper duktil oder dehnbar.

Die Eigenſchaft der größeren oder kleineren Duktilität iſt von Stoff zu Stoff und auch in den verſchiedenen Zuſtänden desſelben Stoffs ſehr verſchieden. Zunächſt erſcheint die Duktilität als eine gewiſſe Funktion des Atomgewichts, das zeigt das periodiſche Syſtem der Elemente von Lothar Meyer und Mendelejeff; dann hängt dieſelbe von der Temperatur ab, meiſt derart, daß ſie mit ſteigender Temperatur wächſt (Eiſen und andre Metalle, Glas); ferner ändert ſie ſich durch die Bearbeitung, indem durch Hämmern, Walzen, Ziehen die Duktilität ab-, die Elaſtizität zuzunehmen pflegt; durch raſches Abkühlen nimmt die Duktilität ab, die Sprödigkeit zu; bei langſamem Abkühlen erhält ſich die Duktilität auch in der Kälte. — Sehr großen Einfluß haben oft kleine Verunreinigungen und Beimengungen andrer Stoffe, wie z. B. Kohlenſtoff, Schwefel, Silicium, Phosphor, bei Eiſen und Kupfer. Derſelbe Körper erſcheint je nach ſeiner Inanſpruchnahme auf Zug oder Druck (Ziehen oder Walzen) oder je nach der Geſchwindigkeit der Einwirkung (Hämmern) verſchieden duktil, ſo daß ſich eine Stufenleiter der Duktilität nicht ſicher angeben läßt, wie überhaupt ein beſtimmtes Maß für dieſe Eigenſchaft der Körper fehlt. Unter den Metallen ſind duktil: Gold (Blattgold bis unter 0,01 mm Dicke herſtellbar), Silber, Platin (weniger beim Hämmern und Walzen als beim Ziehen), Kupfer, Blei, Zinn, Aluminium, Zink, Eiſen u. a., während dagegen Antimon, Wismut, Chrom, Mangan, Wolfram u. a. ſpröde Metalle ſind. Ein ganz beſonderes Verhalten zeigt das Zink, das gegoſſen bei gewöhnlicher Temperatur ſpröde, bei 205° ſo ſpröde iſt, daß es ſich im Mörſer pulvern läßt. Dagegen zeigt es ſich bei 100—150° walzbar und bewahrt gewalzt auch nach dem Abkühlen Dehnbarkeit und Biegſamkeit. Aehnlich ſind Blei und Zinn nahe bei ihrem Schmelzpunkt ſpröde. Kupfer iſt kalt leichter zu ſchmieden als warm, und Glockenmetall verhält ſich umgekehrt wie der Stahl, es wird, glühend raſch abgekühlt, hämmerbar, langſam abgekühlt hart und ſpröde. Das Nähere über Dehnbarkeit ſ. bei den einzelnen Körpern, beſonders den Metallen und Legierungen. *Aug. Schmidt.*

Dehnung, in der allgemeinen Elaſtizitätslehre, die Aenderung der Entfernung zweier Punkte pro Einheit der anfänglichen Entfernung.

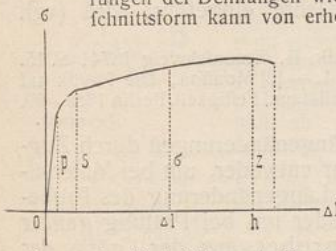
Dieſe Dehnungen ſind für beliebige Punkte nicht von der Wahl des Koordinatenſyſtems abhängig, ſondern nur von den Bewegungen der Punkte gegeneinander, von der wechſelnden Gruppierung derſelben; jede ſonſtige Bewegung der Gruppe iſt ohne Einfluß auf ſie. Vgl. Hauptverſchiebungen, Elaſtizitätslehre, allgemeine, und [4], §§ 5, 6. Dehnungsgeſchwindigkeiten heißen die Geſchwindigkeiten, mit welchen die Dehnungen vor ſich gehen [4], § 7. In der Elaſtizitätslehre hat man auch hinſichtlich gegebener Körperpunkte m die Dehnungen für alle unendlich benachbarten Körperpunkte n zu unterſuchen. Es zeigt ſich dann unter Vorausſetzung ſtetiger Veränderlichkeit mit der Richtung von n, daß die Dehnungen für drei zueinander ſenkrechte Richtungen Maxima und Minima erreichen [4], § 22. Dieſe beſonderen Dehnungen werden Hauptdehnungen genannt. Im allgemeinen ergibt ſich: Die Punkte n, die vor den Verſchiebungen auf einer unendlich kleinen Kugelfläche um m vom Radius 1 lagen, liegen nach denſelben auf der Oberfläche eines Ellipſoids, für das die Kugelhalbmeſſer der den Hauptdehnungen entſprechenden n die Halbachſen und je drei zueinander ſenkrecht geweſene Kugelhalbmeſſer konjugierte Halbmeſſer geworden ſind [1], § 22, [3], § 12, [4] § 27. Dieſe Ellipſoidfläche wurde Deformationsfläche [4], S. 71, und bei Beſchränkung auf verſchwindend kleine Verſchiebungen auch Deformationsellipſoid [2], S. 16, [3], S. 19 genannt. In der Elaſtizitätslehre (ſ. d.) werden übrigens meiſt die Dehnungen gleich den Normalverſchiebungen, alſo die Hauptdehnungen gleich den Hauptverſchiebungen (ſ. d.) geſetzt. Vgl. hierüber [4], § 32.

Literatur: [1] Winkler, Die Lehre von der Elaſtizität u. Feſtigkeit, Prag 1867, S. 13. — [2] Kirchhoff, Vorleſungen über mathematiſche Phyſik, Mechanik, Leipzig 1877, S. 96. — [3] Grashof, Theorie der Elaſtizität und Feſtigkeit, Berlin 1878, 16. — [4] Weyrauch, Theorie elaſtiſcher Körper, Leipzig 1884, S. 10, 58, 66, 71, 83. — [5] Weyrauch, Aufgaben zur Theorie elaſtiſcher Körper, Leipzig 1885, S. 50 u. f. — [6] Neumann, Vorleſungen über die Theorie der Elaſtizität, Leipzig 1885, S. 37. — [7] Poincaré, Leçons sur la théorie de l'Elasticité, Paris 1892, p. 3. — [8] Helmholtz, Vorleſungen über theoret. Phyſik, II. Dynamik kontinuierlich verbreiteter Maſſen, Leipzig 1902, S. 9. *Weyrauch.*

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Dehnung in der Elaſtizitäts- und Feſtigkeitslehre. Wenn ein prismatiſcher Stab der anfänglichen Länge l durch eine gleichmäßig über ſeinen Querſchnitt verteilte ruhende oder ganz allmählich anwachſende Kraft P parallel der Stabachſe gezogen wird, ſo erleidet er eine Verlängerung Δl, deren Wert pro Einheit der anfänglichen Länge $\lambda = \frac{\Delta l}{l}$ die ſpezifiſche Längenänderung oder Dehnung des Stabes durch die Kraft P genannt wird.

Dieſe Dehnung iſt für techniſch wichtige Materialien (Schweißeiſen, Flußeiſen, Stahl) innerhalb gewiſſer Grenzen annähernd proportional der wirkenden Kraft pro Einheit des urſprünglichen Querſchnitts F, d. h. proportional der Stabſpannung $\sigma = \frac{P}{F}$. Der Proportionsfaktor E in $\sigma = E\lambda$ für elaſtiſche Dehnungen, nämlich für ſolche, die nach Entfernung der Kräfte P verſchwinden (im Gegenſatze zu bleibenden Dehnungen) heißt Elaſtizitätsmodul (ſ. d.). Neuerdings wurde empfohlen, anſtatt des Elaſtizitätsmoduls E ſeinen reziproken Wert, den „Dehnungskoeffizienten“ $\varepsilon = 1/E$ aus $\lambda = \varepsilon\sigma$ in der Technik zu verwenden, wodurch die wichtige Verhältniszahl zwiſchen λ und σ gleich der Längenänderung pro Längeneinheit Stab und ſo dem tatſächlichen Verhalten des Materials entſprechend definiert ſei, ihre Größe, weil mit den elaſtiſchen Formänderungen wachſend, zugleich ein Maß der Elaſtizität bilde, und Analogie zwiſchen ε und dem linearen Ausdehnungskoeffizienten α beſtehe (ſ. Dehnungskoeffizient und [8], S. 4). Jedoch iſt die Einführung von E meiſt bequemer und ſie ſchließt nicht aus, beliebige Ausſagen auch über den Bruch $\varepsilon = 1/E$ zu machen. Oberhalb der „Proportionalitätsgrenze“ wachſen die Dehnungen λ ſtärker, als der Proportionalität mit den Spannungen σ entſpräche, und bei Erreichung eines Wertes $\sigma = s$ tritt eine verhältnismäßig raſche und ſtarke Verlängerung ohne weſentliche Aenderung von σ, ein Strecken des Stabes, ein, weshalb s die Streckgrenze genannt wird. Den größten Widerſtand $\sigma = z$ leiſtet der Stab kurz vor Eintritt des Bruches, worauf noch vor letzterem, infolge Störung der Kohäſion, eine Abnahme eintreten kann. Trägt man in geeigneten Maßſtäben die P oder σ als Ordinaten bei den entſprechenden Δl oder λ als Abſziſſen an, ſo läßt die entſtehende Kurve dieſe Verhältniſſe überſehen (in Figur verzerrt angedeutet); doch ſind die charakteriſtiſchen Stellen nicht immer gleich deutlich ausgeprägt, wie ſie überhaupt nur für gewiſſe Materialien gelten und z. B. für Gußeiſen weder eine Proportionalitätsgrenze noch eine Streckgrenze exiſtiert (vgl. Zugelaſtizität). Durch Hämmern, Walzen, Härten, Ausglühen u. ſ. w. laſſen ſich weſentliche Aenderungen der Dehnungen wie der übrigen Feſtigkeitseigenſchaften erreichen, auch die Querſchnittsform kann von erheblichem Einfluſſe ſein [4], [6], [11]. Kurz vor dem Bruche, nach Erreichung des größten Widerſtands z pflegt unter deutlicher Querſchnittsverminderung an der Bruchſtelle (Kontraktion, Einſchnürung) eine entſprechende lokale Verlängerung daſelbſt einzutreten, ſo daß die Bruchdehnung aus zwei Teilen beſteht, von welchen der eine der Stablänge nahezu proportional, der andre faſt unabhängig von ihr iſt. Die vergleichende Beurteilung von Bruchdehnungen verſchiedener Stäbe kann alſo nur unter Berückſichtigung der Längen und Querſchnitte erfolgen, weshalb die „Konferenz zur Vereinbarung einheitlicher Prüfungsmethoden für Bau- und Konſtruktionsmaterialien“ auch Beſtimmungen über die Dimenſionen der Probeſtäbe getroffen hat [4], 21, S. 1; 23, S. 95. Die Bruchdehnung δ wird gewöhnlich in Prozenten der urſprünglichen Länge angegeben, ſo daß $\delta = 100\frac{\Delta l}{l} = 100\lambda$, und zwar gemeſſen nach dem Bruche, während die wirkliche Bruchdehnung um den Betrag der elaſtiſchen Dehnung größer iſt.



Greifen wir einzelne Beiſpiele heraus. Bei je 30 Verſuchen mit Eiſenſtäben aus I-Trägern 15 deutſcher Normalprofile des Neunkirchener Eiſenwerks fand Tetmajer folgende Mittelwerte [2], 3, S. 142:

		Schweißeiſen		Thomasflußeiſen		
		Flanſche	Steg	Flanſche	Steg	
Elaſtizitätsmodul	$E =$	2 035 100	2 053 100	2 110 900	2 099 900	kg pro qcm
Proportionalitätsgrenze . .	$p =$	1 440	1 390	2 310	2 510	„ „ „
Streckgrenze	$s =$	2 440	2 360	2 800	3 210	„ „ „
Zugfeſtigkeit	$z =$	3 760	3 460	4 240	4 690	„ „ „
Bruchdehnung auf $l = 10$ cm	$\delta =$	25,7	11,8	32,6	29,9	Prozent
„ „ $l = 20$ „	$\delta =$	22,3	10,7	26,3	24,1	„
Kontraktion	$c =$	32,7	16,2	57,4	52,0	„
Arbeitskapazität (ſ. d.) . . .	$\alpha =$	0,91	0,36	1,27	1,31	„

Da man annimmt, daß das Material auch allgemein um ſo größere bleibende Formänderungen zuläßt, je größer die Dehnung und Kontraktion beim Bruche ſind, was bei genügend hoher Feſtigkeit und Proportionalitätsgrenze gegen ruhende Belaſtung günſtig für die Widerſtandsfähigkeit gegen die wirklichen Beanſpruchungen der Baukonſtruktionen iſt, ſo werden bei Lieferungsbedingungen gewöhnlich neben Grenzwerten der Zugfeſtigkeit auch Minimalwerte der Bruchdehnung oder Kontraktion oder beider vorgeſchrieben [5]. Auch bei Beurteilung des Materials auf Grund der Arbeitskapazität (ſ. d.) und der Qualitätszahlen (ſ. d.) ſpielt neben der Zugfeſtigkeit meiſt die Bruchdehnung eine Rolle [3], § 16.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Es war oben nur von ziehenden Kräften P und Spannungen $\sigma = \frac{P}{F}$ die Rede. In weiterem Sinne ſpricht man von Dehnungen auch, wenn die P, σ drückend wirken. Sind Zug und Druck gleichzeitig zu behandeln, ſo pflegen ziehende P, σ als poſitiv, drückende P, σ als negativ eingeführt zu werden, während die Längenänderungen Δl und Dehnungen $\lambda = \frac{\Delta l}{l}$ als poſitiv oder negativ gelten, je nachem ſie Verlängerungen oder Verkürzungen bedeuten (vgl. Dehnung in der allgemeinen Elaſtizitätslehre). Der Streckgrenze bei ziehenden P entſpricht die Stauchgrenze (Quetſchgrenze) bei drückenden P. Beide werden auch Fließgrenze genannt (vgl. Fließen feſter Körper).

S. a. Zerreißverſuch, Zugelaſtizität, Druckverſuch, Druckelaſtizität, Elaſtizitätsgeſetz, Elaſtizitätsmodul.

Literatur: [1] Conſidère, Mémoire sur l'emploi du fer et de l'acier dans les constructions, Paris 1885, p. 8 (deutſche Ausg., Wien 1888, S. 7). — [2] Tetmajer, Mitteilungen u. f. w., Zürich, Heft 3, 1886, S. 4; Heft 4, 1890, S. 30. — [3] Weyrauch, Die Feſtigkeitseigenſchaften und Methoden der Dimenſionenberechnung von Eiſen- und Stahlkonſtruktionen, Leipzig 1889, S. 41, 89. — [4] Baufchingers Mitteilungen u. f. w., München, Heft 21, 1892; Heft 22, 1894; Heft 23, 1895. — [5] Normalbedingungen für die Lieferung von Eiſenkonſtruktionen für Brücken- und Hochbau, Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ing. 1893, S. 364 (f. a. „Hütte“ 1902, I, S. 488). — [6] Martens, Handbuch der Materialienkunde für den Maſchinenbau, I, Berlin 1898, S. 17, 82 u. f. w. — [7] Foeppl, Vorleſungen über techniſche Mechanik, III, Feſtigkeitslehre, Leipzig 1900, S. 46, 402. — [8] Bach, Elaſtizität und Feſtigkeit, die für die Technik wichtigſten Sätze und deren erfahrungsgemäße Grundlage, Berlin 1902, S. 3 (1. Aufl., 1889—90). — [9] Derſ., Zum Begriff „Streckgrenze“, Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ing. 1904, S. 1040, und 1905, S. 615. — [10] v. Tetmajer, Die angewandte Elaſtizitäts- und Feſtigkeitslehre, Leipzig und Wien 1904, S. 8, 184. — [11] Thallner, Konſtruktionsſtahl, ein praktiſches Handbuch über die Feſtigkeitseigenſchaften von Stahl und Eiſen, Freiberg 1904. — [12] Handbuch der Architektur, Erſter Teil, Bd. 1, Heft 1: Die Technik der wichtigſten Bauſtoffe, Stuttgart 1905, S. 235.

Weyrauch.

Dehnungsgeſchwindigkeit, f. Dehnung in der allgemeinen Elaſtizitätslehre.

Dehnungskoeffizient (auch Dehnungsquotient [1] oder Elaſtizitätskoeffizient [3]), der reziproke Wert $^1/_E$ des Elaſtizitätsmoduls E (f. d.), der häufig, beſonders ſeit dem Vorgehen von Bach [4], anſtatt des Elaſtizitätsmoduls in die Beziehungen der Elaſtizitäts- und Feſtigkeitslehre eingeführt wird (vgl. Dehnung in der Elaſtizitäts- und Feſtigkeitslehre).

Literatur: [1] Buff, Lehrbuch der phyſikaliſchen Mechanik, II, Braunſchweig 1874, S. 15. — [2] Kurz, Taſchenbuch der Feſtigkeitslehre, Berlin 1877, S. 1. — [3] Mouſſon, Die Phyſik auf Grundlage der Erfahrung, I, Zürich 1879, S. 204. — [4] Bach, Elaſtizität und Feſtigkeit, Berlin 1889—90, S. 3; 4. Aufl. 1902, S. 4.

Weyrauch.

Dehnungsmeſſer dienen zur Ermittlung der Längenänderungen durch Zug- oder Druckbelaſtungen beanſpruchter Stäbe, und zwar entweder, um bei Materialprüfungen die Beziehungen zwiſchen Belaſtung und Längenänderung des Probeſtabes, nötigenfalls bis zum Bruch, zu beſtimmen, oder um bei Prüfung ganzer Konſtruktionen, beſonders Brücken (f. Belaſtungsprobe), aus der Größe der Dehnungen einzelner Glieder auf deren Beanſpruchung durch die Betriebslaſt ſchließen zu können.

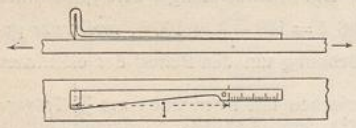


Fig. 1. Anlegemaßſtab nach Martens.

Bei hinreichend großen Meßlängen oder wenn es ſich, wie bei den meiſten Feſtigkeitsunterſuchungen, um die Beſtimmung der Dehnung nach Ueberſchreitung der Streckgrenze (f. Zerreißverſuch) handelt, werden die Meſſungen durch Anlegen eines Maßſtabes oder durch Abgreifen der Entfernung von zwei auf der Probe feſtgelegten Marken von bekanntem urſprünglichen Abſtande mittels eines Zirkels hinreichend genau durchgeführt werden können. Zur Unterſuchung der elaſtiſchen Eigenſchaften des Materials oder der elaſtiſchen Spannungen in Brückengliedern reicht die Feinheit derartiger einfacher Meßverfahren indeſſen nicht aus; das Maß der Längenänderung iſt vielmehr hierzu entweder durch das Meßwerkzeug auf mechaniſchem Wege in vielfacher Vergrößerung anzuzeigen oder mit Hilfe von Mikrometerſchrauben, optiſcher Inſtrumente, Spiegelapparate und Kathetometer zu beſtimmen.

Martens [1] hat dem Anlegemaßſtab für Flachſtäbe die ſehr handliche Form Fig. 1 gegeben. Der aus dünnem Blech gebogene Stab wird mittels Schneide gegen die Probe gelegt und nötigenfalls mittels Drahtklemme angedrückt. l iſt die Meßlänge. Die Teilung wird entweder in Millimetern oder in Prozenten der Meßlänge ausgeführt und die Dehnung in Zehntel der Teilung geſchätzt. Eine feinere Ausbildung des Anlegemaßſtabes iſt der Schleppmaßſtab mit Noniusableſung (Fig. 2). Derſelbe beſteht aus einem ſauber geteilten Maßſtab, der, gegen ſeitliche Verſchiebung geſichert, in einer genuteten Schiene ruht. Das freie Ende des Maßſtabes ſowie das abgewendete Ende der Schiene tragen Spannbügel, die mittels Schneiden in den die Meßlänge begrenzenden Querſchnitten an den Verſuchsſtab angeſetzt und feſtgeſchraubt werden. Dehnt ſich der letztere, ſo verſchiebt ſich der Maßſtab längs der Nute, und die Größe

der Dehnung kann an einem Nonius abgeleſen werden, der am Ende der Schiene über der Teilung des Maßſtabes angebracht iſt [2]. Die mechaniſche Vergrößerung der Dehnungsanzeige erfolgt in der Regel mittels einer Rolle und eines auf deren Achſe ſitzenden Zeigers, deſſen Ende ſich über einer Kreisteilung bewegt und zum ſchärferen Ableſen häufig mit Nonius verſehen iſt. Derartige Vorrichtungen werden Rollenapparate genannt. Bei dem Apparat von Stromeyer [3] zur Prüfung von Flachſtäben iſt die Rolle in Form einer feinen Nadel zwiſchen zwei ſich übergreifende ſchmale Flacheiſen gelegt, deren einander abgewendete Enden mittels Körnerſpitzen in den Endmarken der Meßlänge am Probeſtab feſtgelegt ſind. Iſt d = Rollendurchmeſſer, l = Zeigerlänge, ſo iſt das Ueberſetzungsverhältnis n = Dehnung zu der von der Zeigerſpitze beſchriebenen Bogenlänge $= \frac{d}{2l}$. Dieſer Wert iſt indes nur angenähert richtig, indem auch der Drehpunkt des Zeigers ſich mit der Rolle in Richtung der Dehnung verſchiebt. Gebräuchlicher iſt es, die Rollen zwiſchen Spitzen laufen zu laſſen, die Spitzenträger in dem einen Ende der Meßlänge an dem Stabe feſtzulegen und die Drehung der Rolle entſprechend der Stabdehnung dadurch zu bewirken, daß eine Blattfeder gegen die Rolle gedrückt oder eine geſpannte Schnur um letztere geſchlungen wird. Das Ende der Feder oder der Schnur iſt dann an dem zweiten Ende der Meßlänge mit dem Probeſtabe verbunden. Derartige Vorrichtungen ſind der „Kreiszeigerapparat“ von Baufchinger [4] und der Dehnungsmeſſer Thomaſſet-Veritas [2], [5], [6]. Bei dieſen Vorrichtungen verhält ſich die von der Zeigerſpitze beſchriebene Bogenlänge zur Verlängerung des Stabes beim Arbeiten mit Blattfedern wie die Länge des Zeigers zum Halbmeſſer der Rolle. Beim Schnurantrieb kommt zum Rollenhalbmeſſer die halbe Schnurdicke hinzu. Kann die Antriebsſchnur aus irgend welchen Gründen nicht einfach über die Rolle gelegt und am Ende belaſtet werden, ſo iſt ſie an der Rolle zu befeſtigen und um dieſe herumzuſchlingen. Die Schnur läuft dann beim Verſuch von der Rolle ab. Der Ablaufpunkt bewegt ſich hierbei auf einer Schraubenlinie ſtatt auf dem Kreiſe und in der Längsrichtung der Rolle, was die Meſſung beeinflußt. Die Fehlergröße nimmt mit wachſender Meßlänge (freie Schnurlänge) ab. Um den Fehler ganz zu beſeitigen, empfiehlt ſich die Anordnung wie bei dem Apparat von Boley [7]. Hier iſt die Schnur oder das an ihrer Stelle benutzte feine Meßband in einiger Entfernung von der Rolle bei a gegabelt und mit beiden Gabelenden an der Rolle befeſtigt (Fig. 3). Der Ablauf erfolgt nun zwar ebenfalls nach der Schraubenlinie; der Einfluß bleibt aber konſtant, ſo daß er bei Berechnung des Ueberſetzungsverhältniſſes berückſichtigt werden kann. — An Stelle der Rollen werden auch Hebel (Fühlhebel) zur Uebertragung der Dehnung in eine Zeigerbewegung verwendet. Beim Dehnungsmeſſer von Kennedy (Fig. 4 und 5) ruht der Träger der Kreisteilung an dem einen Ende mit der Körnerſpitze k auf dem Probeſtabe, an dem andern Ende trägt er, in Spitzen drehbar, den Bügel D, der mit der Spitzenſchraube G auf dem Stabe aufliegt und den Halter des durch ein Gegengewicht C ausgeglichenen Zeigers F bildet. An Stelle der Rolle iſt hier alſo ein ſenkrecht ſtehender Hebel angewendet, deſſen kurzer Arm gleich derjenigen Länge iſt, um welche die Spitze der Schraube G (Fig. 5) über die Verbindegrade zwiſchen den Drehpunkten des Bügels D hinausragt und deſſen langer Arm als Zeiger ausgebildet iſt [2], [8], [9].

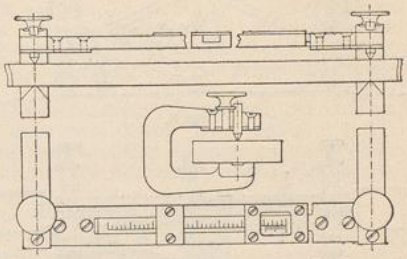


Fig. 2. Schleppmaßſtab mit Noniusableſung.

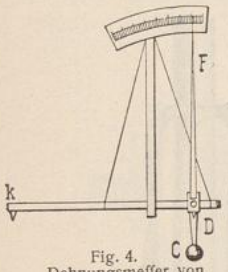


Fig. 4. Dehnungsmeſſer von Kennedy.

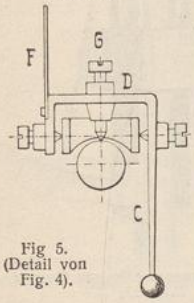


Fig 5. (Detail von Fig. 4).

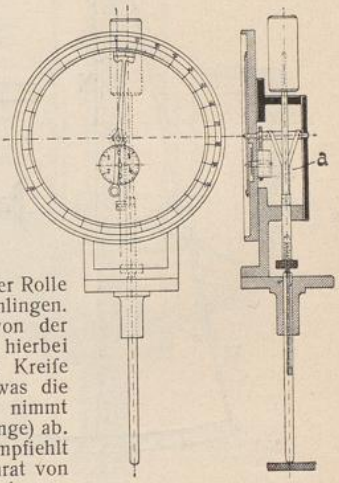


Fig. 3. Dehnungsmeſſer von Boley.

Einen zweiten Dehnungsmeſſer von Kennedy zeigen Fig. 6—8 [10], [11]. Die in Körnermarken (Abſtand gleich Meßlänge) an den Probeſtab angeſchraubten Bügel B^1 und B^2 tragen, mittels dünner Stahlbleche F an die Arme D^1 und D^2 angelenkt, die leichten Dreieckrahmen E^1 und E^2, die mit den Enden auf B^2 und B^1 aufliegen. Rahmen E^1 trägt das mit der Schraube H einſtellbare Gleitſtück G und dieſes die kleine Stahlpfanne J, die ſo mit der einen Endmarke der Meßlänge verbunden iſt. An dem Rahmen E^2 iſt ſeitwärts die Stahlbandfeder K befeſtigt, die am freien Ende gegenüber von J eine ſchalenförmige Vertiefung beſitzt. Sie kann ſich ſenkrecht zum Probeſtab etwas bewegen und macht längs zu ihm die Bewegung des Rahmens mit. Beim Dehnen des Stabes bewegen ſich J und K um den Betrag der Dehnung gegeneinander. Dieſe Bewegung wird auf den ausgeglichenen Hebel M übertragen, der mit den

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

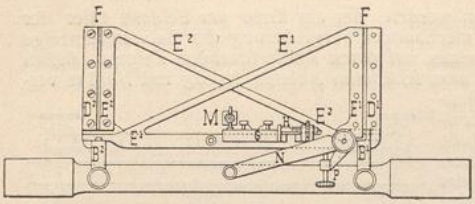
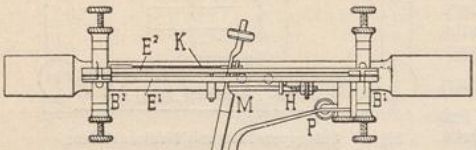


Fig. 6.



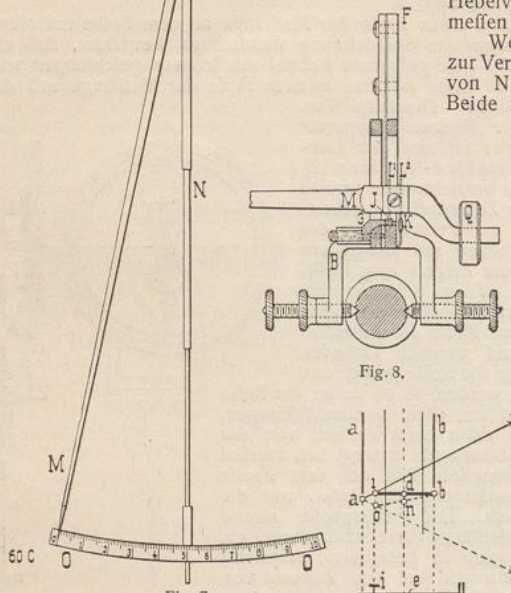


Fig. 7.

Fig. 6—8. Dehnungsmeſſer von Kennedy.

beiden Nadeln L^1 und L^2 in J und K geſtützt iſt, und von ihm in hundertfacher Vergrößerung auf der Skala O angezeigt. Letztere wird an dem Arm N von dem Bügel B getragen und iſt an der Schraube P einſtellbar. Vorzüge dieſes Apparates ſind: bequeme Handhabung, Verwendbarkeit für Stäbe von den verſchiedenſten Querſchnittsabmeſſungen, ſowie daß die Ableſungen weder durch toten Gang noch durch Biegungsſpannungen im Stabe beeinflußt werden. — Martens hat dem erſtgenannten Apparat von Kennedy die Form Fig. 9 gegeben [12]. Dieſer Apparat hat ſich bei dem Ueberſetzungsverhältnis von annähernd 1 : 100 gut bewährt zur Beſtimmung der Streckgrenze nach der bleibenden Dehnung (ſ. Zerreißverſuch). Das genaue Ueberſetzungsverhältnis iſt empiriſch feſtzuſtellen, da das Hebelverhältnis nicht mit Sicherheit ausgemeſſen werden kann.

Weitere Apparate mit Hebelübertragung zur Vergrößerung der Dehnungsanzeige ſind die von Neel-Clermont und von Henning. Beide ſind zugleich mit Schaulinienzeichnern

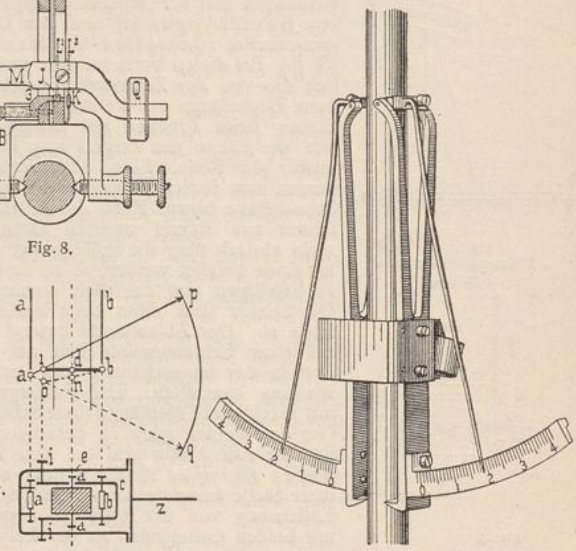


Fig. 8.

Fig. 10. Dehnungsmeſſer von Neel-Clermont.

Fig. 9. Dehnungsmeſſer von Kennedy-Martens.

verſehen, die den Verlauf der Dehnung mit wachſender Belaſtung aufzeichnen. Bei dem Dehnungsmeſſer von Neel-Clermont [13], [14] wird an den ſenkrecht hängenden Stab im oberen Endquerſchnitt der Meßlänge ein Bügel angeſchraubt, von dem einander diametral gegenüber zwei Federn a und b (Fig. 10) nach unten führen. An b hängt der Rahmen c in Spitzenſchrauben, der bei d drehbar mit dem Probeſtab verbunden iſt. An der Feder a hängt der Rahmen e, der bei i wieder in Spitzenſchrauben an dem Rahmen c ſchwingt und nach rechts in den Zeiger z ausläuft. Dehnt ſich der Stab um $\lambda = dn$, ſo geht i nach o und der Zeiger z von p nach q. Das Ueberſetzungsverhältnis berechnet ſich wie folgt:

Es verhält ſich $dn : io = bd : bi$; ferner $io : pq = ai : ap$. Hieraus ergibt ſich durch Multiplikation $\frac{dn}{io} \cdot \frac{io}{pq} = \frac{bd}{bi} \cdot \frac{ai}{ap}$ oder $\frac{dn}{pq} = \frac{bd}{bi} \cdot \frac{ai}{ap}$. Macht man $bd = di$, ſo iſt $bd : bi = 0{,}5$. Das Verhältnis $ai : ap$ iſt meßbar, es ſei gleich v. Setzt man ferner $pq = A$ (Ableſung) und $dn = \lambda$, ſo iſt $\lambda : A = 0{,}5\,v$.

Zur Aufzeichnung der Dehnung iſt in der Bewegungsebene des Schreibſtiftes am Zeiger z eine berußte Glasſcheibe in einem pendelnd aufgehängten Rahmen angeordnet. Letzterer kann durch einen Elektromagneten aus ſeiner Ruhelage herausgezogen werden, wobei der Schreibſtift kurze Querſtriche zu dem von ihm beſchriebenen Bogen zeichnet. Die Betätigung des Elektromagneten ſoll bei ſtufenweiſer Laſtſteigerung bei jeder Stufe durch einen mit dem Laſthebel verbundenen Tauchkontakt erfolgen. Bei gleichgroßen Laſtſtufen iſt dann die Lage der Streckgrenze aus der zunehmenden Entfernung der verzeichneten Querſtriche voneinander zu erkennen. Von

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

der geritzten Rußſchicht kann zur dauernden Feſtlegung des Ergebniſſes ein Lichtbild gefertigt werden. Zur Beſtimmung der Streckgrenze dürfte dieſer ſinnreiche Apparat wohl geeignet ſein, wobei allerdings die Bewegung des Meßpunktes *d* am Probeſtabe gegen die Schreibtafel zu beachten bleibt. Zuverläſſige Dehnungsmeſſungen dürfte der Apparat dagegen nicht geſtatten, zumal bei jedesmaligem Anſetzen an den Stab nicht nur der Zeiger *z* vom Bügel *e* entfernt und die Schrauben *d* gelöſt werden müſſen, ſondern auch die Schrauben *i* ebenfalls zu löſen ſind. Hiermit iſt die Gefahr verbunden, daß nicht nur Zwang in den Apparat hineinkommt, ſondern auch das Hebelverhältnis ſich in unkontrollierbarer Weiſe ändert [14]. — Der Dehnungsmeſſer oder Arbeitszeichner von Henning [1], [15], [16] zeichnet den Verlauf der Dehnung λ auf eine papierbelegte Schreibtrommel auf und zwar bis zu $\lambda = 2{,}5$ mm in zehnfacher Vergrößerung, bei ſtärkerer Dehnung in natürlicher Größe. Der Apparat (Fig. 11) wird mit zwei aufklappbaren Rahmen an den Probeſtab angeſchraubt. Die Schraubenmuttern ſind von im Rahmen liegenden Federn getragen, die beim Reißen des Stabes nachgeben ſollen, ſo daß der Apparat auf dem Stabe gleitet und durch den Stoß nicht beſchädigt wird. Zur Führung beider Rahmen beim Dehnen des Probeſtabes gegeneinander dienen auf den unteren Rahmen aufgeſetzte Rohre, in denen vom oberen Rahmen ausgehende Stangen gleiten. Der untere Rahmen trägt ſeitwärts (rechts oder links) die Schreibtrommel, ferner zwei Stangen, auf die eine Platte mit dem Zeigerwerk aufgeſchoben iſt. Der Schreibhebel des Zeigerwerkes iſt durch eine Stange mit dem oberen Rahmen verbunden. Beim Verſuch bleibt die Platte mit dem Zeigerwerk unter ihrem Eigengewicht ſo lange auf ihrer Unterſtützung ruhen, bis der Schreibhebel, welcher der Dehnung entſprechend angehoben wird, ſich unter das rechtwinklig gebogene Ende eines mit der Platte verbundenen Stiftes legt und die Platte mitnimmt. Die Dehnung wird von da ab nur in natürlicher Größe verzeichnet. Die Drehung der Trommel erfolgt entſprechend der Laſtſteigerung, und zwar bei Maſchinen mit Laufgewicht von dieſem aus durch Schnurzug ſelbſttätig. — Bei dem Dehnungsmeſſer von Bach [17] ſind Fühlhebel mit Rollen vereinigt, indem die Dehnung zunächſt auf den kurzen Arm eines zweiarmigen geraden Hebels übertragen wird, deſſen langer Arm die Rolle mit dem Zeiger betätigt (Fig. 12). Die Apparate ſind für ſenkrecht ſtehende Probeſtäbe beſtimmt, und zwar werden gleichzeitig deren zwei, diametral gegenüberſtehend, verwendet. Sie werden durch die Ringe *A* und *B* mit dem Stab verbunden, die mit Spitzenſchrauben in den Endquerſchnitten der Meßlänge angebracht werden. Der obere Ring trägt das Hebel- und Zeigerwerk mit den Drehpunkten bei *E* und *G*. Von dem unteren Ring aus wirkt je eine ſenkrecht ſtehende Stange *C*, deren Länge durch eine Schraube bei *B* geregelt werden kann, auf das Hebelende *D*. Die Uebertragung der Bewegung des andern kreisbogenförmigen Hebelendes *F* auf die Rolle *G* erfolgt durch ein zwiſchengeſchaltetes dünnes Metallband.

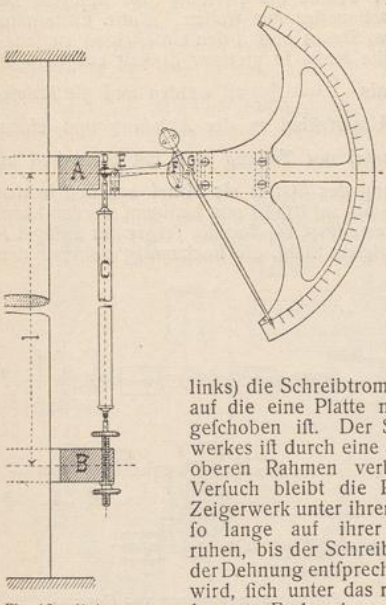


Fig. 12. Dehnungsmeſſer von Bach.

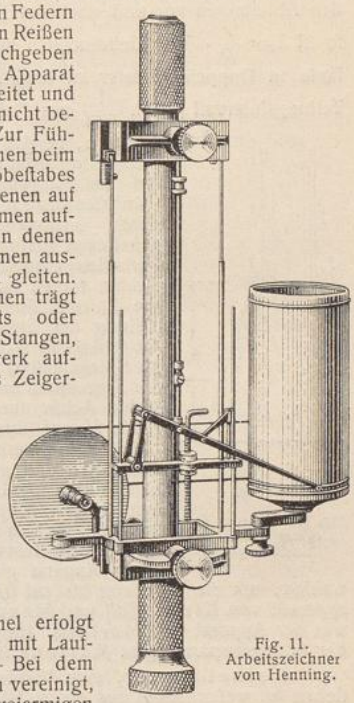


Fig. 11. Arbeitszeichner von Henning.

Mikrometerſchrauben werden zu Dehnungsmeſſungen verwendet, indem man die Schraubenmutter mit der Achſe parallel zur Meßlänge in deren einen Endmarke befeſtigt und in der zweiten Endmarke das Stück mit der Meßfläche anbringt, gegen welche die Mikrometerſchraube beim Meſſen zur Anlage gebracht wird. Um hierbei ſtets möglichſt gleichen Druck anzuwenden, ſchaltet man den Apparat derart in einen elektriſchen Stromkreis ein, daß der Strom geſchloſſen iſt, ſobald die Schraubenſpitze die Meßfläche berührt, wobei ein Galvanometer den Stromſchluß anzeigt. Da die Achſe der Mikrometerſchraube von dem Probeſtabe mindeſtens um den Halbmeſſer der Ableſetrommel entfernt iſt, ſo wird die Meſſung leicht durch Verbiegen des Probeſtabes beeinflußt. Zu genauen Beobachtungen hat man daher gleichzeitig drei Mikrometerſchrauben zu verwenden, die, um 120° gegeneinander verſetzt, um den Stab herum anzuordnen ſind. Die Meſſung wird hierdurch außerordentlich umſtändlich. Beſonders verbreitet ſind Dehnungsmeſſer mit Mikrometerſchrauben in Amerika, wo ſie vornehmlich von Riehlé Bros.-Philadelphia und Tinius Ohlſen gefertigt werden [1].

Spiegelapparate ſind Meßvorrichtungen, bei denen die Formänderung des Probeſtabes in Drehung eines Spiegels umgeſetzt und die Tangente des doppelten Drehungswinkels als Maß der Dehnung mit Hilfe eines Ableſefernrohres mit Fadenkreuz beobachtet wird. Das

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Fernrohr wird zu Beginn des Verſuches ſo auf den Spiegel gerichtet, daß der eine Faden des Kreuzes mit der Drehachſe des Spiegels zuſammenfällt und letzterer das Bild einer zu ſeiner Drehachſe ſenkrecht ſtehenden Skala in das Fernrohr reflektiert. Um die von etwaigen Verbiegungen des Stabes herſtammenden Fehler auszugleichen, werden in der Regel gleichzeitig zwei ſolcher Spiegelapparate benutzt, mit denen die Dehnungen an zwei gegenüberliegenden Seiten des Stabes gemeſſen werden. Bei dem Apparat von Baufchinger [2], [18], geliefert von Klebe-München (Fig. 13), ſind die Spiegelträger in zwei Spitzen drehbar an einem kleinen Parallelſchraubſtock p untergebracht, der in dem einen Endquerſchnitt der Meßlänge l mittels Schneiden an den Probeſtab angeſchraubt wird. Seitlich von letzterem tragen die Spiegelträger konzentriſch mit ihren Drehachſen Rollen r aus Hartgummi. Gegen dieſe legen ſich, wie bei den vorbeſchriebenen Rollenapparaten, Blattfedern f, welche die Drehung des Spiegels bei Dehnung des Stabes bewirken. Bezeichnet r den Halbmeſſer der Rollen, R die Entfernung der Ableſeſkala vom Spiegel, λ die Längenänderung des Stabes und A den Unterſchied zwiſchen den Ableſungen vor und nach der Belaſtung, ſämtliche Maße in gleicher Einheit ausgedrückt, ſo iſt $\lambda = \frac{r}{R} \cdot \frac{A}{2}$. Gebräuchlich iſt es, das Verhältnis $\frac{r}{R} = \frac{1}{500}$ zu wählen und die Ableſeſkala in Doppelmillimeter zu teilen. Dann iſt der Unterſchied in der Ableſung von einem Teilungsintervall gleich $\frac{1}{500}$ mm Dehnung. Die Zehntel der Teilung ſind mit Sicherheit zu ſchätzen, ſo daß die Formänderung des Stabes als Mittel aus den beiden gleichzeitig erhobenen Ableſungen bis auf 0,0001 mm beſtimmt werden kann. Bei dem Spiegelapparat von Martens (Fig. 14) ſind die Träger der Spiegel P Parallelepipede p und p' aus gehärtetem Stahl, die hochkantig zwiſchen den durch Spannfedern zuſammengehaltenen Blattfedern f und dem Probeſtabe eingeſetzt werden. Ihre Achſen tragen an den Hülſen H die Spiegelhalter b. Die Einſtellung der Spiegel erfolgt um die ſenkrechte Achſe (Drehpunkte am Spiegelhalter) durch Verſtellen der Schraube S und um die wagerechte Achſe durch Drehen der Hülſe H auf ihrer Achſe. Das Ueberſetzungsverhältnis iſt bei dieſem Apparat gleich dem Verhältnis der Breite des Parallelepiped zum doppelten Abſtande des Spiegels von der Ableſeſkala. Es iſt wie bei dem Baufchingerſchen Apparat gleich 1 : 500 zu wählen, um die Dehnung bis auf 0,0001 mm zu beobachten [1], [2], [12], [19]. Die Spiegelapparate von Kirſch [20] und Henning [21], [22] beruhen auf demſelben Prinzip der Meſſung wie der Apparat von Martens. Eingehende Erörterungen über die Theorie und Fehlerquellen der Spiegelapparate gibt Martens in ſeinem Handbuch, S. 48—59 [1].

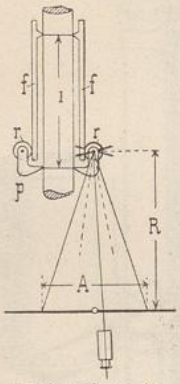


Fig. 13. Schema des Spiegelapparates von Baufchinger.

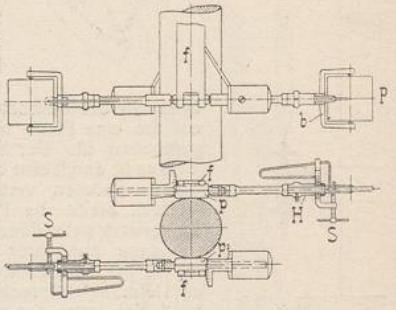


Fig. 14. Spiegelapparat von Martens.

Kathetometer, eine Verbindung des linearen mit dem optiſchen Meßverfahren, beſtehen im weſentlichen aus einem feingeteilten Lineal und zwei Fernrohren, die auf erſterem von Hand oder zur feineren Einſtellung mittels Schrauben der Dehnung des Probeſtabes entſprechend verſchoben werden, ſo daß die Fadenkreuze der Fernrohre ſich mit den zugehörigen Endmarken decken, welche die Meßlänge auf dem Probeſtabe abgrenzen. Die Stellung der Fernrohre zum Lineal wird an Nonien abgeleſen, die mit den Fernrohrhaltern verbunden ſind. Um die Feinheit der Meſſung zu erhöhen, ſind unter den Okularen der Fernrohre mikroſkopiſch geteilte Glasplatten eingelegt, die von außen durch Mikrometerſchrauben in der Richtung der Stabachſe verſchoben werden können, wobei das Maß dieſer Verſchiebungen an geteilten Trommeln abzuleſen iſt. Bei der Benutzung ſind derartige Apparate ſorgfältig gegen Wärmeeinflüſſe zu ſchützen, um Verbiegungen des Lineals zu vermeiden, welche die Richtigkeit der Meſſungen beeinträchtigten.

Dehnungs- oder Spannungsmeſſer zur Unterſuchung der Inanſpruchnahme einzelner Glieder eines Bauwerkes meſſen die innerhalb einer beſtimmten Länge l durch die Betriebslaſt erzeugte Längenänderung λ, und aus dieſer wird, ſelbſtverſtändlich unter der Vorausſetzung, daß die Spannung ſtets unterhalb der Elaſtizitätsgrenze bleibt, auf die ſtattgehabte Spannung σ geſchloſſen. Unter der Annahme eines beſtimmten Elaſtizitätsmoduls E für das Material iſt dann $\sigma = E \frac{\lambda}{l}$. — Einzelne Dehnungsmeſſer ſind von dem Geſichtspunkt aus entworfen, die Spannung unmittelbar ableſen zu können, z. B. der Apparat von Bahlke (ſ. unten). Zu dieſem Zweck ſind die Teilungen zur Ableſung der Anzeigen des Apparates nicht nach Längenmaßen vorgenommen, ſondern nach Spannungswerten, und zwar legt Bahlke der Berechnung der Teillängen nicht einen allgemein üblichen Wert für E zugrunde, ſondern einen Wert, deſſen Größe durch Prüfung eines oder mehrerer aus dem Bauwerk herausgenommener Glieder auf ihr elaſtiſches Verhalten zuvor feſtgeſtellt und dann als Mittelwert für das geſamte Material des betreffenden Bauwerkes angenommen iſt [23], [24]. Einen beſonderen Vorteil bietet dieſe Teilungsweiſe gegenüber derjenigen nach Längenmaßen nicht, da es nicht umſtändlicher

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

iſt, die letzteren für ein gegebenes E im voraus umzurechnen und die Rechnungsergebniſſe zur Benutzung beim Gebrauche des Apparates tabellariſch zuſammenzuſtellen, als für jedes ermittelte E eine neue Teilung anzubringen [25]. Die zur Uebertragung der geringen Dehnungsgrößen ins Vielfache angewendeten Konſtruktionen ſind mannigfacher Art.

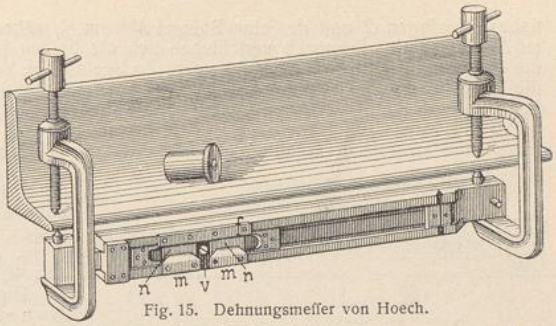


Fig. 15. Dehnungsmeſſer von Hoech.

Der Dehnungsmeſſer von Hoech gleicht dem Maßſtab mit Nonniusableſung (Fig 2), nur daß der Maßſtab auf der Schiene und der Nonius auf dem Schieber angebracht iſt. Zur Beobachtung andauernder Spannungen iſt der Nonius feſt. Apparate zur Ermittlung ſchnell vorübergehender Spannungen und bleibender Längenänderungen ſind mit zwei Maßſtäben $m\,m$ und zwei loſen Nonien $n\,n$ verſehen (Fig. 15); zwiſchen den letzteren befindet ſich an dem Schieber der Stift v, durch den ſie der Dehnung entſprechend verſchoben werden; die Feder f dient zum Feſthalten der Nonien [2], [26]. — Beim Apparat von Bahlke erfolgt die Meſſung mit Hilfe eines Keilmaßſtabes, der zwiſchen zwei Anſchlagsleiſten und eine dieſen gegenüberliegende Schneide hineingeſchoben wird. Die Anſchlagsleiſten ſind mittels Schraubklemme an dem einen Ende der Meßlänge mit dem zu prüfenden Stabe unmittelbar verbunden; die Schneide wird von einer Meßſtange getragen, die am andern Ende der Meßlänge angeſchraubt iſt und ſich den Längenänderungen des Stabes entſprechend unter der zu ihr ſenkrecht gelegenen Leiſte verſchiebt, hierbei ändert ſich die Entfernung der Schneidenkante von der Ebene der Leiſten und ſomit auch die Eindringtiefe des Keiles. Der Apparat wird in drei Ausführungen zum Preiſe von 135—270 *M.* gefertigt [23], [27]—[29].

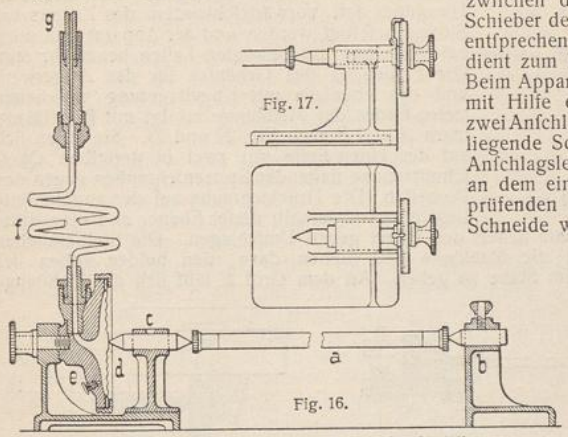


Fig. 16.

Fig. 17.

Fig. 16 und 17. Dehnungsmeſſer von Le Chatelier.

Der Apparat von Le Chatelier (Fig. 16 und 17) ſetzt die zu meſſenden Längenänderungen in Bewegungen eines federnden Doſendeckels um und läßt ſie als Steighöhe der hierbei aus der Doſe verdrängten Flüſſigkeit an einem geteilten Rohr ableſen. Hierzu werden auf den Stab in beſtimmter Entfernung voneinander zwei kleine Böcke b und c aufgeſchraubt, von denen b einen feſten, c den in ſeiner Längsrichtung verſchiebbaren Dorn d und die Meßdoſe e trägt, gegen deren Deckel ſich der Dorn mit einer Spitze ſtützt. Zwiſchen die zugewendeten Spitzen beider Dorne wird ein röhrenförmiger Stab a mit verſchloſſenen Enden eingeſchaltet, der die Relativbewegungen beider Böcke entſprechend den Längenänderungen des zu prüfenden Stabes durch den beweglichen Dorn auf den Doſendeckel überträgt. Um den Teilungswert des Steigrohres $f\,g$ zu ermitteln, wird der Bock mit feſter Spitze gegen eine Meßvorrichtung mit Mikrometerſchraube ausgewechſelt (Fig. 17). Die wirkſame Fläche des Doſendeckels und der Querſchnitt des Steigrohres ſind ſo bemeſſen, daß 1 mm Steighöhe gleich 0,001 mm Dehnung iſt [30]—[33]. — Der Dehnungsmeſſer von Mallock [31], [34] iſt ein Spiegelapparat. Die Meßſtange D (Fig. 18) ſteht an dem einen Ende mit der feſten Körnerſpitze P in der Endmarke A auf dem Probeſtab und wird durch den Arm O des Gewichtes W gehalten, der zugleich das Ableſefernrohr T trägt. Auf dem andern Ende der Meßſtange befindet ſich der Schieber E mit der um F drehbaren Körnerſpitze Q, die bei B an den Probeſtab ſich anlegt. Oberhalb von F trägt Q am Arm G den Spiegel M^2. Neben dieſem und etwas geneigt zu ihm befindet ſich auf E ein zweiter Spiegel. Ueber beiden ſitzen an der Stange V der Belichtungsſpiegel R, die Glasſkala S und die Linſe K. Die beiden Spiegel M^2 reflektieren das Bild der Skala S auf den feſten Spiegel M^1, wobei ſich beide Bilder etwas überdecken und durch M^1 weiter in das Fernrohr T reflektiert werden. Beim Dehnen des Probe-

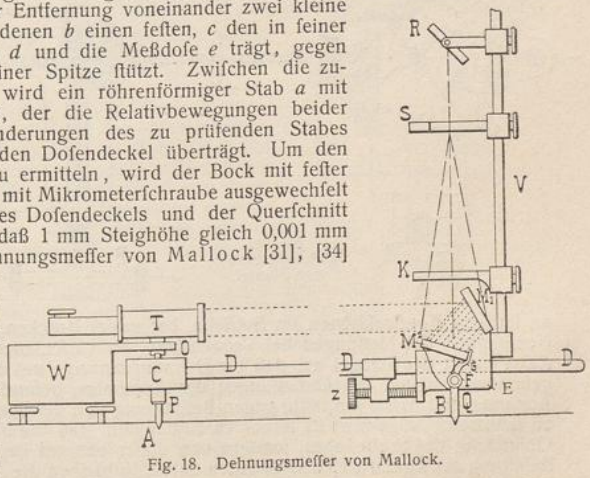


Fig. 18. Dehnungsmeſſer von Mallock.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

ſtabes ſchwingen Q und der eine Spiegel M^2 um F, während der zweite Spiegel M^2 ſeine Lage zu M^1 beibehält. Demnach verſchieben ſich die beiden Bilder der Skala S im Spiegel M^2 um die Dehnung des Stabes gegeneinander. Zu Beginn des Verſuches iſt der Schieber E und damit die Neigung des beweglichen Spiegels M^2 an der Schraube z ſo einzuſtellen, daß beide Bilder in M^1 ſich decken. — Beim Apparat von Manet-Rabut [29], [35] (Fig. 19) wird die Dehnung durch ein zweifaches Hebelwerk mittels Zahnbogen und Zahnrädchen auf einen Zeiger übertragen und an einer Kreisteilung abgeleſen. Der tote Gang in der Uebertragung iſt durch einen zweiten Zahnbogen beſeitigt, der durch eine Feder in entgegengeſetzter Richtung auf das Zahnrädchen einwirkt wie der erſtgenannte Bogen. Der Apparat wird durch Bourdon, Paris, 74 Faubourg du Temple, zum Preiſe von 40 *M.* gefertigt.

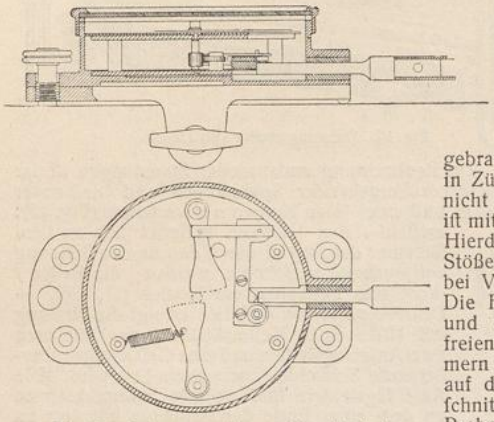


Fig. 19. Dehnungsmeſſer von Manet-Rabut.

Durch Mantel iſt der Apparat von Manet-Rabut auf die Form Fig. 20—21 gebracht und wird in dieſer von Uſteri-Reinacher in Zürich gebaut [36]. Die Meßſtange ſtützt ſich nicht mehr loſe gegen die Hebelſchneide, ſondern iſt mit dem Hebel durch ein Kugelgelenk verbunden. Hierdurch ſoll Vorwärtsſchleudern des Zeigers bei Stößen beſeitigt werden und der Apparat nun auch bei Verſuchen mit bewegten Laſten benutzbar ſein. Die Feſtlegung des Gehäuſes für das Zeigerwerk und des ebenfalls mit Kugellagerung verſehenen freien Endes der Meßſtange erfolgt mit Bügelklammern A und B nach Fig. 22 und 23. Sie legen ſich auf der einen Seite mit zwei in derſelben Querſchnittsebene ſtehenden Spitzenſchrauben gegen den Probeſtab. Die Druckſchraube auf der andern Seite liegt etwas außerhalb dieſer Ebene, und eine dritte Schraube auf der erſtgenannten Seite ſichert den Bügel gegen Umſchlagen. Die Stellſchrauben C, D, C^1, D^1 ſtützen ſich gegen die Stabkante und dienen dazu, den beiden Teilen des Apparates die richtige Stellung zum Stabe zu geben. An dem Griff E läßt ſich die Meßſtange

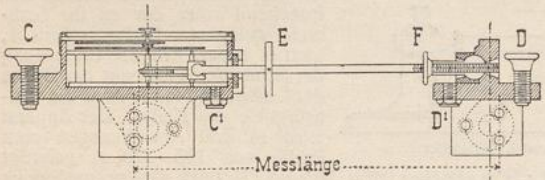


Fig. 20.

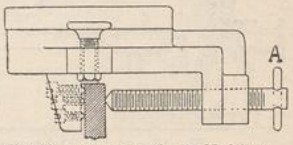


Fig. 22. Klammer A mit Meßdoſe.

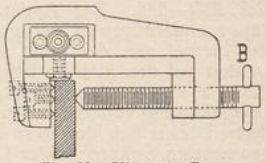


Fig. 23. Klammer B.

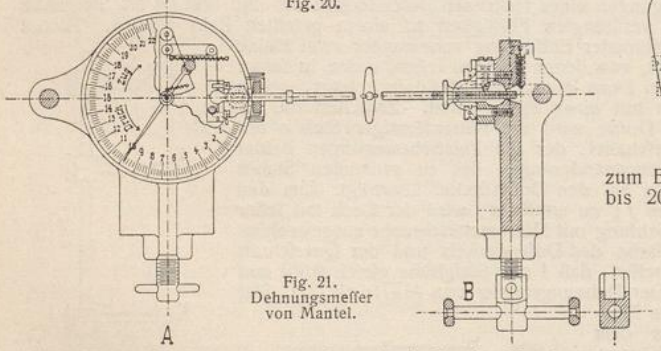


Fig. 21. Dehnungsmeſſer von Mantel.

zum Einſtellen der Meßlänge (150 bis 200 mm) in das Kugelgelenk hineinſchrauben und wird dann mit der Schraube F feſtgelegt [31]. — Abgeſehen davon, daß der Wert der Formänderungsmeſſungen (vgl. a. Dehnungszeichner und Durchbiegungsmeſſer) an fertigen Konſtruktionen im Betriebe, beſonders Brücken, viel umſtritten iſt, iſt bezüglich der Genauigkeit der Meſſungen bei Verwendung der verſchiedenen Apparate folgendes zu beachten. Allen haftet der Mangel an, daß die Dehnungsanzeige mit dem Einfluß der Temperatur der umgebenden Luft auf die Abmeſſungen des Apparates, beſonders der Meßſtange, ſich ändert. Die Apparate ſind daher ſorgfältig gegen Beſtrahlung von der Sonne, aber auch gegen Luftſtrömungen zu ſchützen. Allgemein iſt ferner zu bemängeln, daß die Meßſtangen nicht unmittelbar auf der Oberfläche des Probeſtabes, ſondern von dieſer entfernt liegen. Biegt der Probeſtab ſich bei der Belaſtung aus irgend welchen Gründen durch, ſo bleiben die Achſen der Stücke (Klammern u. ſ. w.), mit denen die Apparate aufgeſchraubt ſind, ſenkrecht zur Tangente an der Befeſtigungsſtelle, neigen ſich alſo gegeneinander. Infolge hiervon weichen die Meſſungsergebniſſe um ſo mehr von den wirklichen Längenänderungen des Probeſtabes ab, und zwar in unkontrollierbarer Weiſe im poſitiven oder negativen Sinne, je weiter die Achſe der Meßſtange von der Staboberfläche entfernt iſt. Zu dieſen allgemeinen Mängeln kommen die in den einzelnen Konſtruktionen

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

liegenden Fehlerquellen hinzu. Als folche find zu nennen toter Gang in den Uebertragungsmechanismen, Reibungswiderftände, Maffenbefchleunigungen bei Benutzung der Apparate bei bewegter Laft und Mängel in der Arbeitsausführung. Um fich von dem Einfluß diefer Fehlerquellen zu überzeugen, ift zu empfehlen, die Apparate vor Benutzung zu prüfen. Am beften gefchieht dies durch Belaftungsverfuche in fogenannten Zerreißmafchinen, wobei die Stäbe nicht vollends bis zur Proportionalitätsgrenze beanfprucht werden. Ihre Dehnungszahl wird zunächft durch genaue Meffungen, z. B. mit Spiegelapparaten, ermittelt, und dann werden die Belaftungen unter Meffung der Dehnung mit dem zu prüfenden Apparat wiederholt. Die Fehler in der Dehnungsanzeige des letzteren find dann gleich dem Unterfchied in den Ergebniffen beider Meffungsreihen.

Literatur: [1] Martens, Materialienkunde für den Mafchinenbau, Berlin 1898. — [2] Rudeloff, Hilfsmittel und Verfahren der Materialprüfung, Leipzig 1889. — [3] Hackney, On forms of test-pieces, London 1884, S. 49. — [4] Baufchinger, Mitteilungen aus dem mechanifch-technifchen Laboratorium der Techn. Hochfchule München, Heft 20. — [5] Engineering 1881, S. 41. — [6] Dingl. Polyt. Journal 1882, Bd. 246, S. 127. — [7] Zeitfchr. d. Vereins deutfch. Ingen. 1890, S. 1042. — [8] Engineering 1881, S. 139. — [9] Zeitfchr. d. Vereins deutfch. Ingen. 1881, S. 316. — [10] Engineering 1890, Bd. 2, S. 310. — [11] Dingl. Polyt. Journal 1891, Bd. 279, S. 152. — [12] Denkfchrift zur Eröffnung des K. Materialprüfungsamtes der Techn. Hochfchule Berlin, S. 326. — [13] Dingl. Polyt. Journal 1899, Bd. 312, S. 56. — [14] „Stahl und Eifen" 1895, S. 575 und 673. — [15] Baumaterialienkunde, Bd. 2, S. 345. — [16] Dingl. Polyt. Journal 1899, Bd. 312, S. 58. — [17] Zeitfchr. d. Vereins deutfch. Ingen. 1895, S. 491. — [18] Brofchüre der Nürnberger Mafchinenfabrik C. Wolf & Sohn, München 1882. — [19] Zeitfchr. d. Vereins deutfch. Ingen. 1890, S. 1003. — [20] Wochenfchr. d. öfterr. Ingen.- u. Arch.-Vereins 1891, S. 139. — [21] Transact. of Amer. Soc. of mech. Eng., Mai 1897. — [22] Americ. Mach., 1897, S. 105. — [23] Dingl. Polyt. Journal 1894, Bd. 293, S. 175. — [24] Deutfche Bauztg. 1894, S. 47 und 59. — [25] Ebend. 1893, S. 576. — [26] Annalen für Gewerbe und Bauwefen, 1886, Bd. 2, S. 229. — [27] Deutfche Bauztg. 1894, S. 135. — [28] „Stahl und Eifen" 1895, S. 331. — [29] Zentralbl. der Bauverwaltung 1895, S. 473. — [30] Revue Industrielle 1890, S. 510. — [31] Dingl. Polyt. Journal 1892, Bd. 286, S. 274. — [32] Polyt. Zentralbl. 1891, S. 272. — [33] Engineering and Mining Journ. 1891, Bd. 1, S. 444. — [34] Engineering 1890, Bd. 2, S. 614. — [35] Annales des ponts et chaussés 1891, S. 5. — [36] Schweiz. Bauztg. 1900, S. 58.

Rudeloff.

Dehnungsmodul wird mitunter der Elaftizitätsmodul E (f. d. und Dehnung in der Elaftizitäts- und Feftigkeitslehre) genannt.

Man fehe z. B. Winkelmann, Handbuch der Phyfik, I, Breslau 1891, S. 238, wo $^1/E$ Dehnungskoeffizient heißt, und Landolt und Börnftein, Phyfikalifch-chemifche Tabellen, Berlin 1894, S. 100, wo wie bei Buff, Lommel, Eifenlohr-Zech u. a. der Wert $^1/E$ den auch für E vorkommenden Namen Elaftizitätskoeffizient führt. *Weyrauch.*

Dehnungsquotient, f. Dehnungskoeffizient.

Dehnungsreft wird mitunter die bleibende, nicht elaftifche Verlängerung des gezogenen Stabes (f. Dehnung, Zugelaftizität) genannt, nach Bach, Elaftizität und Feftigkeit, Berlin 1889—90, S. 9; 4. Aufl. 1902, S. 22.

Dehnungsröhren, f. Kompenfationsröhren.

Dehnungszeichner dienen wie ein Teil der Dehnungsmeffer zur Ermittlung der Spannungen, die in einzelnen Gliedern eines Bauwerkes (Brücke) unter der Betriebslaft oder bei Belaftungsproben auftreten.

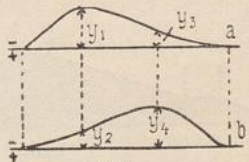


Fig. 1.

Die Dehnungsmeffer haben den Vorzug größerer Einfachheit; dagegen gewähren die Dehnungszeichner den erfteren gegenüber den Vorteil, daß fie den ganzen Verlauf der Dehnungs- und der hieraus zu berechnenden Spannungsänderungen während des Belaftungsvorganges aufzeichnen, während mit Hilfe von Dehnungsmeffern nur die unter der Betriebslaft vorkommenden größten Spannungen ermittelt werden können. Ganz befonders fällt diefer Vorteil ins Gewicht mit Rückficht auf die verwickelten Spannungszuftände, die durch Sekundärfpannungen erzeugt werden. Setzt man dann gleichzeitig zwei Dehnungszeichner an zwei gegenüberliegende Seiten des zu prüfenden Gliedes an, fo erhält man durch Zufammenftellung der beiden verzeichneten Spannungslinien nach Maßgabe von Fig. 1 die Größtwerte für die axiale Beanfpruchung gleich $\frac{y_1+y_2}{2}$ oder $\frac{y_3+y_4}{2}$, während man bei Anwendung von Dehnungsmeffern zu dem Höchftwerte $\frac{y_1+y_4}{2}$ für die mittlere Spannung gelangen würde [1], [2], [3].

Der bekannteffe ift der Dehnungszeichner von Fränkel. Er befteht in feiner urfprünglichen Form im wefentlichen aus einem zweifachen, durch Zahngetriebe verbundenen Hebelwerk, das durch eine Meßftange betätigt wird und eine mit Papier belegte Trommel mit dem Vielfachen der zu meffenden Längenänderung in Umdrehung verfetzt, während ein Schreibftift durch ein Uhrwerk in der Längsrichtung der Trommel mit gleichmäßiger Gefchwindigkeit fortbewegt wird [4], [5]. — Um Meffungen bei fchnell wechfelnden Belaftungen vornehmen zu können, mußten die bewegten Maffen des Apparates möglichft klein fein, damit Fehler infolge elaftifcher Formänderung der einzelnen Teile des Apparates vermieden blieben. Letzterer ift

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

daher so geändert, daß nun nicht die Bewegungen der Papiertrommel, sondern die des Zeichenstiftes zwangsläufig den zu messenden Längenänderungen folgen. Dies ist durch die in Fig. 2 schematisch dargestellte Anordnung erreicht. Der zweiarmige Hebel E mit dem Drehpunkt bei f wird an dem kurzen Arm bei y durch die Meßstange c betätigt. Sein langer Arm greift bei X an den Winkelhebel p_2 an, dessen Schwingung durch die Lenkervorrichtung $q_2\ h_2\ r$ auf den Schreibstift H übertragen wird. Die geradlinige Bewegung ist durch den Gegenlenker $h_1\ p_1\ q_1$ gewährleistet. Unter dem Zeichenstift befindet sich die Schreibtrommel mit einem Uhrwerk zur gleichmäßigen Drehung der Trommel. Um gewisse Stellungen der über die Brücke fortbewegten Last in der Schaulinie selbsttätig zu kennzeichnen, sind besondere elektrische Kontaktvorrichtungen mit dem Apparat verbunden [5], [6]. Bei der neueren Ausführungsform sind zur Bewegungsübertragung sowohl zwischen den beiden Hebeln als auch auf den Schreibstifthalter Stahlbändchen angeordnet, die durch eine Gegenfeder gespannt gehalten werden [2].

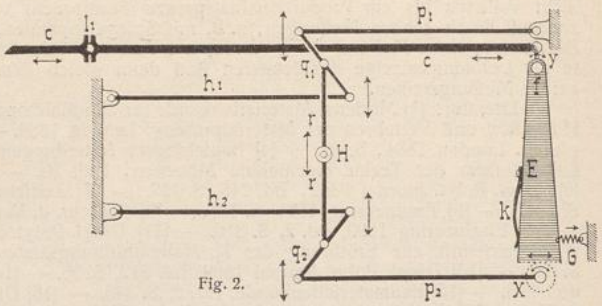


Fig. 2.

Literatur: [1] Deutsche Bauztg. 1893, S. 474. — [2] Ebend. 1893, S. 576. — [3] Ebend. 1894, S. 47, 59 und 249. — [4] Civilingenieur 1891, Taf. XVI. — [5] Zeitschr. d. Vereins deutsch. Ingen. 1884, S. 482. — [6] Civilingenieur 1892, S. 200. *Rudeloff.*

Deich, die Erddämme zum Schutze der Niederungen an Flüssen oder an der See gegen Ueberschwemmung durch Hochwasser oder Hochflut.

Die Deiche an den Flüssen haben namentlich der Einwirkung der Strömung und des Eisganges zu widerstehen; die Deiche an der See oder am Unterlauf der Flüsse, soweit die Flut in dieselbe hinaufreicht, der Einwirkung des Wellenschlages und dem Anprall der Fluten. Ihre Bauart ist deshalb einigermaßen verschieden, und man unterscheidet Flußdeiche und Seedeiche.

Die Flußdeiche sind entweder geschlossene oder Hauptdeiche oder offene Deiche. Die geschlossenen (Haupt-)Deiche sollen Land, das unter dem Hochwasser liegt, gegen Ueberflutung schützen. Sie umgeben dasselbe deshalb allseitig und gehen meist von hochwasserfreiem Gelände aus. Die offenen Deiche sollen verhindern, daß Geschiebe sich auf dem Lande ablagern können oder daß etwa die Hauptflußrichtung sich ändere. Letztere dienen also mehr zu Korrektionszwecken. Um zu verhindern, daß durch Anlage der Flußdeiche das Hochwasser wesentlich eingeengt und deshalb erhöht werde oder daß sich Ablagerungen zwischen denselben bilden, ist das durch dieselben begrenzte Hochwasserprofil weit genug zu belassen, um Stauungen zu verhindern und das Niederwasserprofil mit konstanter Breite bei gleichmäßigem Gefälle anzuordnen. Die Hauptdeiche sind also in einer gewissen Entfernung rückwärts der Uferlinie des Flusses bei Niederwasser anzulegen. Die Bestimmung dieser Entfernung geschieht auf Grundlage der Berechnung der Hochwassermengen, die sich auf Beobachtung des überschwemmten Flußprofiles und der Wassergeschwindigkeit stützt, welch letztere in der tieferen Stromrinne größer ist als über dem überschwemmten Vorland der Hauptdämme. Die Ergebnisse der Messung und Rechnung werden um so genauer mit der Erfahrung übereinstimmen, je länger die Strecken sind, in denen die Deiche parallel zueinander laufen, und je weniger und schwächer die Krümmungen derselben sind. Die Abweichung von den Parallelen läßt sich höchstens dadurch rechtfertigen, daß man den Damm auf guten Boden zu stellen bestrebt war und deshalb schlechtem Untergrunde ausgewichen ist, den man zur Verhütung von Dammbrüchen am besten im Vorland liegen läßt.

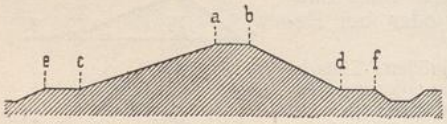


Fig. 1.

Man unterscheidet an einem Deiche: die Deichkrone $a\ b$ (auch Kappe); die äußere wasserseitige Böschung $a\ c$ (auch Außenböschung); die innere Böschung $b\ d$ (auch Innenböschung); die äußere Berme oder Außenberme $c\ e$; die innere Berme oder Binnenberme $d\ f$, die zuweilen (wenigstens auf der Binnenseite) durch einen Graben begrenzt wird (s. Fig. 1). Die Deichkrone liegt bei Hauptdämmen 0,5—1,20 m über dem höchsten bekannten Hochwasserstande, je nachdem eine Stauung durch Eis oder ein ausnahmsweiser Wellenschlag zu befürchten ist oder nicht. Die Breite der Krone wird bei Hauptdämmen so bemessen, daß dieselben bei Hochwasser befahren werden können, um jederzeit die Materialien zu deren Unterhaltung herbeizuführen, weil dies wegen des dann häufig aufquellenden Sickerwassers hinter dem Damme anders nicht leicht geschehen könnte. Ueberdies hängt die Breite auch von der Höhe der Deiche und dem Material ab, aus dem sie erstellt sind, indem namentlich bei leicht zu durchsickerndem Boden oder solchem, der bei Aufnahme von Wasser leicht zerfließt, überhaupt eine größere Dammstärke angenommen werden muß. Die Kronenbreite kann somit bei Hauptdämmen 2,50—5 m betragen. Die letztere Breite kommt namentlich dann vor, wenn die Deiche bleibend als Straße benutzt werden. Die äußere Böschung hat durchschnittlich eine dreifache Anlage, wird wohl auch

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

flacher gewählt für leicht zerfließenden und leicht durchdringbaren Boden, den man bloß mit Rasen verkleidet; dagegen steiler, wenn die Verkleidung in Stein ausgeführt wird, was namentlich bei starker Strömung angezeigt ist. Die Steinverkleidung wird oft in Zementmörtel versetzt, was indes nicht empfehlenswert ist, weil sich hinter einer solchen Verkleidung Hohlräume bilden können, ohne daß ein gleichmäßiges Nachsenken der Pflasterung stattfindet, bis plötzlich ein Einbruch die Sachlage, oft zu spät, enthüllt. — Die innere Böschung erhält meist bloß eine zweifache Anlage, auf der sich noch leicht eine Rasendecke entwickelt. — Mit äußerer Berme bezeichnet man bei Flußdeichen denjenigen Streifen des Vorlandes am Fuße des Deiches, aus dem man keinen Boden aushebt, um den Damm zu bilden, sondern den man in seinem anfänglichen Zustande mit einer Rasendecke beläßt, um Auswaschungen zu vermeiden. Dieselbe erhält 3–5 m Breite, je nach der Bodenart. — Innere Berme nennt man einen Streifen Landes längs dem inneren Fuße des Deiches, der oft als Fahrweg dient und der wohl etwas höher angelegt wird als der natürliche Boden, wenn starkes Durchquellen durch den Deich befürchtet wird. In diesem Falle wird die innere Berme wohl auch durch einen Graben vom eingeschlossenen Kulturland getrennt, dessen Aushub zur Erhöhung der Berme dient und in dem das Sickerwasser zusammenfließt.

Diejenigen Deiche, welche durch die größten Hochwasser überflutet werden (die zumeist im Frühling nach der Schneeschmelze eintreten, somit zu einer Zeit, wo die Kulturen noch keinen Schaden darunter leiden), die aber gegen die niederen Sommerhochwasser den nun schon vorgeschrittenen Kulturen Schutz gewähren und die deshalb auch Sommerdeiche genannt werden, müssen so angeordnet sein, daß der Ueberlauf sie nicht zerstört. Man gibt deshalb der inneren Böschung eine weit flachere Anlage und pflastert oft sowohl die Krone als die innere Böschung mit Steinen. Bei Erstellung der Deiche ist sowohl für möglichst gute Verbindung mit dem unterliegenden Boden als auch für Erreichung einer möglichst sicheren Dichtung des Deiches selbst Sorge zu tragen. Zu diesem Zwecke ist der zu überbauende Boden vorher sorgfältig von Rasen, Gesträuchen, Bäumen, Wurzeln, Schlamm u. s. w. zu reinigen. Das nämliche gilt auch von dem anzuschüttenden Boden, der am besten aus einem Gemische von Ton und Sand besteht und den man in dünnen Schichten, die am besten etwas gegen außen abfallen, anführt und feststampft. Dort, wo Ton nur in geringer Menge gefunden werden kann, verwendet man ihn vorzugsweise zur Andeckung der äußeren Böschung. Der abgehobene Rasen wird gleicherweise namentlich zur Andeckung der äußeren Böschung verwendet und nur bei Ueberfluß auch zur Abdeckung der inneren Böschung und der Krone, die anders auch angesät werden können. — Sowohl vom Vorlande als vom eingeschlossenen Kulturlande aus werden Anfahrten oder Deichrampen längs der äußeren und der inneren Böschung auf die Krone geführt, die indes nie in diese Böschungen eingeschnitten werden dürfen und auf der Außenseite vorzugsweise stromabwärts geneigt sein müssen. Dieselben erhalten die nötige Breite für einen Wagen und etwa 10% Steigung. Statt der Rampen werden oft auch Durchfahrten oder Vorschleusen in die Deiche gelegt, die zwischen zwei kräftigen Seitenmauern in einer Breite von 3,50 m erbaut werden. Man legt ihre Sohle gewöhnlich etwas höher an als den Boden des eingeschlossenen Landes und schließt sie bei drohendem Hochwasser mit zwei Wänden aus Dammbalken, die in Falzen der Seitenmauern eingelassen sind und zwischen denen man ein Gemenge von Ton und Sand oder, in dessen Ermanglung, Mist einstampft.

Die Seedeiche. Das von Seedeichen umgebene Kulturland, das aus fruchtbarem Lehmboden gebildet wird, den die See allmählich angeschwemmt hat, bis er sich über die Ebbehöhe erhob, heißt Polder und liegt infolge nachträglicher Setzungen oft tiefer als der Ebbespiegel der anliegenden See, so daß die Tageswasser und etwaiges Sickerwasser mittels Pumpen ausgeschöpft werden müssen. Vor den Deichen liegt nicht etwa die tiefe See, sondern bei Ebbe ein Vorland, dessen Breite wesentlich dazu beiträgt, die Einwirkung der Sturmfluten auf die Deiche zu vermeiden, und aus dem der Boden entnommen wird, um den Deich auszuführen und zu erhalten. Die Richtung der Deiche soll möglichst senkrecht zur herrschenden Windrichtung und dem Wellenschlage liegen und dem letzteren keine ein- oder vorspringenden Ecken bieten. Das Querprofil der Seedeiche unterscheidet sich nur in der Ausbildung der einzelnen Teile von demjenigen der Flußdeiche. Die Krone oder Kappe liegt etwa 0,50 m höher als die Spitze der Wellen bei den höchstbekannten Sturmfluten, d. h. etwa 3 m höher als die höchsten ruhigen Fluten, die ihrerseits ebenso hoch über den gewöhnlichen Fluten liegen können. Auch hier hat die Krone zur Anfahrt der Materialien für die Erhaltung der Deiche zu dienen und erhält die entsprechende Breite. In Holland werden die Deichkronen oft mit Klinkern gepflastert und erhalten seewärts noch eine kleinere schmalere Ueberhöhung von Manneshöhe, die eigentlich den Schutz gegen die Hochflut bildet. Die Außenböschung wird in ihrem oberen Teile meist berast; der untere Teil der Böschung, auf dem jede Kultur unmöglich ist, dagegen mit Strohbestickung,

Fig. 2.

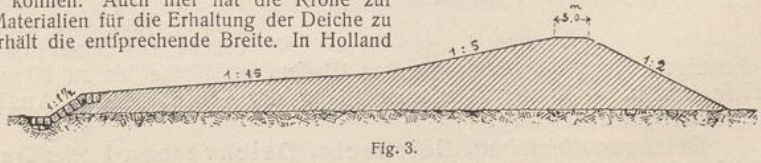


Fig. 3.

Flechtwerken aus Weiden oder Steinpflafterung gefchützt. Die Böfchung wird um fo flacher erftellt, als die Sturmflut gefährlich erfcheint, und zwar mit drei-, vier-, fünf-, fechs-, acht- und fogar zehnfacher Anlage für den oberen beraften Teil, welcher der Wirkung der Sturmflut ausgefetzt ift. Noch flacher wird der untere Teil erftellt, wenn die verfügbaren Schutzmittel gegen den Anprall der Wellen nur geringen Schutz bieten, fo daß die Deiche dann ein konkaves Profil erhalten (f. Fig. 2). Um den Nachteilen eines folchen auszuweichen, die in Schälungen oder Auskolkungen beftehen, die allmählich die Zerftörung des Deiches zur Folge haben, wird der untere Teil des Dammes gern zu einer Außenberme ausgebildet, die nun eine ganz flache Böfchung erhält, 1,50—3 m höher als das Vorland liegt und deren Fuß gegen diefes mit Beftickung, Faſchinen oder Steinpflafterung gefchützt werden muß (f. Fig. 3). Die Breite folcher Bermen beträgt an der See 12—25 m, kann indeffen in Flüffen verringert werden und bildet derart eine ganz bedeutende Verbreiterung der Deichbafis. Die Binnenberme wird in gleicher Weife erftellt wie bei Flußdeichen; ebenfo die Deichrampen, wogegen die fehr felten vorkommenden Durchfahrten aus Vorficht nach außen noch mit einem Stemmtor zu verfehen find. Statt der Durchfahrten werden dagegen die Deichfiele erftellt (f. Siele), die den Verkehr zwifchen den Poldern und der See per Waffer vermitteln.

Trotz der forgfältigften Unterhaltung der Deiche können bei großen Hochwaffern und ftarken Sturmfluten Deichbrüche vorkommen. Die Unterhaltung und allfällige Schutzvorrichtungen beftehen: die erfteren in einer forgfältigen Unterhaltung des Rafens und der allfälligen Pflafterungen oder Steinvorlagen, die letzteren darin, daß bei fteigendem Waffer die am meiften der Strömung ausgefetzten Stellen der Deiche mit Faſchinen, mit Spreutlagen aus Bufchwerk, fogar mit Strohlagen überlegt werden, die man mittels Pflöcken, Flechtwerken und Strohfchnüren an den Boden befeftigt. Droht eine Ueberflutung der Dämme, fo werden diefe mit Erddämmen, Bretterwänden oder mit andern Materialien, die gerade vorliegen, überhöht. Der Durchbruch kann dadurch erfolgen, daß entweder das Vorland weggeriffen und die Bafis des Deiches weggefchwemmt wird oder daß zwar das Vorland erhalten bleibt, dagegen der Damm weggeriffen wird. Im erfteren Falle ftrömt auch das fchon gefallene Stromwaffer oder die gewöhnliche Flut in das Kulturland, im letzteren Falle bildet fich dagegen gewöhnlich infolge des Ueberfalles eine tiefe Kolkung an der Deichftelle, die auch in das Binnenland hineinreichen kann. Der erfte Fall nötigt zur Erftellung von Fangdämmen, die oft in mehreren hintereinander liegenden Reihen quer durch das eingeriffene Vorland gebaut und an den ftehen gebliebenen Damm angelehnt werden, damit man in deren Schutz den Damm neu aufführen kann. Im zweiten Falle umgibt man den Kolk fei es mit einem Außendamm, fei es mit einem Innendamm. Bei Flüffen verengt der Außendamm das Profil und bildet eine ftete Gefahr, wogegen der Innendamm, namentlich bei ftark tonführenden Flüffen, die allmähliche Ausfüllung (Kolmation) des Kolkes geftattet, fo daß in abfehbarer Zeit der Deich fich in feiner urfprünglichen Richtung neu aufführen läßt. An der See füllt man den Kolk zunächft mit Senkfaſchinenlagen aus, die fpäter zur Außen- und Innenberme ausgebildet werden, zwifchen denen man die Erdfchüttung des Deiches vornimmt (f. Damm und Deichbruch).

Literatur: Hagen, Handbuch des Waſſerbaues (Bau am Meere), Berlin 1878—80, 3. Bd., 2. Aufl.; Handbuch der Ingenieurwiffenfchaften, Leipzig 1903, 2. Bd., 3. Teil. *Zfchokke.*

Deichacht, f. Deichgenoffenfchaft.

Deichbafis oder Deichfohle nennt man den unterften Teil des Deiches, mit dem er auf dem natürlichen Boden ruht.

Deichbruch. Man unterfcheidet den gewöhnlichen Deichbruch, bei dem der obere Teil des Deiches fortgeriffen, die Sohle jedoch unbefchädigt geblieben ift, ferner den Grundbruch, fofern auch diefe zerftört wurde (Fig. 1), und den Strombruch, wenn zugleich eine Zerftörung des Vorlandes ftattgefunden hat, die dem Waffer des Stromes auch bei mittlerem Stande den Eintritt in das Binnenland geftattet (Fig. 2). Die Kappftürze treten nach Befchädigung der Deichkappe ein und find nicht zu den Deichbrüchen zu rechnen, pflegen aber diefen vorauszugehen. Am häufigften find Grundbrüche, bei denen fich infolge der lebendigen Kraft des einftrömenden Waffers oft Kolke bis zu 10 m und mehr Tiefe bilden. — Ueber Wiederherftellung der Deichbrüche f. Auslage, Einlage, Durchdeichung. *Frühling.*

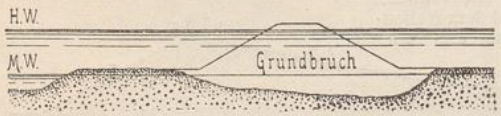


Fig. 1.

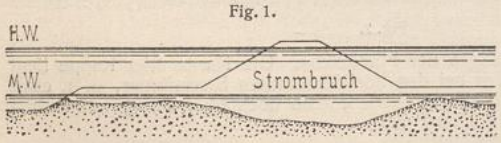


Fig. 2.

Deichgenoffenfchaft, Deichacht, Deichverband oder Deichfchau (letztgenannte Bezeichnung am Unterrhein) ift eine Vereinigung folcher Befitzer eines beftimmten Bezirks, deren Grundftücke durch die in dem Bezirke liegenden Deiche vor Ueberfchwemmungen gefchützt werden.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Die Genoffenfchaft übernimmt die erforderliche Deichlaft, die fich nach Größe, Bodenbefchaffenheit und Höhenlage der Grundftücke auf die einzelnen Befitzer verteilt. In früheren Zeiten erfolgte die Verteilung mit wenigen Ausnahmen in der Art, daß jedes Grundftück eine befondere, nach dem obigen Maßftabe ermittelte und durch Grenzfteine feftgelegte Deichftrecke zu unterhalten hatte. Diefe Strecke führte den Namen Pfand, Kavel oder Kabel und die hiernach ausgeführte Art der Deichunterhaltung die Bezeichnung Pfand- oder Kavelwirtfchaft. Nicht felten überftieg aber die Unterhaltung einer ftark im Angriff liegenden Deichftrecke die Kräfte des zu ihrer Unterhaltung verpflichteten Befitzers. Erklärte er fich hierzu durch das Einftecken des Spatens in den Deich außerftande, fo gingen ihm nach dem alten friefifchen Spatenrecht Deich und Grundftück verloren. Derjenige, der den Spaten ergriff, übernahm damit die Deichlaft, aber auch das Grundftück. — An Stelle der Pfandwirtfchaft ift in neuerer Zeit vielfach die Kommunionwirtfchaft getreten. Hier werden die fämtlichen erforderlichen Arbeiten von dem Vorftande des Deichverbandes ausgeführt und die entftandenen Koften von den einzelnen Befitzern eingezogen. Diefe werden dadurch der Verantwortlichkeit überhoben, haben aber auch nicht mehr das Intereffe an ihrer Deichftrecke wie bei der Kavelwirtfchaft; auch fällt der Vorteil fort, gelegentlich frei werdende Arbeiter am Deiche befchäftigen zu können. Man hat deshalb — insbefondere in der Provinz Hannover — mit Vorteil eine Verbindung der Kommunion mit der Kavelwirtfchaft eingeführt. Die Kavelwirtfchaft erftreckt fich nur auf die kleineren Unterhaltungsarbeiten (die fogenannte ordentliche Deichlaft), während die größeren Ausführungen (oder die außerordentliche Deichlaft) in Kommunion getragen werden. Um bei läffigen Befitzern das Intereffe an ihrer Kavelftrecke rege zu halten, ift auch wohl die Beftimmung getroffen, daß die Wiederherftellungskoften eines Deichbruchs zu einem Drittel von dem betreffenden Kavelbefitzer zu übernehmen find. — Die Leitung des Deichverbandes erfolgt auf Grund der Deichordnung oder des Deichftatuts durch einen von den Mitgliedern gewählten Vorftand unter Oberaufficht des Staats oder unmittelbar durch Staatsbeamte.

Frühling.

Deichkappe. Die Kappe oder Krone der Flußdeiche (Dammkrone) liegt in der Regel 0,3—0,6 m über Hochwaffer; das größere Maß bezieht fich auf waffereiche Ströme, in denen Eisgang und Wellenfchlag auftreten.

Ift eine Eisftopfung mit großer Gefahr für die hinter dem Deiche liegenden Ortfchaften und Fluren verknüpft, fo wird die Deichkrone oft erheblich höher gelegt (im Weichfeldelta und am Niederrhein unter Umftänden bis zu 3 m über Hochwaffer), damit ein Ueberlaufen an oberhalb gelegenen, weniger gefährdeten Punkten eintreten kann. Ebenfo pflegt man bei Gebirgsflüffen, deren unregelmäßiger Charakter ein Anfteigen über den bisher bekannten höchften Wafferftand vermuten läßt und bei denen ein Ueberftürzen des Waffers über die Deiche in die oft tief unter der Flußfohle liegenden Kulturländereien große Verheerungen anrichten würde, jenes Maß um 1 m und mehr zu erhöhen. Bei der Anlage neuer Deiche ift felbftverftändlich das Anfteigen des Hochwaffers infolge der Einfchränkung des Hochwafferbetts zu berückfichtigen, ebenfo ift auf das Setzen des Deiches nach erfolgter Herftellung Bedacht zu nehmen. — Die Seedeiche liegen mit ihrer Krone 0,3—0,5 m über dem Kamm der Wellen zur Zeit der höchften Sturmflut, die je nach Lage der Küfte, der Breite des Vorlandes und fonftiger Umftände an der Nordfee bis auf 5 m und felbft mehr über gewöhnliche Flut anfteigen kann. — Die Breite der Kappe beträgt bei wichtigen Deichen 2,5—4 m; bei ihrer Bemeffung ift auch auf die Anfuhr des zur Deichverteidigung erforderlichen Materials Rückficht zu nehmen. Dient die Deichkrone zugleich als Verkehrsweg, fo darf die Breite nicht unter 4,5 m betragen. Zum Abfluß des Regen- und Spritzwaffers erhält die Kappe entweder eine gewölbte Form oder eine Neigung nach der Außenfeite und bei Benutzung als Verkehrsweg eine Kies-, Sand- oder Pflafterdecke, fonft aber eine Berafung.

Frühling.

Deichlücke, Durchfahrt, die Stellen der Deiche, die zum Verkehr mit Wagen zwifchen dem Innenland und dem Vorlande dienen, jedoch bei drohendem Hochwaffer oder drohender Hochflut gefchloffen werden (vgl. Durchfahrt bei Deichen).

Deichordnung oder Deichftatut regelt die Unterhaltungspflicht der Deiche, die Pflichten und Rechte der Deichgenoffen, die Befugniffe der Deichbehörden, die Deichfchauungen fowie das Oberaufficht̃srecht des Staats.

Für Preußen gilt — mit Ausnahme einiger Bezirke in den Provinzen Schleswig-Holftein und Hannover — das Gefetz über das Deichwefen vom 28. Januar 1848; in den Marfchdiftrikten der genannten Provinzen haben noch die älteren, teilweife durch Gewohnheitsrecht ergänzten Deichordnungen Gültigkeit. Eine einheitliche Regelung des Deichwefens im preußifchen Staate wird, wie in der Begründung für den „Entwurf eines preußifchen Waffergefetzes" (Berlin 1894) näher ausgeführt ift, an maßgebender Stelle nicht als Bedürfnis angefehen, weil die örtlichen Intereffen zu verfchieden find und ihnen durch die vorhandenen Deichordnungen in genügendem Maße Rechnung getragen wird.

Literatur: [1] Nieberding, Waffenrecht und Waffenpolizei im preußifchen Staat, 2. Aufl., Breslau 1889. — [2] Kletke, Rechtsverhältniffe der Landeskultur-Genoffenfchaften in Preußen, Berlin 1870. — [3] Hahn, Die preußifche Gefetzgebung über Vorflut, die Ent- und Bewäfferungen und das Deichwefen, 2. Aufl., Breslau 1886.

Frühling.

Deichrampen (An- und Abfahrten) dienen zur Verbindung des Vor- und Binnenlandes unter Vermittlung der Deichkrone und werden an der Außenfeite

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

ſo angeordnet, daß ſie möglichſt wenig vor den eigentlichen Deichkörper vorſpringen, ſich alſo nicht ſenkrecht, ſondern unter ganz ſpitzem Winkel an den Deichkörper anſchließen, um dieſen nicht durch Strömung oder Eisgang zu beſchädigen; aus demſelben Grunde ſind ſie, von der Deichkrone abgeſehen, ſtromabwärts zu richten. Auf der Binnenſeite fallen dieſe Bedenken fort, doch darf auf beiden Seiten kein Einſchneiden in den eigentlichen Deichkörper ſtattfinden. Die Steigung der Rampen richtet ſich nach dem Verkehr und beträgt bei gewöhnlichen Feldwegen 1 : 8 bis 1 : 12; als Breitenabmeſſung genügen in dieſem Falle 2,5—3 m. *Frühling.*

Deichrolle enthält das Verzeichnis der Beſitzer der deichpflichtigen Grundſtücke, deren Größe, die Höhe der Beiträge oder den Beitragsfuß und die Bezeichnung der zu den Grundſtücken gehörigen Pfänder oder Kavel (vgl. Deichgenoſſenſchaft).

Deichſcharte, ſ. Durchfahrt bei Deichen.

Deichſchauung, die Beſichtigung beſtimmter Deichſtrecken durch die zuſtändigen Deichbeamten, wird — gemäß den Vorſchriften der Deichordnung — zweimal im Jahre vorgenommen.

Bei der Frühjahrsſchau im Mai werden die erforderlichen Arbeiten angeordnet, deren Ausführung dann bei der Herbſtſchau im September geprüft wird. Außer dieſen beiden Hauptſchauungen findet im Oktober für die im Verzuge befindlichen Arbeiten noch eine Nachſchau durch die unteren Deichbeamten, ferner eine „Notſchau“ nach jeder größeren Sturmflut ſtatt. — Das Verfügte wird als Auszug aus der bei der betreffenden Schauung verfaßten Niederſchrift den Verpflichteten nebſt Strafandrohung mitgeteilt. Die angeordneten Arbeiten erſtrecken ſich insbeſondere auf Wiederherſtellung aller durch das Hochwaſſer veranlaßten Schäden, Inſtandſetzung oder Erneuerung der Böſchungsbefeſtigungen; ferner auf Beſeitigung von Bäumen, Sträuchern, Unkraut und der den Graswuchs hemmenden angetriebenen Stoffe vom Deichkörper, Fernhaltung von Grabungen aus der Nähe des Deiches, insbeſondere aller Vertiefungen, Brunnen oder Gebäude von den Binnenbermen; zeitweiſe Erhöhung und Regelung der Deichkrone ſowie Fernhaltung des Fahrverkehrs auf den unbefeſtigten Strecken u. ſ. w. — Die der Schauung unterliegenden Deichſtrecken führen den Namen Schaudeiche. Dieſer Begriff deckt ſich an der See zugleich mit demjenigen der Hauptdeiche, während die ſpäter hergeſtellten Polderdeiche erſt dann als Hauptdeiche angenommen und einer Schauung unterzogen werden, wenn ſie ſich eine Anzahl von Jahren bewährt haben. Dieſe Uebernahme heißt die „Verſtühlung“ der Polderdeiche. *Frühling.*

Deichſchleuſe, ſ. Siele.

Deichſtatut, ſ. Deichordnung.

Deichverband, ſ. Deichgenoſſenſchaft.

Deichverteidigung. Es iſt eine Verteidigung der eigentlichen Flußdeiche (bis zum Flutgebiet) und der an der See ſowie innerhalb des Flutgebiets liegenden Deiche zu unterſcheiden.

Bei den Flußdeichen fallen die ſtärkſten Angriffe in die Zeit der Hochwäſſer und halten während der Dauer eines Hochwaſſers an. Hier kommt infolge der lange dauernden Berührung mit dem Außenwaſſer die Gefahr der Durchweichung und Durchquellung des Dammkörpers in Betracht, daneben der Angriff durch den Strom und durch Eisgang. Die Beſchädigung durch Wellenſchlag ſpielt zwar auch eine Rolle, jedoch nicht in dem Maße wie bei den Deichen in Flutgebieten, namentlich aber bei denen an der See, wo der mechaniſche Angriff der Wellen bei Sturmfluten ein ſehr heftiger iſt und ſich zugleich gegen den oberen ſchwächeren Teil des Deiches richtet. — Sieht man von den Anſchwellungen bei plötzlich auftretender Eisſtopfung ab, ſo läßt ſich der Eintritt gefährlich wirkender Hochwaſſerſtände an den oberen Flußläufen infolge des überall vorhandenen Nachrichtendienſtes mindeſtens 1—2 Tage vorausſehen. Es bleibt alſo immer Zeit zur Einberufung der Deichwachen, Bereitſtellung von Arbeitskräften und Verteilung der vorrätig gehaltenen Geräte und Materialien (Sandſäcke, Sand, fetter Boden, Buſch, Pfähle, Hölzer und Bretter, Dünger u. ſ. w.) in der Nähe beſonders bedrohter Punkte. Werden dann im Laufe des Hochwaſſers ſtärkere Quellenbildungen an der Binnenſeite des Deiches von der (im Tag- und Nachtdienſt tätigen) Deichwache wahrgenommen, ſo muß zunächſt verſucht werden, ſie von der Außenſeite aus zu dichten. Hierbei iſt zu beachten, daß die Einlaufſtelle im Strom nicht immer der Auslaufſtelle an der Binnenſeite gegenüberliegt; vielmehr wird der Weg der Waſſeradern häufig durch unregelmäßig laufende Maulwurfs- und Mäuſegänge beeinflußt. Oft läßt ſich die Lage der Einlaufſtelle durch eine Stange, an deren Ende ein Sack mit etwas Sand oder ein Strohwiſch befeſtigt iſt, ermitteln, indem man ſie an der Außenböſchung langſam hin und her ſchiebt und zugleich die Ablaufſtelle beobachtet; mitunter verrät ſich die Einlaufſtelle (bei ſtarkem Abfluß) durch Bildung eines kleinen Wirbels. In dieſem Falle erfolgt ihre Bedeckung am einfachſten durch einige Sandſäcke (oft genügt ſchon ein einziger), weil dieſe ſich infolge ihrer nur teilweiſen Füllung mit Sand unter Waſſer jeder Form der Unterlage anſchmiegen. Kann der Urſprung der Quelle aber nicht genau feſtgeſtellt werden, ſo bleibt nur übrig, denjenigen Teil der Außenböſchung, in dem er vermutet wird, in größerer Ausdehnung mit Sandſäcken, Miſt oder tonigem Boden zu bedecken. Wenn auch dies nicht gelingt, ſo iſt

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

die Quelle an der Binnenſeite durch Spiegelhebung unſchädlich zu machen. Zu dieſem Zwecke wird die nächſte Umgebung der Quelle mit einem Fangedamm (aus Brettern mit Miſtdichtung oder aus Sandſäcken) umſchloſſen; das Waſſer ſteigt dann in dem umſchloſſenen Raum ähnlich wie bei den Kuverdeichen an (vgl. Auslage). Klares Waſſer an der Austrittſtelle iſt weniger gefährlich als trübes; werden zugleich gröbere Erdteile mit ausgeworfen, ſo empfiehlt ſich eine vorübergehende Bedeckung mit Sandſäcken oder mit Dünger. Die Gefährdung des Deiches nimmt mit der Tiefenlage der Quelle zu; Durchſickerungen in der Nähe der Kappe ſind weniger nachteilig und laſſen ſich durch Abrammen oder vorſichtiges Aufgraben und Ausſtampfen dichten. — Hinſichtlich der Mittel, die das Ueberlaufen des ſteigenden Waſſers und das Ueberſtürzen des Eiſes über die Deichkappe hindern ſollen, vgl. Aufkadung. Gelingt es nicht, eine ſolche Aufkadung rechtzeitig bis zu genügender Höhe zu führen, ſo iſt der Durchbruch des Deiches an der Ueberlaufſtelle die faſt unausbleibliche Folge. Abſackungen der Binnenböſchung treten infolge lange andauernden Hochwaſſers namentlich auf Strecken ein, die aus ſtark ſandhaltigem Boden hergeſtellt ſind oder in denen der Deich vor einem tiefen Kolk liegt und eine ſogenannte Auslage (ſ. d.) bildet. Eine Verſtärkung des Deichs läßt ſich in dieſem Falle durch Herſtellung eines Fangdammes auf der Außenböſchung (vgl. Fig. 1) bewirken, während alle derartigen Arbeiten auf der durchweichten Binnenböſchung zu vermeiden ſind. — Abſackungen der Außenböſchung ſind ſeltener und können nur vorkommen, wenn der Strom den Fuß des Deiches unterwaſchen hat, dieſem alſo das nötige Vorland fehlte. Hier helfen Steinſchüttungen oder beſſer mit Steinen gefüllte Senkfaſchinen oder Sandſäcke in größerer Menge, die als Erſatz für die fortgeriſſene Böſchung dienen müſſen. — Die Durchweichung des Bodens am Fuße der binnenſeitigen Böſchung und ihr Fortſchieben oder Herauspreſſen während des Hochwaſſers iſt dann möglich, wenn der Deich in der Nähe eines Kolkes eine „Auslage“ bildet und dieſe nicht durch einen Kuverdeich umgrenzt iſt. Die hierdurch hervorgerufene Gefahr iſt beſonders groß, weil der in Bewegung geratene Untergrund den Einſturz einer längeren Deichſtrecke zu bewirken pflegt und an ſolchen Stellen gewöhnlich auch ganz bedeutende Auskolkungen entſtehen. Dieſer Gefahr läßt ſich nur dadurch vorbeugen, daß der fehlende Kuverdeich in möglichſter Eile hergeſtellt oder durch einen Fangedamm erſetzt wird. — Die Beſchädigung durch Wellenſchlag an Deichen, die an der See oder in breiten Flußſtrecken liegen, beginnt damit, daß zunächſt in die glatte Fläche der Außenböſchung kleine Vertiefungen (Spülſtellen) geriſſen werden, die ſich allmählich zu Schöllöchern vergrößern und die darüber liegenden Bodenteile ihres Halts berauben. Dieſer Vorgang pflanzt ſich bei anhaltendem Wellengange allmählich bis zur Kappe des Deiches fort und bereitet dadurch die ſogenannte Kappſtürzung vor, bei der ein Teil der Kappe abrutſcht. — Hat man es mit einem Seedeich zu tun, ſo ſind bei Eintritt der Ebbe die Beſchädigungen der Außenböſchung nach erfolgter Abſchrägung der ſteilen Bodenkanten durch eine Spreutlage aus Buſch einzudecken, und zwar auf einer Unterlage von Stroh, Rohr oder Heidekraut, oder es iſt die möglichſt gut eingeebnete Fläche mit Stroh zu beſticken. Unter Umſtänden laſſen ſich auch geflochtene Hürden von 4—6 m Länge und 0,6—1,5 m Breite (ſogenannte Flecke), ferner Lagen von Brettern, die durch Querhölzer und Pfähle befeſtigt werden, oder mit Sandſäcken beſchwerte Segel mit Erfolg verwenden. — Bei Flußdeichen iſt den durch Wellenſchlag herbeigeführten Beſchädigungen der Außenböſchungen am beſten durch Faſchinen, Strohdecken, Flecken oder Aufbringen einer Lage Schüttſtroh vorzubeugen; die Befeſtigung geſchieht durch Pfähle unter Mitverwendung von Würſten oder Strohſeilen. Etwa entſtandene Löcher ſind vor Aufbringen der Schutzdecke mit Sandſäcken, Dünger, tonigem Boden oder Stroh auszufüllen. Bei beginnendem Kappſturz eines Deiches hilft am ſchnellſten das Einſchlagen von ſenkrechten, durch ein Gurtſtück verbundenen Brettern auf der Außenſeite des Kappſturzes; hinter dieſe wird Miſt, Stroh oder gute Erde gepackt. Haltbarer, aber zeitraubender iſt die Verwendung ſtärkerer Hölzer nach Fig. 2. Aus ihnen ſtellt man eine Holzwand her, die tunlichſt in der Linie der Kappe liegt und gleichfalls in beſchriebener Weiſe hinterpackt wird.

Fig. 1.

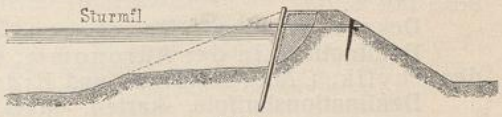


Fig. 2.

Frühling.

Deiſterformation oder -ſchichten, auch Wealden- oder Hilsformation werden in der Geologie die älteſten Kreidebildungen in Norddeutſchland (Weſtfalen, Hannover und Braunſchweig im Deiſter) genannt.

Es ſind Ablagerungen des ſüßen und brackigen Waſſers, die aus Schieferton, Sandſtein und Kohlenflözen beſtehen, von welch letzteren einige abbauwürdig ſind. Als geſchätztes Baumaterial gilt die untere Abteilung der Deiſterſchichten, der ſogenannte Deiſter-, Wealden- oder Hilsſandſtein, ein weißer, hellgelber oder hellgrauer, ſtellenweiſe durch Kohlebeimengung dunkel gefärbter, mittel- bis feinkörniger, dickbankiger Sandſtein. Er beſteht weſentlich aus gerundeten Quarzkörnern, die durch ein kieſeliges, ſeltener toniges Bindemittel verkittet ſind. Durch Fehlen des Bindemittels geht er in Sand, durch Aufnahme von Geröllen in Konglomerate über. Die Druckfeſtigkeit auf den Quadratzentimeter ſchwankt zwiſchen 500 und 1000 kg; ſie beträgt bei

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

dem ſogenannten Obernkirchener Sandſtein vom Kamm des Bückeberges, der bei vielen Monumentalbauten in Deutſchland verwendet wurde, 687 kg. Der Sandſtein dient vorzugsweiſe zu Hochbauten, Verkleidungen, Ornamenten u. ſ. w. *Leppla.*

Dekadenwiderſtand, ſ. Widerſtand, elektriſcher.

Dekagonalzahlen (Zehneckzahlen), Polygonalzahlen von der Form $n(4n-3)$, alſo 1, 10, 27, 52 . . ., wenn man n der Reihe nach = 1, 2, 3, 4 . . . ſetzt.

Dekalkierpapier, ſ. Abziehbilder, Papierſorten.

Dekameter (Kette oder Stab), ein Längenmaß von 10 m Länge.

Als Maßbezeichnung nur bei einer Wiederholung der Eichung bis zum 31. Dezember 1896 zugelaſſen gemäß den Uebergangsbeſtimmungen betreffend die Zulaſſungsfriſten für ältere Maße, Meßwerkzeuge, Gewichte und Wagen vom 30. Dezember 1884 (Reichsgeſetzblatt 1885, Beilage zu Nr. 5, Art. 1, l). 100 Dekameter = 1 km. S. a. Metriſches Syſtem und Längenmaße. *Plato.*

Dekantieren, ſ. Abgießen.

Dekantierungskäſten, umfangreiche, waſſerdicht aus Holz hergeſtellte Käſten, die zum Auffangen der beim Sortieren verſchiedener Faſerſtoffe wie des zur Papierfabrikation verwendeten Holzzeuges, mit dem Abfallwaſſer abgehenden, noch brauchbaren Faſern dienen und mit mehreren übereinander angeordneten Hähnen verſehen ſind, durch die das über dem ſich ſammelnden Faſermateriale befindliche Waſſer ſchichtenweiſe abgelaſſen werden kann; ſ. Holzzeug und Papierfabrikation. *Maxim. Kraft.*

Dekapieren, Verfahren, Metalle von anhängendem Oxyd oder Glühſpan durch Eintauchen in verdünnte Säure (meiſt Salzſäure) zu befreien.

Zink wird meiſtens auf mechaniſche Weiſe durch Scheuern mit Sand und Bimsſteinpulver dekapiert, aber auch das beim Gelbbrennen benutzte Bad leiſtet ausgezeichnete Dienſte. Für größere Gegenſtände, die ſich nicht gut eintauchen laſſen, nimmt man eine Löſung von weinſaurem Kali-Ammoniak, verdickt dieſe mit ſo viel Ton, daß ein flüſſiger Brei entſteht und trägt dieſen auf. Nach wenigen Stunden reibt man den Gegenſtand mit einer Bürſte ab und verwendet dabei auch feinen, mit der Beize angefeuchteten Sand. Meſſing, Tombak, Kupfer und Neuſilber werden durch Eintauchen in eine Miſchung von 1 Teil Schwefelſäure auf 8—10 Teile Waſſer dekapiert, indem man ſie in dieſer beläßt, bis die ſchwarze Oxydhaut gelöſt iſt, und ſie dann dem Gelbbrennen unterwirft. *Andés.*

Dekatieren der Wollſtoffe, Dämpfverfahren, bei dem die auf einem durchlochten Eiſen- oder Kupferzylinder aufgerollten und mit Packtuch umhüllten Wollſtücke der Wirkung des trockenen Dampfes von $^1/_2$—$2^1/_2$ Atmoſphären Ueberdruck ſo lange ausgeſetzt werden, bis das Zeug davon völlig durchdrungen iſt (Dampfkrumpen). Nach dieſem erſten Dämpfen läßt man die Stücke erkalten, rollt ſie dann auf einen andern Zylinder unter Spannung glatt auf und dämpft nochmals in gleicher Weiſe. Bei dieſem zweiten Dämpfen kommen diejenigen Teile des Stückes, die das erſtemal am weiteſten von der Mitte (wo die Hitze am größten) entfernt waren, derſelben am nächſten, und ſo wird die Wirkung des Dämpfens gleichmäßiger [1]. In der Tuchfabrikation zum Mildern allzu ſtarken Glanzes (Glanzkrumpen) angewendet; ſ. Tuchfabrikation.

Literatur: [1] Knecht, Rawſon und Löwenthal, Handbuch der Färberei der Spinnfaſern, Berlin 1895, S. 213. *Maxim. Kraft.*

Dekatiermaſchine, ſ. Dekatieren, Tuchfabrikation.

Deklination, in der Aſtronomie, ſ. Koordinaten am Himmel; in der Phyſik, ſ. Magnetismus und Erdmagnetismus.

Deklinationsbuſſole, -karten, -kreis, ſ. Erdmagnetismus.

Deklinatorium, Inſtrument zur Meſſung der Variation der Deklination, alſo der fortwährenden Aenderung der Richtung des magnetiſchen Meridians; ſ. Erdmagnetismus. *Haußmann.*

Deklinograph (Deklinometer), von R. Fueß in Berlin konſtruierter Apparat zur graphiſchen Aufzeichnung von Deklinationsdifferenzen, beſteht aus zwei Stahlſpitzen, von denen die eine mit dem beweglichen Faden für die Deklinationseinſtellung des Mikrometers, die andre mit den feſten Teilen des Okularſtückes verbunden iſt. Im Augenblick der Einſtellung wird ein Papierſtreifen gegen beide Stahlſpitzen gedrückt, deren Entfernung gleich iſt der Deklinationsdifferenz.

Dekolorimeter, beſonders in der Zuckerinduſtrie verwendete Inſtrumente von ſehr verſchiedener Konſtruktion (Payen, Ventzke, Stammer u. ſ. w.) zur Meſſung des Entfärbungsvermögens der Knochenkohle u. ſ. w. S. Zucker.

Dekomponieren, in der Weberei das Abſetzen eines Muſters auf die Patrone nach einem Gewebe.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Dekoration bildet den äußeren und inneren Schmuck des nackten Zweckbaues; sie erfolgt durch Anwendung der drei bildenden Künste: Architektur, Malerei und Skulptur.

Die Architektur gibt die Hauptidee und Anlage der Dekoration an; sie besteht in Säulenstellungen mit Gebälke, Gesimsteilungen, Wandverkleidungen u. s. w. Malerei und Skulptur können in zwei Beziehungen als Schmuck der Architekturteile auftreten: a) In unmittelbarer Verbindung mit der Architektur als Ornament mit zweierlei Zwecken, einmal, um die struktive Tätigkeit der Architekturteile anzudeuten (struktives Ornament) [1], wozu die verschiedenen Kapitäle, die Verzierungen der Säulenfüße, der Säulenschäfte, der Gesimse u. s. w. gehören, und sodann als malerischer und plastischer Schmuck, um die nichtstruktiven Teile eines Baues, die sogenannten neutralen Felder, in einer dem Auge des Beschauers angenehmen und anregenden Weise verzieren zu helfen (neutrales Ornament). Zu den letzteren gehören die verschiedenen Dekorationen des Frieses, des Giebelfeldes, der Pilaster, Wandfüllungen u. s. w. In beiden Verwendungen des Ornaments tritt der malerische und plastische Schmuck in eine so nahe Verbindung mit der Architektur, daß sie ein untrennbares Ganzes bilden [2]. b) Es können aber Malerei und Plastik auch in einem loseren Zusammenhange mit der Architektur stehen, so zwar, daß sie mehr oder weniger selbständige Werke zu schaffen imstande sind. Dazu gehören an passenden Orten aufgestellte Statuen oder Büsten, ferner die großen Wandmalereien öffentlicher Gebäude oder die kleineren Tafelbilder, die unsre Salons schmücken. Bei Festlichkeiten aller Art werden auch an bestehenden Bauten oder besonders angelegten Gerüsten Dekorationen vorübergehend angebracht. Soll eine Dekoration schön sein, so muß sie maßvoll und mit richtigem Verständnis angewendet werden und Stil besitzen [3].

Literatur: [1] Schubert-Soldern, Stilisieren der Pflanzen, Zürich 1887. — [2] Semper, G., Der Stil, Frankfurt a. M. 1862; Derf., Kleine Schriften, Berlin 1884. — [3] Burckhardt, Jac., Gesch. der Renaissance in Italien, Stuttgart 1868, IX. Kap. — Ferner [4] Derf., Der Cicerone, Basel 1860, Bd. I, S. 366 ff. — [5] Vischer, F. Th., Aesthetik, Leipzig 1851, III. Teil, S. 596 ff. — [6] Handbuch der Architektur, Darmstadt 1893, IV. Teil, 1. Halbbd.: Architekton. Komposition, 4. Abschn., II. Kap., Raumarchitektur, S. 169—217.

Dekorationsmalerei, im allgemeinen sich auf die innere Ausschmückung der Wände unsrer Wohnräume, Innenräume öffentlicher Lokale und Gebäude und an der Außenseite, auf Anstrich der Möbel, Türen, Fenster u. s. w. beziehender Zweig der Malerei, der vom Maler, Dekorationsmaler, Anstreicher, Zimmermaler ausgeübt wird; im besonderen versteht man unter Dekorationsmalerei die Herstellung von Theatermalereien. Letztere werden immer in Wasserfarben (Leimfarben) ausgeführt und erfordern, um die unbedingt nötige Wirkung bei der Entfernung und der künstlichen Beleuchtung hervorzubringen, künstlerische Anlage, Kenntnis der Linear- und Luftperspektive und ausgebildeten Farbensinn; die Ausschmückung von Wohnräumen und öffentlichen Lokalen geschieht sowohl mit Wasser- als auch mit Oel- und Lackfarben, und für diese ist, mit wenigen Ausnahmen, eine mehr handwerksmäßige Ausbildung des Malers erforderlich (s. a. Freskomalerei). *Andés.*

Dekortikationsmaschine, s. Ramiespinnerei.

Dekupiersäge, s. Sägen und Sägemaschinen.

Delaloë-Maschine, s. Festigkeitsprobiermaschinen.

Delfter Fayencen, stark glasierte Töpferwaren, meist Gebrauchsgeschirr, seit Ende des 16. Jahrhunderts in Delft und Umgebung fabriziert.

Die Industrie erreichte ihre Blütezeit um die Mitte des 17. Jahrhunderts, ging nach Erfindung des Porzellans stark zurück, lebt aber neuerdings wieder auf. Die Delfter Fayencen sind durch eigentümliche blaue Bemalung charakterisiert, die sich an japanische und chinesische Vorbilder anlehnt.

Literatur: Havard, Histoire de la faïence de Delft, Paris 1878.

Delftware, mit Fayenceblau (s. d.) gefärbtes oder bedrucktes Baumwollgewebe. Auch s. v. w. Delfter Fayencen (s. d.).

Delta, die △-förmigen Aufschüttungsformen der Flüsse an ihren Mündungen.

Die Spitze des Dreieckes (Deltas) liegt flußaufwärts, die Basis bildet das Ufer des Mündungsraumes. Soweit die Ablagerungen ein grobes Korn besitzen, also Schotter, Schutt oder Kies sind, werden die Deltaformen bei möglichst unvermitteltem und starkem Erweitern des Ueberschwemmungsbereiches der Flüsse mehr den Schuttkegeln ähnlich sehen. Ist aber die Aufschüttung der Flüsse von feinem, sandigem oder schlammigem Korn, so stellen die Deltas sehr flache und nahezu ebene Flächen dar. Sie entstehen in erster Linie durch eine ziemlich plötzliche Verminderung der Stoßkraft des fließenden Wassers, die letzteres zwingt, die von ihm mitgeführten Schlamm-, Sand- oder Kiesteile fallen zu lassen und aufzuschütten. Solche Fälle treten ein an der Mündung eines Flusses von stärkerer Stoßkraft in ein Gewässer von schwächerer oder fehlender Stoßkraft, in letzterem Falle also an den Mündungen der Flüsse in Seen und Meere. Die Deltabildung unterbleibt, wenn der Hauptfluß eine stärkere Stoßkraft als der Seitenfluß besitzt oder wenn die Mündungsstelle im stehenden Wasser (See, Meer) eine sehr

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

ſteile Küſte zeigt, die eine unmittelbare Aufhäufung des mitgebrachten Schlammaterials an der Mündung verhindert. In der Oberflächengeſtaltung unterliegen die Deltas an den Küſten der Meere den Einflüſſen der Gezeiten und Meeresſtrömungen in hohem Maße. Der Boden der Deltas beſteht in der Regel bei großen Flüſſen aus ſandigem und tonigem Flußſchlamm, der von den jährlichen Ueberſchwemmungen zurückgelaſſen wird und meiſt ſehr fruchtbar iſt. Das Grundwaſſer ſteht ſehr hoch und reicht in trockenen Zeiten ſelbſt bis nahe an den Tag, der Untergrund iſt daher ſehr feucht. Oertlich tritt Vertorfung zwiſchen den von zahlreichen Läufen und Flußarmen durchzogenen Deltaflächen ein.

Literatur: Penck, A., Morphologie der Erdoberfläche, Stuttgart 1894, II, S. 505. *Leppla.*

Deltametall, beſonders in England zur Herſtellung von Schiffsbeſchlägen, Schiffsſchrauben, Maſchinenteilen, auch Hausgeräten gebräuchliche Kupfer-, Zinkeiſenlegierung von goldähnlicher Farbe. In der Regel enthält die Legierung auch einen geringen Zuſatz von Blei, Zinn und Mangan, ferner Spuren von Nickel und Phosphor. Nach Hampe enthält Deltametall der Deutſchen Deltametall-Geſellſchaft A. Dick & Co. in Düſſeldorf-Grafenberg:

	Gegoſſen	Geſchmiedet	Gewalzt		Gegoſſen	Geſchmiedet	Gewalzt
Kupfer . . .	55,94	55,80	55,82	Zink . . .	41,61	40,07	41,41
Blei	0,72	1,82	0,76	Nickel . . .	Spur	Spur	0,06
Eiſen . . .	0,87	1,28	0,86	Phosphor . .	0,013	0,011	Spur
Mangan . .	0,81	0,96	1,38				

Deltoid, ein Viereck, das in bezug auf eine Diagonale ſymmetriſch iſt. Die Diagonalen ſtehen aufeinander ſenkrecht.

Demantoid, ſ. Granat.

Demijohn (Matroſenflaſche), früher ſpaniſch-kaſtilianiſches Branntweinmaß = $2^1/_2$—3 alten engliſchen Weingallons oder rund 10 l. Auch jetzt noch als Bier- und Eſſigmaß gebräuchlich. *Plato.*

Demontierbatterie, im Feſtungskrieg, ſ. Feſtungsbau.

Dempgording, ſ. Takelage.

Denaturierungsmittel, ſ. Salz, Spiritusfabrikation.

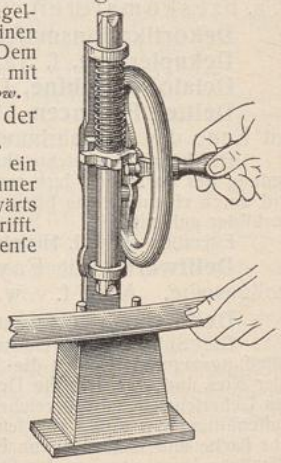
Dendrometer (Baummeſſer), Inſtrumente zur Ermittlung der meßbaren Verhältniſſe ſtehender Bäume, insbeſondere Höhenmeſſer (Hypſometer) zur Meſſung der Baumhöhen. Zur Beſtimmung des Durchmeſſers bedient man ſich eines Meßbandes oder einer Kluppe, zur Ermittlung der Holzmaſſe durch Untertauchen von Holzſtücken unter Waſſer des Xylometers (ſ. d.). *Ernſt Müller.*

Dengeln (Tangeln), das Scharfhämmern der aus ſehr zähem Stahl beſtehenden Senſen (ſ. d.) auf einem kleinen Amboß, dem Dengelſtock.

Die Senſe wird hierbei an einem ſchwingenden Stock (Dengelgeſchirr) aufgehängt, ſo daß ſie leicht über den gewöhnlich in einen Holzblock eingeſchlagenen Amboß geführt werden kann. Dem Hämmern folgt das Nachſchärfen durch einen Wetzſtein oder das mit Schmirgel überzogene Streichholz. *Dalchow.*

Dengelmaſchine, Vorrichtung zum Schärfen der ſtumpf gewordenen Schneide von Senſen und Sicheln.

In der Regel wird durch einen Daumen oder Exzenter ein vertikal ſtehender, mit verſtellbarer Feder verſehener Dengelhammer gehoben und alsdann durch ſein Gewicht und die Federkraft abwärts geſtoßen, wo er die auf einem Amboß geführte Senſenſchneide trifft. Führungsrollen erleichtern das gleichmäßige Durchziehen der Senſe und ermöglichen die gleiche Breite des Dengelſchlages; die Stärke des Schlages wird je nach Härte der Senſe durch Veränderung der Federſpannung gewählt. Die Figur zeigt eine derartige Handdengelmaſchine von M. Mertz in Limperich bei Beuel a. Rh., die durchſchnittlich bei dreifacher Leiſtung ebenſo gut dengelt wie ein geübter Arbeiter. Gewicht ca. 6,5 kg, Preis 22 *M.* *Wrobel.*



„Blitz“ von M. Mertz, Limperich bei Beuel a. Rh.

Denier, franz. Gewicht = 1,275 g, bei Seidengarn nur 0,0531 g. Bei der Numerierung des Seidengarns ermittelt man, wieviel Deniers ein Strähn Seide von 476 m (ancien titre) oder von 500 m (nouveau titre) wiegt. *Th. Eug. Schiefner.*

Denitrierung, ſ. Schwefelſäure, Kollodiumſeide.

Denkmal iſt ein bedeutſames Erinnerungszeichen an hervorragende Perſonen oder wichtige Begebenheiten.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Das älteſte Denkmal iſt jenes, das über dem Grabe eines hervorragenden Mannes errichtet wurde, und die älteſte Form dieſes Grabmales der Tumulus, eine große Maſſe von Erde oder Steinen, zu einem Hügel über der Leiche oder Aſche aufgehäuft (ein Mal). Andre Grabdenkmäler ſind die Pyramiden in Aegypten, die Dagops in Indien, die Felsſkulpturen in Perſien [3]; zu dieſen geſellen ſich die verſchiedenartigſten Formen in Griechenland, die Mauſoleen und andre Grabmonumente zu Rom ſowie die der neueren Zeit. — Von alters her erhielten aber auch beſonders hervorragende Männer und die Herrſcher des Landes an andern Orten als den Gräbern Denkmäler, zumeiſt aus den porträttreuen Statuen der betreffenden Perſönlichkeiten beſtehend, die im Altertum am häufigſten in der Nähe der Tempel, ſpäter auf öffentlichen Plätzen errichtet wurden. In ähnlicher Weiſe werden beſonders wichtige Begebenheiten durch monumentale Kunſtwerke der Nachwelt in Erinnerung gebracht. So wurden z. B. bei den olympiſchen Spielen oder den choragiſchen Wettkämpfen den Siegern Dreifüße als Preis zuerkannt, die ſie an einer beſtimmten Straße in Athen (der Tripodenſtraße) aufſtellen konnten. Die Dreifüße ſtanden entweder auf einer Säule oder in größeren baulichen Anlagen; ſo entſtanden die choragiſchen Denkmäler, deren bedeutendſtes das des Lyſikrates iſt. In weit hervorragenderer Weiſe aber ſind die Siege der einzelnen Völker durch größere Denkmäler gefeiert worden. Aus dieſer Veranlaſſung wurden ſchon im Altertum Tempel oder tempelartige Gebäude (Votivtempel) errichtet, z. B. das bekannte Nereidendenkmal von Xanthos, das zur Feier der Eroberung von Telmiſſos durch die Xanthier errichtet wurde. Aehnliche Anlagen finden ſich aber auch in der chriſtlichen Kunſt; hier wurden nicht nur im Mittelalter, ſondern auch in der neueſten Zeit kirchliche Gebäude (Votivkirchen) zur Erinnerung an Siege, Friedensſchlüſſe, Errettung aus harter Bedrängnis oder Verunglückung zahlreicher Perſonen u. ſ. w. hergeſtellt. Beiſpiel: Votivkirche in Wien [6] ſowie das Sühnhaus daſelbſt, letzteres erbaut über der Stätte der abgebrannten komiſchen Oper u. ſ. w. Hervorragende Siege wurden auch nicht ſelten durch Säulen (Siegesſäulen) gefeiert, ein Gebrauch, der ſich bis in die neueſte Zeit erhalten hat (z. B. Siegesſäule in Berlin u. ſ. w.). Seeſiege wurden durch Säulen mit Schiffsſchnäbeln verziert (columna rostrata) charakteriſiert (z. B. die Säule des Duilius in Rom, in neueſter Zeit das Tegethoff-Denkmal in Wien). Desgleichen ſind die antiken Triumphbögen in der Regel zur Erinnerung an bedeutende Siege und den durch dieſelben gezogenen Triumphzug errichtet worden [2]. Eine ähnliche Bedeutung haben die Obelisken, die zuerſt in Aegypten, ſpäter aber auch im Abendlande zum Andenken an wichtige Begebenheiten aufgeſtellt wurden. Im weiteren Sinne ſind alle bedeutenden Bauwerke und Monumente als hiſtoriſche oder künſtleriſche Denkmäler eines Landes, einer Stadt oder einer beſtimmten Kunſtperiode aufzufaſſen [1], [4], [5], [7].

Literatur: [1] Lübke, W., und Lützow, C., Denkmäler der Kunſt u. ſ. w., Stuttgart 1877/79. — [2] Kuhn, A., Die Denkmale des chriſtlichen und des heidniſchen Rom in Wort und Bild, Einſiedeln 1878. — [3] Stolze, F., Perſepolis, Berlin 1882. — [4] Weerth, E., Kunſtdenkmäler des chriſtl. Mittelalters in den Rheinlanden, Leipzig 1880. — [5] Bauwerke, Die klaſſiſchen, des Mittelalters und der Renaiſſance in Deutſchland, Frankfurt 1878/79. — [6] Thauſing, M., Die Votivkirche in Wien, Wien 1879. — [7] v. Wuſſow, Die Erhaltung der Denkmäler in den Kulturſtaaten der Gegenwart, Berlin 1884, 2 Bde.

Denſimeter ſind Aräometer, die (zum Unterſchied von den Volumetern mit gleichgeteilter Spindel) eine ungleichförmige Teilung tragen und die ſpezifiſchen Gewichte der Flüſſigkeiten unmittelbar angeben. S. Aräometer.

Denudation, ſ. Eroſion.

Depeſchenboot, ſ. Aviſo, Kriegsſchiffstypen.

Dephlegmieren, ſ. Deſtillation, Spiritusfabrikation.

Deplacement iſt das Gewicht des vom Schiffsrumpf verdrängten Waſſers und ſtellt demnach den Auftrieb (ſ. d.) des eingetauchten Teils des Schiffes dar.

In der Gleichgewichtslage muß 1. der dem eingetauchten Körpervolum des Schiffsrumpfes entſprechende Auftrieb gleich dem Gewicht des geſamten Schwimmkörpers, d. h. des Schiffes nebſt Maſchinenanlage und Ausrüſtung ſowie der Nutzzuladung ſein; 2. die Richtungslinie des Auftriebs normal zur Schwimmebene und ausgehend von dem Schwerpunkt der verdrängten Flüſſigkeit, dem ſogenannten Verdrängungs- oder Deplacementsſchwerpunkt, muß durch den Syſtemſchwerpunkt des Schiffes gehen. Vgl. a. Schiffsberechnung. *T. Schwarz.*

Deplacementsſkala, ſ. Schiffsberechnung.

Deplacementsſchwerpunkt, ſ. Auftrieb und Schiffsberechnung.

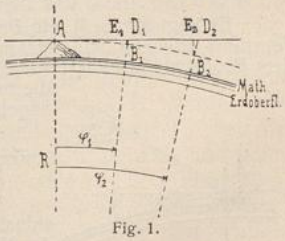


Fig. 1.

Depreſſion, barometriſche, ſ. Maxima und Minima, barometriſche.

Depreſſion des Horizonts. In der Geodäſie (Topographie) wird damit oft die Strecke zwiſchen der im Beobachtungspunkt (A) auf der Normalen ſenkrecht ſtehenden Ebene und einem andern Punkt B_1, B_2, ... (vgl. Fig. 1) bezeichnet, der mit A tatſächlich dieſelbe Meereshöhe hat, aber bei ſphäriſch angenommener mathematiſcher Erdoberfläche auf der durch A gehenden Kugelfläche liegt (bei beliebiger mathematiſcher Erdform, ellipſoidiſcher oder geoidiſcher Fläche, auf der durch A gehenden Niveaufläche).

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Denkt man ſich die Abſehlinie eines Fernrohrs in A genau horizontal gelegt, d. h. zeigt ſie auf einen Punkt des Raumes, deſſen ſcheinbare Zenitdiſtanz 90° beträgt, ſo hat nicht der Punkt D_2 z. B., ſondern der Punkt B_2 dieſelbe Meereshöhe wie A, und die Strecke BD, eben die „Depreſſion des Horizonts", wird um ſo größer, je größer die Entfernung der beiden Punkte A und B iſt. Da die Zentriwinkel φ_1, φ_2, ..., die im Erdmittelpunkt den Strecken AB_1, AB_2, ... entſprechen, für alle praktiſch möglichen Fälle nur klein ſind, ſo kann man die Lote B_1E_1, A_2E_2 ... auf den Horizont von A ſelbſt als Horizontdepreſſion anſehen. Der Erdzentriwinkel von 1° entſpricht einer Strecke von 111 km auf der Erdoberfläche; für Entfernungen (Ausſichtsweiten) von rund 11, 22, 33, 44, 56 km iſt alſo der Erdzentriwinkel nur rund 0° 6′, 0° 12′, 0° 18′, 0° 24′, 0° 30′; und da z. B. cos 0° 30′ = 0,99996 iſt, d. h. bei $AB = 56$ km ſich die Strecken BD und BE wie 1 : 0,99996 verhalten, ſo iſt im Hinblick auf die Beträge dieſer Depreſſion BD für jede Genauigkeitsſtufe trigonometriſcher Höhenbeſtimmung das oben Ausgeſprochene gültig. Zugleich iſt geometriſch unmittelbar klar, daß bei der Kleinheit der Bögen AB (z. B. bis 50 oder 100 km) im Vergleich zu dem Erdhalbmeſſer R (6380 km) die Längen der Bögen AB_1, AB_2, ... mit den Abſziſſen AE_1, AE_2, ... vertauſcht werden dürfen und dem kurzen Kreisbogen AB_1B_1 ... ein Parabelbogen mit dem Scheitelkrümmungshalbmeſſer R ſubſtituiert werden darf; mit andern Worten, wenn a die Entfernung der Punkte A und B iſt, ſo iſt die entſprechende Depreſſion des Horizonts von A im Punkt B gleich (Parabelordinate) $\frac{a^2}{2R}$. Dies iſt alſo der „Betrag der Erdkrümmung" (Einfluß der Erdkrümmung auf den Höhenunterſchied zwiſchen zwei Punkten, die um a voneinander entfernt ſind).

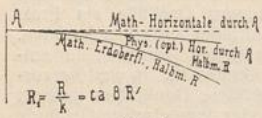


Fig. 2.

Dieſer Einfluß der Erdkrümmung und die ganze ſeitherige Entwicklung erleidet aber noch eine Korrektion infolge der terreſtriſchen Refraktion, die der Erdkrümmung „entgegenwirkt", indem ſie im allgemeinen die Gegenſtände etwas „gehoben", einen entfernten Punkt unter etwas zu großem Höhenwinkel (zu kleiner Zenitdiſtanz) erſcheinen läßt: ein Punkt E oder D, der in der Abſehlinie eines im Punkt A genau horizontal gerichteten Fernrohrs erſcheint, gehört nicht dem mathematiſchen Horizont von A an, ſondern ein ſolcher Punkt liegt im allgemeinen etwas tiefer, und zwar im Durchſchnitt um etwa $^1/_8$ der Strecke BE (vgl. Fig. 2). Iſt k der ſogenannte Refraktionskoeffizient (im Mittel auf dem Feſtland etwa 0,13, aber ſtarken Aenderungen unterworfen, in Ausnahmefällen 0, ſelbſt negativ, anderſeits oft 0,2, 0,3, ja ſelbſt bis zu 0,4, vgl. Refraktion, terreſtriſche, Höhenmeſſung, trigonometriſche, ſo daß $R_1 = \frac{R}{k}$ den Halbmeſſer der Krümmung der phyſiſchen (optiſchen) Horizontalen durch den Punkt A bedeutet, ſo iſt der tatſächliche Betrag der Horizontdepreſſion ſtatt des mathematiſchen Betrags $\frac{a^2}{2R}$ gleich $\frac{a^2}{2R}(1-k)$.

Die Beträge $\frac{a^2}{2R}(1-k)$ der Depreſſion des Horizonts ſind für Entfernungen bis zu 10000 m in der folgenden Tabelle enthalten, bei einigen verſchiedenen Annahmen über den Refraktionskoeffizienten k und der Annahme $\log R\,(\text{m}) = 6{,}805$; die Tabelle zeigt, daß der (zufällige wirkliche) Betrag von k um ſo gleichgültiger iſt, je kleiner die Entfernung iſt, daß ſeine Unkenntnis bis zu $a = 3000$ oder 4000 m ſelbſt für feinere Meſſung ſo lange wenig zu fürchten iſt, als nicht ganz abnorme Refraktionsverhältniſſe wahrſcheinlich ſind, daß aber für ſolche feinere Meſſung die Depreſſion des Horizonts bereits für Entfernungen von 500 m fühlbar wird und daß ſie, dem Quadrat der Entfernung proportional zunehmend, ſehr raſch bedeutende Beträge erreicht. (Die a und die Depreſſionen ſind in Metern angegeben.)

a (in Metern)	500	1000	1500	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000	9000	10000
$k=0$ (Erdkugel allein)	0,02	0,08	0,18	0,31	0,71	1,25	1,96	2,8	3,8	5,0	6,3	7,8
$k=0{,}11$ . .	0,02	0,07	0,15	0,28	0,62	1,12	1,74	2,5	3,4	4,5	5,6	7,0
$k=\mathbf{0{,}13}$ . .	**0,02**	**0,07**	**0,15**	**0,27**	**0,61**	**1,09**	**1,70**	**2,5**	**3,3**	**4,4**	**5,5**	**6,8**
$k=0{,}15$ . .	0,02	0,07	0,15	0,27	0,60	1,07	1,66	2,4	3,3	4,3	5,4	6,7

Es liegt alſo z. B. ein Punkt, der am Horizontalfaden eines genau horizontal gelegten Fernrohrs erſcheint und 3000 m von dieſem entfernt iſt, nicht auf derſelben Kugelfläche mit dem Beobachtungspunkt, ſondern 0,61 m höher u. ſ. w. Für noch größere Entfernungen gibt die folgende zweite Tabelle (a in Kilometern, $k = \mathbf{0{,}13}$ angenommen) ungefähr auf 1 m abgerundet) die Größe der Depreſſion des Horizonts:

a km =	10	12	14	16	18	20	30	40
Depreſſion in m =	7	9	13	17	21	26	60	106

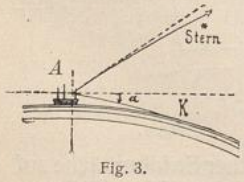


Fig. 3.

In der Nautik, in der aſtronomiſchen Navigation, bei Küſtenaufnahmen u. ſ. w. heißt Depreſſion des Horizonts (beſſer Depreſſion des Meereshorizonts oder Depreſſion der Kimm, Kimmtiefe; engl. dip [of the horizon]) oft der in einem beſtimmten Beobachtungspunkt A auf dem Schiff erſcheinende Tiefenwinkel zwiſchen der Horizontalen durch A und der von A aus ſichtbaren „Kimm" (oder dem „Meereshorizont") K, alſo in Fig. 3 der Winkel α (α iſt abhängig von der Erhebung des Auges über die Meeresfläche; der Seh-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

ſtrahl AK iſt wieder mit ſeiner in der Zeichnung ſelbſtverſtändlich weit übertriebenen Krümmung durch die terreſtriſche Refraktion eingetragen). Der in der Nautik gebräuchlichſte Ausdruck für a iſt „Kimmtiefe“ (ſ. Kimm).

Literatur: Nähere Auskunft erteilt zum geodätiſchen Teil ein beliebiges Lehrbuch der Geodäſie (Jordan, Bauernfeind u. ſ. w.), zum zweiten ein Handbuch der Navigation oder der aſtronomiſchen Ortsbeſtimmung. Für die Meſſungen der Nautik, Höhenbeſtimmungen von Geſtirnen oder ſcheinbare Höhen von Schiffen u. dergl. iſt namentlich die große Variabilität der Refraktionswirkung und die damit in Zuſammenhang ſtehende ſtarke Verſchiedenheit des Depreſſionswinkels von beſonderer Bedeutung. In neuerer Zeit hat der öſterreichiſche Marineoffizier Koß eingehende Beobachtungen darüber gemacht. Dazu iſt zu vergleichen: Korvettenkapitän Koß und Graf Thun-Hohenſtein, Kimmtiefenbeobacht. zu Verudella, Denkſchriften der Wiener Akademie, Mathem.-naturwiſſenſchaftl. Klaſſe 70, 1901; und Veröffentlichung des Hydr. Amtes der k. k. Kriegsmarine, Pola 1904; Kohlſchütter, K., Folgerungen aus den Koßſchen Kimmtiefenmeſſungen, Annal. d. Hydrogr. und Marit. Meteor. 31, 1903. — Bezüglich der Apparate zur Meſſung der Kimmtiefe vgl. Kimmtiefe. *Ambronn.*

Derb, Derberze, ſ. Erz.

Derbholz, Bezeichnung für alles oberirdiſche Holz von mehr als 7 cm Stärke.

Derbyrot, rote Körperfarbe für Oel und Waſſer; vgl. Chromfarben.

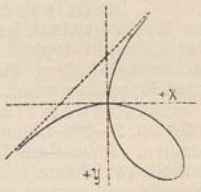
Derivation, die konſtante ſeitliche Ablenkung der Geſchoſſe (ſ. Balliſtik).

Derivationswinkel (beim Steuern der Schiffe) iſt der Winkel, den die Längsachſe des Schiffes mit der Tangente an dem Drehkreis für einen beſtimmten Zeitpunkt des Drehens bildet. S. Ruder. *T. Schwarz.*

Derivator, ſ. Telephonie.

Descarteſche Regel, ſ. Gleichungen.

Descarteſches Blatt (Folium von Descartes), eine Kurve dritter Ordnung.



Gleichung $x^3+y^3-3pxy=0$, oder: $x=\frac{3\lambda^2 p}{\lambda^3+1}$; $y=\frac{3\lambda p}{\lambda^3+1}$.

Die Kurve beſitzt die Wendeaſymptote $x+y+p=0$ und hat im Urſprung einen Doppelpunkt mit den Koordinatenachſen als Tangenten. — Heſſeſche Kurve iſt $x^3+y^3+pxy=0$, alſo wieder ein Descarteſches Blatt. Der Flächeninhalt der Schleife iſt $\frac{3}{2}p^2$; ebenſo groß iſt der Flächeninhalt zwiſchen der Kurve und der Aſymptote. Die Reziprokalkurve iſt eine Kardioide mit den unendlich fernen Geraden als Doppeltangente.

Literatur: Rychlicki, S., Das Folium von Descartes, Wongrowitz 1884. *Wölffing.*

Deſignolles Pulver, ſ. Geſchoßtreibmittel.

Desinfektion, die Vernichtung und Entfernung aller lebender Keime (Mikroorganismen), insbeſondere ſolcher, welche die Geſundheit von Menſchen und Tieren bedrohen (Anſteckungsſtoffe). Der Verbreitung der die Anſteckung vermittelnden Mikroorganismen (vgl. Bakterien) arbeitet teils die Natur ſelbſt, teils der Menſch entgegen — natürliche und künſtliche Desinfektion. Die Desinfektion wird häufig mit Desodoriſation, d. i. die Geruchlosmachung von Fäkalien und andern übelriechenden Flüſſigkeiten oder Räumen, verwechſelt. Bei letzterer findet in der Regel keine Abtötung von Mikroorganismen ſtatt, oder ſie iſt nur wegen der Wahl des Mittels eine Begleiterſcheinung. Bei der natürlichen Desinfektion erfolgt die Zerſtörung der Infektionskeime durch thermiſche, chemiſche, thermochemiſche, elektriſche, mechaniſche Wirkungen und den Boden ſowie durch die Konkurrenz mit unſchädlichen Organismen. — Die künſtliche Desinfektion äußert ſich zunächſt in der Reinlichkeit. Durch die Reinigungsmethoden des Lüftens, Waſchens, Wegſpülens, Wegfegens u. dergl. wird die Zahl der ein Individuum umgebenden Keime weſentlich verringert: es ſinkt alſo die Infektionsgefahr für das betreffende Individuum, aber die Krankheitskeime werden nicht zerſtört, ſondern zum größten Teile bloß an andre Orte verſchleppt. Trotzdem iſt die Reinlichkeit von großer individueller Bedeutung (Aerzte z. B. werden bei Cholera- und Typhusepidemien weniger leicht vom Munde her infiziert, weil ſie ſich gewohnheitsgemäß bei jeder Viſite wiederholt die Hände waſchen) und kann insbeſondere dort, wo mehrere Menſchen gemeinſam leben oder arbeiten (Fabriken), für den einzelnen zu einem höchſt wirkſamen prophylaktiſchen Mittel werden. Die Zerſtörung der Anſteckungskeime erfolgt durch die Hitze, den Waſſerdampf und durch die chemiſch wirkenden Antiſeptika.

Die Wirkung der Antiſeptika iſt abhängig vom quantitativen Verhältnis zwiſchen dem keimwidrigen Mittel und dem infizierten Materiale, von der Zeitdauer und Möglichkeit der Einwirkung wie von der Temperatur. Zur Vernichtung bereits vorhandener Keime ſind größere

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Mengen desselben Präparates notwendig als zum Schutze gegen die bloße Einwanderung der Keime (Asepsis). Ein verdünntes Mittel kann aseptische Wirkung haben, während zum vollen antiseptischen Erfolge starke Lösungen des Antiseptikums erforderlich sind. Die desinfizierende Kraft eines Mittels ist nicht allen Keimen, Substanzen, Nährböden u. s. w. gegenüber gleich stark; doch hat diese letztere Abhängigkeit der Widerstandskraft der Keime in gewissen Medien, ihre Anpassung an gewisse Antiseptika u. dergl. vorwiegend biologisches und medizinisches Interesse. Von den zahlreich empfohlenen Desinfektionsmitteln seien folgende im Gebrauch befindlichen und zur Anwendung zu empfehlenden angeführt:

1. Kupfervitriol verhindert, im Verhältnis 1 : 133 gelöst, die Entwicklung von Keimen und wirkt schon bei 0,9 : 133 fäulniswidrig. Er bewährt sich insbesondere zur Desinfektion von Fäkalien, ist aber teurer als die sicherer wirkenden Kalkpräparate und auch teurer als der zu ähnlichem Zweck benutzte Eisenvitriol, daher für Desinfektionszwecke entbehrlich.

2. Eisenvitriol: Man benötigt 2 kg, gelöst in 6 l Wasser für 1 cbm Grube, in die er praktisch erst nach deren Entleerung eingeschüttet wird. Eisenvitriol hat insbesondere eine gute desodorisierende Wirkung und bleibt außerordentlich lange wirksam.

3. Chlor wirkt in trockener Luft gar nicht; die Luft muß feucht oder dampfgeschwängert sein; *Cl* entnimmt dem Wasserdampfe *H* und bildet die wirksame Salzsäure, gleichzeitig entsteht *O* in statu nascendi. Chlor greift aber Metalle und Gewebe an und erregt leicht heftigen Husten; man rechnet 0,35 kg Salzsäure und 0,25 kg Chlorkalk zur Entwicklung der für 1 cbm Luftraum benötigten Chlormenge. Einwirkungsdauer mindestens 8 Stunden. Chlor dringt nicht genügend in Kleidungsstücke, Tapeten, Wände, Spalten ein. Vernichtet manche Sporen nicht sicher. Wirkung mäßig.

4. Chlorzink ist brauchbar aber zu teuer. Dient in Lösungen von 1—8% für die aseptische Wundbehandlung.

5. Die Essenzen, die man durch die Destillation aromatischer Pflanzen unter Einwirkung von Wasser gewinnt, haben oft antiseptische Kraft; doch sind sie ziemlich teuer, so Terpentinöl; Menthol wirkt doppelt so stark als Karbol, riecht angenehm, lockt aber die Fliegen an; Thymol tötet in 1%-Lösung die Tuberkelbazillen und wirkt schon zu 0,8‰ antiseptisch; Senföl wirkt entwicklungshemmend.

6. Reine Karbolsäure (teuer), giftig, nur zu gebrauchen, wenn man kleine Mengen nötig hat. 2—3%-Lösungen töten schon alle sporenlosen, krankheitserregenden Bakterien in wenigen Minuten. Rohe Karbolsäure, 100prozentig, muß wegen ihrer Schwerlöslichkeit in Wasser als Karbolschwefelsäure (Mischung gleicher Teile roher Karbol- und roher Schwefelsäure) in Lösung gebracht und verwendet werden. Nur zur Desinfektion von Fäkalien, Gruben, Spülwasser u. s. w. zu verwenden. Wirkt wie die reine Karbolsäure.

7. Sanatol, der Karbolschwefelsäure ähnlich, ca. 10% freie Schwefelsäure enthaltend. Wegen ihrer stark sauren Eigenschaften nur zur Desinfektion von Fäkalien, Sputum u. dergl. anzuwenden.

8. Karbolsäure, mit 20 Teilen Seifenlösung (s. unten) gemischt, dient zur Wäschedesinfektion, ferner zum Abreiben von Papier, Leder, Holz, Metallteilen, Wänden und Fußböden. — Hierher gehören auch der Abstammung nach die bekannten Desinfektionsmittel:

9. Kreolin, nicht immer gleich von Zusammensetzung und Wirkung. Anwendung wie Karbol in verschieden starker Lösung. Auch gutes Desodorisierungsmittel.

10. Lysol, Anwendung wie Karbolsäure, in der Wirkung ihr gleich.

11. Solutol, ebenfalls.

12. Saprol, gut desodorisierende Wirkung, auch durch langsame Abgabe von Kresolen an die damit behandelten Flüssigkeiten und Körper desinfizierende Wirkung. Schwimmt auf den Flüssigkeiten und dient hauptsächlich für Desinfektion von Abort-, Jauche-, Abwassergruben. Zur Ueberschichtung werden 400 g pro Kopf und Monat empfohlen. — Erwärmt wirken alle diese Karbol- und Kreosolpräparate stärker.

13. Kalkmilch, 1 l gebrannter Kalk ist mit 4 l Wasser in bekannter Weise abzulöschen. — Zur Desinfektion nimmt man auf ungefähr 1 Teil Fäkalien u. s. w. 1 Teil Kalkmilch. Braucht etwa eine Stunde zur Wirkung. Zum Tünchen von Krankenzimmern, Begießen beschmutzten Bodens sowie der Abtrittschläuche. Frisch zu bereiten und stets vor dem Gebrauch umzurühren.

14. Chlorkalk, entweder unvermischt in Pulverform oder in Lösung, 2 Teile auf 100 Teile Wasser. Zwei gehäufte Eßlöffel voll auf ½ l Fäkalien u. s. w. Für verdünnte Schmutzwasser genügt weniger. Wirkung nach 15 Minuten.

15. Kalisseifelösung, 3 Teile auf 100 Teile Wasser. Für Bett- und Leibwäsche derart zu verwenden, daß solche 24 Stunden darin eingelegt werden.

16. Strömender Wasserdampf, von mindestens 105°, nur in besonderen Apparaten ausführbar (s. Desinfektionsapparate). Für Betten, Matratzen, Strohsäcke, Teppiche, Wäsche, Kleider, Gardinen und ähnlichen Hausrat.

17. Siedehitze, Kochen mit siedendem Wasser für Wäsche mindestens 1 Stunde hindurch.

Von diesen hat die Reichs-Cholerakommission 8., 13., 14., 15., 16. und 17. als besonders leicht zu beschaffende bezw. anzuwendende billige Desinfektionsmittel empfohlen. Außerdem gibt es noch folgende Desinfektionsmittel, deren Verwendung dem Fachmann vorbehalten bleibt: Sublimat, hat stark antiseptische Kraft. Es sind 1‰-Lösungen imstande, durch Betupfen alle Keime in wenig Minuten zu töten. Da das Mittel so rasch wirkt, so braucht es nur kurze Zeit auf dem Objekte belassen zu werden, worauf dann gut abgespült wird, so daß an dem Objekte kein Gift haftet. Eine 5%-Karbollösung ist ebenso giftig wie eine 1½‰-Sublimatlösung, aber nicht so wirksam. In Eiweißlösungen wirkt das Sublimat weniger gut, weil es Koagulation bewirkt und so die Diffusion vermindert wird. In solchen Medien empfiehlt sich

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

eine 5‰-Lösung von Weinsteinsäure als Zusatz. — Sodalösungen von 1% wirken gegen Tierseuchen (Schweinepest, Hühnercholera); 7%-Lösungen haben sich bei Rotzkrankheit (Malleus) des Menschen und der Tiere bewährt. — Lauge (2:1) kann im Notfalle auch verwendet werden; eine 24stündige Einwirkung macht frische Stühle unschädlich. — Ferner Brom, Jod, Arsenik, Kaliumpermanganat (5prozentig), Eisenchlorid, Mineralsäuren, Metallsalze, Alaun, Chromsäure, Xylol, Formalin bezw. Formaldehyd, letzteres zusammen mit Wasserdampf insbesondere für die Wohnungsdesinfektion in besonderen Apparaten (s. Desinfektionsapparate). Auch die als Konservierungsmittel bekannten Körper wie Borax, Borsäure, Salizylsäure sind hierher zu zählen.

Da, wie oben gesagt, die einzelnen Desinfektionsmittel nicht gleichmäßig auf alle Keime wirken und überdies technische und Rücksichten des Geldpunktes nicht jedes Antiseptikum zur Desinfektion aller Gegenstände geeignet machen, bedarf es besonderer Desinfektionsmethoden für spezielle Fälle. Diese betreffen 1. den Menschen selbst und 2. seine Auswürfe; 3. Wohn- und Arbeitsräume; 4. Luft; 5. Wasser; 6. Kleidungsstücke (Bettwäsche u. s. w.).

1. Desinfektion des menschlichen Körpers. Auf der Oberfläche des Körpers finden sich konstant Mikroben, die allerdings der Mehrzahl nach harmloser Natur sind. Besonders pilzreich sind die Räume zwischen den Fingern und Zehen, die Achselhöhle, das Ohrenschmalz. Durch die Berührung mit infizierten Personen oder Dingen geraten leicht Krankheits- (pathogene) Keime auf die Haut. Hier nutzt zunächst das Baden, das Seifen und Waschen. Hat man aber Grund, anzunehmen, daß die Hände infiziert seien, so kann man nach Beschneidung der Nägel und Reinigung des Nagelfalzes die Hände in möglichst heißer Kaliseifenlösung sorgfältig bürsten, mit absolutem Alkohol befeuchten und dann 1½ Minuten in 1‰-Sublimatlösung tauchen. — Zur Desinfektion der Körperhaut eignen sich noch 1‰-Thymol- und 2/10‰-Naphthollösungen. Weist die Haut Aufschürfungen, offene Wunden u. dergl. auf, so empfiehlt es sich (zumal in der Umgebung von Personen, die mit eiterigen Wunden, Syphilis, Tuberkulose behaftet sind), die wunden Stellen wiederholt mit Sublimat (1‰) zu waschen und darauf Salizylpflaster zu kleben. Es sei nochmals betont, daß die meisten Infektionen vom Munde her erfolgen; daraus folgt, daß niemand etwas esse, bevor er sich die Hände gewaschen hat. Aus dem gleichen Grunde wird die ohnehin höchst nötige Desinfektion der Mund- und Rachenhöhle dort, wo mehrere Menschen gemeinsam wohnen oder arbeiten, zu einem Gebote der Notwendigkeit. Für den Massengebrauch eignet sich die 5‰-Lösung des Kaliumpermanganats oder die 2% des chlorsauren Kalis (giftig!), dann die (übelriechende) 2%-Karbollösung, ½%-Senföllösung. Auch zum Gurgeln und Bürsten der Zähne eignet sich die 1½‰-Kaliseifenlösung.

2. Desinfektion der menschlichen Se- und Exkrete. Hierbei pflegte man sich den größten Illusionen hinzugeben. Ganze Ausgüsse, Kanäle, Senkgruben u. dergl. zu desinfizieren ist kaum möglich; man benötigte hierzu große Mengen von antiseptischen Stoffen und gewisse Vorrichtungen, die bewirkten, daß der ganze Abortinhalt mit dem Desinfektionsmittel in Berührung käme (s. Kläranlagen). Eine wirksame Desinfektion wird man daher nur dann erzielen, wenn man die Abfallstoffe in dem Momente desinfiziert, wo sie abgesetzt werden, bezw. wenn die Ablagerung auf eine antiseptische Schicht bewerkstelligt wird. Die Kotmasse macht man keimfrei mit Karbol, Eisenvitriol, Sublimat, Kupfervitriol. Seit 1890 verwendet man auch allenthalben, angeregt durch die Arbeiten von Blasius und Hildebrand, Torfmull als Antiseptikum für Aborte. Der trockene Torfmull besitzt mehrere für die Desinfektion und Fäkalbindung wichtige Eigenschaften; er zieht Feuchtigkeit gierig an sich und bindet 14 kg derselben pro 1 kg; er wirkt durch seinen Gehalt an Humussäure antizymotisch, jedoch nicht antiseptisch. — Große Aufmerksamkeit ist der Desinfektion des Auswurfes zuzuwenden. Eingetrockneter Auswurf verstaubt alsbald und bringt so feine Keime in die Luft, was dann zu Inhalationsinfektion Anlaß gibt. Es muß daher in privaten sowie öffentlichen Räumen strenge darauf gesehen werden, daß nur in Speinäpfe ausgespuckt werde. Die Speinäpfe müssen aus leicht zu reinigendem glattem Material sein, das Hitze und Säure verträgt (Steingut). Zur Füllung derselben dienen mit antiseptischen Lösungen befeuchtete Sägespäne, die allabendlich verbrannt und frisch ersetzt werden. In neuerer Zeit plädiert man für die Füllung der Speinäpfe mit antiseptischen Flüssigkeiten, allein dies hat nur in solchen Räumen Sinn, wo (wie in Spitälern) die Gefahr des Umschüttens, also der flächenhaften Ausbreituug von Keimen, nicht zu fürchten ist. — Sand verstaubt, ist also ungeeignet! Da man im Auswurfe vorzüglich die Tuberkelbazillen töten will, so muß man starke Antiseptika anwenden: 1‰-Sublimatlösung. Die Speinäpfe bedürfen zur Desinfektion des 10 Minuten dauernden Auskochens bei 110°.

3. Desinfektion von Räumlichkeiten. Nachdem der Fußboden des Zimmers gut mit 5%-Karbollösung angefeuchtet ist, werden die Tapeten bezw. gestrichenen Wände mit Brot trocken abgerieben, polierte und geschnitzte Möbel, Bilder mit Rahmen, Metall- und Kunstgegenstände werden mit trockenen Lappen sorgfältig gescheuert. Von den Wandflächen, die mit Auswurfstoffen Kranker besudelt sind, müssen Tapeten bezw. Anstrich nach Anfeuchten mit 5%-Karbollösung durch Abkratzen in entsprechender Ausdehnung entfernt werden. Fußböden, Türen, Fenster, unpolierte Holzverkleidungen sind mit 5%-Karbollösung sorgfältig abzureiben, eventuell läßt man auch in die Fugen der Dielen Karbol einziehen. Nach erfolgter Desinfektion wäscht man mit reinem Wasser nach. Das zum Abreiben verwendete Brot bezw. die Lappen werden verbrannt. Nachdem so jeder Gegenstand gereinigt und desinfiziert ist, lüfte man den Raum durch mehrere Tage im Zugwinde. — Eine besondere Art der Desinfektion von Räumen ist die Räucherung; hierüber s. Punkt 4.

4. Desinfektion der Luft. Die Luft im Freien läßt sich nicht desinfizieren, daher sind die ehemals gebräuchlichen Seuchenfeuer nutzlos. In geschlossenen Räumen nutzt möglichst häufiges Lüften und Entfernung der verseuchten Gegenstände am meisten; oft besteht die große

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

desinfizierende Wirkung des Karbols nur darin, daß es luftscheue Menschen seines übeln Geruches wegen veranlaßt, ordentlich zu lüften. In Frankreich und England sind die Räucherungen noch sehr beliebt und werden zur Desinfektion der Luft und der Räume benutzt. Ueber die Wirkung der schwefligen Säure und von Chlor vgl. das oben Gesagte. Man rechnet pro 1 cbm Rauminhalt 40—50 g Schwefel. Diesen teilt man in kleine Portionen, die man auf Ziegelsteinen gleichmäßig im Zimmer verteilt und etwas mit Spiritus befeuchtet. Nach dem Entflammen schließt man das Zimmer ab und läßt es 24 Stunden geschlossen. (Metallgegenstände sind zu entfernen oder einzufetten.) S. a. Chlor. Formalin: Einwirkungsdauer in den mittels Watte oder Putzwolle abgedichteten Räumen (Türritzen, Schlüssellöcher, Fensterritzen) mindestens 6 Stunden. Vgl. Desinfektionsapparate.

5. Desinfektion des Wassers. Die Desinfektion des Spülwassers fällt mit der der Exkremente zusammen, die des Trinkwassers durch Salze ist veraltet; vgl. Filtration.

6. Desinfektion von Leib- und Bettwäsche, Kleidung. Schuhe und Pelzwerk, die nicht durch Hitze sterilisiert werden können, ohne daß sie Schaden nehmen, wasche man mit Sublimat oder behandle sie mit Formalindampf. Sonstige Effekten müssen durch Hitze sterilisiert werden, wenn man sie weiter gebrauchen soll. Hierbei sei man aber nicht zu kleinlich und verbrenne lieber wertlose Sachen (Bettstroh) oder Dinge von geringem Werte (stark abgenutzte, zerrissene Kleidungsstücke). Hat man keine Sterilisationsanstalt in der Nähe, so koche man die Gegenstände in Sodalösung gut aus. Für Dampf- und Hitzedesinfektionsanstalten gibt es verschiedene Prinzipien. Die älteren Anstalten sterilisierten mit heißer Luft, z. B. in Foodstreet-Liverpool, wo vier Kammern, aus Gußeisen konstruiert, in kleinen Entfernungen nebeneinander liegen, so daß zwischen den Wänden heißer Dampf zirkuliert; oder in Birdstreet-London, wo die Wände aus Backstein, die Türen aus Eisen und der Boden durchbrochen ist, so daß von unten her heiße Luft eindringt, oder in der Charité-Berlin, wo in den Doppelmantel eines zur Aufnahme der Kleider dienenden Zylinders heißer Dampf geleitet wird. Nachdem M. Wolff dargetan hat, daß heiße Luft zweifelhafte Resultate ergibt, daß aber strömender Wasserdampf binnen wenigen Minuten (in nassen Gegenständen allerdings erst binnen zwei Stunden) alle Keime sicher tötet, daß außerdem Dampf die Gewebe weniger angreift als heiße Luft, hat man die Desinfektion in strömendem Dampfe eingeführt (s. Desinfektionsapparate).

Ueber die Desinfektion von Tierhaaren, Borsten u. dergl., die aus dem Auslande kommen, gibt § 2 des Reichsgesetzes vom 22. Oktober 1902 Auskunft. Die Desinfektion muß nach Wahl des Betriebsunternehmers geschehen, entweder

a) durch mindestens halbstündige Einwirkung strömenden Wasserdampfes bei einem Ueberdruck von 0,15 Atmosphären, oder

b) durch mindestens viertelstündiges Kochen in 2%-Kaliumpermanganatlösung mit nachfolgendem Bleichen mittels 3—4prozentiger schwefliger Säure, oder

c) durch mindestens zweistündiges Kochen in Wasser.

Literatur: Lehrbücher der Arzneimittellehre von Bernatzik-Vogl, Hufemann, Möller, Cloetta-Filehne, Binz; Bocquillon-Limousin, Formulaire des médicaments nouveaux, Paris 1894; Mitteilungen aus dem Kais. Gesundheitsamte, I, S. 271; Blasius und Hildebrand, Desinfektion durch Torfmull, Wien 1890; Wilson, G., Handbook of Hygiene, 1894; Virchows Archiv 102; Handbuch der Hygiene, Jena 1900, 9. Bd.; Bujard-Baier, Hilfsbuch für Nahrungsmittelchemiker, Berlin 1900; Chaplewsky, Desinfektion, 1904; v. Esmarch, Hygien. Taschenbuch, Berlin 1898.

(Bryk) Bujard.

Desinfizierende Wirkung der Anstrichfarben. Eine desinfizierende Wirkung kommt, nach von berufener Seite durchgeführten Versuchen, nur den Leinöl- (Hanf-, Mohn- u. s. w. Oel) firnissen, nicht aber den Email-(Lack-)farben zu, während Leim- und Wasserfarben eher das Leben von Bakterien befördern. Die Emailfarben sind wohl keine Pflanzstätte für Bakterien vermöge ihrer großen Glätte und der leichten und sicheren Reinigung, aber wirklich desinfizierend wirken nur Oelfarben, und zwar vermöge ihres Wasserstoffsuperoxydgehaltes, der sich bei der fortschreitenden Veränderung des Oeles auch in trockenem Zustand bildet. Noch nach drei Jahren hat man in mit Firnis überzogenem Papier Wasserstoffsuperoxyd mittels Jodkalium nachgewiesen. *Andés.*

Desinfektion der Eisenbahnwagen, s. Eisenbahnbetrieb.

Desinfektionsapparate, die technischen Einrichtungen zur Durchführung der Desinfektion (s. d.) bezw. zur Vernichtung von pathogenen Bakterien in Gebrauchsgegenständen aller Art ohne erhebliche Schädigung der letzteren.

Hierher gehören also nicht die besten Apparate zur Desinfektion, die Verbrennungsapparate (s. Kehrichtverbrennung); auch Apparate, die mit trockener Hitze von ca. 150° C. arbeiten, nicht, denn diese hohe Temperatur ist nur ausnahmsweise auf wenige Gebrauchsgegenstände (ohne Schädigung der letzteren) anwendbar (überhitzter Wasserdampf kommt annähernd der trockenen Hitze gleich). Dagegen können ohne erhebliche Schädigung Teppiche, Betten, Matratzen, Decken, Kleider, Gardinen, Lumpen, Strohsäcke, Glas- und Metallgeräte u. a. erfolgreich durch Behandlung mit gesättigtem Wasserdampf desinfiziert werden. Für Möbel, Pelze, Hüte, Lederfachen, Bücher, Kämme, Bürsten u. s. w. ist die Wasserdampfbehandlung nachteilig; es werden hier zur Desinfektion Formalindämpfe angewendet. Letztere werden auch mit Wasserdampf kombiniert (vgl. [4] und D.R.G.M. Nr. 189957). Bei der Wasserdampfbehandlung wird das Desinfektionsgut in geschlossene Kammern gebracht, die dem Dampfdrucke (der den atmosphärischen Druck mehr oder weniger übersteigt) mit Sicherheit zu widerstehen vermögen. Die Dampfzuströmung soll an dem höchsten, die Dampf- und Kondensationswasserabströmung an dem tiefsten Punkte der Desinfektionskammer erfolgen; die letztere ist möglichst gegen Wärmeverluste zu

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

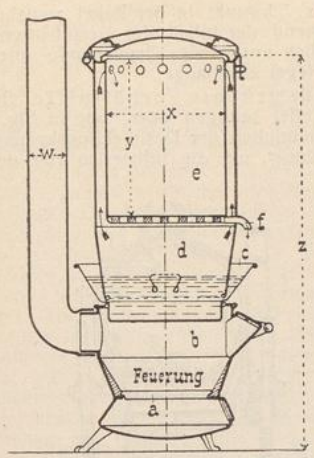


Fig. 1.

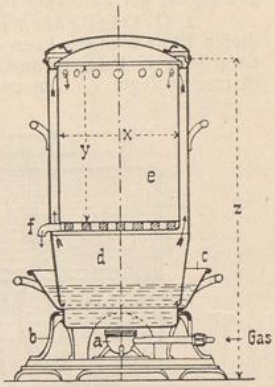


Fig. 2.

fchützen und fo zu bauen, daß unbenutzte, alfo unnötig geheizte Räume auf ein Minimum befchränkt werden. Nach erfolgter Desinfektion foll zur Trocknung des Desinfektionsgutes warme Luft zutreten.

Die Form der Desinfektionskammer ift gleichgültig; es follen aber zur Vermeidung von Reinfektion zwei Türen und Flanelltücher (Beutel) zum Schutze des Desinfektionsgutes gegen Abtropfen von Roftwaffer u. f. w vorhanden fein. Je höher die Dampftemperatur ift, in um fo kürzerer Zeit und mit um fo ficherem Erfolge kann desinfiziert werden. Indeffen lehrt die Erfahrung, daß Waffердampf von ca. 120° C. auch die widerftandsfähigften Keime zu töten vermag, fo daß Apparate mit mehr als zwei Atmofphären Ueberdruck kaum irgendwo angewendet werden. Die größere Preffung verteuert nämlich die Apparate fehr und infolge der erforderlichen Konzeffion u. f. w. auch die Betriebe. Nachdem im allgemeinen Waffердampf von 100° C. bei längerer Berührung mit dem Desinfektionsgute eine ausreichende Desinfektion bewirkt, verwendet man meiftens nur Einrichtungen, die 0,05—0,2 Atmofphären Ueberdruck zu erzeugen geftatten. Der Waffердampf von mehr als 100° C. wird felten beftehenden Dampfkeffelanlagen entnommen, in der Regel in befonderen gefchloffenen Generatoren erzeugt; er kann aber auch durch einfaches Kochen von Salzlöfungen, die einen höheren Siedepunkt als gewöhnliches Waffer haben, erzielt werden; doch verderben die fo erhaltenen Dämpfe die Apparate. Auf die Abnahme der Siedetemperatur mit zunehmender Meereshöhe ift zu achten.

1. Dampfdesinfektionsapparate für kleinere Verhältniffe find in den Fig. 1 und 2 dargeftellt. Fig. 1 zeigt einen folchen für direkte Feuerung mit feftem Brennmaterial, mit Feuerungstopf *b*, Roft *a* und Schornftein *w*. Die Verdampfungspfanne *c* ruht direkt auf dem Feuertopf und trägt den eigentlichen Desinfektionsapparat, aus den zylindrifchen Gefäßen *d* und *e* beftehend. Nachdem der Zylinder *e* mit dem Desinfektionsgute gefüllt ift, wird das Waffer in *c* zum Sieden gebracht, wobei die Dämpfe in Richtung der Pfeile fich gegen den Auslauf *f* hin bewegen, zunächft die Luft aus der Desinfektionskammer verdrängend und dann an diefer Stelle felbft austretend. — Bequemer für die Bedienung werden derartige Apparate, wenn fie, wie Fig. 2 zeigt, mit Gasfeuerung *a* ausgeftattet find. Im übrigen dienen die mit gleichen Buchftaben wie bei

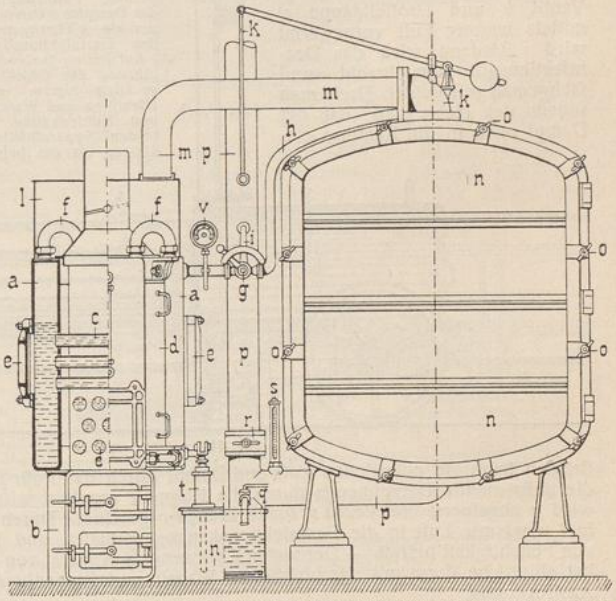


Fig. 3. Desinfektionsapparat *T* nach Rietfchel & Henneberg mit Vorwärmung und Ventilationseinrichtung. *a* Waffеrrohrkammer zum Dampfentwickler. *b* Feuerung. *c* Waffеrrohre des Dampfentwicklers, von den Feuergafen umfpült. *d* Verfchlußdeckel für die Reinigung der Feuerzüge. *e* Verfchlußdeckel für die innere Reinigung der Waffеrrohre. *f* Verbindungsrohre für die Dampfräume der einzelnen Rohrkammern. *g* Dampfumfchaltehahn zur Einleitung des Dampfes in die Desinfektionskammer oder in das Ventilationsrohr. *h* Dampfrohr, zur Desinfektionskammer führend. *i* Dampfrohr, vom Umfchaltehahn ins Ventilationsrohr führend. *k* Ventil mit Zugftange und Gegengewicht zum Abfchluß der Warmluftleitung *m*. *l* Luftheizkammer mit Einftrömungsöffnungen am Boden. *m* Warmluftleitung, von der Luftheizkammer nach der Desinfektionskammer führend. *n* Desinfektionskammer mit Türe, auf gußeifernen Füßen ruhend. *o* Flügelfchrauben zum Türverfchluß. *p* Abzugsrohr mit Waffеrfammler. *q* Hahn zum Ablaffen des Kondenswaffers. *r* Droffelklappe zur Regulierung der Dampfabftrömung *s* Thermometer, die Temperatur des abziehenden Desinfektionsdampfes anzeigend. *t* Handfpeifepumpe. *u* Sammelgefäß für das durch Hahn *q* abgefchiedene Kondenswaffer. *v* Manometer zur Erkennung des Dampfdruckes.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Fig. 1 bezeichneten Räume denfelben Zwecken. Das Maß x fchwankt in der Regel zwifchen 0,350 und 0,700 mm; y ift etwa $= 1{,}25 \cdot x$ und dementfprechend der Inhalt des Desinfektionsraumes $= \sim 0{,}1 \cdot x^3$. In fo kleinen Räumen find felbftverftändlich nur wenige Gegenftände unterzubringen; die Zeitdauer der Desinfektion ift dabei in der Regel eine lange.

2. Ortsfefte Dampfdesinfektionsapparate für größere Verhältniffe. Bei diefen Einrichtungen kann der Dampf aus fernftehendem Keffel bezogen oder, wie in Fig. 3 dargeftellt, in befonderem Generator erzeugt werden. Der Rauminhalt der Desinfektionskammer ift in der Regel 2,5 cbm und größer. Die Kammer ift zweitürig, um die infizierten von den

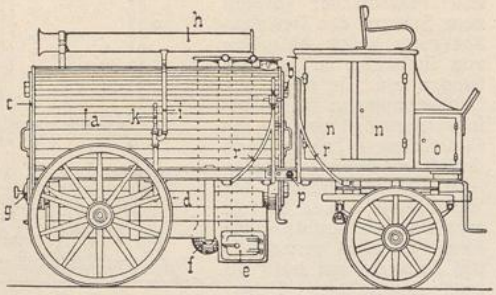


Fig. 4.

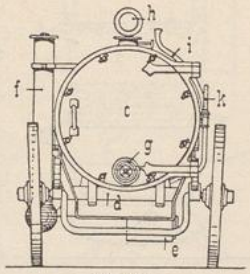


Fig. 4a.

desinfizierten Gegenftänden zu trennen. In den gußeifernen, mit Waffer-röhren *c* verbundenen Kammern *a* entwickelt fich der Dampf, während die Desinfektionskammer (durch entfprechende Stellung von Umfchaltehahn *g*, Ventil *k* und Droffelklappe *r*) mittels warmer Luft vorgewärmt wird. Alsdann wird das Desinfektionsgut eingebracht und fachgemäß gefchichtet. Dreht man fodann den Hahn *g* fo, daß der Dampf oben in die Kammer ein-

Zu Fig. 4, 4a, 4b und 4c: *a* Desinfektionskammer, mit Ifoliermantel umgeben. *b* Einladetür. *c* Ausladetür. *d* Dampfentwickler zur Erzeugung der Desinfektionsdämpfe. *e* Feuerung hierzu. *f* Umlegbares Schornfteinrohr. *g* Luftventil zur Einführung frifcher Luft in die Desinfektionskammer. *h* Umlegbares Ventilationsrohr zur Abführung der Dämpfe während der Ventilationsperiode. *i* Abdampfrohr zur Abführung des Dampfes während der Desinfektionsperiode. *k* Thermometer, die Temperatur des Desinfektionsdampfes anzeigend. *l* Auf Rollen laufendes Geftell zur Einführung der Objekte in den Apparat. *m* Gleis hierzu. *n* Behälter für die Utenfilien und Werkzeuge. *o* Fourage- und Kohlenkaften. *p* Kupplung der beiden Apparathälften. *r* Umlegbare Stützen für die beiden Apparathälften.

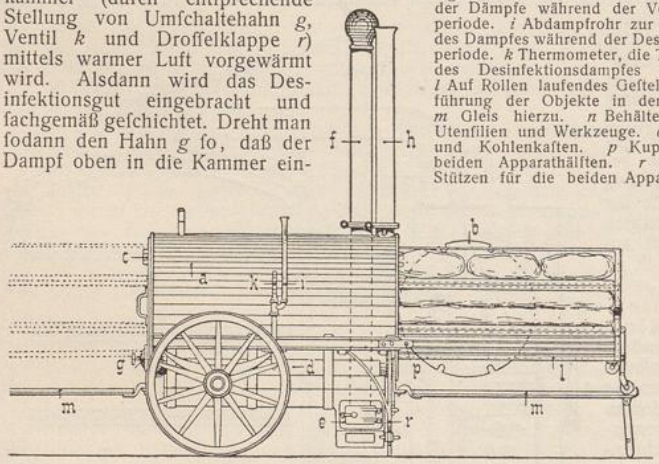


Fig. 4b.

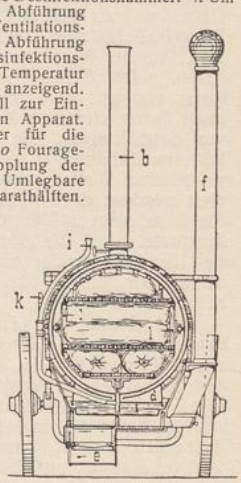


Fig. 4c.

ftrömen kann, fo entweichen Luft und Dampf durch das Rohr *p*, wobei der Dampfdruck bezw. die abftrömende Dampfmenge durch die Klappe *r* reguliert wird. Nach beendeter Desinfektion wird *g* abgefperrt und Ventil *k* fowie Klappe *r* geöffnet. Durch den Injektor *i* wird fodann die in *l* erwärmte Luft in die Desinfektionskammer geblafen und letztere fowie das Gut gänzlich von Feuchtigkeit befreit. — Der vielfach verwendete Apparat von Schimmel & Co., Chemnitz [5] hat elliptifche Form mit durchfahrbaren Wagen und Rippenheizkörpern zur Vortrocknung und Austrocknung.

3. Ein fahrbarer Dampfdesinfektionsapparat ift in den Fig. 4, 4a, 4b und 4c erläutert. Der Apparat befteht aus zwei, durch die Kupplung *p* getrennten Hälften, von denen die vordere den Kutfcherbock mit Furagekaften *o* und Werkzeugraum *n* enthält, während die hintere Hälfte aus der Desinfektionskammer *a* mit Dampfentwickler *d* befteht. Im Betrieb wird die vordere Hälfte entfernt, wobei dann die hintere auf zwei Rädern und den Stützen *r* (Fig. 4b) ruht. Dadurch, daß zwei Türen an der Desinfektionskammer vorhanden find, werden die infizierten Gegenftände von den desinfizierten räumlich getrennt. Der Dampfentwickler ift in Form einer liegenden niedrigen Waffer-fchale direkt unter der Desinfektionskammer angeordnet. Die übrige Einrichtung ift aus der Buchftabenerklärung verftändlich. Die Fig. 1—4c entfprechen Konftruktionen von Rietfchel & Henneberg, Berlin.

4. Vakuumdesinfektionsapparate in Schlachthäufern (Sterilifatoren [1], S. 651) finden Verwendung zur Unfchädlichmachung des Fleifches tuberkulöfer Tiere, von finnigem, trichinöfem Fleifch u. f. w.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

5. Apparate zur Desinfektion mittels flüchtiger Desinfektionsmittel im Kreislaufbetriebe ſind in Fig. 5 ſchematiſch dargeſtellt nach einem von Lehmann & Schmidt, Eilenburg (Provinz Sachſen), auseinandergeſetzten Verfahren, das außer Waſſerdampf noch andre Desinfektionsmittel, beſonders Fomaldehyd, zu verwenden geſtattet. Das Desinfektionsgut wird in die Kammern *a* gebracht; dieſe werden luftdicht verſchloſſen und nach Schließen der Schieber Ic, IIa, IIb, III bei geöffneten Schiebern I, Ia, Ib mittels des als Luftpumpe wirkenden Gebläſes *b* luftleer geſaugt. Die Luft ſtrömt hierbei durch *k* ab. Nun wird der Schieber Ib geſchloſſen und bei geöffneten Schiebern I, Ia, Ic der Entwickler *h*, der mit Dampf- oder Waſſerheizmantel verſehen iſt und z. B. Formaldehyd enthält, angewärmt. Gleichzeitig wird das Gebläſe *g* in Gang geſetzt. Das ſich unter der Luftleere entwickelnde Formaldehyd wird ſo mit größter Geſchwindigkeit durch das Desinfektionsgut getrieben, vom Gebläſe angeſaugt und macht dieſen Weg im Kreiſe. Durch Drehen des Wechſelventils *S* kann in dem Desinfektor *a* die Richtung des Desinfizierens umgekehrt werden; auch läßt ſich die Menge des letzteren nach Belieben ſteigern oder verringern, ebenſo die Temperatur, genau ſo, wie es die Schonung des Desinfektionsgutes verlangt.

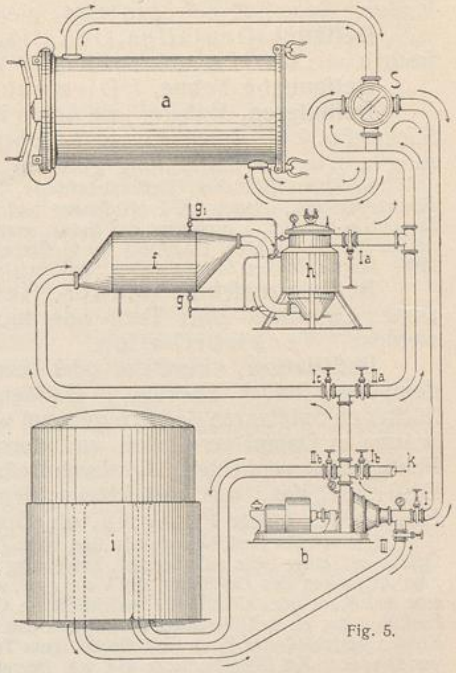


Fig. 5.

6. Intereſſant iſt auch das Desinfektionsſchiff der Gebrüder Schmidt, Weimar (Fig. 6). Dasſelbe ſoll zunächſt die Möglichkeit bieten, daß von einem verſeuchten Schiffe ſämtliche Perſonen überführt und gebadet werden; gleichzeitig werden die Kleider desinfiziert und ebenſo das Schiff, aus dem die Perſonen kommen. Die Maßregeln können überall, alſo auch auf See, ausgeführt werden. Das Desinfektionsſchiff iſt in eine reine und eine unreine Seite geſchieden, und man gelangt von der einen Seite zur andern nur durch Badezellen. Auf der unreinen Seite befinden ſich Unterſuchungszimmer, Lazarett und Raum für Verdächtige. In 12 Zellen ſollen in 24 Stunden ca. 600 Perſonen baden und darauf ihre desinfizierten Effekten wieder erhalten. Das Schiff wird entweder geſchleppt oder erhält eigne Fortbewegungsmaſchinen [4].

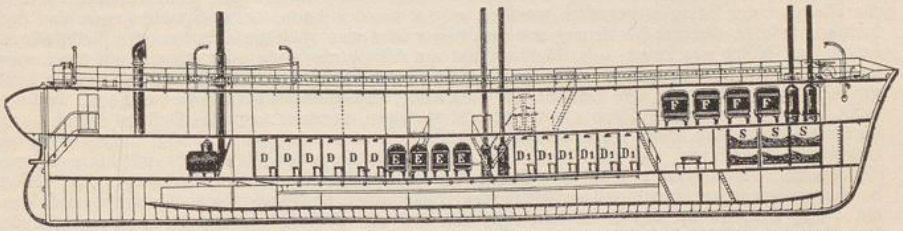


Fig. 6. *D* Badezellen für Männer. D_1 Badezellen für Frauen. *E* Dampfdesinfektionsapparat für die beim Baden abgelegten Kleider. *F* Dampfdesinfektionsapparat für das Gepäck der Paſſagiere. *S* Mannſchaftsräume.

Bezüglich der Apparate zur Zimmerdesinfektion mittels Formalindämpfen und der nachfolgenden Desodorifierung durch Ammoniak, des ſogenannten Aeskulapapparates von Schering, des Breslauer Desinfektionsapparates von Flügge u. a. verweiſen wir auf [1]. Formalin-Desinfektionsapparate werden auch benutzt für Pelzſachen, Lederwaren, Bürſten u. ſ. w., die in heißem Waſſerdampf notleiden würden. Um bei den Waſſerdampfapparaten den Zeitpunkt feſtzuſtellen, in dem die vollkommene Desinfektion erreicht iſt, wird ein elektriſches Läutewerk angeordnet, das anzeigt, wenn in der Desinfektionskammer ein an der von den Waſſerdämpfen am ſchwerſten erreichbaren Stelle eingelegtes Thermometer 100° C. anzeigt. — Weiteres über das Verfahren u. ſ. w. ſ. Desinfektion und [2], [3].

Literatur: [1] Handbuch der Hygiene, Jena 1900, Bd. 9, S. 565 ff. — [2] Ausführungsbeſtimmungen für das Geſetz zur Bekämpfung gemeingefährlicher Krankheiten, vom 15. Oktober 1900, Berlin. — [3] Kirſtein, Leitfaden für Desinfektoren, Berlin 1901. — [4] Katalog von Gebrüder Schmidt in Weimar. — [5] Katalog von Schimmel & Co. in Chemnitz. *Lueger.*

Desinfizierende Emails, ſ. Emailfarben.

Desintegratoren, ſ. Schleudermühlen.

Desmin, ſ. Zeolithe.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Desmoſit, ſ. Spiloſit.

Desodoriſation, vgl. Desinfektion.

Desoxydation, chemiſcher Prozeß, durch den einer ſauerſtoffhaltigen Verbindung Sauerſtoff entzogen wird; gleichbedeutend mit Reduktion (ſ. d.).

Deſſätine (Deßjätina, Deſſatine), ruſſiſches Flächenmaß = 2400 Quadratfaſchen = 1,0925 ha. 10 Deſſätine = 27 Acres of Land. *Plato.*

Deſſauiſche Feime, ſ. Diemenhäufer.

Deſſinieren, Muſtern, jene Arbeit in der Tuch-, Tapetenfabrikation, Weberei, Stickerei u. ſ. w., durch die an der Oberfläche eines glatten Grundes eine Muſterung u. ſ. w. zur Ausführung gebracht wird.

Literatur: Bötticher, Deſſinateurſchule, Leipzig und Berlin 1839; Fiſchbach, Stiliſtiſche Flachornamente, Hanau 1873; Hoffmann und Kellerhoven, Recueil des dessins, Paris 1858; Dupont-Auberville, L'ornement des tissus, ebend. 1875; Denk, R., Bindungslehre für Gewebe, Altona 1885; Lord-Lieb, Handbuch für Muſterzeichner der Textilkunſtinduſtrie, Wien-Peſt-Leipzig 1900; Martin, Muſter-Zeitung („Der Muſterzeichner"), Leipzig. *Ernſt Müller.*

Deſſiniermaſchine (Muſter-, Hebemaſchine), Vorrichtung, durch die an der Oberfläche eines Tuch- oder tuchartigen Gewebes Muſter hervorgebracht werden; ſ. Tuchfabrikation. *Maxim. Kraft.*

Deſtillation, chemiſche oder chemiſch-techniſche Operation, bei der verdampfbare, flüſſige, flüchtige, in Gefäßen befindliche Körper von nicht oder wenig flüchtigen Subſtanzen dadurch getrennt werden, daß man ſie durch Zuführung von Wärme in Dampf verwandelt und durch darauffolgende Abkühlung wieder zu Flüſſigkeiten verdichtet. Die durch Deſtillation gewonnene Flüſſigkeit nennt man Deſtillat, das, was zurückbleibt, Rückſtand (bei der Deſtillation geiſtiger Flüſſigkeiten früher Phlegma, die Operation ſelbſt Dephlegmieren).

Die älteſten Deſtillierapparate ſind ohne Zweifel die ſogenannten Retorten, birnförmige Gefäße mit einer ſpitz zulaufenden, knieförmig umgebogenen Röhre (Hals), an die das Gefäß zum Auffangen des Deſtillates, die Vorlage, angeſchloſſen wird. Häufig beſitzen die Retorten eine mit Kork oder Glasſtöpſel verſchließbare Oeffnung (Tubus, Tubulus) zum bequemeren Einfüllen der zu deſtillierenden Subſtanzen. An ihrer Stelle nimmt man jetzt in den Laboratorien Kolben verſchiedener Form und Größe, zum Teil mit ſeitlichen Anſätzen, ferner mit Aufſätzen verſchiedener Art (Kugelaufſätze u. ſ. w.). Für die Wahl des Materials, aus denen die Deſtillierapparate hergeſtellt werden, iſt in erſter Linie die Natur der zu deſtillierenden Körper maßgebend. In den wiſſenſchaftlichen und techniſchen Laboratorien beſtehen die Apparate vorwiegend aus Glas, in vereinzelten Fällen aus Platin, neuerdings auch aus Aluminium (Heräus, Hanau), ferner aus dem feuerbeſtändigen Quarzglas oder Ton; in der Induſtrie aus Kupfer, Eiſen, Ton, Holz, bei der Schwefelſäurefabrikation aus Platin, einem der teuerſten Metalle, weil dasſelbe bei der Rektifikation und Konzentrierung der Schwefelſäure durch keines der gewöhnlichen Metalle, die alle von der Säure angegriffen werden, erſetzt werden kann. Zum Schutz gegen das Zerſpringen infolge direkter Berührung mit dem Feuer ſetzt man gläſerne Retorten oder Deſtillationskolben auf Netze aus Eiſen- oder Meſſingdraht auf Aſbeſtunterlagen oder auf eine mit trockenem Sand verſehene eiſerne Schale oder Platte (Sandbad). Manche Flüſſigkeiten entwickeln trotz gleichmäßiger Erhitzung ihre Dämpfe nur ruckweiſe, explofionsartig (Siedeverzug), wodurch nicht nur Retorten oder Kolben aus Glas leicht ſpringen, ſondern auch das Deſtillat leicht durch hinübergeſchleuderte, noch nicht deſtillierte Flüſſigkeit verunreinigt wird. Man begegnet dieſen Uebelſtänden dadurch, daß man harte, in der zu deſtillierenden Flüſſigkeit unlösliche Körper (Glasſplitter, Metalldraht u. ſ. w.) vor Beginn der Deſtillation in die Retorte bringt. Das läſtige Schäumen mancher, insbeſondere ſchleimiger Subſtanzen verhindert man dadurch, daß man ein wenig Paraffin in das Gefäß einträgt, das bei der Deſtillation ſchmilzt und eine auf der Oberfläche der Flüſſigkeit ſchwimmende, den Schaum zurückhaltende Decke bildet. — Für gewöhnliche Fälle genügt es, wenn die Vorlage zur Kühlung in einer Schale mit kaltem Waſſer liegt. Bei ſchwerer kondenſierbaren Dämpfen verbindet man die Retorte mittels eines Kautſchukſchlauches oder eines durchbohrten Korkſtopfens mit Liebigſchem Kühler oder andern Kühlern verſchiedener Konſtruktion, alle beſtehen im Prinzip aus Glas- oder Metallröhren verſchiedener Form (Schlangenwindungen oder gerade), die in eine weitere Glasröhre oder in einen Metallmantel eingedichtet ſind. Der äußere Mantel iſt mit Anſätzen für den Ein- und Ausfluß für die Zu- und Ableitung des Kühlwaſſers verſehen. — Manche Subſtanzen laſſen ſich unter gewöhnlichem Luftdruck nicht unzerſetzt deſtillieren. In ſolchen Fällen verdünnt man mittels einer Waſſerſtrahlluftpumpe die Luft in dem mit der Vorlage luftdicht verbundenen Deſtillierapparat ſo weit, bis ſich der Siedepunkt der zu deſtillierenden Flüſſigkeit ſo weit erniedrigt hat, daß die Deſtillation ohne Zerſetzung ſtattfinden kann. Unter vermindertem Luftdruck ſieden bekanntlich die Körper bei niederer Temperatur, ſind alſo dementſprechend weniger leicht zerſetzlich. — Von der eigentlichen Deſtillation iſt die ſogenannte trockene Deſtillation zu unterſcheiden, bei der unter vollkommenem Luftabſchluß und unter dem Einfluß hoher Temperaturen organiſche Stoffe in feſte, flüſſige und gasförmige Produkte zerfetzt werden, die in der Regel alle zugleich auftreten. Ein Beiſpiel im großen hierfür liefert die Leuchtgasfabrikation aus Steinkohlen. — Zur Deſtillation unter vermindertem Druck, d. h. zur ſogenannten Vakuumdeſtillation, ſind eine ganze Anzahl von Vorrichtungen konſtruiert. *Bujard.*

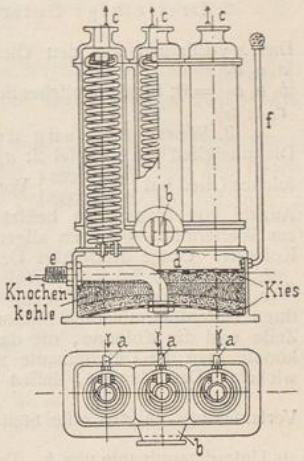
UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Wichtige Induſtrien, die ſich auf die Deſtillation gründen, ſind folgende: 1. Spiritusfabrikation; 2. Leuchtgasfabrikation, Koksfabrikation, die Holzdeſtillation zur Gewinnung der Eſſigſäure, des Holzgeiſtes und Teers für die Farbeninduſtrie, die Braunkohlendeſtillation zur Gewinnung des Solaröls u. ſ. w., mit ihren zahlreichen und wichtigen Nebenprodukten; 3. die Petroleuminduſtrie. Ueber die Apparate, deren ſich der Großbetrieb bedient, ſ. die Artikel über die verſchiedenen Induſtrien (Spiritusfabrikation, Leuchtgasfabrikation u. ſ. w.). Eine knappe, überſichtliche Zuſammenſtellung ſolcher Apparate, nebſt Angaben über ihre Bezugsquellen, Leiſtungsfähigkeit u. ſ. w. findet ſich in A. Parnicke, Die maſchinellen Hilfsmittel der chemiſchen Technik, Frankfurt a. M. 1894, S. 238 ff.

Deſtillation, fraktionierte. Eine in der chemiſchen Praxis vielfach angewendete Methode zur Trennung verſchieden flüchtiger Stoffe aus ihrer Miſchung iſt die ſogenannte fraktionierte Deſtillation, die man in der Induſtrie gewöhnlich als „Rektifikation“ bezeichnet. Da der Dampfdruck einer Flüſſigkeit durch Zuſatz eines andern Körpers verkleinert wird, und zwar proportional ihrem Gehalt an demſelben, ſo wird beim Abdeſtillieren der flüchtigen Flüſſigkeit der Gehalt des Rückſtandes größer, alſo der Dampfdruck kleiner, womit bei konſtantem Druck ein Anſteigen des Siedepunktes Hand in Hand geht. Demnach wird das Deſtillat bei der Deſtillation eines ſolchen Gemiſches beim niedrigſten Siedepunkt am reichſten an der flüchtigeren Komponente des Gemiſches ſein, der ſich bei höheren Siedepunkten immer mehr der andern beimengt.

Durch getrenntes Auffangen der bei verſchiedenen Temperaturen übergehenden Deſtillate und abermalige Fraktionierung derſelben gelingt es meiſt, die flüchtigere Komponente ziemlich vollſtändig von der Beimengung zu befreien. Die Möglichkeit hängt übrigens von dem Verlauf des Dampfdrucks der Miſchung in Hinſicht auf ihre Zuſammenſetzung ab. Exiſtiert ein Gemiſch von maximalem Dampfdruck, ſo wird dieſes beim niedrigſten Siedepunkt überdeſtillieren, und es wird dann der höchſte Siedepunkt der Komponente des Gemiſches entſprechen, die dem Gemiſch mit maximaler Dampfſpannung gegenüber im Ueberſchuß vorhanden iſt. Es würde alſo hier die höchſtſiedende Fraktion oder der Rückſtand die eine reine Komponente enthalten. — Näheres ſ. Nernſt, Theoretiſche Chemie, Stuttgart 1893, S. 99 ff. *Abegg.*

Deſtillierapparat an Bord der Schiffe dient dazu, aus Meerwaſſer Friſchwaſſer für den Bedarf zum Kochen, Trinken und Waſchen herzuſtellen.



Da für jeden Kopf der Beſatzung im allgemeinen ein Friſchwaſſerverbrauch von 10 l für den Tag erforderlich iſt, ſo ergibt ſich für größere Kriegsſchiffe mit Beſatzungen von 500 bis 700 Mann ein täglicher Friſchwaſſerverbrauch von 5—7 t. Hiervon deckt die Trinkwaſſerlaſt, die auf 70 l pro Kopf der Beſatzung bemeſſen wird, den Verbrauch für ſieben Tage, während die Ergänzung von den Deſtillierapparaten oder Deſtillierkondenſatoren mit Filter zu liefern iſt [1]. Das Prinzip derſelben beſteht darin, daß Seewaſſer in einem beſonderen Dampfkeſſel oder Evaporator verdampft und der erzeugte Dampf dann kondenſiert und gereinigt wird. Um dem Waſſer Kohlenſäure zuzuführen und es auf dieſe Weiſe ſchmackhafter zu machen, wird das deſtillierte Waſſer, ehe es den Filter paſſiert, mit Luft gemiſcht. Die früher verwendeten Deſtillierapparate von Normandy, Perroy u. a. haben einfacheren Apparaten Platz gemacht. Der Deſtillierapparat von Kirkaldy (ſ. die Figur) beſteht aus einem Evaporator, aus dem der Dampf in den Deſtillierkondenſator bei *a* eintritt; er durchſtrömt dann die Rohre, die durch bei *b* eintretendes und bei *c* austretendes Kühlwaſſer von außen gekühlt werden, und wird ſo kondenſiert. Das Kondenswaſſer wird durch das Luftrohr *f* mit Luft gemiſcht, gelangt in den Filter *d* und durch das Rohr *e* zum Sammeltank [2]. Auf größeren Schiffen, die beſondere Speiſewaſſererzeuger (ſ. d.) beſitzen, finden die Deſtillierkondenſatoren mit Filtern von Pape und Henneberg vielfach Verwendung. Die größten Apparate liefern in 24 Stunden etwa 5 t Trinkwaſſer [3].

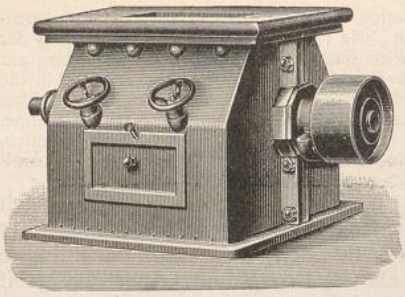
Literatur: [1] Dick, C., und Kretſchmar, O., Handbuch der Seemannſchaft, Berlin 1902. — [2] Hartig, J., Aus der Praxis für die Praxis, Bremerhaven 1903. — [3] Klamroth, G., Leitfaden für den Unterricht in der Maſchinenkunde, Berlin 1902. *T. Schwarz*

Deszenſionstheorie, ſ. Gang.

Detacheur (Lockerer, Zerbröckeler). Eine Vorrichtung in der Müllerei, die dazu dient, das durch den Druck der Walzen plättchenförmig zuſammengedrückte Mahlgut wieder zu lockern (zu detachieren), damit es den Sicht- und Putzprozeſſen erfolgreich unterworfen werden kann.

Der Zweck iſt auf zwei Wegen zu erreichen: durch Peitſchung des Gutes (z. B. mittels einer ſchnell umlaufenden Stiftenſcheibe oder Trommel oder eines Flügelwerkes) oder durch Bürſten. Bei letzteren arbeitet eine mit Borſten beſetzte Walze gegen eine durchbrochene oder

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN



rauhe Fläche (Raſpelblech, Drahtgewebe oder dergl.). In nebenſtehender Figur iſt ein derartiger Apparat dargeſtellt. Die Riemenſcheibe ſitzt auf der Achſe der Bürſtentrommel, und die beiden Handräder dienen zur Veränderung der Entfernung zwiſchen Bürſtenumfang und Reibfläche. In neueſter Zeit iſt ein Detacheur aufgetaucht (D.R.P. 118 532, ausgeführt von Simon, Bühler & Baumann, Frankfurt a. M.), bei dem eine umlaufende Preßſchnecke, ähnlich wie bei Fleiſchſchneidemaſchinen, das Mahlgut aus einer ſchmalen Spalte der Stirnfläche des Schneckengehäuſes herausdrückt und dadurch die Plättchen zerdrückt. Nachdem die Zentrifugalfichtmaſchinen durch die ſchlagende Wirkung ihrer Flügelarme den Detacheur ziemlich entbehrlich gemacht hatten, iſt er in neuerer Zeit infolge der Anwendung der von Haggenmacher eingeführten Planſichter, die weniger detachierend wirken als die Zentrifugalfichtmaſchinen, wieder ſehr in Aufnahme gekommen. *Arndt.*

Detailprojekt, ſ. v. w. Bauentwurf; ſ. Vorarbeiten.

Detailzeichnungen, im Bauweſen faſt immer in natürlicher Größe ausgeführte Arbeitszeichnungen für die ausführenden Handwerker. *Weinbrenner.*

Detektivapparat, ſ. Photographie.

Determinanten ſind ſymboliſche Ausdrücke für häufig vorkommende Eliminationsreſultate, um die an ſich ſchwerfälligen Ausdrücke in einfacher, überſichtlicher und für die Rechnung brauchbarer Geſtalt ſchreiben zu können.

Dieſe ſpielen in neuerer Zeit faſt in allen Teilen der Mathematik eine bedeutende Rolle, am meiſten in der Invariantentheorie und analytiſchen Geometrie.

1. Zweireihige Determinante. Das Eliminationsreſultat von x (x-Eliminat) aus den Gleichungen: $\left.\begin{matrix}a_1 x + a_2 = 0\\ b_1 x + b_2 = 0\end{matrix}\right\}$ iſt $a_1 b_2 - a_2 b_1 = 0$ und wird als Determinante $\begin{vmatrix}a_1 & a_2\\ b_1 & b_2\end{vmatrix} = 0$ geſchrieben; a_1, a_2, b_1, b_2 heißen Elemente, $a_1 b_2$ und $a_2 b_1$ Glieder der Determinante. Die Reihen $a_1 a_2$ und $b_1 b_2$ ſind Horizontalreihen (Zeilen), die Reihen $a_1 b_1$ und $a_2 b_2$ Vertikalreihen (Kolonnen). Ebenſo bei mehrreihiger Determinanten.

2. Dreireihige Determinante.

Das $x\,y$-Eliminat aus den Gleichungen: $\left.\begin{matrix}a_1 x + a_2 y + a_3 = 0\\ b_1 x + b_2 y + b_3 = 0\\ c_1 x + c_2 y + c_3 = 0\end{matrix}\right\}$ lautet in Determinantenform $\begin{vmatrix}a_1 & a_2 & a_3\\ b_1 & b_2 & b_3\\ c_1 & c_2 & c_3\end{vmatrix} = 0$; in gewöhnlicher Form: $a_1 b_2 c_3 - a_1 b_3 c_2 + a_2 b_3 c_1 - a_2 b_1 c_3 + a_3 b_1 c_2 - a_3 b_2 c_1 = 0$.

3. Wertermittlung der Determinante. Man erhält ſämtliche Glieder aus dem Diagonalglied (im Beiſpiel 2: $a_1 b_2 c_3$), indem man alle Permutationen der Indices bildet; ein ſolches Glied hat $\left\{\begin{matrix}\text{poſitives}\\ \text{negatives}\end{matrix}\right\}$ Vorzeichen, je nachdem die betreffende Permutation eine $\left\{\begin{matrix}\text{gerade}\\ \text{ungerade}\end{matrix}\right\}$ Anzahl von Inverſionen beſitzt (z. B. hat $a_2 b_1 c_3$ eine, $a_2 b_3 c_1$ zwei Inverſionen). Bequemer zur Wertermittlung iſt im allgemeinen die Entwicklung nach den Elementen einer Zeile oder Kolonne. Obige dreireihige Determinante kann nämlich auch geſchrieben werden: $a_1 \begin{vmatrix}b_2 & b_3\\ c_2 & c_3\end{vmatrix} + a_2 \begin{vmatrix}b_3 & b_1\\ c_3 & c_1\end{vmatrix} + a_3 \begin{vmatrix}b_1 & b_2\\ c_1 & c_2\end{vmatrix}$. Hier ſind die Elemente der erſten Zeile multipliziert mit ihren Unterdeterminanten (Minoren), die aus der Determinante dadurch entſtehen, daß je die Zeile und die Kolonne, die das betreffende Element enthalten, weggelaſſen werden. Ebenſo könnte man die Determinante nach den Elementen einer beliebigen Zeile oder Kolonne entwickeln. Das Element, deſſen Unterdeterminante geſucht wird, hat man ſich durch cykliſche Vertauſchung an die erſte Stelle gebracht zu denken; z. B. aus $\begin{vmatrix}b_2 & b_3 & b_1\\ c_2 & c_3 & c_1\\ a_2 & a_3 & a_1\end{vmatrix}$ ergibt ſich $\begin{vmatrix}c_3 & c_1\\ a_3 & a_1\end{vmatrix}$ als Unterdeterminante von b_2. Doch muß dieſes Verfahren der Wertermittlung bei Determinanten von gerader Reihenzahl inſofern modifiziert werden, als die abwechſelnden Unterdeterminanten abwechſelnde Vorzeichen erhalten, es iſt z. B.:

$$\begin{vmatrix}a_1 & a_2 & a_3 & a_4\\ b_1 & b_2 & b_3 & b_4\\ c_1 & c_2 & c_3 & c_4\\ d_1 & d_2 & d_3 & d_4\end{vmatrix} = a_1 \begin{vmatrix}b_2 & b_3 & b_4\\ c_2 & c_3 & c_4\\ d_2 & d_3 & d_4\end{vmatrix} - a_2 \begin{vmatrix}b_3 & b_4 & b_1\\ c_3 & c_4 & c_1\\ d_3 & d_4 & d_1\end{vmatrix} + a_3 \begin{vmatrix}b_4 & b_1 & b_2\\ c_4 & c_1 & c_2\\ d_4 & d_1 & d_2\end{vmatrix} - a_4 \begin{vmatrix}b_1 & b_2 & b_3\\ c_1 & c_2 & c_3\\ d_1 & d_2 & d_3\end{vmatrix}.$$

4. Hauptſätze der Determinantenlehre.

α. Eine Determinante bleibt ungeändert, wenn man ihre Zeilen zu Kolonnen macht und umgekehrt: $\begin{vmatrix}a_1 & a_2\\ b_1 & b_2\end{vmatrix} = \begin{vmatrix}a_1 & b_1\\ a_2 & b_2\end{vmatrix}$.

β. Bei Vertauſchung zweier parallelen Reihen wechſelt die Determinante ihr Zeichen:

$$\begin{vmatrix}a_1 & a_2 & a_3\\ b_1 & b_2 & b_3\\ c_1 & c_2 & c_3\end{vmatrix} = -\begin{vmatrix}a_1 & a_3 & a_2\\ b_1 & b_3 & b_2\\ c_1 & c_3 & c_2\end{vmatrix}.$$

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

γ. Eine Determinante mit zwei gleichen Parallelreihen verſchwindet identiſch:

$$\begin{vmatrix} a_1 & a_2 & a_2 \\ b_1 & b_2 & b_2 \\ c_1 & c_2 & c_2 \end{vmatrix} = 0.$$

δ. Eine Determinante wird mit einem Faktor multipliziert, indem man jedes Element einer Reihe mit dem Faktor multipliziert: $\lambda \begin{vmatrix} a_1 & a_2 & a_3 \\ b_1 & b_2 & b_3 \\ c_1 & c_2 & c_3 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} a_1 & a_2 & \lambda a_3 \\ b_1 & b_2 & \lambda b_3 \\ c_1 & c_2 & \lambda c_3 \end{vmatrix}$.

ε. Beſtehen die Elemente einer Reihe aus Summen, ſo iſt die Determinante ſelbſt in eine Summe von Determinanten zerlegbar:

$$\begin{vmatrix} a_1 & a_2 + \alpha_2 \\ b_1 & b_2 + \beta_2 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} a_1 & a_2 \\ b_1 & b_2 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} a_1 & \alpha_2 \\ b_1 & \beta_2 \end{vmatrix}.$$

ζ. Eine Determinante bleibt ungeändert, wenn man zu den Elementen einer Reihe die gleichvielfachen Elemente einer Parallelreihe addiert:

$$\begin{vmatrix} a_1 & a_2 & a_3 \\ b_1 & b_2 & b_3 \\ c_1 & c_2 & c_3 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} a_1 & a_2 & \lambda a_2 + a_3 \\ b_1 & b_2 & \lambda b_2 + b_3 \\ c_1 & c_2 & \lambda c_2 + c_3 \end{vmatrix}.$$

5. Laplaceſcher Determinantenſatz. Die unter 3. erwähnten Unterdeterminanten können wieder nach Elementen einer Reihe entwickelt werden. Die hierbei auftretenden Unterdeterminanten heißen Unterdeterminanten 2. Ordnung u. ſ. w. — Der Laplaceſche Determinantenſatz lautet diesbezüglich: Jede n-reihige Determinante kann als Summe von Produkten von Unterdeterminanten p. Ordnung mit ſolchen $(n-p)$. Ordnung dargeſtellt werden, z. B.:

$$\begin{vmatrix} a_1 & a_2 & a_3 & a_4 \\ b_1 & b_2 & b_3 & b_4 \\ c_1 & c_2 & c_3 & c_4 \\ d_1 & d_2 & d_3 & d_4 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} a_1 & a_2 \\ b_1 & b_2 \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} c_3 & c_4 \\ d_3 & d_4 \end{vmatrix} - \begin{vmatrix} a_1 & a_3 \\ b_1 & b_3 \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} c_2 & c_4 \\ d_2 & d_4 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} a_1 & a_4 \\ b_1 & b_4 \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} c_2 & c_3 \\ d_2 & d_3 \end{vmatrix} - \begin{vmatrix} a_2 & a_3 \\ b_2 & b_3 \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} c_1 & c_4 \\ d_1 & d_4 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} a_2 & a_4 \\ b_2 & b_4 \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} c_1 & c_3 \\ d_1 & d_3 \end{vmatrix} - \begin{vmatrix} a_3 & a_4 \\ b_3 & b_4 \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} c_1 & c_2 \\ d_1 & d_2 \end{vmatrix}.$$

6. Multiplikation der Determinanten. Zwei n-reihige Determinanten werden multipliziert, indem man die einzelnen Elemente einer Reihe mit den entſprechenden einer andern multipliziert, addiert und aus den für alle Reihenkombinationen gebildeten Summen eine neue Determinante bildet:

$$\begin{vmatrix} a_1 & a_2 & a_3 \\ b_1 & b_2 & b_3 \\ c_1 & c_2 & c_3 \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} \alpha_1 & \alpha_2 & \alpha_3 \\ \beta_1 & \beta_2 & \beta_3 \\ \gamma_1 & \gamma_2 & \gamma_3 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} a_1\alpha_1 + a_2\alpha_2 + a_3\alpha_3 & a_1\beta_1 + a_2\beta_2 + a_3\beta_3 & a_1\gamma_1 + a_2\gamma_2 + a_3\gamma_3 \\ b_1\alpha_1 + b_2\alpha_2 + b_3\alpha_3 & b_1\beta_1 + b_2\beta_2 + b_3\beta_3 & b_1\gamma_1 + b_2\gamma_2 + b_3\gamma_3 \\ c_1\alpha_1 + c_2\alpha_2 + c_3\alpha_3 & c_1\beta_1 + c_2\beta_2 + c_3\beta_3 & c_1\gamma_1 + c_2\gamma_2 + c_3\gamma_3 \end{vmatrix}.$$

7. Matricen. Matrix heißt eine Determinante mit weniger Zeilen als Kolonnen, z. B.:

$$\begin{vmatrix} a_1 & a_2 & a_3 \\ b_1 & b_2 & b_3 \end{vmatrix}.$$

Die Determinanten, die man durch Weglaſſen von Kolonnen aus ihr bildet, in unſerm Beiſpiel: $\begin{vmatrix} a_2 & a_3 \\ b_2 & b_3 \end{vmatrix}$, $\begin{vmatrix} a_3 & a_1 \\ b_3 & b_1 \end{vmatrix}$, $\begin{vmatrix} a_1 & a_2 \\ b_1 & b_2 \end{vmatrix}$, heißen die Determinanten der Matrix. Als Quadrat obiger Matrix wird die Größe $\begin{vmatrix} a_1^2 + a_2^2 + a_3^2 & a_1 b_1 + a_2 b_2 + a_3 b_3 \\ a_1 b_1 + a_2 b_2 + a_3 b_3 & b_1^2 + b_2^2 + b_3^2 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} a_2 & a_3 \\ b_2 & b_3 \end{vmatrix}^2 + \begin{vmatrix} a_3 & a_1 \\ b_3 & b_1 \end{vmatrix}^2 + \begin{vmatrix} a_1 & a_2 \\ b_1 & b_2 \end{vmatrix}^2$ bezeichnet. Als Summe dreier Quadrate verſchwindet das Matrixquadrat nur dann, wenn alle drei Determinanten der Matrix Null ſind. Der Ausdruck $x : y : z = \begin{vmatrix} a_1 & a_2 & a_3 \\ b_1 & b_2 & b_3 \end{vmatrix}$ bedeutet, daß ſich $x : y : z$ wie die Determinanten obiger Matrix verhalten.

8. Anwendungen der Determinanten.

α. Auflöſung eines Syſtems linearer Gleichungen, z. B.: $\left.\begin{matrix} a_1 x + a_2 y + a_3 = 0 \\ b_1 x + b_2 y + b_3 = 0 \end{matrix}\right\}$. Es iſt

$$x : y : 1 = \begin{vmatrix} a_1 & a_2 & a_3 \\ b_1 & b_2 & b_3 \end{vmatrix} \text{ alſo } x = \frac{\begin{vmatrix} a_2 & a_3 \\ b_2 & b_3 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} a_1 & a_2 \\ b_1 & b_2 \end{vmatrix}}; \; y = \frac{\begin{vmatrix} a_3 & a_1 \\ b_3 & b_1 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} a_1 & a_2 \\ b_1 & b_2 \end{vmatrix}}.$$

β. Elimination von x aus $\left.\begin{matrix} a_1 x^2 + a_2 x + a_3 = 0 \\ b_1 x^2 + b_2 x + b_3 = 0 \end{matrix}\right\}$ gibt $\begin{vmatrix} a_2 & a_3 \\ b_2 & b_3 \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} a_1 & a_2 \\ b_1 & b_2 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} a_3 & a_1 \\ b_3 & b_1 \end{vmatrix}^2$.

γ. Differenzenproduktsdeterminante. Dieſelbe iſt:

$$\begin{vmatrix} 1 & \alpha_1 & \alpha_1^2 & \dots & \alpha_1^{n-1} \\ 1 & \alpha_2 & \alpha_2^2 & \dots & \alpha_2^{n-1} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1 & \alpha_n & \alpha_n^2 & \dots & \alpha_n^{n-1} \end{vmatrix} = (\alpha_2 - \alpha_1)(\alpha_3 - \alpha_1)\dots(\alpha_n - \alpha_1)(\alpha_3 - \alpha_2)\dots(\alpha_n - \alpha_2) \dots\dots\dots (\alpha_n - \alpha_{n-1}).$$

Dieſelbe ſpielt bei den ſymmetriſchen Funktionen (ſ. Symmetriſch) eine Rolle.

δ. Reſultante zweier Gleichungen von höherem Grad, ſ. Reſultante.

ε. Funktionaldeterminante, ſ. d.

ζ. Heſſeſche Determinante heißt die Determinante der zweiten Differentialquotienten einer homogenen Funktion (Form). Bei zwei homogenen Veränderlichen x und y iſt dieſelbe, wenn $f(x, y)$ die gegebene Form iſt: $\begin{vmatrix} \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} & \frac{\partial^2 f}{\partial x \partial y} \\ \frac{\partial^2 f}{x \partial y} & \frac{\partial^2 f}{\partial y^2} \end{vmatrix}$, eine in der Invariantentheorie ſehr wichtige Bildung. Die Heſſeſche Determinante für drei homogene Veränderliche ſ. Heſſeſche Kurve.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

η. Beispiel einer Anwendung auf analytische Geometrie. Sind in der Ebene drei Punkte in rechtwinkligen Koordinaten $x_1 y_1$, $x_2 y_2$, $x_3 y_3$ gegeben, so ist der Flächeninhalt des von ihnen gebildeten Dreiecks: $\frac{1}{2}\begin{vmatrix} x_1 y_1 1 \\ x_2 y_2 1 \\ x_3 y_3 1 \end{vmatrix}$. Die Determinante gleich Null gesetzt ist die Bedingung, daß die drei Punkte auf einer Geraden liegen; daher ist $\begin{vmatrix} x\ y\ 1 \\ x_1 y_1 1 \\ x_2 y_2 1 \end{vmatrix} = 0$ die Gleichung der Verbindungslinie der zwei Punkte $(x_1 y_1)$ und $(x_2 y_2)$.

ϑ. Beispiel einer Anwendung auf Goniometrie:

$$\begin{vmatrix} \cos\alpha \sin\alpha 1 \\ \cos\beta \sin\beta 1 \\ \cos\gamma \sin\gamma 1 \end{vmatrix} = 4 \sin\frac{\beta-\gamma}{2} \sin\frac{\gamma-\alpha}{2} \sin\frac{\alpha-\beta}{2}.$$

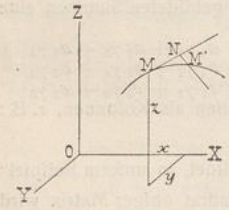
Literatur: Unter den nachstehend aufgeführten Werken ist [1] das reichhaltigste, aber etwas abstrakt; [4], [5] und [6] dienen zur ersten Einführung; [5] und [6] enthalten viele Uebungsbeispiele. [1] Baltzer, R., Theorie und Anwendung der Determinanten, 5. Aufl., Leipzig 1881. — [2] Salmon, G., Vorlesungen über die Algebra der linearen Transformationen, deutsch von W. Fiedler, 2. Aufl., Leipzig 1877. — [3] Gordan, P., Vorlesungen über Invariantentheorie, herausgegeben von Kerschensteiner, Bd. 1, Leipzig 1885. — [4] Diekmann, J., Anwendung der Determinanten und Elemente der neueren Algebra, Leipzig 1889. — [5] Manfion, P., Elemente der Theorie der Determinanten, 3. Aufl., Leipzig 1902. — [6] Dölp, H., Die Determinanten, 6. Aufl., Darmstadt 1903. — [7] Kronecker, L., Vorlesungen über die Theorie der Determinanten, I, Leipzig 1903. — [8] Pascal, E., Die Determinanten, deutsch von Leitemann, Leipzig 1900. *Wölffing.*

Detonationssignale (Knallsignale), s. Bahnzustandssignale und Knallkapseln.

Detonator, s. Initialzündungen.

Deupe, s. v. w. Düse.

Deviation. Ein Punkt beschreibe eine Kurve (s. die Figur) und stehe zur Zeit t in M; v sei eine Geschwindigkeit zu dieser Zeit. Nach Ablauf einer weiteren Zeit ϑ sei M' seine Lage. Ein zweiter Punkt gehe zur Zeit t gleichzeitig mit ihm von M ab und laufe auf der Tangente von M mit der Geschwindigkeit v gleichförmig, so daß er nach Verlauf der Zeit ϑ in N steht. Der Abstand NM' beider Punkte gibt die Abweichung der Bewegung des ersteren von der geradlinigen Bewegung des letzteren auf der Tangente an. Für den Fall, daß ϑ unendlich klein wird, heißt $NM' = \delta$ die Deviation des Punktes M.



Sie ist unendlich klein von der zweiten Ordnung. Um sie zu bestimmen, seien x, y, z die Koordinaten von M als Funktionen von t. Dann sind die Koordinaten von M' die Werte dieser Funktionen für $t+\vartheta$ und können, da für ϑ nur unendlich kleine Werte beansprucht werden, nach dem Taylorschen Satze entwickelt werden in die Reihen:

$x + x'\vartheta + \frac{1}{2}x''\vartheta^2 + \frac{1}{6}x'''\vartheta^3 + \ldots, y + y'\vartheta + \frac{1}{2}y''\vartheta^2 + \frac{1}{6}y'''\vartheta^3 + \ldots, z + z'\vartheta + \frac{1}{2}z''\vartheta^2 + \frac{1}{6}z'''\vartheta^3 + \ldots$

Die Koordinaten von N aber sind die um die Projektionen von $MN = v\vartheta$ auf die Achsen vergrößerten Koordinaten x, y, z, mithin da x', y', z' die Projektionen von v sind: $x + x'\vartheta$, $y + y'\vartheta$, $z + z'\vartheta$. Hiermit werden die Differenzen der Koordinaten von M' und N, d. h. die Projektionen von δ auf die Achsen

$$\tfrac{1}{2}\vartheta^2(x'' + \tfrac{1}{3}x'''\vartheta + \ldots), \quad \tfrac{1}{2}\vartheta^2(y'' + \tfrac{1}{3}y'''\vartheta + \ldots), \quad \tfrac{1}{2}\vartheta^2(z'' + \tfrac{1}{3}z'''\vartheta + \ldots).$$

Damit ergibt sich, wenn man die Quadratsumme dieser Größen, d. h. das Quadrat von NM' bildet, und zur Grenze für abnehmende ϑ übergeht:

$$\lim.\left(\frac{NM'}{\frac{1}{2}\vartheta^2}\right) = (x''^2 + y''^2 + z''^2)\tfrac{1}{2} = \varphi,$$

nämlich gleich der Beschleunigung des Punktes M (s. d. Art. Beschleunigung). Man hat daher, indem man dt für ϑ und δ für NM' schreibt, mit Weglassung des Zeichens lim. als Wert der Deviation δ:

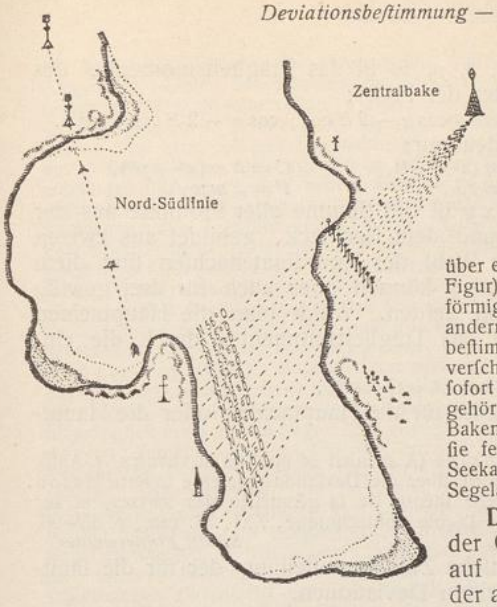
$$\delta = \tfrac{1}{2}\varphi\, dt^2.$$

Die Richtungscosinus der Deviation sind die Projektionen von NM', dividiert durch NM'. Sie werden in der Grenze $x'':\varphi$, $y'':\varphi$, $z'':\varphi$, d. h. die Deviation hat die Richtung der Beschleunigung, und ihre Größe ist der Beschleunigung proportional (vgl. Schell, Theorie der Bewegung und der Kräfte, Bd. 2, S. 322—324). Der Ausdruck „Deviation" wird auch für die Abweichung der Bahn der Geschosse gebraucht (s. d. Art. Ballistik). — Vgl. auch Kompaß. *(Schell) Finsterwalder.*

Deviation des Kompasses, s. Kompaß.

Deviationsbaken, Baken, die zum Zwecke der terrestrischen Deviationsbestimmung in größeren Häfen am Ufer weit sichtbar und so aufgestellt sind, daß die Verbindungslinie der weiter innenlands errichteten mit der oder den näher am Wasser befindlichen Baken entweder die magnetische Nordsüdlinie oder eine bezw. mehrere andre, verschiedene Winkel mit dieser bildende Linien darstellt.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN



Bei Feſtlegung einer einzigen beſtimmten magnetiſchen Linie bedient man ſich nur eines mit gleichen Abzeichen verſehenen Bakenpaares. In Kriegshäfen findet man aber häufig, um mehreren Schiffen gleichzeitig eine Deviationsbeſtimmung zu geſtatten, wo dieſes wegen des beſchränkten Raumes ſonſt unmöglich wäre, eine ganze Anzahl, je einen Grad auseinander liegender magnetiſcher Linien feſtgelegt, die ſich dann ſtrahlenförmig über einen größeren Hafenabſchnitt erſtrecken (ſ. die Figur). In ſolchen Fällen ſteht eine pyramidenförmige Zentralbake weiter innenlands, während die andern, näher nach dem Hafen zu liegenden und in beſtimmten Abſtänden nebeneinander errichteten, die verſchiedenartigſten Toppzeichen tragen, damit ſie ſofort als zu der und der magnetiſchen Richtung gehörig erkannt werden können. Die Form der Baken, ihre Unterſcheidungsmerkmale und die durch ſie feſtgelegten magnetiſchen Linien ſind auf den Seekarten der betreffenden Häfen bezw. in den Segelanweiſungen genau verzeichnet. *von Nießen.*

Deviationsbeſtimmung, die Feſtſtellung der Größe der Deviation eines Kompaſſes auf verſchiedenen Kurſen. Die Deviation der andern Kompaſſe wird feſtgeſtellt, indem man durch Anwendung der Deviation auf den Regelkompaßkurs den mißweiſenden Kurs erhält und dieſen mit dem abgeleſenen Kurs der andern Kompaſſe vergleicht.

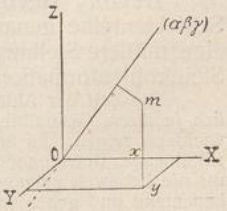
Man unterſcheidet terreſtriſche und aſtronomiſche Deviationsbeſtimmung. Erſtere beſteht darin, daß man das Schiff entweder durch einen Dampfer um eine Boje herumſchleppen oder ſelbſt innerhalb der durch Deviationsbaken feſtgelegten Linien Kreiſe laufen bezw. bei nur einer ſolchen Linie auf verſchiedenen Kurſen durch dieſe hindurchdampfen läßt. Bei jedesmaligem Anliegen eines Striches der Kompaßroſe wird am Regelkompaß die Richtung der Roſe nach zwei korreſpondierenden Deviationsbaken (ſ. d.) mittels Peilung (ſ. d.) feſtgeſtellt und gleichzeitig die durch die betreffenden ſich deckenden Baken angezeigte magnetiſche Linie notiert. Der Winkelunterſchied beider Richtungen gibt dann die Deviation für den anliegenden Strich. In Häfen, in denen keine Deviationsbaken zu finden ſind, hilft man ſich in der Weiſe, daß man von einem am Land aufgeſtellten, alſo nur vom Erdmagnetismus beeinflußten Kompaß aus, den Schiffskompaß und gleichzeitig von dieſem aus jenen peilt. Erſtere Peilung gibt dann die genaue magnetiſche Linie. Genannte Methode erfordert aber viel Uebung und Aufmerkſamkeit und iſt daher weniger zu empfehlen [1]. — Bei aſtronomiſcher Deviationsbeſtimmung vertritt die Richtung der Sonne bezw. eines Geſtirns zu beſtimmten Zeiten morgens und abends die durch Deviationsbaken feſtgelegten magnetiſchen Linien (Azimutberechnung) [1]. Neben dieſer Art der Deviationsbeſtimmung gibt diejenige des Durchdampfens durch eine feſtgelegte magnetiſche Linie auf einem jedesmal geänderten Kurſe die beſten Reſultate, erfordert aber viel Zeit. Die Deviationsbeſtimmung iſt eine der wichtigſten Maßnahmen der Schiffahrt. Je häufiger und genauer man ſie vornimmt, deſto präziſer kann man navigieren. Vgl. [1], [2], [3].

Literatur: [1] Lehrbuch der Navigation, herausgegeben vom Reichsmarineamt, Berlin 1901. — [2] Kapitänleutnant v. Rottok, Die Deviationstheorie und ihre Anwendung in der Praxis, Berlin 1881. — [3] Traité théorique et pratique de la régulation et de la compensation des compas avec ou sans relèvements, par A. Collet, lieutenant de vaisseau, Paris 1882. *von Nießen.*

Deviationsbojen, auf einer durch Deviationsbaken feſtgelegten, magnetiſchen Linie verankerte Bojen, lediglich zur Deviationsbeſtimmung (ſ. d.) dienend.

Um eine größere ſtumpfe Tonne von roter Farbe, an der das betreffende Schiff feſtmacht, ſind vier kleinere, ſpitze, ebenfalls rotgeſtrichene Tonnen meiſt in den vier Kardinalſtrichen verankert. Das Schiff bringt vom Heck aus nacheinander Leinen auf dieſe kleinen Bojen aus und verholt ſich an ihnen um die Mittelboje, wodurch der erforderliche Kreis beſchrieben wird. Man bedient ſich der kleinen Deviationsbojen nur dann, wenn kein Dampfer zum Herumſchleppen zur Verfügung ſteht. *von Nießen.*

Deviationsmomente. Das Trägheitsmoment J (ſ. d.) eines Maſſenpunktſyſtems iſt für alle Achſen des Maſſenmittelpunktes S bekannt, ſobald ſeine Werte A, B, C für irgend drei zueinander ſenkrechte Achſen desſelben bekannt ſind, nebſt drei andern Größen D, E, F, die man die Deviationsmomente des Syſtems für die Achſen nennt. Nimmt man drei ſolche Achſen als Koordinatenachſen der x, y, z (ſ. die Figur) an und bildet mit ihnen irgendeine



durch S gehende Achſe die Winkel α, β, γ, ſo iſt das Trägheitsmoment J des Syſtems für dieſe Achſe darſtellbar unter der Form:

$$J = A\cos^2\alpha + B\cos^2\beta + C\cos^2\gamma - 2D\cos\beta\cos\gamma - 2E\cos\gamma\cos\alpha - 2F\cos\alpha\cos\beta.$$

Darin haben die Koeffizienten die Bedeutung:

$$A = \Sigma m(y^2+z^2), \quad B = \Sigma m(z^2+x^2), \quad C = \Sigma m(x^2+y^2),$$
$$D = \Sigma m y z, \quad E = \Sigma m z x, \quad F = \Sigma m x y.$$

Ein Deviationsmoment, z. B. $F = \Sigma m x y$ iſt die Summe aller Produkte aus der Maſſe m eines Punktes des Syſtems und dem Rechteck, gebildet aus zweien ſeiner Koordinaten x, y. Je nach der Wahl der Koordinatenachſen ſind dieſe Deviationsmomente poſitiv oder negativ, können aber auch für drei gewiſſe Achſen, die Hauptträgheitsachſen, Null werden. Wählt man die Hauptachſen zu Koordinatenachſen, ſo wird mithin das Trägheitsmoment J durch die einfachere Form dargeſtellt:

$$J = A\cos^2\alpha + B\cos^2\beta + C\cos^2\gamma,$$

worin alſo A, B, C die Trägheitsmomente für die Hauptachſen oder die Hauptträgheitsmomente bedeuten.

Den Namen Deviationsmomente hat Rankine (A manual of applied mechanics, 4. Aufl., London 1878) gewählt. Eine ausführliche Theorie über die Deviationsmomente lieferte Hâton de la Goupillière (Mémoire sur une nouvelle théorie de la géométrie des masses, et sur celle des axes principaux d'inertie), Journal de l'école politechnique, XXI, 37. cah., p. 35—96, Paris 1858. *(Schell) Finſterwalder.*

Deviationstabelle, eine tabellariſche Zuſammenſtellung der für die ſämtlichen Kompaſſe eines Schiffes feſtgeſtellten Deviationen.

Die Formulare hierfür ſind bei allen Nationen im weſentlichen die gleichen und zeigen die Uhrzeit, die wahre Ortszeit, den anliegenden Regelkompaßkurs, die Peilung des Objekts, der Sonne, die Deviation und den magnetiſchen Kurs; bei den andern Kompaſſen nur den anliegenden Kurs und die Deviation. Außerdem wird die Deviation in die ſogenannten Deviationskurven eingetragen, graduierte Formulare, in denen die für jeden Kompaßſtrich eingetragenen Deviationsgrößen, durch eine Linie verbunden, eine um die gerade Mittellinie (mißweiſende Nordſüdlinie) verlaufende Kurvenlinie darſtellen. *von Nießen.*

Devilles kaltwarme Röhre. Chemiſche Reaktionen in gasförmigen Syſtemen verlaufen im allgemeinen nur bei hohen Temperaturen mit großer Geſchwindigkeit, bei niederen dagegen ſo langſam, daß die Gleichgewichte ſich in endlicher Zeit nicht einſtellen. Dieſe Tatſache benutzte Deville 1863 bei der Konſtruktion der nach ihm benannten kaltwarmen Röhre zur Unterſuchung der Diſſoziation der Gaſe bei hoher Temperatur. Die von ihm benutzte Röhre beſtand aus einem auf Weißglut erhitzten Porzellanrohr, in deſſen Achſe ſich ein von kaltem Waſſer durchſtrömtes Silberrohr befindet. Die bei der hohen Temperatur entſtandenen Diſſoziationsprodukte der eingeleiteten Gaſe werden an dem Silberrohr ſchnell abgekühlt und ſo ihre Wiedervereinigung zu der bei dieſer niederen Temperatur ſtabilen Verbindung verhindert. Es läßt ſich ſo z. B. der Zerfall von CO_2, SO_2 und HCl bei hoher Temperatur nachweiſen.

Neuerdings wird die Methode von Deville zur quantitativen Unterſuchung der auch für die Technik hohes Intereſſe beſitzenden Gasgleichgewichte bei hohen Temperaturen (z. B. $2SO_3 = 2SO_2 + O_2$ [1], $2NO = N_2 + O_2$ [2], $2H_2O = 2H_2 + O_2$ [3], $CO_2 + H_2 = CO + H_2O$ [4]) verwendet, wobei ſie in der Weiſe abgeändert iſt, daß die Gaſe in einem auf die Unterſuchungstemperatur erhitzten Ballon geleitet werden, in dem das Gleichgewicht, eventuell noch beſchleunigt durch Einführen von Katalyſatoren wie Platinaſbeſt, ſich einſtellt. Um ein möglichſt ſchnelles Abkühlen und damit eine möglichſt geringe Verſchiebung des Gleichgewichtes zu erreichen, läßt man die Gaſe aus einer ſehr engen, gekühlten Kapillare ausſtrömen. Die mathematiſche Theorie des Gleichgewichts in Röhren mit Temperaturgefälle gab Nernſt [5].

Literatur: [1] Knietſch, Bericht der deutſchen chem. Geſ. **34**, 4069, 1901. — [2] Nernſt, W., Nachr. der Geſ. der Wiſſ. zu Göttingen 1904, 4. Heft. — [3] Nernſt, W., und Wartenberg, H. v., ebend., Februar 1905. — [4] Hahn, O., Zeitſchr. phyſ. Chemie **44**, 513, 1903. — [5] Nernſt, W,, Boltzmann-Feſtſchrift, Leipzig 1904, S. 904. *F. Krüger.*

Devon, Devonformation, Devonperiode wird in der Geologie eine Schichtenreihe genannt, die unter den älteſten der paläozoiſchen Formationen eine mittlere Stellung einnimmt und von der Silurformation unter- und von der Steinkohlenformation überlagert wird.

Die Zeit der Ablagerung wird durch beſonders charakteriſtiſche Tierreſte bezeichnet, die ſich in ihrem Geſamtbild an diejenigen der Silurformation anſchließen, aber eine höhere Entwicklung zeigen. Es ſind in der marinen Ausbildung der Formation beſonders Korallen, auch riffbildende, Brachiopoden, Muſcheln und Schnecken, die zu außerordentlich hoher Bedeutung für die Lebewelt gelangen. Die eigenartigen Kruſtaceen, Trilobiten, vermindern ſich im Devon bedeutend und gehen ihrem Ende entgegen. Ammonitenähnliche Kephalopoden treten an Stelle

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

der nautilusähnlichen. Am eigenartigsten unter der Tierwelt sind die gepanzerten Fische (Ganoiden). Unter den Pflanzen der Devonzeit zeigen sich die Anfänge der in der darüber folgenden Steinkohlenformation so außerordentlich entwickelten Landpflanzen aus der Reihe der Gefäßkryptogamen. In bezug auf die Art der Entstehung der Schichten unterscheidet man eine marine und eine Süßwasserentwicklung, je nachdem die Gesteine und die von ihnen eingeschlossenen Reste von Organismen im Meer (Salzwasser) oder im Süßwasser bezw. am Land entstanden sind oder gelebt haben. Die marine Entwicklung ist wesentlich auf dem europäischen Festland (auch wohl in England) verbreitet und zeigt ähnliche Gesteine wie die Silurformation, vorwiegend also Tonschiefer, Grauwacken, Quarzite, Kalksteine. In der im süßen Wasser (Seen) gebildeten Schichtenreihe, die vorwiegend in England auftritt, bilden rote Sandsteine mit Uebergängen in Grauwacken und Konglomerate die Hauptgesteine. Als Zeugen eruptiver Tätigkeit treten Porphyre und Diabase, Pikrite u. s. w. nebst ihren Tuffen sowohl als Ergüsse wie auch als gangartige Ausfüllungen in den Schichten des Devon auf. Die Lagerung derselben ist in Zentraleuropa durchgängig eine gestörte; überall sind die Schichten durch Seitendruck gefaltet, zerquetscht, aufgerichtet und steil gestellt, verworfen, kurz, in außerordentlich reichem Maße in ihrer Lagerung gestört. Solchen Störungsvorgängen wurden die Devonschichten in mehreren Perioden unterworfen, zuerst und in größtem Maße vor der Ablagerung der Steinkohlenformation. Im nördlichen und mittleren Rußland dagegen finden sich die Schichten noch vielfach in ihrer ursprünglich horizontalen Lage. Man gliedert die Devonformation in drei Abteilungen: 1. Unterdevon, zumeist Quarzite, Grauwacken und Tonschiefer, seltener Konglomerate, von großer Verbreitung zu beiden Seiten des Rheintales, unterhalb Bingen, im Harz, Böhmen, Fichtelgebirge. Hier herrschen die Tonschiefer (Hunsrückschiefer) an Mächtigkeit vor; sie schließen stellenweise Dachschieferlagen ein. Quarzite und Quarzitsandsteine (Taunusquarzit) bilden die tiefsten Schichten und langgestreckte Höhenzüge. 2. Mitteldevon, vorwiegend Tonschiefer und Grauwacken, in den höheren Schichten Kalksteine und Schalsteine; in der Eifel, in Belgien, im südlichen Westfalen. Die in großer Verbreitung auftretenden Tonschiefer schließen Dachschieferlagen (Westfalen) ein. Die Kalksteine gehen in polierfähige Marmore (Nassau) über. 3. Oberdevon, meist Tonschiefer, dann Kalksteine, Quarzite und Grauwacken, vornehmlich in Belgien, bei Aachen, in Westfalen, im Harz, Fichtelgebirge u. s. w. Die Verbreitung ist ziemlich groß, die horizontale Ausdehnung jedoch klein im Verhältnis zu den beiden vorhergehenden Abteilungen. Die an Schalsteinschichten reichen Abteilungen führen oft Erze, besonders Eisenerze (Nassau, Westfalen, Harz) und Phosphorit. Außerdem ist das Devon reich an Gängen von Zinnerz, Kupferkies, Bleiglanz u. s. w. Steinkohlen fehlen in der Formation nahezu gänzlich.

Literatur: v. Gümbel, Grundzüge der Geologie, Kassel 1888; Credner, Elemente der Geologie, 9. Aufl., Leipzig 1901; Neumayr, M., Erdgeschichte, 2. Aufl., Leipzig 1895. *Leppla.*

Dewrances Metall, s. Lagermetall und Zinnlegierungen.

Dexel, s. v. w. Texel (s. d.).

Dextrin (Stärke-, Dampf- oder Röstgummi, Gommelin, Leiokom oder Leiogomme, französ. Amidon grillé), ein in der Technik vielfach Verwendung findender Klebstoff von gummiartigen Eigenschaften, der aus Stärke hergestellt wird.

In reinem Zustand stellt das Dextrin ein weißes, ungefärbtes Pulver vor, während das gewöhnliche, in den Handel kommende Präparat aus gelblich gefärbten Stücken besteht. Wasser löst das Dextrin zu einer gelblichen, klebrigen Flüssigkeit, die das polarisierte Licht stark nach rechts dreht. In schwachem Alkohol ist Dextrin wenig, in starkem und in Aether gar nicht löslich. Es findet in der Technik als Verdickungsmittel, in der Zeugdruckerei, in der Appretur, beim Tapetendruck, zur Papierglasur und überhaupt als billiges Ersatzmittel für den teuern arabischen Gummi ausgedehnte Verwendung (s. a. Dextrinfabrikation, Diastase, Fermente, Gärung). Nach neueren Untersuchungen stellt das Dextrin ein Gemenge von Substanzen vor von der empirischen Zusammensetzung $C_6H_{10}O_5$; die Molekulargröße ist nicht bekannt. Seine Komponenten zählen sämtliche zu den Polysacchariden. Es sind Zwischenprodukte, die bei der Umwandlung der Stärke entstehen. Verdünnte Schwefelsäure führt nämlich beim Kochen Stärke (die sich mit Jod blau färbt) zunächst in Amidulin, dann in Erythrodextrin (das sich mit Jod rot färbt), bei längerem Erhitzen in Achroodextrin (das mit Jod keine Färbung mehr gibt), dann in Isomaltose, Maltose und zuletzt in Traubenzucker über. Mit Phenylhydrazin bildet das Dextrin eine weiße unlösliche Verbindung; beim Erhitzen mit Kalilauge färbt es sich gelb, ferner reduziert es beim Kochen Fehlingsche Lösung. Diese Reaktionen sind für alle Monosen charakteristisch. Dextrin ist nicht direkt gärungsfähig. Verdünnte Säuren führen es in Traubenzucker über, Diastase in Maltose. Bei längerem Liegen an der Luft nimmt das Dextrin zwei Moleküle Wasser auf, seine Zusammensetzung entspricht dann der Formel $C_6H_{10}O_5 + 2H_2O$. Durch naszierenden Wasserstoff wird es reduziert, durch Bromwasser oxydiert, und zwar zunächst zu Dextronsäure $C_6H_{12}O_7$ (identisch mit Glukonsäure), bei weiterer Einwirkung entstehen Bromoform, Bromessigsäure und Oxalsäure. Essigsäureanhydrid wandelt Dextrin bei einer Temperatur von 150° in das in Wasser unlösliche Triacetyldextrin $C_6H_7(C_2H_3O)^3O^5$ um. Salpeterschwefelsäure führt Dextrin in Dinitrodextrin $C_6H_8(NO_2)_2O_5$ über. Bleiessig und Bleizucker fällen Dextrinlösungen nur auf Zusatz von Ammoniak (Unterschied von Pflanzengummi). Durch wässerige Lösung von Barythydrat sowie durch Kalkwasser wird Dextrinlösung gefällt. Zinnchlorür verursacht ebenfalls eine Fällung, nicht dagegen Eisenchlorid, Gerbsäure und Borax. Zum Zwecke der Darstellung des Dextrins ist es nötig, Stärke einer Temperatur von 170—210°, höchstens 220°, auszusetzen. Bei dieser Behandlung färbt sie sich gelblich bis braun und geht in Röstgummi (Dextrin) über. Befeuchtet man die Stärke zuvor mit verdünnten

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Säuren, wie Salz-, Schwefel-, Salpeter-, Oxal- oder Milchfäure, fo geht diefe Umwandlung in Dextrin fchon bei wefentlich niederer Temperatur (80—110°) vor fich. So gewonnenes Dextrin unterfcheidet fich im Ausfehen durch nichts von dem Ausgangsmaterial, der Stärke. Es zeigt unter dem Mikrofkop fogar noch die Struktur der Stärkekörner, in Waffer gebracht, löft es fich aber im Gegenfatz zu jener. Auch die Einwirkung des Magenfaftes fowie die des Speichels und die der Diaftafe bewirkt eine Umwandlung der Stärke in Dextrin bezw. Traubenzucker. Um bei der Fabrikation von Röftgummi feftzuftellen, ob der Umwandlungsprozeß vollftändig vor fich gegangen ift, wird eine Meffefpitze voll von der in Arbeit befindlichen Maffe in heißem Waffer gelöft und diefer Löfung nach vollftändigem Erkalten einige Tropfen einer 1prozentigen alkoholifchen Jodlöfung zugefetzt. Ift noch Stärke, wenn auch in ganz geringen Mengen, vorhanden, fo färbt fich die kalte Löfung fchön blau; ift aber die Stärke vollkommen in Dextrin übergeführt, fo nimmt die Löfung nur eine gelbliche Farbe an.

Literatur: [1] Tollens, Handbuch der Kohlenhydrate, Breslau 1888, S. 173—178, 187—189. — [2] Beilftein, Handbuch der organifchen Chemie, 3. Aufl., Hamburg und Leipzig 1893, S. 1088 bis 1092. — [3] Fifcher, F., Handbuch der chemifchen Technologie, Leipzig 1893, S. 845. — [4] Schmidt, Pharmaz. Chemie, 4. Aufl., Braunfchweig 1901, S. 874 ff. — [5] Rehwald, Die Stärkefabrikation, Wien 1895. *Mezger.*

Dextrinfabrikation. Das Dextrin wird durch chemifche Umwandlung der Stärke (f. Dextrin) erhalten. Neben der billigen und fehr geeigneten Kartoffelftärke wird gegenwärtig in fehr großer Ausdehnung die Maisftärke und außer diefer auch Weizenftärke verwendet. Im großen werden befonders zwei Vorgänge für die Herftellung von Dextrin angewendet: 1. die Erhitzung der trockenen Stärke auf 180—260° C. und 2. die Erhitzung der Stärke mit fehr geringen Mengen einer Säure in trockenem oder naffem Zuftande.

Das nach dem erften Verfahren erhaltene Dextrin ift gelb bis braun und führt die Namen Röftgummi, künftliches Gummi, Leiokom, Leiogomme, Gommelin oder gebrannte Stärke. Nach dem zweiten Verfahren erhält man dagegen meift ein ganz weißes Dextrin, das im Ausfehen bei Betrachtung mit dem unbewaffneten Auge von Stärke kaum zu unterfcheiden ift und als Säuredextrin, Dextrin fchlechtweg, Gommeline blanche oder im Falle gelber Färbung als Gomme factise bezeichnet wird. Alle diefe Namen find vorwiegend für Dextrin aus Kartoffelftärke üblich; aus Weizenftärke erzeugtes wird Amidon grillé, aus Maisftärke hergeftelltes British gum genannt.

Außer diefen zwei Erzeugungsarten war früher noch eine dritte im Gebrauch, die aber gegenwärtig kaum noch von Bedeutung ift, nämlich die Einwirkung von Malz auf Stärke. Bei diefem Vorgange entfteht neben Dextrin auch Maltofe, von der das fertige Erzeugnis 30—50 % des Trockengewichts enthält. Das Malzverfahren liefert eine Löfung, die beim Eindampfen einen dicken Seim, den fogenannten Dextrinfirup, gibt.

Um das mehlartige Dextrin, wenn es als Erfatz des arabifchen Gummis dienen foll, diefem ähnlich zu machen, wird es manchmal entweder mit möglichft wenig Waffer zu einem fteifen Teige angerührt, in dünner Schicht bei 100—150° C. getrocknet und in Stücke gebrochen, oder man fetzt es einem Dampfftrahle aus, wodurch es zu durchfichtigen Stücken zufammenklebt, die gleichfalls getrocknet und zerbrochen werden (Dampfgummi). In den letzten Jahren hat fich infolge des großen Mangels an arabifchem Gummi das Beftreben geltend gemacht, ein fehr reines Dextrin darzuftellen, das auch die reinften Sorten des arabifchen Gummis zu erfetzen vermag. Es wurde hierzu hauptfächlich das Kochen von Stärke mit fehr verdünnten Mineralfäuren unter Druck, Entfärben und Eindampfen der Löfung vorgefchlagen. Ein derartiges Dextrin, das in Form von glänzenden, weißen, hell- oder dunkelgelben, fcharfkantigen Brocken in den Handel kommt, wird auch als Kriftallgummi bezeichnet.

1. **Darftellung von Dextrin durch Erhitzen von Stärke.** Diefes Verfahren tritt gegenwärtig gegen das zweite immer mehr in den Hintergrund. Die gut zu trocknende Stärke liefert um fo helleres Dextrin, je niedriger die Wärme beim Röften in den verfchiedenen Oefen ift; für ganz helle Sorten darf fie 160—200° C. nicht überfteigen. In England und Amerika benutzt man immer noch vielfach fich langfam drehende Zylinder aus Eifenblech von etwa 3 m Länge und 3 dm Durchmeffer, die ähnlich wie Gasretorten in fchwach geneigter Lage in einer gemeinfamen Feuerung liegen und ununterbrochen betrieben werden, indem die Stärke oben einfällt und ein- oder zweimal durch einen Zylinder durchgeht. Sie erlauben ebenfowenig wie der von Blumenthal angegebene Herdofen (D.R.P. Nr. 10593) eine genaue Einhaltung des richtigen Wärmegrades. Letzteres erreicht man in Deutfchland gegenwärtig durch Oelbäder oder gefpannten Waffердampf. Es werden hierzu diefelben Apparate verwendet, die auch zur Erhitzung von angefäuerter Stärke dienen (f. unter 2.). Die zu röftende Stärke wird immer als gleichmäßiges Pulver eingebracht; Röften von Stengelftärke, die früher aus Kartoffelftärke mit Hilfe von Kleifter eigens geformt wurde (f. [2]), ift nicht mehr üblich. Ueber die älteften Röftöfen f. [1].

2. **Darftellung von Dextrin unter Mithilfe von Säuren.** Diefes Verfahren wird in der älteften Form, in der es 1841 von den Dextrinfabrikanten Gebr. Heuzé in Petite Villette bei Paris erfunden wurde, in der Weife ausgeführt, daß Stärke mit etwa 0,002—0,01 Gewichtsteilen der ftark verdünnten Säure zu einem feuchten Pulver angerührt, getrocknet und auf 100—125° C. erhitzt wird. Die Gebr. Heuzé [3] benutzen Salpeterfäure, Pinel [4] ein Gemenge diefer mit Salzfäure, St. Etienne [5] und Thomas [5], [6] bloß Salzfäure. Schwefelfäure eignet fich für diefe Form des Verfahrens nicht, da das mit ihrer Hilfe erhaltene Erzeugnis an der Luft Feuchtigkeit anzieht. Von fonftigen Säuren wurde noch 1858 von Pochin und Wooley [8]

in Manchester Milchsäure in Form von Buttermilch oder saurer Milch vorgeschlagen und angewendet. Ueber den Vorgang der Dextrinbildung durch Salpetersäure hat Petit [7] Untersuchungen angestellt. Danach bleiben von 1000 Teilen Stärke bei Anwendung von 0,2%, 0,3% und 0,5% Salpetersäure 3 Teile, 2 Teile und 1 Teil unverändert, während bei Anwendung von 0,8% und darüber nur Spuren von Stärke unverändert bleiben. Das Reduktionsvermögen des erhaltenen Dextrins nimmt bei gleichbleibender Säuremenge mit der Dauer der Erhitzung ab, bei gleichbleibender Erhitzungsdauer mit der Säuremenge zu. Eine zweite Form des Säureverfahrens ist die Einwirkung von gasförmigen Säuren auf trockene Stärke bei gewöhnlichem oder erhöhtem Druck. Ch. O. Neille [9] hat 1859 hierzu Salzsäure, F. M. Bachet und F. M. Savalle [10] in Paris (D.R.P. Nr. 1837) Kohlensäure und A. H. J. Bergé [11] (D.R.P. Nr. 55868) schwefelige Säure vorgeschlagen. Endlich kann man die Säuren auch in wässeriger Lösung auf Stärkemilch einwirken lassen; doch muß man in diesem Falle dafür sorgen, daß keine Zuckerbildung eintritt. Es kann entweder Oxalsäure (Verfahren von Ficinus [12] oder Schwefelsäure (Verfahren von T. A. Hoffmann) [13] verwendet werden. Auf jeden Fall hat

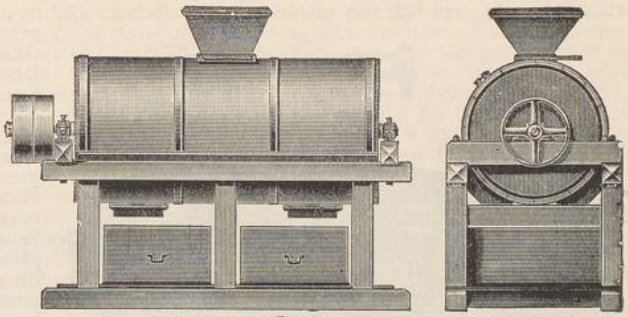


Fig. 1.

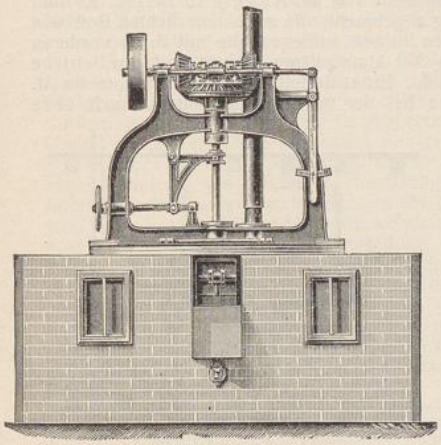


Fig. 2.

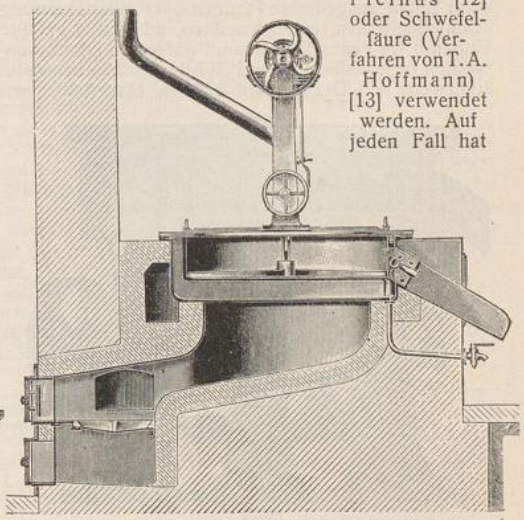


Fig. 2a.

man den Nachteil der Eindampfungskosten und der Notwendigkeit einer nachträglichen Abstumpfung der Säure, um der Zuckerbildung beim Eindampfen vorzubeugen. Da jedoch das erhaltene Dextrin sehr rein ist, so ist dieses Verfahren neuerer Zeit wieder in entsprechender Ausbildung von Schumann [14] (D.R.P. Nr. 41931, 43146 und 43772) zur Darstellung eines dem arabischen Gummi sehr ähnlichen Dextrins verwendet worden.

Von allen diesen Verfahren wird am häufigsten das zuerst genannte, und zwar meist unter Anwendung von Salpetersäure ausgeführt. Das Anfäuern (Präparation) wird meist mit der trockenen Stärke vorgenommen, mit der feuchten nur dann, wenn Stärke- und Dextrinfabrik vereinigt sind. Meist erfolgt es durch Handarbeit. In größeren Betrieben sind weit vollkommener arbeitende Mischmaschinen eingeführt. Blumenthal verwendet als solche eine Vorrichtung (D.R.P. Nr. 11920), die aus einem zylindrischen Mantel besteht, in dem die eintretende Stärke durch ein Rührwerk zerstäubt und in den gleichzeitig durch ein Strahlgebläse ein Säurenebel zugeführt wird. Die Mischung ist innig, die erhaltene Stärke ohne vorheriges Trocknen zur Röstung verwendbar. Eine ähnliche Vorrichtung, ausgeführt von W. H. Uhland in Leipzig-Gohlis, zeigt Fig. 1. Zur Anfäuerung feuchter Stärke hat Uhland [15] ein Mischwerk hergestellt, durch das die Stärke in feine Flocken zerteilt wird, die in einen Schacht herabfallen, in den ein Säurenebel eingeblasen wird. Die herabgefallene Stärke wird noch einmal durch eine kräftige Mischmaschine getrieben und dann in die Trockenkammer gebracht. Das Rösten geschieht in England und Amerika vielfach noch in den obenbeschriebenen schrägliegenden Rösttrommeln für ununterbrochenen Betrieb, in Deutschland dagegen ausschließlich in Röstpfannen, die entweder im Oelbad oder mit gespannten und überhitzten Wasserdämpfen [16]

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

geheizt werden und mit Rührwerk verſehen ſind. Fig. 2 und 2a ſtellt die erſte Art der Heizung an einer Röſtpfanne von derſelben Firma [15] dar. Die gußeiſerne, innen ausgedrehte Röſtpfanne iſt in eine zweite eingeſetzt und der Zwiſchenraum beider mit Oel gefüllt, das durch einen Hahn abgelaſſen werden kann. Das Rührwerk miſcht oder entleert, je nachdem es vor- oder rückwärts geht, und läßt ſich ausrücken und ausheben. Der zweiteilige Deckel kann ebenfalls gehoben werden. Die Dunſtrohre führen die ſich entwickelnden Dämpfe ins Freie oder in eine Staubkammer. Die Einwirkung des Feuers auf den Heizkeſſel kann durch einen Schieber oder eine Klappe geregelt oder auch ganz aufgehoben werden. Die Pfannen werden entweder einzeln oder meiſt zu zweien über einer Feuerung angebracht. Dieſe Röſtpfannen ermöglichen eine gute Einhaltung der gewünſchten Temperatur und erfordern keine Dampfanlage. Eine ältere, minder vollkommene Röſtpfanne mit Oelbadheizung hat F. Schmidt in Halle a. S. ausgeführt [17]. — Fig. 3 zeigt die zweite Art der Heizung in einer älteren Ausführung bei der Röſtpfanne von R. Lehmann [16], hergeſtellt von W. Angele in Berlin. Es ſind zwei innen ausgedrehte Pfannen über einer Feuerung angebracht, die auf einem dichten Roſt von ſchmiedeeiſernen, zugeſchweißten, mit Waſſer gefüllten Rohren aufliegen, die mit ihren vorderen Enden *a* im Feuer ſtecken und auf einen Druck von 300 Atmoſphären geprüft ſind. Im Betriebe werden ſie höchſtens bis auf 80 Atmoſphären beanſprucht. Eines derſelben trägt ein Manometer *M*. Rührwerk und Deckel ſind ähnlich eingerichtet wie bei der vorigen Röſtpfanne. Auch dieſe

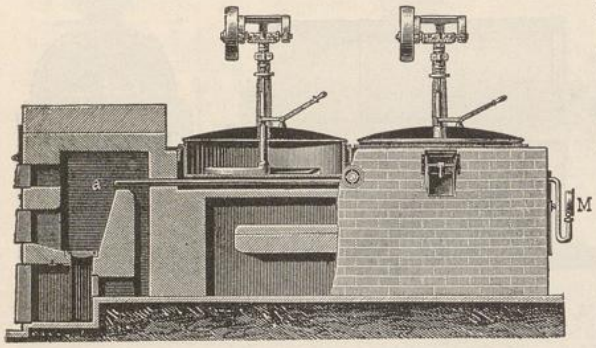


Fig. 3.

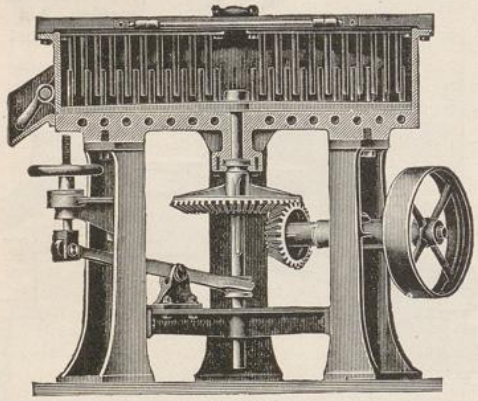


Fig. 4.

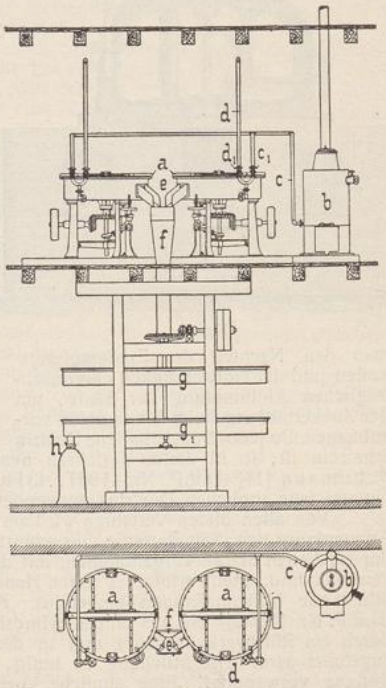


Fig. 5.

Art der Heizung iſt unabhängig von einer Dampfanlage. Weit zweckmäßiger und vollkommener iſt eine von W. H. Uhland in neuerer Zeit eingeführte Röſtpfanne mit Dampfheizung [26], [27], die in Fig. 4 dargeſtellt iſt. Ihre Heizung erfolgt durch ein in den Boden eingegoſſenes Schlangenrohr, durch das überhitzter Dampf ſtrömt, der bis auf 400° C. erwärmt werden kann. Dadurch iſt es möglich, das Anheizen ſehr raſch durchzuführen, die Wärmezufuhr läßt ſich genau regeln und beliebig unterbrechen. Nach Beendigung einer Röſtung kann man mittels eines Wechſelhahns kaltes Waſſer durch die Heizſchlange ſtrömen laſſen, wodurch die Pfanne ſo raſch abgekühlt wird, daß ſie ſogleich wieder mit neuer Stärke beſchickt werden kann, ohne Gefahr zu laufen, daß dieſe einſeitig überhitzt werden könnte. Dies geſtattet auch die Verwendung verhältnismäßig feuchter Stärke ohne Gefahr von Klumpen- und Griesbildung. Sehr vorteilhaft iſt es, daß Antrieb und Aushebung des Rührwerks von unten erfolgt, ſo daß die Pfanne von oben völlig frei iſt und daß ſie wegen des Entfallens der Einmauerung überall aufgeſtellt werden kann. Der zugehörige Dampfüberhitzer beſteht aus einem gußeiſernen, mit Iſoliermaſſe bekleideten Hohlzylinder, in deſſen Wandung die Dampfrohre

eingegoſſen ſind und deſſen innerer Hohlraum durch eine obere Oeffnung mit Koks gefüllt wird, der unten auf einem Roſt aufruht. Da dieſe Röſtpfanne auch mit heißem Waſſer geheizt werden kann, ſo iſt ſie nicht an das Vorhandenſein einer Dampfanlage gebunden und iſt wegen all ihrer Vorzüge wohl gegenwärtig die vollkommenſte Röſteinrichtung zur Dextrinerzeugung.

Die noch heiße Stärke wird gewöhnlich auf Platten zum Auskühlen ausgebreitet, wobei ſie jedoch leicht nachdunkelt. Beſſer iſt daher die Anwendung einer beſonderen Kühlvorrichtung. Fig. 5 zeigt einen ſolchen Kühler von Uhland in Verbindung mit zwei Dampfröſtpfannen *a*, einem Dampfüberhitzer *b* und der Waſſerleitung *d*. Der Kühler beſteht aus zwei (oder mehr) großen, flachen Pfannen *g*, g_1, die mit einem langſam umlaufenden Rührwerk verſehen ſind, welches das Dextrin auf der oberen Pfanne von außen nach innen, auf der unteren umgekehrt bewegt, ſo daß es ſchließlich bei *h* abgekühlt herausfällt. Die beiden Röſtpfannen *a* ſtehen ſo nebeneinander, daß ihre Ausläufe *e* durch den gemeinſamen Schlot *f* zum Kühler führen; c_1 iſt der Hahn für Dampf, d_1 jener für kaltes Waſſer.

Die Dextrinfabrik kann entweder ebenerdig oder beſſer einſtöckig ausgeführt werden und iſt am beſten ſo anzulegen, daß ſie durch Anbaue leicht vergrößert werden kann. Da das Präparieren, Vortrocknen der präparierten Stärke, das Röſten und Kühlen ſowie das Fortbewegen der Stärke und des Dextrins durch Maſchinenarbeit verrichtet werden kann, ſo ſind zur Bedienung der ganzen Anlage nur wenige Arbeitskräfte erforderlich.

Die Verſuche und Vorſchläge, das Dextrin unmittelbar aus Getreidekörnern, Mehl oder Kartoffeln oder aus der Pülpe der Stärkefabriken herzuſtellen, haben niemals zu einer nennenswerten Anwendung im großen geführt, da das erhaltene Dextrin viel zu unrein iſt, um den gegenwärtigen Anforderungen entſprechen zu können. Solche Vorſchläge ſind z. B. gemacht worden von T. A. Hoffmann [13], Fließbach [19], Boffert-Renge [28] und Fr. Anthon [18], welch letzterer zum Erhitzen eine eigne, jedoch ſehr unzweckmäßige Vorrichtung, den ſogenannten Dextrinzellenapparat, angegeben hat. Auch der Verſuch K. D. Eckmanns in England, einen dextrinartigen Körper aus den Ablaugen der Sulfitzellſtoffabriken zu gewinnen und unter dem Namen Dextron in den Handel zu bringen [29], dürfte kaum größere Bedeutung erlangen, da auch dieſer Körper ungenügend rein iſt.

3. Das aus Malz gewonnene Dextrin führt den Namen unwägbarer Sirup oder Dextrinſirup (sirop impondérable). Beſonders in der Bierbrauerei verwendet, ſehr zuckerhaltig, wurde er durch Erhitzen von Stärke mit Malzſchrot auf 75° C., Aufkochen, Filtrieren und Eindampfen erhalten. Näheres in größeren Handbüchern [20], [21]. Die Ueberwachung der Umwandlung der Stärke in Dextrin erfolgt bei jedem Verfahren durch Verſetzen einer in Waſſer gelöſten Probe mit einer Jodlöſung, welche Stärke blau, Dextrin weinrot färbt. Jenes Dextrin, das zum Gummieren von Zetteln, Briefumſchlägen u. dergl. beſtimmt iſt, ſoll beim Eintrocknen feiner Löſung einen glänzenden, weichen, nicht brüchigen Ueberzug zurücklaſſen. Zu dieſem Zwecke wird feine Löſung mit verſchiedenen Zuſätzen verſehen und dann gewöhnlich als Dextrinleim bezeichnet. Vorſchriften zur Herſtellung eines ſolchen ſind z. B. 400 g Dextrin, 600 g kaltes Waſſer, 10 g Traubenzucker, 20 g Glyzerin auf 90° C. erhitzt; oder 400 g Dextrin mit 400 g Waſſer angerührt, mit 200 g Waſſer verdünnt, mit 20 g Traubenzucker und 10 g Aluminiumſulfat verſetzt und auf 90° C. erhitzt [22]. Andre Vorſchriften ſ. [23], [24], [30], [31]. Das von O. Kutzner in Potsdam in den Handel gebrachte Gummi germanicum iſt ein in wäſſeriger Löſung gebleichtes und wieder eingedampftes Dextrin [32]. — Die Reinheit und Zuſammenſetzung des Handelsdextrins iſt ziemlich beträchtlichen Schwankungen unterworfen, wie aus den folgenden Zahlen hervorgeht [25]:

Bezeichnung des Dextrins	Waſſer %	Löslich bei 15° C. %	Zucker %	Säure; verbrauchte C.C.-Normallauge auf 100 g	Aſche %	Bemerkungen; Art der vorhandenen Säure
Ia	9,44	70,20	3,64	1,29	0,35	gelblichweiß; Salpeterſäure
Ia	9,65	70,15	4,75	1,27		weiß; Salpeterſäure
	9,82	59,05		2,20	0,28	famtartig, gelb; Salpeterſäure
	15,13	35,55		4,00	2,36	körnig; Salpeterſäure, Schwefelſäure, Chlor, viel Magneſia
Apparat			2,29	3,00		gelb; Salpeterſäure
Kammer			3,54	2,00		„ „

Aeltere Analyſen ſ. [20], [21], neuere [33]. Ueber die Methoden zur chemiſchen Unterſuchung des Dextrins, die zu genauerer Ueberwachung des Betriebes erforderlich iſt, ſ. [33] und [34].

Literatur: [1] Payen, Chimie industrielle und Dingl. Journ., 115, 219. — [2] Rey, Dingl. Journ., 67, 49. — [3] Ebend., 115, 220. — [4] Ebend., 99, 295. — [5] Pharm. Zentralbl. 1847, 649. — [6] Dingl. Journ., 102, 229. — [7] Compt. rend., 114, 46. — [8] Dingl. Journ., 149, 145. — [9] Wagners Jahrb., 1859, 330. — [10] Jacobſens Repertorium, 1878, I, 300. — [11] Wagners Jahrb., 1891. — [12] Pharm. Zentralbl. 1871, 220. — [13] Dingl. Journ., 149, 320. — [14] Wagners Jahrb., 1888. — [15] Uhland, W. H., Mitteilungen für die geſamte Stärkeinduſtrie, Leipzig 1890, Bd. 1, S. 56. — [16] Dingl. Journ., 243, 220. — [17] Wágner, L. v., Stärkefabrikation, 2. Ausg., Leipzig 1886, 673. — [18] Wagners Jahrb., 1875, 770. — [19] Chemiſche Induſtrie, 7, 395. — [20] Stohmann und Kerl, Encyklopäd. Handb. der techn. Chemie, Bd. 2. — [21] Wágner, L. v., Die Stärke-, Dextrin- und Traubenzuckerfabrikation, Braunſchweig. — [22] Dietrich, Pharm. Zentralhalle 1887, 271; Induſtrieblätter 1887, 173; Jacobſens Repertorium, 1887. — [23] Helfenberger Pharm. Ztg., Berlin 1887, Bd. 49, S. 5; Jacobſens Repertorium, 1886. — [24] Bayer. Induſtrie- und Gewerbeblatt, 49 (1887) 30. — [25] Reinke, Zeitſchr. für Spiritusinduſtrie 1892, 144. — [26] Uhlands

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Techn. Rundschau 1901, Gruppe 4, S. 87. — [27] Zeitschr. für Spiritusindustrie, Bd. 24, S. 340. — [28] Chem. Industrie, Bd. 25 (1902), S. 455. — [29] Dingl. Journ., 301 (1896), 119; Chem. Industrie, Bd. 18, S. 370. — [30] Chem. Industrie, Bd. 23, S. 562. — [31] Zeitschr. für die gesamte Kohlensäureindustrie, Bd. 7, S. 344; Alkohol, Bd. 11, S. 258; Amerik. Apotheker-Ztg., Bd. 22, S. 79. — [32] Chem. Industrie, Bd. 19 (1896), S. 445. — [33] Pharm. Zentralhalle, Bd. 39, S. 733. — [34] Zeitschr. für Spiritusindustrie, Bd. 25, S. 237. *F. Reinitzer.*

Dextrinleim, -firup, Dextron, s. Dextrinfabrikation und Stärkezuckerfabrikation.

Dextrose, ältere Bezeichnung für den Traubenzucker, durch die derselbe als die Ebene des polarisierten Lichtstrahles nach rechts drehend von dem linksdrehenden Fruchtzucker, der Lävulose, unterschieden wurde. Heute ist dieser Name nur noch wenig üblich, indem man den Zucker entweder als Traubenzucker oder nach dem Vorschlage von E. Fischer [1] systematisch mit d-Glukose bezeichnet (s. d-Glukose unter Kohlehydrate.)

Literatur: [1] Fischer, Berichte der deutschen chem. Gesellschaft, Bd. 23, S. 371. *Bujard.*

Deziliter, Hohlmaß = 0,1 l.

Dezimalbruch, s. Bruch.

Dezimale, bayrisches Flächenmaß, 34,07 qm = $^1/_{100}$ Tagwerk.

Dezimalsystem, Zahlensystem mit der Grundzahl 10.

In der Technik bezeichnet man mit Dezimalsystem diejenige Einteilungsart der Münzen, Maße und Gewichte, bei welcher jede höhere Einheit das Zehnfache der niedrigeren Einheit ist. Ursprünglich wurde der Regel nach, von der Grundeinheit ausgehend, das Zehnfache durch die Vorsilbe Deka-, das Hundertfache durch die Vorsilbe Hekto-, das Tausendfache durch die Vorsilbe Kilo-, das Zehntausendfache durch die Vorsilbe Myria- bezeichnet. Ein Zehntel der Grundeinheit wurde angedeutet durch die Vorsilbe Dezi-, ein Hundertstel durch die Vorsilbe Zenti-, ein Tausendstel durch die Vorsilbe Milli-. In der Praxis ist diese Anordnung niemals systematisch durchgeführt worden, sondern man hat je nach Bedarf bald eine, bald auch mehrere Einheiten übersprungen, z. B. nur Kilogramm, Gramm, Milligramm u. s. w. beibehalten. Als Grund für diese Abweichung mag das Bestreben gelten, möglichst wenige Einheiten und Bezeichnungen zu haben, da die große Menge sich doch nur wenige zu eigen macht. Die Nachteile des Dezimalsystems liegen in der geringen Teilbarkeit seiner Einheit, die sich nur in 2 · 5 zerlegen läßt. Sein Hauptvorzug ist die Uebereinstimmung mit dem dekadischen Zahlensystem Mit Leichtigkeit hat sich daher das Dezimalsystem fast auf allen Gebieten des Meßwesens eingebürgert, und nur in der Zeit- und Winkelmessung ist es beim alten Duodezimalsystem verblieben. Aber auch für die Einteilung des Kreises in 400 Grade, also des Quadranten in 100 Teile, ist namentlich in den Kreisen der Astronomen und Geodäten eine starke Agitation bemerkbar. *Plato.*

Dezimalwage, s. Wage.

Dezimeter, ein Längenmaß von 0,1 m Länge.

Längenmaße, die in der Angabe der Gesamtlänge mit der Bezeichnung Dezimeter versehen sind, wurden nur noch bis zum 31. Dezember 1896 zur Wiederholung der Eichung und Stempelung zugelassen, gemäß den Uebergangsbestimmungen betreffend die Zulassungsfristen für ältere Maße, Meßwerkzeuge, Gewichte und Wagen vom 30. Dezember 1884 (Reichsgesetzblatt 1885, Beilage zu Nr. 5, Art. 1, I.). Die neue Maß- und Gewichtsordnung kennt die Bezeichnung Dezimeter nicht mehr. S. a. Metrisches System und Längenmaße. *Plato.*

Dhoties, Schirtings mit farbigen Streifen, s. Weberei.

Dhra (Dhraa, auch Codo, Kála genannt), Längenmaß in Marokko = 0,571 m.

Di, in der Chemie Zeichen für Didym (s. d.).

Diabas wird in der Gesteinkunde ein kieselsäurearmes Eruptivgestein genannt, das hauptsächlich aus triklinem Feldspat (Plagioklas) und Augit besteht und ein rein körniges Gefüge besitzt.

Des meist hohen, vortertiären Alters dieser Gesteine wegen sind ihre Gemengteile selten frisch. Der Feldspat, gewöhnlich ein Oligoklas, ist meist getrübt und in beginnender Zersetzung (Kaolinisierung) begriffen, der Augit häufig in grüne, filzige, chloritähnliche Aggregate (Viridit) umgewandelt. Neben diesen Hauptgemengteilen treten stellenweise noch Diallag, Biotit, Hornblende, Olivin, Quarz, Titaneisen, Schwefelkies, Kalkspat, Brauneisenerz, fast ausnahmslos aber Magneteisen und Apatit auf. Nicht alle diese Mineralien gehören dem Gestein seit seiner Bildung an; Hornblende, Quarz können, Schwefelkies, Kalkspat, Brauneisenerz müssen als spätere, durch die Verwitterung entstandene Neubildungen angesehen werden. Diabas mit ursprünglich reichlich beigemengter Hornblende wird als Hornblende-Diabas oder Proterobas bezeichnet. Als Leukophyre wurden hellgefärbte, an Titaneisen reiche, feinkörnige bis dichte Diabase von vorgeschrittener Zersetzung und daher nicht genügend bekannter Zusammensetzung bezeichnet. Die Umwandlung des Diabases geht in vorgeschrittenerem Zustand stets mit einer Lockerung des Zusammenhaltes der einzelnen Gemengteile Hand in Hand und ihr Endprodukt ist ein eisenschüssiger Lehm. Hierbei geht die ursprüngliche dunkle oder durch die chloritisierten Augite mehr dunkelgrüne Farbe gänzlich verloren, und es tritt das durch die Bildung von Brauneisenerz erzeugte Ockergelb an ihre Stelle.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Das Gefüge des Diabases ist ein rein körniges; die Hauptgemengteile zeigen keinerlei äußere Kristallbegrenzung, sondern ihre Form wird, der annähernd gleichzeitigen Entstehung halber, durch das Korn des benachbarten Mineralindivids bedingt (s. Ophit). Als Variolite (Kugeldiabas) bezeichnet man Diabase, die in einer feinkörnigen bis dichten Grundmasse kleine, erbsengroße Kügelchen (Variolen) führen, deren Gefüge eine radialstrahlige Anordnung der Gemengteile aufweist. Die Korngröße schwankt zwischen 1 cm Länge und mikroskopischer Kleinheit. Die feinkörnigen und dichten (aphanitischen, daher Diabasaphanit) Gesteine sind mit unbewaffnetem Auge schwer zu untersuchen; hierzu bedarf es fast stets des Mikroskopes. In dem Gefüge kommen Uebergänge zu den Augitporphyriten (s. Porphyrit) und Melaphyren dadurch zustande, daß die Hauptgemengteile nicht gleichzeitig, sondern in zwei Altersfolgen, nämlich als Einsprenglinge und als Grundmasse entstehen (Diabasporphyrite), und selbst bei den rein körnigen Diabasen macht sich eine verschiedenzeitliche Entstehung der Hauptgemengteile und eine dadurch bedingte Abart des Gefüges geltend, wenn der Feldspat zuerst auskristallisiert (in Leisten und Tafeln) und der Augit die von jenem übriggelassenen Zwischenräume regellos ausfüllt (s. Ophit). Ihrer chemischen Beschaffenheit nach gehören die Diabase zu den an Kieselsäure armen, aber an alkalischen Erden (Kalk, Magnesia) und Natron reichen Eruptivgesteinen der älteren geologischen Zeiträume. Die durchschnittliche Zusammensetzung weist auf: 41—53 % SiO_2, 11—20 % Al_2O_3, 12 % $FeO + Fe_2O_3$, 6—12 % CaO, 4—8 % MgO, 2—4 % Na_2O, 0,5 bis 2 % K_2O. Das spezifische Gewicht der Diabase ist ein ziemlich hohes und liegt in der Regel zwischen 2,8 und 3,0. Die Lagerungsform der Diabase unterliegt meist großem Wechsel. Er tritt vielfach in Gängen, also als in offene Spalten eingepreßtes Magma auf und zeigt hier gegen die Spaltenwände infolge rascherer Abkühlung zumeist ein mehr porphyrisches Gefüge. Fast ebenso häufig nahm das Diabasmagma die Form eines lavaartigen Ergusses an und zeigt sich alsdann gewöhnlich auch blasig und mandelsteinartig (Diabasmandelstein). Selten bildet der Diabas ganze Gebirgsstöcke wie der Granit. Die Absonderung entspricht der Lagerungsform und ist bei den Gangdiabasen eine plump säulenförmige oder prismatische und bei dem Ergußgesteine eine unregelmäßig bankige. Die meisten Diabaseruptionen zeigen sich in den älteren paläolithischen Schichten, also im Silur und im Devon (Fichtelgebirge, Harz, Thüringer Wald, rheinisches Schiefergebirge u. s. w.); ihre Verbreitung ist hier eine sehr große und die Verknüpfung mit tuffartigen Gesteinen setzt eine ähnliche Entstehungsweise wie diejenige der heutigen vulkanischen Gesteine voraus. Weniger häufig kommen Diabase in jüngeren Formationen vor, doch sind verwandte Gesteine bis in das jüngste Tertiär beobachtet worden. In vielen Fällen ist das von den Diabasgängen durchsetzte Nebengestein in unmittelbarer Nachbarschaft des Ganges verändert, gefrittet, verglast u. s. w. [1], [2]. Von nachträglichen Veränderungen (Umwandlung, Schieferung u. s. w.) abgesehen, entspricht der Diabas in fast allen Beziehungen dem Basalt und Melaphyr. Die Härte des Diabases ist ungefähr 6. Sie ändert sich jedoch und wird geringer, sobald die Hauptgemengteile in Umwandlung begriffen sind. Das ursprünglich bei grobem Korn spröde Gestein wird zähe, besonders dann, wenn der augitische Gemengteil in chloritische Substanz übergegangen ist und der Feldspat erst in beginnender Trübung sich befindet. Danach ist die technische Benutzbarkeit zu beurteilen. Die mittlere Druckfestigkeit der Hornblendediabase (Proterobase) vom Ochsenkopf im Fichtelgebirge und Neuwerk bei Rübeland (Harz) ist sehr hoch und beträgt im ersteren Fall 2080 kg, im letzteren 2567 kg auf den Quadratzentimeter. Grobkörnige und ganz frische Diabase sind weniger widerstandsfähig gegen Zertrümmerung, feinkörnige und dichte Arten mehr. Gegen Zug und Druck verhalten sich die Diabase mit chloritisiertem Augit weit vorteilhafter. Eine Politur nimmt Diabas in frischem Zustand leichter als im zersetzten an. Im allgemeinen eignet er sich sowohl zu Pflaster- wie zu Beschotterungsmaterial sehr gut, natürlich unter Berücksichtigung seines Umwandlungszustandes [3]. Als Hochbaumaterial sind für rauhes Mauerwerk mit Vorteil nur die festen, mandelsteinartigen Diabase zu verwenden. Die kompakten, körnigen und dichten Gesteine lassen sich nur schwer bearbeiten, doch wurden Diabase auch als Dekorationsmaterial verwendet. Sehr ausgedehnt ist die Benutzung und Verarbeitung der dunkeln und schwärzlichen Diabase (fälschlich Syenite) der Lausitz und des südlichen Schwedens zu Monumenten. Sie werden zersägt, geschliffen und poliert [3]. Die dunkelgrünen, feinkörnigen Proterobase vom Ochsenkopf (Fichtelgebirge) und Neuwerk (bei Rübeland im Harz) sind sehr politurfähig und eignen sich zu Verkleidungsmaterial bei Hochbauten.

Literatur: [1] Zirkel, Lehrbuch der Petrographie, Leipzig 1894, 2. Aufl., Bd. 2, S. 621. — [2] Kalkowsky, E., Elemente der Lithologie, Heidelberg 1886, S. 111. — [3] Hermann, Zeitschr. für praktische Geologie 1895, S. 161. — [4] Hermann, Steinbruchindustrie und -Geologie, Berlin 1899, S. 242.

Leppla.

Diabasaphanit, -mandelstein, -porphyrit, s. Diabas.

Diabasschiefer oder schieferiger Diabas, dunkelgrüner (mit chloritisiertem Augit) in einer Richtung gestreckter, daher scheinbar geschichteter Diabas.

Die Gesteine sind meist das Ergebnis von starken Quetschungen und Streckungen durch Gebirgsstörungen, Faltungen und Verwerfungen; hierbei sind die regellos verteilten Gemengteile in ihren Längsausdehnungen parallel gerichtet worden. Natürlich steht damit eine Zertrümmerung der Gemengteile im Zusammenhang. Solche schieferige Diabase sind in gefalteten Gebirgen, im zentraleuropäischen Devon und Silur sehr häufig. Die mechanischen Veränderungen machen die Gesteine für Bauzwecke und Pflastermaterial vielfach unbrauchbar und der neu entstandenen Trennungsflächen wegen sind größere Blöcke selten erhältlich. Die Verwendung erstreckt sich daher nur auf Kleinschlag für Straßenbau.

Leppla.

Diabastuff wird Tuff genannt, dessen Material aus Diabasbruchstücken besteht und wahrscheinlich in vielen Fällen aus Trümmermaterial entstanden ist,

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

das bei der Eruption des Diabaſes in Form von Aſchen und Rapilli ausgeworfen wurde.

Die Gemengteile des Diabastuffes ſind alſo teilweiſe Bruchſtücke von Diabas ſelbſt, teilweiſe ſolche von Feldſpat und Augit; beſonders aber iſt das chloritiſche Umwandlungsprodukt des letzteren (Viridit) an der Zuſammenſetzung des Tuffes beteiligt. Iſt derſelbe aus eckigem Verwitterungsmaterial des Diabaſes gebildet, ſo geht er in Diabasbreccie über und ſind ſeine Elemente gerollt, ſo nähert er ſich mehr dem Diabaskonglomerat. Die echten Diabastuffe ſind meiſt grünlichgrau, mittel- bis feinkörnig, oft gut geſchichtet oder auch geſchiefert und gewöhnlich reich an kohlenſaurem Kalk, einem Umwandlungsprodukt des Augites. Hierher gehörige Geſteine haben eine verhältnismäßig geringe Verbreitung und daher auch geringe Verwendung. Diabastuffe von Hof in Bayern werden zum Straßenbau benutzt. *Leppla.*

Diagonal, beim Bergbau auf einer plattenförmigen Lagerſtätte eine geneigte Richtung, die zwiſchen der Streich- und Fallrichtung (ſ. Fallen und Streichen) liegt, alſo weniger Neigung hat als letztere. Diagonale Strecken werden jetzt nur noch ſelten angewendet. *Treptow.*

Diagonalbau, ſ. Bootsbau.

Diagonalbeplankung, -ſchienen, -verband, ſ. Schiffbau.

Diagonalbogen, ſ. Gratbogen.

Diagonale, in der Planimetrie Gerade, die zwei nicht aufeinander folgende Ecken eines Vielecks (ſ. Polygon) verbindet; in der Stereometrie Verbindungslinie zweier Ecken eines Körpers, die nicht mit der Diagonale einer Seitenfläche oder mit einer Kante zuſammenfällt. *Wölffing.*

Diagonalen (Schrägen), die geneigten Ausfachungsſtäbe eines Fachwerkträgers.

Sie ſind entweder Zugſtäbe (ſ. d.) oder Druckſtäbe (ſ. d.), je nachdem ſie bloß Zug oder auch Druck aufzunehmen haben. Ihre Neigung wird im Mittel unter 45° angenommen, jedoch kommen, insbeſondere bei Trägern mit nicht parallelen Gurtungen, auch beträchtliche Abweichungen von dieſer Mittellage vor. (S. a. Fachwerksträger.) Die abwechſelnd auf Zug und Druck beanſpruchten Diagonalen werden heute durchwegs knickſteif ausgebildet, während die Anbringung von Gegendiagonalen (ſ. d.) meiſt unterbleibt. Näheres hierüber ſ. Fachwerksträger, Brücken, eiſerne. *E. Horowitz.*

Diagonalräderfräs- und -hobelmaſchinen, ſ. Fräsmaſchinen und Hobelmaſchinen.

Diagonalreihen, ſ. Reihen.

Diagonalſpanten, ſ. Schiffbau.

Diagonalſtuhl, Milanesſtuhl, mechaniſcher Kettenwirkſtuhl, der die Kettenfäden nach und nach ſeitlich über ſämtliche Nadeln der ganzen Reihe legt.

Diagramm, ſ. v. w. Abriß, Entwurf in Linien. In der Phyſik, Meteorologie und Technik iſt der Begriff Diagramm kein einheitlicher: manche Autoren bezeichnen als Diagramm nur diejenigen Figuren, die von ſelbſtregiſtrierenden Inſtrumenten (Flutmeſſern, Barometern, Indikatoren u. ſ. w.) aufgezeichnet werden, andre, insbeſondere in England, alle Linien und Figuren, die das Charakteriſtiſche einer Sache darſtellen, alſo beiſpielsweiſe nicht nur Kurven, die gleichwertige Punkte verbinden (Iſochimenen, Iſothermen u. ſ. w.) oder die geſetzmäßige Entwicklung irgend einer Funktion darſtellen, ſondern ſogar Querſchnitte durch Trägerkonſtruktionen u. ſ. w. Die Darſtellung phyſikaliſcher, meteorologiſcher und techniſcher Data durch Diagramme iſt oft von unſchätzbarem Wert. So iſt z. B. bei Dampfmaſchinen, insbeſondere Schiffsmaſchinen, das Indikatordiagramm die einzig ausreichende Kontrolle für die in den Zylindern wirklich ausgeübte Dampfkraft. Vgl. Dampfmaſchinen (S. 610), Dampfturbinen, Schiffsmaſchine, Baumwollſpinnerei (Bd. 1, S. 618), Arbeitsdiagramm u. ſ. w.

Diagrammapparate, ſ. Feſtigkeitsprobiermaſchinen.

Diagraphie, Verfahren, um Zeichnungen mit der Feder auf gummierten Taffet zu pauſen zum Zweck des Ueberdruckens auf den lithographiſchen Stein.

Nachdem man dem Taffet durch Umnähen mit Zwirnband Feſtigkeit gegeben, mattiert man ſeine Rückſeite mit Kalkmilch, legt ihn auf die Zeichnung und fährt deren Linien mit einer in lithographiſche Tuſche getauchten feinen Feder nach; dann wird, wie üblich, auf den Stein übertragen und dieſer weiter behandelt (ſ. Lithographie). Die Diagraphie benutzt man hier und da beim Kopieren architektoniſcher und andrer, in der Hauptſache in Linien ausgeführter Zeichnungen; in modernen Betrieben iſt ſie jedoch mit erheblichem Vorteil durch den photolithographiſchen Prozeß erſetzt worden. *A. W. Unger.*

Diakauſtik, Brennlinie einer nicht aplanatiſchen Linſe, allgemeiner die Evolute von Lichtſtrahlen, die, von einem Punkte ausgehend, nach der Brechung

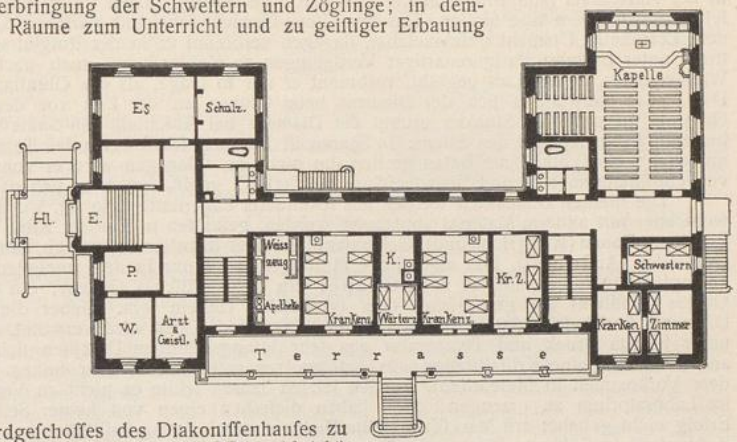
UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

durch ein lichtbrechendes Mittel nicht mehr einen gemeinschaftlichen Schnittpunkt haben. S. a. Katakaustika. *Aug. Schmidt.*

Diaklase, s. Lithoklasen.

Diakonissenhaus, Gebäude zur Aufnahme, Erziehung und Heranbildung von Krankenpflegerinnen protestantischer Konfession.

Die erste Diakonissenanstalt wurde von Pastor Fliedner in Kaiserswerth 1836 gegründet. Seitdem sind nach Muster derselben in Deutschland eine große Anzahl solcher entstanden. Den mehrfachen Zwecken entsprechend besteht das Gebäude in seinen Teilen aus 1. einem Hauptgebäude zur Unterbringung der Schwestern und Zöglinge; in demselben sind auch Räume zum Unterricht und zu geistiger Erbauung (Kapelle oder Betsaal) einzurichten; 2. Räume für Pflege von Kranken verschiedener Art und Geschlechts in verschiedenen Stockwerken oder gesonderten Gebäuden (s. a. Krankenhaus); 3. Räume zur Bewirtschaftung der Anstalt: Küche, Waschküche u. s. w. Ein Beispiel zeigt nebenstehender Grundriß des Erdgeschosses des Diakonissenhauses zu Frankfurt a. M. (erbaut 1874 von Mylius & Bluntschli).



Das Gebäude enthält außerdem im Kellergeschoß die Wirtschafts- und Vorratsräume nebst Heizung, im ersten und zweiten Obergeschoß 18 Krankenzimmer mit dem notwendigen Zubehör für zusammen 44 Betten. *Weinbrenner.*

Diallag, s. Augit.

Dialysator, Vorrichtung zur Scheidung kristallinischer und gelatinöser Substanzen in Lösungen (Kristalloide und Kolloide).

Diese Scheidung (Dialyse, s. d.) beruht auf dem verschiedenen Verhalten dieser beiderlei Substanzen bei der Diffusion ihrer Lösungen durch feinporöse Scheidewände. Der Dialysator, ein flaches Gefäß mit membranösem Boden (Pergamentpapier) läßt auf Wasser schwimmend Zucker- und Salzlösungen ins Wasser diffundieren und hält Substanzen, wie Gummi, Eiweiß, nicht kristallisierbaren Zucker u. s. w., zurück. *Aug. Schmidt.*

Dialyse, die Trennung gelöster kristalloider und kolloidaler Stoffe mit Hilfe einer Membran von Pergament oder andrer tierischen Haut, die die Eigenschaft besitzt, Kolloiden den Durchgang zu verwehren, während Kristalloide so gut wie ungehindert hindurchdiffundieren. Es gelingt auf diese Weise, eine völlige Trennung der beiden verschiedenartigen Stoffe zuwege zu bringen.

Die Erklärung dieser merkwürdigen, von Graham entdeckten Erscheinung scheint darin zu liegen, daß die tierische Membran als eine gesättigte Kolloidlösung betrachtet werden kann, die, wie alle gelatinierten Kolloidlösungen, keine Aufnahmefähigkeit für weitere Kolloide besitzt, wohl weil die wahrscheinlich sehr großen Kolloidmolekeln nicht in die Zwischenräume der anderen eindringen können, während die kleinen Kristalloidmolekeln hinein- und hindurchzudiffundieren vermögen. Die Dialyse dient zur Reinigung kolloider Stoffe aller Art, insbesondere von Gelatine, Leim, Eiweiß, Dextrin u. s. w., von beigemengten Salzen. *Abegg.*

Diamagnetismus, s. Magnetismus.

Diamagnetometer, Apparat von W. Weber, um die diamagnetische Polarität (s. Magnetismus) des Wismuts mit der magnetischen Polarität des Eisens einer vergleichenden Messung zu unterwerfen.

Bringt man nacheinander gleich lange und gleich schwere Stäbe beider Metalle in das gleich starke Feld einer Magnetisierungsspirale, so erhält der Eisenstab ein 1 470 000 mal so großes magnetisches Moment als der entgegengesetzte Polarität zeigende Wismutstab. Ueber die Einrichtung des Apparates vgl. [1], über die besondere Methode der Beobachtung mit demselben vgl. [2], über eine veränderte Einrichtung vgl. [3].

Literatur: [1] Weber, W., Elektrodynamische Maßbestimmungen, Abh. 3: Ueber Diamagnetismus, Math.-phys. Klasse der Sächs. Ges. d. Wiss., Bd. 1, 1852 (im Auszug in Pogg. Annalen, Bd. 87, S. 145, 1852). — [2] Ebend., Abh. 2: Widerstandsmessungen. — [3] Tyndall, Philos. Transactions for 1856, und Christie, Pogg. Annalen, Bd. 103, 1858. *Aug. Schmidt.*

Diamant (Demant), reiner Kohlenstoff *C*, ohne anorganische Beimengungen.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Kriſtalliſiert regulär, und zwar meiſt als Oktaeder, beſonders mit krummen Flächen; ſelten ſind Aggregate von Kriſtallen und derbe Steine. Die einzelnen Kriſtalle ſind meiſt Zwillinge. Spaltbar nach dem Oktaeder. Farblos und waſſerhell (Steine vom reinſten Waſſer), eigenartig und ſtark glänzend = demantglänzend (kleiner Winkel der Totalreflexion), durchſichtig, ſelten trüb; mitunter gelblich und dann weniger geſchätzt. Selten und ſehr hoch im Preis ſind dunkle, rote, grüne, blaue und ſchwarze Farben. Die Lichtbrechung und Farbenzerſtreuung (Diſperſion) iſt ſehr ſtark, daher im geſchliffenen Zuſtand prächtiges Farbenſpiel. Durch ſtarke Beſtrahlung wird Diamant phoſphoreszierend und durch Reibung poſitiv elektriſch; das Leitungsvermögen für Elektrizität iſt ſehr gering. Seine Härte iſt die größte unter den Mineralien, nämlich zehn in der Härteſkala (auſtraliſche Steine ſind härter als andre); dabei iſt er ſpröde und läßt ſich leicht zertrümmern und ſpalten. Das ſpezifiſche Gewicht ſchwankt zwiſchen 3,50 und 3,53. Vor dem Lötrohr iſt Diamant unſchmelzbar, dagegen verbrennt er in der Rotglut und im Sauerſtoffſtrom unter Bildung ätzfigurenartiger Vertiefungen zu Kohlenſäure, auch nach Entfernung der Wärmequelle; an der Luft geglüht, verbrennt er nur ſo lange, als die Glühflamme wirkt. Nach Despretz verwandelt ſich der Diamant beim Glühen an der Luft vor dem Verbrennen in Graphit. In größeren Stücken erträgt der Diamant bei Abſchluß von Sauerſtoff Temperaturen bis zum Schmelzpunkt des Eiſens. In Säuren iſt Diamant ſelbſt bei hoher Temperatur durchaus unlöslich; auch alkaliſche Baſen greifen ihn nicht an. Dagegen wird er von einem Gemenge von chromſaurem Kali und Schwefelſäure bei 200° C. gelöſt, indem er ſich oxydiert.

Die meiſten Diamanten werden auf ſekundärer Lagerſtätte, alſo da, wo ſie nicht gebildet, wohl aber mit anderm Material abgelagert wurden, gefunden in Sanden, Kies, Breccien (Indien, Braſilien), Tonen (Weſtgriqualand), Gelenkſandſtein oder Itakolumit (Braſilien, Ural), in ſogenannten Goldſeifen (Auſtralien). Das eigentliche Muttergeſtein iſt nur in den wenigſten Fällen bekannt geworden, in Indien ſoll es nach Chaper ein pegmatitiſches Geſtein, ein Gneis, in Minas Geraës (Braſilien) ein granitiſches oder ſyenitiſches Geſtein ſein. Ueber die Entſtehung des Diamants ſind befriedigende Erklärungen nicht vorhanden. Es wird vermutet, daß er im Granit unter hohem Druck und Temperatur aus ſehr löſungskräftigen Dämpfen ſich gebildet habe; andre nehmen eine Kriſtalliſation aus geſchmolzenem Eiſen bei ſehr hohem Druck an (nach dem Vorkommen in Meteoriten). In den letzten Jahren fehlte es nicht an Verſuchen, Diamant im Laboratorium zu erzeugen, doch haben dieſelben einen von keiner Seite angezweifelten Erfolg nicht gehabt; erſt Moiſſan ſtellte Diamant durch Auskryſtalliſation aus einer Löſung von Kohlenſtoff in flüſſigem Eiſen unter Druck dar. Als Nachahmungen von Diamant, nicht bloß des geſchliffenen, ſondern auch des rohen, werden Bergkriſtall und farbloſe Abarten des Korunds gebraucht und künſtlich falſche Diamanten durch ein Bleiglas erzeugt. Die beſonders geſchätzte blaue Farbe mancher Diamanten wird durch Eintauchen von minderwertigen gelben in blaue Löſungen künſtlich nachgeahmt. Die älteſte und hervorragendſte Verwendung des Diamants iſt diejenige als Schmuckſtein, und hier wird beinahe ausſchließlich eine Schleifform gewählt, die des Brillantſchliffes. Man nennt daher Diamanten von dieſer Schlifform kurzweg Brillanten. Die Form beſteht aus zwei an ihrer Grundfläche (Faſſungsrand) vereinigten Pyramiden, deren obere durch eine der Grundfläche parallele Fläche abgeſtumpft iſt und etwa $^1/_3$ der Geſamthöhe des Steines einnehmen ſoll (vgl. Edelſteinſchleiferei). In den Fällen, wo der Rohſtein nicht die Oktaederform bereits beſitzt, wird dieſe durch Spalten desſelben hergeſtellt. Alsdann werden zwei auf Stäbchen aufgekittete Steine aneinander gerieben, bis ſie die ungefähre Form der Brillanten haben (Grauen der Steine). Hierauf werden die Faſſetten geſchliffen, indem die aufgekitteten Steine auf eine ſehr raſch rotierende eiſerne Scheibe gedrückt werden, auf die Diamantſtaub oder -pulver mit Olivenöl als Schleifmittel gebracht wurde. Für jede Faſſette muß der Stein auf dem Griffel natürlich umgekittet werden. Der Wert der rohen Diamanten wechſelt nach der Reinheit und bewegt ſich zwiſchen 20 und 50 ℳ. pro Karat für größere Partien. Beim Brillanten galt früher die Regel, den Wert im Quadrat des Gewichtes an Karat zu bemeſſen, alſo z. B. einem Stein von 4 Karat den 16fachen Wert von 1 Karat beizumeſſen. Durch die Häufigkeit der Diamanten in Südafrika wurden jedoch die Preiſe gedrückt. Man rechnet etwa einen Stein von 1 Karat (= ∼ 0,2 gramme) je nach Qualität auf 120—220 Franks Wert, von 2 Karat auf 400—700 Franks, von 3 Karat auf 660—1250 Franks, von 5 Karat auf 1250—2750 Franks, von 10 Karat auf 3050—10 300 Franks u. ſ. w. In den letzten zwei Jahren erhöhten ſich die Preiſe, 1 Karat geſchliffen ca. 300 ℳ. Für große Steine ſowie für ſolche mit ſehr ſeltenen Färbungen werden ſelbſtverſtändlich nur Liebhaberpreiſe bezahlt.

Zum Glasſchneiden können nur kleine Steine (Salzkörner) oder Bruchſtücke mit natürlichen Kanten benutzt werden; Spaltungsſtücke ſchneiden nicht, ſondern ritzen nur (Preis 30—50 ℳ. pro Karat). Als Schleifmittel (ſ. Schleifen) für den Diamanten ſelbſt und ähnlich harte Edelſteine wird der ſogenannte Diamantbort oder kurzweg Bort (Boort) verwendet, der aus Abfällen größerer Steine und ſolchen trüben oder unregelmäßig verwachſenen beſteht, die ſich zu Brillanten nicht eignen (Preis pro Karat 20—30 ℳ.). Eine große Verwendung finden ſolche Diamanten oder deren Bruchſtücke zum Bohren und Drehen ſehr harter Materialien, zum Abrichten von Schleif- und Schmirgelſteinen, zum Abdrehen von Hartguß-, Stahl- und Hartgummiwalzen u. ſ. w. Ausgedehnt iſt die Benutzung zur Herſtellung von Bohrkronen für harte Geſteine (Preis 30—90 ℳ. je nach Größe). Beim Gravieren von Metall (Siegel- und Kupferſtecherei) und Stein (Lithographie) werden Werkzeuge mit Diamantſpitze verwendet. Untergeordnet iſt die Benutzung ſehr klarer Steine zu optiſchen Linſen. — Als ein derbes, kriſtallines Aggregat von Diamantoktaedern wird der ſchwarze, zuweilen poröſe Karbonat (Carbonado) angeſehen, der oft das Ausſehen von Koks beſitzt und häufig in größeren Klumpen vorkommt (Braſilien). Er enthält bis zu 2 % fremde Beimengungen, hat ein niedriges ſpezifiſches Gewicht (3,15—3,30), iſt aber ebenſo hart als der eigentliche Diamant (nach Ausſage der Steinſchleifer ſogar noch härter). Er dient wie der Bort zum Schleifen von Brillanten, Abdrehen und Abſchleifen harter Materialien, Bohrkronen.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Literatur: [1] Bauer, Lehrbuch der Mineralogie, 2. Aufl., Berlin 1904. — [2] Groth, Grundriß der Edelſteinkunde, Leipzig 1887, 138. — [3] Dölter, Edelſteinkunde, Leipzig 1893, 54. — [4] Bauer, Edelſteinkunde, Leipzig 1895, 127. *Leppla.*

Diamantbohrung, ſ. Tiefbohren.

Diamantfarbe, ſ. Eiſenanſtriche.

Diamantkarbonat, ſ. Schleifen (Schleifmittel).

Diamantquader, ein Boſſenquader, der die Form von Kriſtallen annimmt (ſ. Boſſenwerk). *Weinbrenner.*

Diamantſchwarz, aus Gambier (Knox County, Ohio) kommender, aus der Erde entſtrömenden Gaſen hergeſtellter Lampenruß, ähnlich dem Carbon Black. S. a. Anilinſchwarz, Bd. 1, S. 206. *Andés.*

Diamantſpat, ſ. Korund.

Diamantverzierung, eine namentlich im romaniſchen Stile häufig angewendete Verzierung der Ornamente, die aus einer Aneinanderreihung von kriſtallähnlichen Formen oder perlartigen Körperchen beſteht. Dieſe Dekoration bildet die Rippen von Blättern oder ſetzt ſich in der Mitte bandartiger Formen feſt (ſ. die Figur). *Weinbrenner.*

Diamantwäſcherei bedeutet im engeren Sinne nur das Behandeln des bereits gegrabenen diamanthaltigen Gebirges mit Waſſer und das Ausſuchen der Diamanten, allgemein auch die Ausbeutung der Diamantlagerſtätten.

An den meiſten Fundorten (ſ. Diamant) kommen die Diamantkriſtalle loſe in ſehr verſchiedener Größe in Alluvionen vor. Nur zu Bellary in Oſtindien ſind die Steine in einem grobkörnigen Granit, bei Tejuco in der braſilianiſchen Provinz Minas Geraës in einem ſandſteinartigen Geſtein, dem Itakolumit, und in Griqualand in vulkaniſchen Tuffen (der berühmteſte Fundort iſt Kimberley) eingewachſen. Die Gruben des Griqualandes, welche die Tuffmaſſen abbauen, heißen dort „dry diggings", im Gegenſatz zu den ebenfalls dort früher ausgebeuteten Seifen, den „river diggings". Beim Ausſuchen der Diamanten wird das diamanthaltige Seifengebirge durch Sieben von den gröberen Geſteinsſtücken befreit, ſodann durch Waſchen im fließenden Waſſer der Schlamm und Ton entfernt und aus dem ſandartigen Rückſtande, den man auf Tiſchen ausbreitet, werden die Diamanten ausgeleſen. Das geübte Auge der Arbeiter überſieht ſelbſt kleine Steine nicht leicht; wegen der Gefahr der Entwendung wird hierbei ſtrenge Aufſicht geführt, und die Diamantwäſcher arbeiten unbekleidet. Die Tuffmaſſen, in denen ſich im Griqualand die Diamanten finden, bilden unmittelbar unter der Oberfläche eine gelbliche (yellow ground) und etwas tiefer eine graublaue (blue ground) zerſetzte Maſſe; beide haben die Eigentümlichkeit, an der Luft zu verwittern. Dieſen Umſtand benutzt man, indem das gewonnene Geſtein auf weiten gepflaſterten Flächen, den ſogenannten „floors", dem Einfluße der Atmoſphäre 3—12 Monate lang ausgeſetzt wird. Darauf erfolgt in maſchinell betriebenen, leiſtungsfähigen Anlagen, zum Teil unter Benutzung von Rührpfannen und Setzmaſchinen (ſ. Setzarbeit) das Waſchen der Maſſen und darauf das Ausleſen der Diamanten. In neuerer Zeit wird hierbei auch die Oelaufbereitung (ſ. Aufbereitung) benutzt. Die Frage, in welcher Weiſe aus den in größerer Tiefe anſtehenden härteren Tuffmaſſen, bei denen der Verwitterungsprozeß zu lange dauert, Diamanten am vorteilhafteſten zu gewinnen ſind, iſt zurzeit noch eine offene.

Literatur: [1] Groth, P., Grundriß der Edelſteinkunde, Leipzig 1887. — [2] Doelter, C., Edelſteinkunde, Leipzig 1893. — [3] Bauer, Max., Edelſteinkunde, Leipzig 1895. *Treptow.*

Diaminfarben, eine Reihe von direkt färbenden, ſubſtantiven Baumwollfarbſtoffen, die von der Firma Leopold Caſſella & Co. in Frankfurt a. M. in den Handel gebracht werden. Vgl. Farbſtoffe, künſtliche organiſche.

Dianenbaum, ſ. Silber.

Diaphan, durchſcheinend, heißen Bildertafeln, deren Bilder nicht in dem von der Tafel reflektierten, ſondern in dem von der Tafel durchgelaſſenen Licht ſichtbar werden, z. B. die Lithophaniebilder ſowie die Diaphanien, die, mit Firnis zwiſchen Glasplatten geklebt, Nachahmungen von Glasgemälden liefern. Der Diaphanlack iſt ein ſchwarzer Lack; damit überzogene Glastafeln, mit der Radiernadel bearbeitet, liefern die Diaphanradierungen. *Aug. Schmidt.*

Diaphanien, zumeiſt lithographiſch erzeugte, transparente Farbendruckfenſterbilder, -plakate u. ſ. w.

Die mit Lafurfarben ſatt bedruckten Abzüge werden nach völligem Verharzen der Druckfarbe auf der Vorderſeite mit ſogenanntem Spirituslack und nach dem Trocknen auf der Rückſeite mit Damarlack, dem ein Fünftel ſeines Gewichtes Sikkativ zugeſetzt wurde, beſtrichen. Das Papier ſoll gut ſatiniert, ſchwach geleimt und nicht zu dünn ſein. Die Druckfarben müſſen lichtecht und lackierfähig ſein; ſie dürfen nicht mit alkohollöslichen Pigmenten „geſchönt" werden. Glasdiaphanien erhält man durch einfaches Einkitten ſolcher aus Papier zwiſchen zwei Glastafeln oder durch Uebertragung mittels Abziehbilder (ſ. d.) und nachfolgendem Einbrennen (vgl. Glasmalereitechnik und Hyalochromien). *A. W. Unger.*

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Diaphanlack, ein terpentinhaltiger Lack, um auf dünnes Papier gedruckte farbige Bilder, die auf Glas aufgeklebt werden, durchfcheinend zu machen, fo daß fie wie Glasmalerei ausfehen. *Andés.*

Diaphanometer, f. Durchfichtigkeit.

Diaphragma (wörtlich Zwifchenwand) nennt man 1. die Blendringe, die in Fernrohren und Mikrofkopen angebracht werden, um die durch die Ränder der Linfen gehenden Strahlen aufzufangen und dadurch die fphärifche Aberration unfchädlich zu machen. (Näheres f. Fernrohr, Mikrofkop und Fadenkreuz.) — 2. Die kapfelartigen Einfätze in Brunnenröhren, um bei hohem Drucke in der Zuleitung mittels Anbringens einer kleinen Oeffnung in die den Zufluß-querfchnitt fperrende Wand eine innerhalb beftimmter Grenzen beliebige Waffermenge ftändig entnehmen zu können.

Diaphragmenftröme, elektrifche Ströme, die nach der Entdeckung von G. Quincke beim Durchgang von Flüffigkeiten durch poröfe Körper entftehen.

Wird Waffer durch eine poröfe Tonplatte gepreßt, fo zeigt fich zwifchen dem vor und dem hinter der Platte befindlichen Waffer eine Potentialdifferenz, die beim Eintauchen zweier Elektroden die elektromotorifche Kraft eines Stromes liefert. Die elektromotorifche Kraft zeigt fich proportional dem Druck des Waffers und fomit der Gefchwindigkeit desfelben, befonders abhängig von der Subftanz des Diaphragmas und der Flüffigkeit. Quincke machte Verfuche mit poröfem Ton, mit Leinwand, mit Pulvern aus Elfenbein, Glas, Sand, Holz, Schwefel, Kohle u. f. w. Schwefel gab die ftärkfte elektromotorifche Kraft. Die Stromrichtung war diejenige des Flüffigkeitsftroms [1]. Eine Ausnahme bildet der Alkohol [2], bei dem die Stromrichtung die entgegengefetzte ift. Die Erfcheinung ift die Umkehrung einer andern Erfcheinung, die man elektrifche Osmofe nennt. Bei diefer fetzt ein durch die Flüffigkeit und das Diaphragma geleiteter, ftarker elektrifcher Strom die Flüffigkeit, befonders fchlecht leitende Flüffigkeiten, wie Schwefelkohlenftoff, in Bewegung, fo daß das Flüffigkeitsniveau auf feite der Kathode höher ift als auf feite der Anode.

Literatur: [1] Pogg. Annalen, Bd. 107 (1859). — [2] Ebend., Bd. 110 (1860). *Aug. Schmidt.*

Diapofitiv, f. Photographie.

Diafpor, ein Mineral, faft überall, wo Schmirgel vorkommt, in Begleitung desfelben; findet fich bei Gumuch-Dagh und Manfer in Kleinafien fowie auf den Infeln Naxos und Nicoria im griechifchen Archipel.

Der Ordnung der Hydrooxyde angehörend, kriftallifiert es rhombifch, in breiten Säulen, tritt meift derb in mufcheligen breitftengeligen, auch faferigen blätterigen Aggregaten auf; Farbe grünlichweiß, gelblichweiß, auch violettblaugrau; Härte 6, fpez. Gew. 3,3—3,46, oberflächlich mit Brauneifenocker bedeckt, mit Perlmutterglanz auf den vollkommenen Teilungsflächen, mit Fettglanz auf dem Querbruch; das Mineral befteht aus Tonerdehydrat. *Andés.*

Diaftafe, ein fogenanntes ungeformtes Ferment (Enzym), das fich in der keimenden Gerfte (Malz) bildet und Stärke in Traubenzucker überzuführen imftande ift. Es zählt zu den Proteinftoffen.

Nach neueren Unterfuchungen treten als Zwifchenftufen in diefem Abbauprozeß der Stärke Dextrin und Maltofe auf. Fermente von ähnlicher Wirkung find im Speichel und im Pankreasfaft vorhanden und werden daher als diaftatifche bezeichnet. Diefelbe Umwandlung der Stärke läßt fich durch andre Stoffe, wie z. B. durch Erwärmen mit verdünnten Säuren, herbeiführen. Ueber die Art und Weife, wie die Diaftafe eine derartige Umwandlung vollzieht, ift noch wenig bekannt. Ihre Bildung in den Körnerfrüchten, namentlich in der Gerfte, geht während des Keimprozeffes vor fich. Ihre Gewinnung gefchieht nach Lintner (Zeitfchr. für das gef. Brauwefen 1886, S. 474) wie folgt: Ein Teil Grünmalz wird mit 2—4 Teilen 20prozentigem Alkohol 24 Stunden digeriert und der fo gewonnene Auszug mit der $2\frac{1}{2}$fachen Menge abfoluten Alkohols gefällt. Der hierbei erhaltene Niederfchlag wird durch Abfaugen auf einem Filter gefammelt, mit abfolutem Alkohol und Aether gewafchen und im Vakuum über Schwefelfäure getrocknet. Von der Eigenfchaft der Diaftafe, Stärke in Traubenzucker überzuführen, wird in der Technik, fpeziell in der Bierbrauerei und in der Brennerei (Spiritusfabrikation), ausgiebiger Gebrauch gemacht. Hohe Temperaturen (über 70°) fowie ftarke Säuren und antifeptifch wirkende Stoffe verzögern die Wirkfamkeit der Diaftafe oder heben fie ganz auf. In den Handel kommen „abfolute Diaftafe" fowie „Diaftafetabletten", ferner „Diaftafe Taka" (Koji), ein durch die Tätigkeit des Aspergillus Oryzae Cohn auf gedämpftem Reis entftandenes Ferment, das fpeziell zur Herftellung des japanifchen Nationalgetränkes „Sake" und zur Verzuckerung von Mais in der Whiskyfabrikation dient. „Abfolute Diaftafe" ftellt ein gelblichweißes oder braungelbes in Waffer lösliches Pulver vor, von dem ein Teil 300 Teile Stärke zu löfen imftande ift. Diaftafetabletten finden medizinifche Anwendung bei Amylorrhoe, d. h. wenn die Verdauungskraft des Mundfpeichels zu wünfchen übrig läßt und dann ungelöftes bezw. unverdautes Stärkemehl in den Fäkalien auftritt (f. Stärkemehl, Dextrin, Malz, Fermente, Gärung). *Meyger.*

Diaftimeter, Diaftimometer, Entfernungsmeffer; Diaftimometrifcher (parallaktifcher) = entfernungsmeffender Winkel (vgl. Diftanzmeffer).

Diaftylos (weitfäulig) werden in der antiken Baukunft die Säulenftellungen genannt, wenn die Säulenentfernungen drei untere Säulendurchmeffer betragen.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Diathermanſie, Fähigkeit, Wärmeſtrahlen durchzulaſſen, ſ. Wärmeſtrahlung.

Diazoma, der anfangs unbedeckte, ſpäter mit Säulenhallen verzierte breite Gang des Zuſchauerraumes des griechiſchen Theaters, der ſich an die Umfangsmauer anlehnt und den ganzen Raum wie ein Gürtel in mehr als einem Halbkreis umzieht. *Weinbrenner.*

Diazoverbindungen, eine Anzahl durch große Reaktionsfähigkeit ausgezeichneter ſtickſtoffhaltiger aromatiſcher Verbindungen, die ſich von der zweiwertigen Gruppe $-N^2-$ derartig ableiten, daß die eine Affinität durch einen einwertigen aromatiſchen Kohlenwaſſerſtoffreſt, die andre durch eine einwertige elektronegative Gruppe geſättigt iſt, z. B. $C_6H_5-N^2-Cl_1$ Diazobenzolchlorid, $C_6H_5-N^2-O\cdot NO^2$ Diazobenzolnitrat.

Diazoverbindungen ſind wiſſenſchaftlich und farbentechniſch von großer Bedeutung. Es ſind deren Salze meiſt kriſtalliniſche farbloſe Körper, die ſich an der Luft leicht bräunen. In Waſſer leicht löslich, löſen ſie ſich wenig in Alkohol und werden aus der alkoholiſchen Löſung durch Aether gefällt. In trockenem Zuſtand ſind ſie ſehr unbeſtändig und explodieren häufig ſelbſt bei ganz geringer Berührung mit beiſpielloſer Heftigkeit. Sie ſind daher mit beſonderer Vorſicht zu behandeln. — In der Technik ſtellt man ſie deshalb meiſtens nicht als ſolche dar, ſondern verwendet gleich ihre wäſſerigen Löſungen. Zur Darſtellung der Azofarben ſpielen die Diazoverbindungen, wie ſchon erwähnt, in der Farbeninduſtrie eine große Rolle (ſ. Farbſtoffe, künſtliche organiſche). Auch ſonſt zeigen die Diazoverbindungen eine große Reihe äußerſt glatt verlaufender Reaktionen, bei denen unter Entbindung des Stickſtoffs die Diazogruppe unmittelbar am Benzolkern durch Elemente oder andre Gruppen erſetzt wird. Näheres ſ. [1]. — Ueber die ſogenannten Iſodiazoverbindungen ſ. [2]; über die Diazoverbindungen der aliphatiſchen Reihe [3]; ſ. a. Azoverbindungen und Disazoverbindungen. Die Entdeckung der Diazoverbindungen verdanken wir Peter Grieß (1860), die Aufklärung ihrer Konſtitution Auguſt Kekulé [4]; neuerdings wendet man ſich jedoch mehr der Blomſtrandſchen Anſicht zu, nach der die Salze der Diazoverbindung auf Grund ihres kryoſkopiſchen Verhaltens und ihrer elektriſchen Leitfähigkeit mit den Salzen der Ammoniumbaſen in Beziehung gebracht werden (Disazoniumſalze). Näheres in [5].

Literatur: [1] Beilſtein, Handbuch der organ. Chemie, 2. Aufl., Hamburg und Leipzig 1890, Bd. 3, S. 1214 ff.; Grieß, Peter, Annalen der Chemie, Bd. 137, S. 39. — [2] Schraube, C., Schmidt, C., Bamberger, E., Hantzſch, A., Berichte der deutſchen chem. Geſellſchaft, Jahrg. 27 und 28. — [3] Curtius, ebend., Jahrg. 16, 17, 18, 20, 21 u. ff., und Journal für prakt. Chemie, neue Folge, Bd. 38 und 39; Thiele, Joh., Annalen der Chemie, Bd. 270, S. 46. — [4] Kekulé, Lehrbuch der organ. Chemie, Erlangen 1866, Bd. 2, S. 703 ff. — [5] Schmidt, Lehrbuch der pharm. Chemie, Bd. 2, organ. Teil, Braunſchweig 1901. *Bujard.*

Dibbelmaſchine, ſ. Sämaſchine.

Diceraskalk (Diceratenkalk), Kelheimer Marmorkalk, werden in der Geologie plumpe, undeutlich geſchichtete oder grobbankige, oft oolithiſche, weiße, dichte Kalkſteine der oberen weißen Juraformation (Malm) in der Gegend zwiſchen Neuburg und Regensburg nördlich der Donau nach einer kennzeichnenden Muſchel (Diceras) genannt.

Die in großen Steinbrüchen bei Kelheim a. d. Donau in mächtigen Quadern und großen Werkſtücken gewonnenen Kalkſteine wurden bei zahlreichen Monumentalbauten Münchens (Feldherrnhalle, Siegestor u. ſ. w.) zu Säulen, Stufen und auch zu Denkmälern und Skulpturen verwendet. Sie beſitzen große Feſtigkeit, überziehen ſich aber leicht mit Flechten. Der Kalkſtein von Ihrlesſtein bei Kelheim beſitzt eine mittlere Druckfeſtigkeit von 608—624 kg pro Quadratzentimeter. *Leppla.*

Dichroismus, Zweifarbigkeit, die Eigenſchaft mancher doppelbrechender Kriſtalle, in aufeinander ſenkrechten Richtungen des durchgehenden Lichtes verſchiedene Farben zu zeigen.

Mehr oder weniger zeigen alle gefärbten doppelbrechenden Kriſtalle dieſe Eigenſchaft bezw. diejenige des Trichroismus, am auffallendſten der ſogenannte Dichroit (Cordierit). Die Erſcheinung iſt zu erklären aus der Verſchiedenheit der Abſorption, die farbiges polariſiertes Licht je nach ſeiner Polariſationsrichtung in den betreffenden durchſichtigen Körpern erleidet (ſ. Licht). *Aug. Schmidt.*

Dichroit, ſ. Cordierit.

Dichte (ſpezifiſche Maſſe). Die Dichte eines homogenen Körpers iſt der Quotient aus Maſſe und Volumen. Iſt die Maſſenverteilung nicht homogen, ſo iſt jener Quotient die mittlere Dichte. Unter Dichte eines inhomogenen Körpers in einem beſtimmten Punkt verſteht man den für $dv = 0$ gebildeten Grenzwert: $\varrho = \lim. dm : dv$, wo dv ein den Punkt umſchließendes Volumelement, dm die darin enthaltene Maſſe bedeutet. In ähnlicher Weiſe wird die Dichte einer Fläche oder einer Linie als Quotient aus Maſſe und Flächeninhalt bezw. Länge der Linie definiert. Iſt für einen Körper, eine Fläche oder eine

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Linie die Dichte in jedem Punkt gegeben, fo kann man die Maffe als dreifaches, doppeltes oder einfaches Integral der Dichte, über die Volum-, Flächen- oder Linienelemente ausgedehnt, ermitteln. *(Schell) Finfterwalder.*

Dichteifen (Kalfateifen), ein meißelartiges Eifen mit fchmaler Klinge zum Einfchlagen von Werg (Kalfatern) in die Plankennähte eines Schiffes zum Zwecke des Abdichtens. *Dalchow.*

Dichtigkeit, Dichte. Die Ausdrücke „Dichtigkeit" oder „Dichte" und „fpezififches Gewicht" werden in der Literatur verfchieden angewendet. Hier follen folgende Definitionen gelten [4], S. 9, 104, [14], S. 58, 131. Das fpezififche Volumen v eines Körpers ift das Volumen der Gewichtseinheit, das fpezififche Gewicht $\gamma = \frac{1}{v}$ ift das Gewicht der Volumeneinheit und die fpezififche Maffe $\mu = \frac{\gamma}{g}$ die Maffe der Volumeneinheit. Bezeichnen G das Gefamtgewicht und V das Gefamtvolumen eines Körpers, fo hat man allgemein:

$$G = V\gamma = \frac{V}{v} = V\mu g, \qquad 1 = v\gamma = v\mu g. \qquad 1.$$

Die Dichtigkeit eines Körpers K in Hinficht eines andern Körpers K_0 ift das Verhältnis der betreffenden fpezififchen Gewichte:

$$\delta = \frac{\gamma}{\gamma_0} = \frac{\mu}{\mu_0} = \frac{v_0}{v}, \qquad 2.$$

bei gleichem Volumen alfo auch das Verhältnis der Gefamtgewichte $G : G_0$.

Die Verfchiedenheit der vorkommenden Bezeichnungen ergibt fich aus folgendem. Es fei γ das Gewicht der Volumeneinheit eines Körpers, $\mu = \frac{\gamma}{g}$ die Maffe der Volumeneinheit, $\delta = \frac{\gamma}{\gamma_0} = \frac{\mu}{\mu_0}$ das Verhältnis jenes Gewichts γ oder diefer Maffe μ zu dem Gewicht γ_0 bezw. der Maffe μ_0 der Volumeneinheit eines beftimmten Körpers, z. B. reinen Waffers von 4° C. (im luftleeren Raum, f. Gewicht), dann wird γ in den Lehrbüchern meift von vornherein fpezififches Gewicht genannt (Grashof, Lang, Mouffon, Pfaundler, Riecke, Weißbach, Weyrauch, Winkelmann, Wüllner, Zeuner u. f. w.), mitunter jedoch auch abfolutes fpezififches Gewicht (Violle); δ führen manche als Dichtigkeit ein (Grashof, Weißbach, Weyrauch u. f. w.), andre als fpezififches Gewicht (Lommel, Recknagel u. f. w.), einzelne auch als relatives fpezififches Gewicht (Violle) oder als relatives Gewicht (Zeuner); μ wird häufig als Dichtigkeit oder Dichte bezeichnet (Kirchhoff, Lang, Mouffon, Riecke, Thomfon und Tait, Warburg, Winkelmann u. f. w.), manchmal auch als abfolute Dichtigkeit (Börner, Violle u. f. w.) oder als fpezififche Maffe (Grashof, Weyrauch). Chwolfon bezeichnet μ zur Unterfcheidung von der Dichte δ fpeziell als Maffendichte. Faft alle Autoren im Gebiete der Phyfik führen durch die Wahl $\gamma_0 = 1$ in $\delta = \frac{\gamma}{\gamma_0}$ Uebereinftimmung der Zahlenwerte von γ und δ herbei und bezeichnen diefe Größe dann bald als fpezififches Gewicht, bald als Dichtigkeit oder Dichte. Bei Wüllner find die Begriffe fpezififches Gewicht und Dichtigkeit überhaupt nicht verfchieden, obfchon er, wie üblich, nur für feite und flüffige Körper $\gamma = 1$ wählt, [11], Bd. 1, S. 132, Bd. 2, S. 179, 794. Bei Winkelmann find zunächft γ fpezififches Gewicht, $\mu = \frac{\gamma}{g}$ Dichte genannt, deren Verhältnis an einem beftimmten Orte g ift. „Man pflegt nun meift von diefem Proportionalitätsfaktor abzufehen und die Begriffe fpezififches Gewicht und Dichte zu identifizieren." Für feite und flüffige Körper wird denn auch hiernach verfahren, für Gafe und Dämpfe jedoch wieder eine Unterfcheidung von fpezififchem Gewicht und Dichte (Gasdichte, Dampfdichte) eingeführt, je nachdem γ_0 auf Luft von 0° C. Temperatur und 760 mm Queckfilberfäule Druck oder auf Luft von gleicher Temperatur und gleichem Druck wie die betreffende Gas- oder Dampfart bezogen wird, [8], S. 136, 147. Bei Violle heißt γ das fpezififche Gewicht, fpeziell aber das abfolute fpezififche Gewicht, μ die abfolute Dichte, δ das relative fpezififche Gewicht $\frac{\gamma}{\gamma_0}$ gleich der relativen Dichte $\frac{\mu}{\mu_0}$. „Für diefe relativen Werte, die man praktifch gewöhnlich allein berückfichtigt, wendet man dann einfach die Bezeichnungen fpezififches Gewicht oder Dichte an" [9], S. 549, — Angefichts diefer Verfchiedenheiten muß eine Wahl getroffen werden. Da nun das Beiwort „fpezififch" in andern Fällen den Wert der in Frage kommenden Größe in bezug auf irgend eine Einheit andeutet (fpezififches Volumen, fpezififche Wärme, fpezififche Dampfmenge, fpezififcher Zug, Druck u. f. w.), fo halten wir die oben gewählten konfequent durchführbaren Bezeichnungen für angemeffen.

Wird als Körper K_0 reines Waffer von 1 Atmofphäre Druck 4° C. Temperatur gewählt (f. Dichtigkeitsmaximum), wie dies im folgenden für feite und flüffige Körper gefchehen foll, fo erhält man für die Dichtigkeit diejenigen Zahlen, die in vielen Werken als fpezififche Gewichte angeführt find. Diefelben ftimmen nach 2. mit dem fpezififchen Gewichte γ als Gewicht der Volumeneinheit nur dann überein, wenn $\gamma_0 = 1$ ift, alfo beifpielsweife wenn als Volumeneinheit und

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Gewichtseinheit das Kubikdezimeter und Kilogramm oder das Kubikzentimeter und Gramm gewählt werden (auch im abfoluten Maßfyftem, f. d.). Sollen dagegen, wie in der Technik gebräuchlicher, Kubikmeter und Kilogramm als Einheiten gelten, fo find wegen $\gamma_0 = 1000\,\text{kg}$ die fpezififchen Gewichte $\gamma = 1000\,\delta$.

Die Dichtigkeiten δ find nach 2. unabhängig vom Orte, da die fpezififchen Maffen μ, μ_0 nicht von der Akzeleration g abhängen und die fpezififchen Gewichte γ, γ_0 fich immer mit g in gleichem Verhältniffe ändern. Dagegen find die erwähnten Dichtigkeiten in bezug auf Waffer etwas von der Temperatur abhängig, weil das Volumen V und damit nach 1. das fpezififche Gewicht γ fich mit der Erwärmung ändert (f. Ausdehnung, Ausdehnungskoeffizient), während $\gamma_0 = 1000\,\text{kg}$ fich auf die Temperatur von 4° C. bezieht. γ ift für diefe Dichtigkeiten, genau genommen, auf den luftleeren Raum zu beziehen, dem auch γ_0 und die Bezeichnungen unfrer Gewichtsftücke entfprechen, weil fonft der mit dem Barometer- und Thermometerftand wechfelnde Auftrieb der Luft kleine Aenderungen bedingen würde; doch werden für technifche Zwecke genügend genaue γ, δ fefter und flüffiger Körper im allgemeinen fchon durch die gewöhnlichen Wägungen in der Luft erhalten. Ueber die verfchiedenen Beftimmungsmethoden der Dichtigkeiten f. u. a. [8], S. 136; [9], Bd. 2, S. 550; [11], Bd. 1, S. 351, 355, und Bd. 2, S. 173, 179, 794.

Die Tabelle der Dichtigkeiten fefter Körper S. 742 enthält in der erften Kolumne Mittelwerte oder zuverläffig beftimmte Einzelwerte von δ, während die zweite Kolumne bekannten Verfchiedenheiten Rechnung trägt, ohne die nur ausnahmsweife auftretenden Werte umfaffen zu wollen. Die Zahlen beziehen fich meift auf Temperaturen zwifchen 0 und 20° C.; genauere Temperaturangaben wären der häufig fehlenden Feftftellung wegen fehr lückenhaft ausgefallen. Entfprechend der fo verbleibenden Unficherheit und den möglichen Verfchiedenheiten find die Dichtigkeiten fefter Körper nur auf zwei Dezimalen angegeben, während in der untenftehenden Tabelle für Flüffigkeiten im allgemeinen die Temperaturen beigefetzt und drei Dezimalen berückfichtigt wurden. Weitere Angaben findet man u. a. in den untengenannten Schriften. Wenn es fich um die Eigenfchaften von Steinen oder andern Konftruktionsmaterialien eines beftimmten Landes handelt, zieht man oft zweckmäßig die Publikationen der betreffenden ftaatlichen Verfuchsanftalt zu Rate.

Dichtigkeiten flüffiger Körper in bezug auf Waffer von 1 Atmofphäre und 4° C.

Flüffigkeit	Temperat. t	Dichtigkeit δ	Flüffigkeit	Temperat. t	Dichtigkeit δ
Aceton (Effiggeift), 0,814—0,819	0	0,816	Butterfäure	20	0,959
Aether (Aethyl-, Schwefeläther)	0	0,736	Butylalkohol	0	0,823
Aldehyd	0	0,801	Chlor (ca. 4 Atmofphären Druck)	0	1,469
Alkohol (waffer frei, Tabellen für waffer haltigen f. [10], S. 223)	0	0,80625	Chloroform	0	1,526
„	5	0,80207	Delphintran	—	0,918
„	10	0,79788	Eifen (Schmelzp. rein ca. 1600°, Gußeifen 1050—1250°)	—	6,880
„	15	0,79367	Eiweiß	15°	1,041
„	20	0,78945	Eifigfäure	0	1,080
„	25	0,78522	„	20	1,052
„	30	0,78096	Fenchelöl	—	0,997
Allylalkohol	20	0,853	Fifchtran	—	0,925
Allylfenföl	10	1,017	Fufelöl	—	0,822
Ameifenfäure	0	1,245	Glyzerin	15	1,260
„	20	1,220	Haififchtran	—	0,872
Ammoniak (ca. 5 Atmofph. Druck)	0	0,636	Harn, menfchlicher, 1,005—1,030	—	1,017
Amylalkohol	0	0,825	Harzöl	15	0,955
Anilin	0	1,035	Holzgeift	0	0,800
„	20	1,022	Honig	—	1,450
Anisöl	16	0,996	Kadmium (Schmelzpunkt 316°)	—	7,989
Apfelwein	—	1,018	Kalium (Schmelzpunkt 60°)	—	0,830
Baldrianöl	16	0,965	Kampferöl	—	0,910
Baumöl (Olivenöl, Provenceröl)	15	0,918	Karbolfäure (Phenol), roh 0,950 bis 0,965	15	0,957
Baumwollenfamenöl	15	0,926	Karbolfäure, rein (Schmelzp. 40°)		1,066
Beinöl	15	0,935	Kienöl	15	0,855
Benzin, 0,68—0,70	15	0,690	Klauenfett	15	0,916
Benzol	0	0,900	Kochfalzlauge, gefättigt	17	1,210
„	20	0,880	Kohlenfäure (26,76 Atm. Druck)	−10	0,9952
Bergteer	15	1,130	„ (30,84 „ „)	− 5	0,9710
Bernfteinöl	15	0,800	„ (35,40 „ „)	0	0,9471
Bier, 1,023—1,035	—	1,025	„ (40,47 „ „)	5	0,9222
Blaufäure	—	0,705	„ (46,05 „ „)	10	0,8948
Blei (Schmelzpunkt 330°), 10,370—10,645	—	10,507	„ (52,17 „ „)	15	0,8635
Blut, menfchliches	—	1,054	„ (58,84 „ „)	20	0,8267
Brom	0	3,187	„ (66,07 „ „)	25	0,7831
Buchöl	15	0,921	Kohlfaatöl, roh oder raffiniert		0,914
Butterfäure	0	0,989	Kokosnußöl	15	0,925

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Flüssigkeit	Temperat. t	Dichtigkeit δ
Kopaivabalsam		0,992
Kreosotöl, 1,040—1,100	15	1,070
Kuhmilch	0	1,032
Kümmel		0,975
Kupfer (Schmelzpunkt 1100°)		8,217
Lavendelöl	16	0,877
Lebertran		0,922
Leinöl, roh		0,930
„ gekocht	15	0,942
Mandelöl		0,919
Meerwasser (Totes Meer 1,212)		1,026
Methylalkohol	0	0,818
Milch, 1,020—1,041		1,032
Mineralschmieröle, 0,890—0,930	20	0,910
Mohnöl	15	0,925
Naphtha (Petroleum-)	19	0,758
Natrium (Schmelzpunkt 95°)		0,929
Nitroglyzerin	15	1,598
Nußöl		0,947
Oelsäure	14	0,899
Olivenöl (Bauмöl, Provenceröl)	15	0,918
Palmöl	15	0,905
Paraffingasöl, 0,840—0,900		0,870
Petroleum (zum Leuchten meist 0,790—0,810, roh 0,760—0,920)	15	0,800
Petroleumäther, 0,665—0,700		0,675
Petroleumbenzin, 0,680—0,700	15	0,690
Petroleumessenz, 0,605—0,670		0,638
Petroleumnaphtha	19	0,758
Phosphor (Schmelzpunkt 44,4°)		1,755
Photogen, 0,780—0,850	15	0,815
Pottfischtran		0,884
Putzöl (Petroleumsprit)	15	0,745
Queckfilber (nach Regnault)	0	13,59593
Queckfilber (nach Regnault und Volkmann, vgl. Wied. Ann. 1881, XIII, S. 209)	0	13,5953
Queckfilber (ausführlichere Tabell. f. [10], S. 40, 41)	5	13,5833
Queckfilber	10	13,5709
„	15	13,5586
„	20	13,5463
„	25	13,5341
„	50	13,4731
„	100	13,3524
„	150	13,2331
„	200	13,1150
„	250	12,9976
„	300	12,8807
„	350	12,7640
Rapsöl, roh	15	0,915
„ raffiniert	15	0,913
Rizinusöl	12	0,969
Rizinusöl	25	0,957
Robbentran		0,915
Rosenöl	32	0,832
Rüböl, roh	15	0,915
„ raffiniert	15	0,912
Salmiakgeist, 9,75% Gehalt		0,960
„ 19,54% „		0,925
Salpeterfäure, rauchend	15	1,480
„ roh (40° Bé)		1,380
Salzfäure, rauchend	15	1,210
„ roh (20° Bé)		1,145
Schwefel (Schmelzpunkt 115°)		1,811
Schwefeläther, f. Aether		
Schwefelkohlenstoff	0	1,292
Schwefelfäure, rauchend	15	1,890
„ englische konzentrierte (66° Bé)		1,840
Schweflige Säure	–20	1,491
Silber (Schmelzpunkt 960°)		9,510
Solaröl, 0,825—0,850		0,838
Specköl (Schmalzöl)	15	0,920
Stahl (Schmelzp. 1300—1400°), nach Petruchewsky größter Wert, vgl. Wied. Ann. 1882, S. 145		8,5
Steinkohlenteer		1,195
Terpentinöl	16	0,873
Tran (f. spezielle Sorten) im Mittel	15	0,915
Wagenschmiere		1,012
Walfischtran, 0,910—0,925	15	0,918
Wasser (nach Rosetti, ausf. Tabelle f. [11], Bd. 1, S. 77, und [10], S. 37)	4	1,00000
Wasser (nach Reichsanstalt [14], S. 73)	0	0,99987
„	20	0,99823
„	40	0,99224
„	60	0,98324
„	80	0,97183
„	100	0,95837
„ (nach Hirn, Druck 10,5 m Queckfilberfäule plus Barometerstand, vgl. [11], II, S. 85)	120	0,94347
Wasser	140	0,92636
„	160	0,90786
„	180	0,88748
„	200	0,86282
Wein (Mosel 0,916 bis Tokayer 1,054) im Mittel		1,010
Wismut (Schmelzpunkt 260°)		10,039
Ziegenmilch		1,034
Zink (Schmelzpunkt 412°)		6,480
Zinkfulfatlöfung, konzentriert		1,440
Zinn (Schmelzpunkt 230°)		7,025
Zitronenöl	0	0,852

Dichtigkeiten fester Körper in bezug auf Waffer von 1 Atmofphäre und 4° C.

Körper	Dichtigkeiten δ	
	mittlere	verfchiedene
Achat	2,60	2,55 — 2,81
Aetzkali, trocken	2,10	
Aetznatron, 22,2% Waffer	2,00	
Ahornholz, trocken	0,65	0,60 — 0,85
„ grün	0,90	0,83 — 1,05
Akazienholz, trocken	0,68	0,58 — 0,80
„ grün	0,88	0,75 — 1,00
Alabafter	2,66	2,25 — 2,87
Alaun	1,71	1,70 — 1,72
Alaunfchiefer	2,46	2,34 — 2,59
Alaunftein	2,64	2,42 — 2,80
Aluminium	2,60	2,56 — 2,80
„ gegoffen	2,56	
„ gewalzt	2,66	2,62 — 2,80
„ gehämmert	2,75	2,70 — 2,80
„ rein	2,58	
Aluminium-bronze	90 *Cu* 10 *Al*	7,69
	95 „ 5 „	8,37
Aluminiummeffing, 97 *Cu* 3 *Al*	8,69	

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Körper	Dichtigkeiten δ		Körper	Dichtigkeiten δ	
	mittlere	verschiedene		mittlere	verschiedene
Aluminiumzinn	2,85		Boracit	2,95	2,90 — 3,00
Amalgam, natürliches	13,80	13,70 —14,10	Borax	1,75	1,70 — 1,80
Amethyst	2,66	2,65 — 2,75	Boraxglas	2,60	
Anamesit	3,00	2,90 — 3,08	Borsäure	1,45	1,43 — 1,48
Anthrazit, Stück	1,50	1,30 — 1,80	Brauneisenstein	3,67	3,40 — 3,95
„ geschüttet	0,95	0,91 — 0,99	Braunkohle, Stück	1,30	1,10 — 1,44
Antimon	6,71	6,70 — 6,72	„ geschüttet	0,78	
Antimonblei, 84 *Pb* 16 *Sb*	10,14		Braunstein	4,30	3,70 — 4,90
Antimonblende	4,60		Brechweinstein	2,45	
Antimonglanz	4,60	4,10 — 4,70	Breccin	2,60	2,50 — 2,76
Antimonoxyd	5,67	5,56 — 5,78	Britanniametall, 90 *Sn* 10 *Sb*	7,21	
Apatit	3,18	3,12 — 3,22	Brom	3,15	
Apfelbaumholz, trocken	0,74	0,66 — 0,84	Bronze, 75—96 *Cu*, 25—4 *Sn*	8,80	8,75 — 8,87
„ grün	1,10	0,95 — 1,26	Buchenholz, trocken	0,73	0,62 — 0,83
Aprikosenbaumholz, trock.	0,79	0,71 — 0,87	„ grün	1,00	0,85 — 1,25
Aragonit	2,94	2,92 — 3,00	Buchsbaumholz, trocken	1,03	0,91 — 1,16
Argentan, s. Neusilber.			„ grün	1,26	1,20 — 1,32
Arsen	5,70	5,63 — 5,76	Butter	0,94	0,87 — 0,95
Arsenige Säure	3,71	3,69 — 3,74	Calcium	1,57	1,56 — 1,58
Asbest	2,30	1,50 — 2,80	Cäsium	1,88	
Asbestpappe	1,20		Cer	6,68	6,63 — 6,73
Asphalt	1,20	1,07 — 1,50	Chilisalpeter (Natronsalp.)	2,10	1,95 — 2,26
Asphaltpflaster	2,30	2,20 — 2,40	„ geschüttet	1,00	
Auripigment, s. Operment.			Chlorbaryum, kristallisiert	3,70	
Backstein, s. Ziegelsteine.			Chrom	6,50	6,20 — 6,80
Baryum	3,80	3,75 — 3,85	Chromgelb	6,00	
Basalt	3,00	2,70 — 3,30	Cölestin	3,90	
„ 35 Proben Pflastermaterial (München)	2,98	2,80 — 3,34	Dachschiefer	2,67	2,65 — 2,70
Basaltlava, rheinische	2,30	2,05 — 2,46	Deltametall	8,60	
Bergkristall	2,66	2,60 — 2,88	Diabas	2,95	
Bernstein	1,08	1,07 — 1,09	Diamant	3,52	3,49 — 3,55
Beryll	2,50	2,25 — 2,75	Didym	6,54	
Beryllium	2,00	1,85 — 2,13	Diorit	2,85	2,70 — 2,95
Beton	2,25	1,80 — 2,40	Dolerit	2,85	2,45 — 3,09
„ 88 Prob., Mischungen verschied. (München)	2,38	1,51 — 2,54	Dolomit	2,75	2,44 — 2,90
„ 16 Proben, 6 Misch. mit Blaubeuren. Portlandzement (Stuttg.)	2,40	2,37 — 2,43	Doppelchromsaures Kali	2,70	
„ 16 Proben, 6 Misch. m. Laufener Portlandzement (Stuttgart)	2,39	2,33 — 2,46	Ebenholz, schwarzes	1,19	
Beton, 11 Prob., 5 Misch. m. Portlandzement (Wien)	2,24	2,10 — 2,33	„ grünes	1,21	
Bimsstein, natürlicher	0,64	0,37 — 0,91	Ebereschenholz, trocken	0,79	0,69 — 0,89
„ Wiener	2,35	2,20 — 2,50	„ grün	1,00	0,87 — 1,13
Birkenholz, trocken	0,72	0,51 — 0,77	Eichenholz, trocken	0,80	0,61 — 1,03
„ grün	0,90	0,80 — 1,09	„ grün	1,05	0,93 — 1,28
Birnbaumholz, trocken	0,68	0,61 — 0,73	„ 20 Proben für Parkettböden	0,78	0,65 — 0,89
„ grün	1,00	0,96 — 1,07	Eis bei 0° C. (Wied. Ann. 1892, XLVII, S. 161)	0,91666	
Bittersalz, kristallisiert	1,75	1,70 — 1,80	Eisen, reines	7,86	7,84 — 7,88
„ wasserfrei	2,60		Eisendraht	7,70	7,60 — 7,80
Blätterkohle	1,35	1,20 — 1,50	Eisenglanz	5,00	4,80 — 5,20
Blei	11,36	11,22 —11,44	Eisenvitriol, kristallisiert	1,88	1,86 — 1,90
„ gegossen	11,34		Elfenbein	1,88	1,82 — 1,92
„ gewalzt	11,38		Englisch-Rot	3,65	3,50 — 3,80
„ gezogen	11,41		Erbsen, in Gefäßen	0,85	
Bleiamalgam	12,40	12,00 —12,80	Erde, lose trocken	1,20	1,12 — 1,28
Bleiglanz	7,50	7,30 — 7,70	„ „ frisch	1,40	
Bleiglätte, natürliche	7,90	7,83 — 7,98	„ festgestampft trocken	1,80	1,60 — 1,92
„ künstliche	9,40	9,30 — 9,50	„ „ frisch	2,10	2,00 — 2,20
Bleiweiß, Stück	6,71	6,70 — 6,73	Erlenholz, trocken	0,55	0,42 — 0,68
„ Pulver	3,15		„ grün	0,82	0,63 — 1,01
Bleizucker	2,40	2,39 — 2,41	Eschenholz, trocken	0,75	0,57 — 0,94
Blutlaugensalz, gelbes	1,83		„ grün	0,92	0,70 — 1,14
Bohnen, in Gefäßen	0,86		Eurit	2,70	2,54 — 2,86
Bolus, Stück	2,38	2,05 — 2,71	Fahlerze	4,86	4,36 — 5,36
Bor	2,60	2,50 — 2,70	Feldspat	2,53	2,43 — 2,63
			Fensterglas	2,55	2,45 — 2,65
			Fett, tierisches	0,93	0,92 — 0,94
			Feuerstein	2,70	2,58 — 2,80
			Fichtenharz	1,07	
			Fichtenholz, trocken	0,48	0,35 — 0,60

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Körper	Dichtigkeiten δ		Körper	Dichtigkeiten δ	
	mittlere	verſchiedene		mittlere	verſchiedene
Fichtenholz, grün	0,74	0,40 — 1,07	Hornblende	2,80	2,60 — 3,40
Flaſchenglas	2,70	2,60 — 2,76	Indigo	0,77	
Flintglas	3,50	3,16 — 3,78	Indium	7,42	
Flußeiſen	7,85	7,70 — 7,90	Iridium	22,42	
Flußſpat	3,15	3,10 — 3,20	Jaſpis	2,66	2,56 — 2,76
Flußſtahl	7,86	7,70 — 8,00	Jod	4,95	
Föhrenholz, ſ. Kiefernholz.			Jodſilber	5,61	
Formſand, loſe geſchüttet	1,20		Kadmium	8,60	8,53 — 8,69
„ eingeſtampft	1,65		„ gegoſſen	8,55	
Fruchtgummi	1,60		„ gehämmert	8,67	
Gabbro	2,95	2,90 — 3,00	Kadmiumwismut, 21,2 *Cd* 78,8 *Bi*	9,55	
Gallium	5,95	5,94 — 5,96	Kadmiumzinn, 32,2 *Cd* 67,8 *Sn*	7,69	
Galmei	4,30	4,10 — 4,50	Kalium	0,87	
Gaskohle	1,88		Kalifalpeter	2,02	1,95 — 2,08
Germanium	5,47		Kalk, gebrannt	2,75	2,30 — 3,20
Gerſte, geſchüttet	0,60	0,51 — 0,69	„ gelöſcht	1,35	1,30 — 1,40
Getreideſchüttung	0,66	0,43 — 0,81	Kalkmörtel	1,70	1,65 — 1,78
Gips, kriſtalliſiert	2,25	2,17 — 2,31	Kalkſpat	2,72	2,60 — 2,78
„ gebrannt	1,80		Kalkſteine	2,65	2,30 — 3,00
„ geſiebt	1,25	1,24 — 1,26	„ 146 Proben Pflaſter- u. Schottermat. (Münch.)	2,73	2,46 — 3,01
„ gegoſſen, trocken	0,97		Kalkſteine, bayr., 6 Prob.,	2,67	2,37 — 2,75
Glanzkohle	1,35	1,20 — 1,50	„ aus 36 Schweizer Brüchen	2,64	2,30 — 2,73
Glas, gewöhnliches	2,55	2,40 — 2,70	„ bayriſche Jura-, 5 Proben	2,25	2,15 — 2,46
Glauberſalz, natürliches	1,45	1,40 — 1,50	Kalktuff, Schweizer	1,64	1,57 — 1,71
„ waſſerfrei, kriſt.	2,54	2,46 — 2,63	Kampfer	0,99	0,98 — 1,00
Glimmer	2,80	2,45 — 3,15	Kanonengut	8,60	8,44 — 8,76
Glockenmetall	8,80	8,76 — 8,84	Karbolſäure (Phenol), rein	1,08	
Gneis	2,60	2,40 — 2,90	Kartoffel, Stück	1,10	1,06 — 1,13
Gold	19,33	19,25 —19,40	„ in Gefäßen	0,64	0,59 — 0,70
„ gegoſſen	19,28		Kautſchuk, ſ. Gummi.		
„ gehämmert	19,33		Kiefernholz, trocken	0,65	0,31 — 0,76
„ gezogen	19,38		„ grün	0,73	0,38 — 1,08
Goldamalgam	15,40		Kies, trocken	1,80	
Goldkupfer, 98 *Au* 2 *Cu*	18,84		„ naß	2,00	
92 „ 8 „	17,52		Kieſelerde	2,70	2,66 — 2,74
86 „ 14 „	16,46		Kieſelſäure, kriſtall.	2,60	
Granat	3,70	3,40 — 4,30	„ amorph	2,20	
Granit	2,65	2,40 — 2,80	Kirſchbaumholz, trocken	0,80	0,76 — 0,84
Granit, bayr., 10 Proben	2,68	2,61 — 2,76	„ grün	1,12	1,05 — 1,18
„ 79 Proben Pflaſtermaterial (München)	2,63	2,46 — 2,78	Klebſchiefer	2,00	
Graphit	2,10	1,90 — 2,32	Kleeſamen, geſchüttet	0,82	
Grauſpießglanz	4,65	4,60 — 4,70	Klingſtein	2,45	2,40 — 2,50
Grünſtein	2,95	2,90 — 3,00	Knochen	1,80	1,60 — 2,00
Gummi arabicum	1,45	1,31 — 1,60	Kobalt	8,55	8,30 — 8,70
„ elasticum (Kautſchuk)	0,94	0,92 — 0,96	Kobaltglanz	6,05	6,00 — 6,10
Gummifabrikate	1,50	1,00 — 2,00	Kochſalz	2,14	2,08 — 2,20
Gummigutt	1,20		Kohlenſäure, feſt	1,20	
Gußeiſen	7,25	7,00 — 7,50	Koks (Gas-), geſchüttet	0,33	0,30 — 0,35
Guttapercha	0,97	0,96 — 0,99	„ (Zechen-) „	0,42	0,35 — 0,53
Hafer, geſchüttet	0,48	0,43 — 0,53	Kolophonium	1,07	
Hainbuchenholz, trocken	0,72	0,62 — 0,82	Korallen	2,69	
„ grün	1,08	0,92 — 1,25	Korkholz	0,24	
Hanfſamen, geſchüttet	0,58	0,50 — 0,67	Korund	3,95	3,90 — 4,00
Hartriegelholz, trocken	0,79	0,77 — 0,81	Kreide	2,40	1,80 — 2,70
„ grün	1,03	0,96 — 1,09	Kriſtallglas	2,95	2,90 — 3,00
Haſelnußholz, trocken	0,60		Kronglas (Spiegelglas)	2,56	2,45 — 2,72
Harz (Fichten-)	1,07		Kupfer	8,85	8,60 — 9,00
Hickoryholz, trocken	0,75	0,60 — 0,90	„ gegoſſen	8,75	8,60 — 8,90
Hirſe, in Gefäßen	0,66	0,62 — 0,70	„ gewalzt, gehämmert	8,95	8,88 — 9,00
Hochofenſchlacke	2,75	2,50 — 3,00	„ elektrolytiſch	8,92	8,88 — 8,96
Holunderholz, trocken	0,70		Kupferdraht	8,90	8,80 — 9,00
Holzfaſer	1,50	1,46 — 1,53	Kupferglanz	5,65	5,50 — 5,80
Holzkohle, Nadelholz, Stck.	0,36	0,28 — 0,44	Kupferkies	4,20	4,10 — 4,30
„ „ Schüttung	0,16	0,12 — 0,20	Kupfervitriol	2,25	2,20 — 2,30
„ Eiche, Buche, Stck.	0,50				
„ „ „ Schüttg.	0,24	0,23 — 0,25			
„ Stück, waſſergefüllt	1,45	1,40 — 1,50			
Horn	1,75				

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Körper	Dichtigkeiten δ	
	mittlere	verschiedene
Lagermetall (s. auch Antimonblei)	7,10	
Lanthan	6,10	6,05 — 6,16
Lärchenholz, trocken	0,57	0,44 — 0,70
„ grün	0,81	0,52 — 1,00
Lava	2,60	2,00 — 3,00
Leder, trocken	0,86	
„ gefettet	1,02	
Lehm, trocken	1,38	1,25 — 1,52
„ frisch gegraben	2,25	1,65 — 2,85
Lehmsteine, trocken	1,60	
Leim	1,27	
Letten	1,69	
Lindenholz, trocken	0,45	0,32 — 0,59
„ grün	0,74	0,61 — 0,87
Lötzinn	8,90	8,10 — 9,70
Magnesia	3,25	3,20 — 3,30
Magnesit	3,00	
Magnesium	1,74	1,69 — 1,75
Magneteisenstein	5,00	4,80 — 5,20
Magnetkies	4,55	4,40 — 4,70
Mahagoniholz	0,75	0,56 — 1,06
„ von Kuba	0,56	
„ „ Domingo	0,75	
„ „ Afrika	0,94	
Malachit	3,90	3,70 — 4,10
Mangan	7,80	7,10 — 8,03
Manganerz, rot	3,46	
„ schwarz	4,00	
Marmor	2,70	2,52 — 2,84
„ carrarischer	2,72	
Mauerschutt	1,60	
Mauerwerk (Mittelwerte der Berlin. Baubehörden)		
Mauerwerk, volle Ziegelst.	1,60	
„ poröse Steine	1,10	1,00 — 1,20
„ Lochsteine	1,30	
„ poröse Lochst.	0,90	
„ Schwemmst.	0,85	
„ Kalkstein	2,60	
„ Sandstein	2,40	
„ Granit, Marm.	2,70	
Meerschaum	1,12	0,99 — 1,25
Mehl, locker bis festgerütt.	0,60	0,38 — 0,80
„ Weizen, o. Zwischenräume	1,56	
Melaphyr	2,64	2,60 — 2,80
Mennige	8,90	8,60 — 9,20
Mergel	2,40	2,30 — 2,50
Mergelklinker	1,72	
Messing (s. a. Weißmessing, Tombak)	8,50	8,30 — 8,73
Messing, gegossen	8,45	8,30 — 8,60
„ gewalzt, gehämm.	8,56	8,51 — 8,67
Messingdraht	8,60	8,43 — 8,73
Mettlacher Plättchen	2,54	2,24 — 2,70
Molybdän	8,60	8,49 — 8,64
Mörtel	1,85	1,70 — 2,00
Mühlsteinquarz	1,42	1,25 — 1,60
Nagelfluh	2,40	2,10 — 2,70
Natrium	0,98	0,97 — 0,99
Neusilber	8,55	8,40 — 8,70
Nickel	8,80	8,40 — 9,20
Nickelin	8,77	
Niobium	7,20	
Nußbaumholz, trocken	0,66	0,60 — 0,80
„ grün	0,92	
Ocker	3,50	
Opal	2,10	2,00 — 2,20
Operment (Auripigment)	3,45	3,40 — 3,50
Osmium	22,48	
Palladium	11,40	10,90 —12,10
Papier	0,92	0,70 — 1,15
Pappelholz, trocken	0,48	0,38 — 0,60
„ grün	0,84	0,61 — 1,07
Paraffin	0,90	0,87 — 0,93
Pech	1,07	
Pechtanne (Pitchpine), trocken	0,84	0,83 — 0,85
Pflaumenbaumholz, trocken	0,78	0,68 — 0,90
„ grün	1,00	0,87 — 1,17
Phenol, s. Karbolsäure.		
Phosphor, gelb	1,83	1,82 — 1,84
„ rot	2,20	2,15 — 2,34
„ metallisch	2,34	
Phosphorbronze	8,80	
Platin	21,50	21,20 —21,70
Platinschwamm	18,78	16,32 —21,24
Pockholz	1,28	1,17 — 1,39
Polierschiefer (s. a. Klebschiefer)	0,60	0,59 — 0,61
Porphyr	2,60	2,40 — 2,80
Porphyr, 75 Prob. Pflaster- und Schottermaterial (München)	2,57	2,34 — 2,74
Porzellan	2,32	2,14 — 2,49
Porzellanerde	2,20	
Pottasche	2,28	2,26 — 2,30
Preßkohle	0,60	0,50 — 0,70
Quarz	2,65	2,55 — 2,75
Quecksilber, fest bei —39°	14,19	
Quittenbaum, trocken	0,70	
Raseneisenstein	2,60	
Rhodium	11,60	11,00 —12,10
Roggen	0,74	0,68 — 0,79
Roheisen, weißes	7,65	7,58 — 7,68
„ graues	7,00	6,60 — 7,30
Rohr, spanisches	0,40	
Roßkastanienholz, trocken	0,58	0,52 — 0,63
„ grün	0,90	0,76 — 1,04
Rotbuchenholz, trocken	0,74	0,66 — 0,83
„ grün	0,98	0,85 — 1,12
Roteisenstein	4,70	4,50 — 4,90
Rotgültigerz	5,68	5,50 — 5,85
Rubidium	1,52	
Rubin	3,90	3,50 — 4,30
Runkelrüben, gehäuft	0,52	
Ruthenium	12,26	
Salizylsäure	1,49	
Salmiak	1,50	1,45 — 1,60
Salpeter (s. Chilisalpeter, Kalisalpeter)	2,10	1,95 — 2,26
Sand, trocken	1,50	1,40 — 1,65
„ feucht	1,80	1,70 — 1,90
„ naß	2,00	1,95 — 2,05
Sandsteine	2,30	1,90 — 2,70
„ bayr., 43 Proben aus 55 Schweizer Brüchen	2,14	1,78 — 2,72
„ aus Purkersdorf bei Wien	2,37	2,02 — 2,75
„ 58 Prob. Pflaster- u. Schottermaterial (München)	2,59	2,58 — 2,62
Saphir	2,54	1,96 — 2,78
Schamotteblättchen	4,35	3,90 — 4,80
Schamottesteine	2,60	
Schiefer	1,85	
	2,65	2,60 — 2,70

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Körper	Dichtigkeiten δ	
	mittlere	verschiedene
Schießpulver, lose	0,90	
„ gestampft	1,75	
Schlamm	1,65	
Schmiedeeisen, s. Schweißeisen, Flußeisen.		
Schmirgel	4,00	
Schnee, auf Dächern u. s. w.	0,125	
Schwefel (rein 2,07)	2,00	1,92 — 2,07
„ rhombisch	2,07	
„ monoklin	1,96	
„ amorph, frisch	1,92	
„ „ alt, hart	2,06	
Schwefelkies (Pyrit)	5,10	4,90 — 5,20
Schweißeisen	7,80	7,60 — 7,90
Schweißeisendraht	7,68	7,60 — 7,75
Schweißstahl	7,86	7,60 — 8,10
Schwerspat	4,55	4,42 — 4,68
Selen	4,50	4,20 — 4,80
„ kristall.	4,65	4,50 — 4,80
„ amorph	4,20	
Serpentin	2,60	2,50 — 2,70
Silber	10,50	10,42 —10,57
„ gegossen	10,48	
„ gewalzt, gehämmert	10,56	
Silber, elektrolytisch	10,53	
Silberdraht	10,48	
Silicium, kristall.	2,39	
„ amorph	2,00	
Smaragd	2,78	2,68 — 2,77
Soda, geglüht	2,50	
„ kristall.	1,45	
Spateisenstein	3,80	3,70 — 3,90
Speck	0,95	
Speckstein	2,70	2,60 — 2,80
Speißkobalt	6,84	6,37 — 7,30
Stärke	1,53	
Stearin	0,97	
Steineichenholz, trocken	0,89	0,71 — 1,07
Steinkohle (s. auch Anthracit), Stück	1,35	1,20 — 1,50
„ geschüttet	0,80	0,74 — 0,86
Steinsalz, Stück	2,28	2,14 — 2,41
„ gemahlen	1,02	
Strontianit	3,70	
Strontium	2,54	2,50 — 2,58
Sublimat	7,82	7,79 — 7,85
Syenit	2,75	2,50 — 2,90
„ 20 Proben Pflaster- u. Schottermaterial (München)	2,77	2,46 — 2,91
Talg	0,92	0,91 — 0,93
Talkstein	2,70	2,60 — 2,80
Tannenholz, trocken	0,60	0,37 — 0,75
„ grün	1,00	0,77 — 1,23
Tantal	10,40	10,08 —10,78
Tellur	6,16	5,93 — 6,42
„ kristall.	6,40	
„ amorph	5,93	
Thallium	11,85	11,78 —11,90
Thorium	11,00	
Titan	5,33	
Tombak	8,85	
Ton	2,20	1,80 — 2,60
Tonschiefer	2,70	2,60 — 2,80
Topas	3,54	3,51 — 3,57
Torf, trocken		0,10 — 1,00
„ Rasentorf	0,20	
„ Wurzeltorf	0,40	
Torf, Erdtorf	0,60	
„ Pechtorf	0,80	
Trachyt	2,60	
Traß, gemahlen	0,95	
Tripel	2,00	1,80 — 2,20
Tropfstein	2,50	2,32 — 2,68
Tuffstein (s. a. Kalktuff)	1,90	1,70 — 2,20
„ 23 Prob. (München)	1,88	1,63 — 2,39
Tungstein	6,05	5,90 — 6,20
Turmalin	3,12	2,94 — 3,30
Ulmenholz, trocken	0,69	0,56 — 0,82
„ grün	0,95	0,73 — 1,18
Umbra	2,21	
Uran	18,68	
Vanadium	5,50	
Wachs	0,97	0,95 — 0,99
Walrat	0,91	0,88 — 0,94
Wasserkalk, gepulvert	0,55	
Weidenholz, trocken	0,53	0,43 — 0,63
„ grün	0,85	0,73 — 0,97
Weinreben	1,33	
Weinsäure (Weinsteinsäure)	1,75	
Weißbuchenholz, trocken	0,72	0,62 — 0,82
„ grün	1,02	0,92 — 1,25
Weißmessing	8,00	7,60 — 8,20
Weißmetall (Lagermetall)	7,10	
Weizen, geschüttet	0,76	0,71 — 0,81
Weizenkorn	1,35	
Wetzschiefer	2,72	
Wicken, in Gefäßen	0,84	0,80 — 0,88
Wismut (rein 9,78)	9,85	9,76 — 9,93
„ gegossen	9,82	
Wismutamalgam	10,70	10,20 —11,20
Wolfram	17,90	16,54 —19,26
Woodsches Metall	9,70	
Zedernholz	0,58	0,56 — 0,61
Zeichenschiefer	2,15	2,11 — 2,19
Zement, erhärtet	2,75	2,50 — 3,00
Zementpulver, lose	1,20	0,89 — 1,35
„ eingedrückt	1,85	1,36 — 1,92
„ 10 Sort. Portlandzement (München) in einzelnen Litern	1,28	1,21 — 1,33
„ in 50-Literkiste geschaufelt	1,47	1,38 — 1,54
„ ohne Zwischenräume, 17°	3,28	3,23 — 3,34
Ziegelsteine, gewöhnliche	1,80	1,40 — 2,20
„ Klinker	1,90	1,50 — 2,30
Zink	7,05	6,86 — 7,24
„ gegossen	7,00	6,86 — 7,16
„ gewalzt, gehämmert	7,16	7,12 — 7,24
Zinkblende	4,05	3,90 — 4,20
Zinkchlorid	2,75	
Zinkspat (Galmei)	4,30	4,10 — 4,50
Zinkvitriol, kristall.	2,04	
Zinn	7,25	7,12 — 7,37
„ gegossen	7,23	7,18 — 7,29
„ gewalzt, gehämmert	7,30	
Zinnamalgam, $Hg\,Sn$	10,30	
„ „ $Hg\,Sn_2$	9,30	
„ „ $Hg\,Sn_3$	8,80	
Zinnkies	4,35	
Zinnober	8,12	
Zinnstein	6,70	6,40 — 7,00
Zirkonium	4,15	
Zucker, weißer	1,61	
Zypressenholz	0,62	0,60 — 0,64

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Gafe und Dämpfe. Für Gafe, die dem Boyle-Gay-Luffacfchen Gefetze (f. d.) folgen, hat man bei gleichen Drücken p und gleichen Temperaturen t ftets $R\gamma = R_0\gamma_0$, unter R, R_0 die dem Ausdrucke $pv = RT = R(273 + t)$ jenes Gefetzes entfprechenden Konftanten der Körper K, K_0 (f. S. 740) verftanden. Wird nun, wie üblich, die Dichtigkeit auf gleiche p, t der letzteren bezogen, fo ift für alle p, t von gleichem Wert [14], S. 131:

$$\delta = \frac{\gamma}{\gamma_0} = \frac{R_0}{R} \qquad 3.$$

und für zwei beliebige Gafe K, K':

$$R\delta = R'\delta'. \qquad 4.$$

Beifpielsweife erhalten wir mit den folgenden von Regnault durch Verfuche erhaltenen Werten von γ:

für	γ für 1 cbm bei $p = 1$ Atm., $t = 0°$	δ wenn K_0 atm. Luft	δ wenn K_0 Waffertoff	δ wenn K_0 Waffer von 4°
Atm. Luft . . .	1,293187 kg	1,00000	14,4384	0,00129319
Waffertoff . . .	0,089566 „	0,06926	1,0000	0,00008957
Sauerftoff . . .	1,429786 „	1,10563	15,9635	0,00142979
Stickftoff . . .	1,256163 „	0,97137	14,0250	0,00125616
Stickoxyd . . .	1,34284 „	1,03839	14,9927	0,00134284
Kohlenoxyd . .	1,25090 „	0,96730	13,9662	0,00125090
Kohlenfäure . .	1,97741 „	1,52909	22,0777	0,00197741

Wird neben dem Boyle-Gay-Luffacfchen Gefetze das Avogadrofche Gefetz als gültig angenommen (f. Gafe), fo folgt aus 3. [14], S. 213:

$$\delta = \frac{\gamma}{\gamma_0} = \frac{m}{m_0}, \qquad 5.$$

unter m, m_0 die Molekulargewichte (f. d.) der Körper K, K_0 verftanden, und aus 4. für zwei Gafe K, K': $Rm = R'm'$. 6.

Meift wird als K_0 und K' der Waffertoff gewählt und hat man dann mit $m_0 = m' = 2$ und $R' = 422{,}591$:

$$\delta_w = \frac{m}{2}, \qquad Rm = 845{,}182. \qquad 7.$$

In Wirklichkeit weichen freilich auch die fchwerft kondenfierbaren Gafe, zu denen die vorftehenden mit Ausnahme der Kohlenfäure gehören, von dem Boyle-Gay-Luffacfchen Gefetze ab, fo daß obige δ zunächft nur für $t = 0$ gelten und im übrigen mit der dem Boyle-Gay-Luffacfchen Gefetze entfprechenden Genauigkeit, die jedoch für atmofphärifche Luft und die fonftigen fchwerft kondenfierbaren Gafe in der Technik zu genügen pflegt. Für Dämpfe ift dies im allgemeinen nicht der Fall. Sobald jedoch $\gamma = \frac{1}{v}$ durch Verfuche oder nach den unter Gasförmige Körper, Dampf, gefättigter, Dampf, überhitzter, gegebenen Beziehungen bekannt ift (für gefättigten Waffердampf f. Tabelle III unter Dampf, gefättigter), läßt fich durch Divifion mit $\gamma_0 = \frac{1}{v_0}$ die Dichtigkeit in Hinficht jedes beliebigen Körpers K_0 erhalten.

So haben fich die Zahlen der letzten Kolumne vorftehender Zufammenftellung durch Divifion derjenigen der erften mit $\gamma_0 = 1000$ ergeben. Weiteres über Gas- und Dampfdichten f. [11], Bd. 2, S. 179, 794, Werte derfelben [10], S. 11, 17, 115, hinfichtlich der näherungsweifen Uebereinftimmung der Dichten von Gafen und genügend überhitzten Dämpfen in bezug auf Waffertoff von gleichen p, t mit dem halben Molekulargewicht f. [11], Bd. 2, S. 802, [13], S. 121, [14], S. 214.

Gemifche. Befteht ein Körper aus verfchiedenen Teilen, denen einzeln für den in Frage kommenden Zuftand die fpezififchen Gewichte $\gamma_1, \gamma_2 \ldots$ und die Dichtigkeiten $\delta_1, \delta_2 \ldots$ entfprechen, fo hat man für das mittlere fpezififche Gewicht γ und die mittlere Dichtigkeit δ desfelben, neben 1., 2. mit $G = G_1 + G_2 + \ldots$, wenn das Volumen des Ganzen gleich der Summe der Einzelvolumen bleibt ($V = V_1 + V_2 + \ldots$):

$$\gamma = \frac{1}{V}\Sigma V_e \gamma_e = \frac{G}{\Sigma\frac{G_e}{\gamma_e}} = \frac{G}{\Sigma G_e v_e} = \frac{1}{v}, \quad \delta = \frac{1}{V}\Sigma V_e \delta_e = \frac{G}{\Sigma\frac{G_e}{\delta_e}}, \qquad 8.$$

worin die Summen Σ alle Beftandteile umfaffen. Diefe Gleichungen gelten auch für ein Gemifch verfchiedener Gafe von beftimmter Temperatur im gleichen Raume V unter Vorausfetzung des Daltonfchen Gefetzes (f. d.) und des Boyle-Gay-Luffacfchen Gefetzes [14], S. 141. Es laffen fich danach z. B. die fpezififchen Gewichte und Dichtigkeiten der Arbeitsflüffigkeit und Verbrennungsprodukte in Gasmafchinen berechnen [14], S. 142, 256. — Näheres über Gas-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

gemiſche [13], S. 104, [14], S. 137, 255. Für Flüſſigkeitsgemiſche und Metalllegierungen haben ſich die Formeln 8. im allgemeinen nicht als zutreffend erwieſen, indem hier mit der Miſchung Volumenänderungen eintreten können.

Literatur: [1] Eytelwein, Handbuch der Statik feſter Körper mit vorzüglicher Rückſicht auf ihre Anwendung in der Architektur, Bd. 1, Berlin 1808, S. 81, 89 (ältere Ermittlungen). — [2] Marbach, Phyſikaliſches Lexikon, Bd. 2, Leipzig 1853, S. 479 (weitere Reſultate). — [3] Hrabak, Gemeinnütziges mathematiſch-techniſches Tabellenwerk, Leipzig 1873 (Metalle, Steine, Hölzer u. ſ. w., Gewichtstabellen). — [4] Grashof, Theoretiſche Maſchinenlehre, Bd. 1, Hydraulik nebſt mechaniſcher Wärmetheorie und allgemeine Theorie der Heizung, Leipzig 1875, S. 9, 104, 109, 150, 374. — [5] Bauſchinger, Mitteilungen aus dem mechaniſch-techniſchen Laboratorium der K. Techniſchen Hochſchule in München, Heft 7—11, 16, 18, 19 (bayriſche und andre natürliche und künſtliche Steine, Hölzer, Zemente u. ſ. w.), 1877—1889. — [6] Tetmajer, Mitteilungen der Anſtalt zur Prüfung von Baumaterialien am Eidgen. Polytechnikum in Zürich, Heft 1, 1884 (Schweizer Bauſteine), Heft 2, 1884 (Schweizer Bauhölzer). — [7] Simon und Friederici, Materialienkunde, Lahr 1884, S. 413 u. a. (gewerblich verwendete Stoffe). — [8] Winkelmann, Handbuch der Phyſik, Bd. 1, Allgemeine und ſpezielle Mechanik, Akuſtik, Breslau 1891, S. 136. — [9] Violle, Lehrbuch der Phyſik, Bd. 2, Mechanik der flüſſigen und gasförmigen Körper, Berlin 1893, S. 549, 949. — [10] Landolt und Börnſtein, Phyſikaliſch-chemiſche Tabellen, Berlin 1894 (neuere Ermittlungen betr. Elemente, Verbindungen, Gemiſche, Löſungen, Legierungen u. ſ. w.). — [11] Wüllner, Lehrbuch der Experimentalphyſik, Bd. 1, Allgemeine Phyſik und Akuſtik, Leipzig 1895, S. 131, 351, 355; Bd. 2, Die Lehre von der Wärme, Leipzig 1896, S. 173, 179, 794. — [12] Auerbach, Kanon der Phyſik, die Begriffe, Prinzipien, Sätze, Formeln, Dimenſionsformeln und Konſtanten der Phyſik, Leipzig 1899, S. 54. — [13] Zeuner, Techniſche Thermodynamik, Bd. 1, Leipzig 1900, S. 99, 107 u. ſ. w. (gasförmige Körper). — [14] Weyrauch, Grundriß der Wärmetheorie, I, Stuttgart 1905, S. 58, 131, 214, 252 u. ſ. w. *Weyrauch.*

Dichtigkeit oder **Dichte** iſt die in der Volumeneinheit (1 ccm) enthaltene Gewichtsmenge (in Gramm) eines Stoffes, alſo annähernd gleichbedeutend mit ſpezifiſchem Gewicht.

Die Methoden, nach denen die Beſtimmung des ſpezifiſchen Gewichts geſchehen kann, ſind ungemein zahlreich und verſchieden, je nach dem Aggregatzuſtand des Stoffes. Bei Gaſen leidet die Genauigkeit der Gewichtsbeſtimmung an der Kleinheit des abſoluten Gewichts der Gaſe; die relativen Dichten beſtimmt man bequem nach Bunſen aus den Ausſtrömungszeiten, in denen verſchiedene Gaſe aus einer engen Oeffnung unter gleichem Druck austreten; die Dichten verhalten ſich umgekehrt wie die Quadrate der Ausſtrömungszeiten. Flüſſigkeitsdichten ermittelt man gewöhnlich mit Hilfe von Pyknometern, Hohlgefäßen von beſtimmtem Inhalt und bekanntem Gewicht, die, mit der Flüſſigkeit gefüllt, gewogen werden und ſo die nötigen Daten zur Beſtimmung liefern; oder man benutzt das archimediſche Prinzip, nach dem ein Körper von beſtimmtem Volumen in einer Flüſſigkeit um den Betrag geringeres Gewicht anzeigt, als außerhalb derſelben, wie das Volumen der verdrängten Flüſſigkeit wiegt. Die Anwendung zur Vergleichung der Dichten von Flüſſigkeiten leuchtet ein. Dasſelbe Prinzip dient auch zur Ermittelung der Dichten feſter Körper, deren Gewicht und Gewichtsabnahme beim Eintauchen in Waſſer beſtimmt wird, indem der Gewichtsverluſt gleich dem Gewicht des Körpervolumens Waſſer iſt, aus dem das Volumen unmittelbar beſtimmbar iſt. (Näheres ſ. Kohlrauſch, Leitfaden der praktiſchen Phyſik, 7. Aufl., Leipzig 1892, S. 42 ff.)

Von der Temperatur und vom Druck ſind die Dichten, namentlich bei Gaſen, abhängig; das untere Extrem der Dichte bildet der Waſſerſtoff, der bei 0° und 760 mm Druck 0,0000900 g/cbcm, das obere Osmium, das 22,5 g/cbcm enthält. Die Beziehungen der Dichte zur chemiſchen Natur der Körper ſind fehr wenig erkannt. Die Dichten der chemiſchen Elemente ſind eine periodiſche Funktion des Atomgewichts wie die meiſten phyſikaliſchen Eigenſchaften. Gewiſſe Regelmäßigkeiten zeigen die Löſungen; die Dichtedifferenz gegen das reine Löſungsmittel iſt ungefähr proportional der Konzentration des gelöſten Körpers, und der Vergleich verſchiedener Salzlöſungen in Waſſer lehrt außerdem, daß bei gleichem Molekulargehalt Salze mit gleichem Kation für den Wechſel des Anions oder ſolche mit gleichem Anion für den Wechſel des Kations auch gleiche Dichtenunterſchiede aufweiſen, die ihrerſeits wieder der Konzentration proportional ſind (Valſon, Bender), ſo daß man mit Kenntnis der Dichte einer Salzlöſung und der „Moduln“, die für die Zuſammenſetzungsverſchiedenheiten gefunden ſind, durch Addition die Dichte einer andern beſtimmten Salzlöſung annähernd finden kann.

Einige Moduln für 18° ſind:

NH_4	K	Na	Li	$\frac{1}{2}Ba$	$\frac{1}{2}Sr$	$\frac{1}{2}Ca$	Cl	Br	J	NO_3	$\frac{1}{2}SO_4$
0	296	235	72	739	522	282	0	370	733	160	$200 \cdot 10^{-4}$

Die Dichten der NH_4Cl-Löſungen ſind:

1 norm.: 1,0153 2 norm.: 1,0299 3 norm.: 1,0438 4 norm.: 1,0577

Daraus berechnet ſich z. B. für 3 norm. $(CaBr_2)^{1}/_{2}$:

$$1{,}0438 + \underset{(3n\,NH_4Cl)}{3 \cdot 10^{-4}\,(282 + 370)} = 1{,}2394,$$ beobachtet iſt: 1,2395.

$\qquad\qquad\qquad

keiten. Es ſind damit ein Maximum des ſpezifiſchen Gewichts γ und Minima des ſpezifiſchen Volumens v und Geſamtvolumens V verbunden.

Von beſonderem Intereſſe iſt das Dichtigkeitsmaximum des Waſſers, das für 1 Atmoſphäre Druck (760 mm Queckſilberſäule = 10333 kg pro Quadratmeter) bei ca. 4° liegt. Verſchiedene Beſtimmungen desſelben (von 3,74—4,70°) ſ. Landolt und Börnſtein, Phyſikaliſch-chemiſche Tabellen, Berlin 1894, S. 105, über das Dichtigkeitsmaximum wäſſeriger Salzlöſungen ebendaſelbſt S. 106. Auch manche feſte Körper haben Dichtigkeitsmaxima, ſo der Smaragd bei —4,2°, Kupferoxydul bei —4,3°, der Diamant bei —41,9° C., Roſes Metallgemiſch bei 55°. Ueber die Veränderlichkeit des Dichtigkeitsmaximums des Waſſers mit dem Drucke ſ. Ausdehnungskoeffizient, Bd. 1, S. 396.

Ein Dichtigkeitsminimum hätte man, wenn die Dichtigkeit kleiner als die bei höherer und niederer Temperatur zunächſt folgenden Dichtigkeiten wäre.

Jodſilber beſitzt ein ſolches bei etwa —60°, während ein Dichtigkeitsmaximum desſelben bei 142° liegt; vgl. Wüllner, Lehrbuch der Experimentalphyſik, Bd. 2, Die Lehre von der Wärme, Leipzig 1896, S. 44, 60, 77. *Weyrauch.*

Dichtungsſtoffe ſollen die Fugen feſt verbundener Bauteile, Gefäßteile oder beweglicher Maſchinenteile gegen das Durchtreten von Flüſſigkeiten oder Gaſen abdichten.

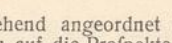
Für den erſten Fall finden im Maſchinenbau die bei Rohrverbindungen (ſ. d.) angegebenen Mittel allgemeine Anwendung, für den zweiten Fall die bei Stopfbüchſen (ſ. d.) genannten Packungen (ſ. a. Liederung und Kalfaterung). *Lindner.*

Im Bauingenieurweſen und im Hochbau handelt es ſich um Abdichtung der Fugen an Mauerwerk, Holz, Metall, um Schutz gegen Feuchtigkeit und Ausſpülen des Mörtels aus Gewölben, um waſſerdichte Verputze, Geruchverſchlüſſe u. dergl. Es iſt zu unterſcheiden zwiſchen Abdichtungen, die abwechſelnd gelöſt und wiederhergeſtellt werden (an Türen, Fenſtern, Einſteigeöffnungen, Wehren u. ſ. w.), und ſolchen, die, einmal hergeſtellt, auf die Dauer zu wirken haben, ohne gelöſt zu werden.

Bei der erſteren Art kann die Dichtung vielfach durch Aufſchleifen (bei Metallen, Glas u. ſ. w.) bezw. genaues Aneinanderpaſſen und Gegeneinanderpreſſen der Bauſtoffe, die ſich an den Dichtungsflächen berühren (bei Stemmtoren an Schleuſen, Türen, Fenſtern u. ſ. w.), ermöglicht werden. Im Waſſerbau z. B. wird in ſolchem Falle in der Regel der Waſſerdruck dazu benutzt, um Holz, Leder, Eiſen, Metallſtreifen, zylindriſche Stäbe u. a. gegen ebene Schlußflächen zu preſſen, beſonders Eiſen und andre Metalle gegen Holz und überhaupt gegen nachgiebigere Bauſtoffe (vgl. Stauanlagen). Bei Schiebern (ſ. d.), Ventilen (ſ. d.) werden vorzügliche Abdichtungen durch Aneinanderpreſſen von bearbeiteten Schlußflächen auf angepaßte Sitzflächen (beide faſt ohne Ausnahme aus Bronze) mittels Schrauben erreicht. In allen dieſen Fällen ſind die Stoffe, aus denen die aneinanderſchließenden Bauteile beſtehen, an und für ſich zur Abdichtung befähigt, wobei unter Umſtänden (z. B. bei Abdichtungen gegen Waſſer die Aufquellung von Holz u. ſ. w.) die abzuhaltende Flüſſigkeit mitwirkt. Die Abdichtung wird aber vielfach dadurch verbeſſert, daß noch beſondere Zwiſchenſchichten an der Dichtungsfläche eingeſchoben werden: Aſbeſtgewebe mit Drahteinlagen (Abdichtung gegen heiße Dämpfe und ſaure Flüſſigkeiten), Blei und andre Metalle wie profilierter Kupferdraht, Rotgußlinſen u. ſ. w. (gegen hohen Druck), Gummi in den verſchiedenſten Verarbeitungen und mit Einlagen aller Art (bei Dammtüren, an Luftſchleuſen bei Preßluftgründungen, bei hohem Drucke kalter Flüſſigkeiten), gefettete Hanfzöpfe, weiches Holz, Leder, Teerpappe u. dergl.

Zu den Abdichtungen, die, einmal hergeſtellt, nicht wieder gelöſt werden, gehören vor allem die Verſchlüſſe der Fugen im Mauerwerk, im Holz und an Metallen, die Schutzmaßregeln gegen Eindringen von Feuchtigkeit (Waſſer), die waſſerdichten Verputze und die Geruchverſchlüſſe. — Mauerwerksfugen dichtet man in der Hauptſache mit hydrauliſchem Mörtel (ſ. d. und Sand, Traß, Zement). Dieſes Material iſt jedoch Veränderungen durch Temperaturwechſel (dem Ausfrieren) ſowie durch Dämpfe und Feuchtigkeit (Mauern bei Stallungen, Waſchküchen, Aborten u. ſ. w.) ausgeſetzt, ſo daß die Fugenabdichtung häufig erneuert werden muß. Einen beſonderen Dichtungsmörtel für Mauerwerk, der froſtbeſtändig ſein ſoll, ſ. D.R.P. Nr. 6023 (W. Meißner, Stargard i. P.). — Miſchungen von Aſphalt und Sand, ſogenannter Metallzement (Kunſtſteinwerke Granitos, Charlottenburg-Berlin), in Fäden gezogenes Blei (Bleiwolle), Aſbeſtzement (Aſbeſtzementwerke Hamburg) und Kitte (ſ. d.) dienen je nach Lage des beſonderen Falles dem gleichen Zweck. Als Dichtungsſtreifen zwiſchen gußeiſernen Fenſtern und Mauerwerk (überhaupt als Zwiſchenlage zwiſchen Stein und Eiſen) kommen Bleiplatten zur Verwendung. — Die Fugen im Holz werden in der Regel durch Deckleiſten, durch Späne oder durch beſonders eingelegte Zungen, Schilf u. ſ. w. geſchloſſen, je nachdem Luft oder Waſſer abgehalten werden ſoll. Im letzteren Falle hilft das Aufquellen zu dichtem Verſchluſſe, der — z. B. im Schiffbau, bei Wehren u. ſ. w. — auch durch Kalfaterung (ſ. d.) erreicht werden kann. — Bei Metallen werden — abgeſehen vom Nieten und Verſtemmen — die Fugen durch Lot (ſ. Löten), durch Kitt (ſ. d. und Eiſenkitt) ſowie in beſonderen Fällen durch die eingangs erwähnten Dichtungsſtoffe geſchloſſen; Verbindungen unter Waſſer mit gutem Erfolge durch Bleiwolle. Mangankitt und Miniumkitt werden zur Kittung und Verfugung von Eiſenplatten, Röhren, Maſchinenteilen u. ſ. w. verwendet; gewöhnliche Leinölkreidekitte und die ſogenannte Glasdichtungsmaſſe (von Meißner-Stargard) für Deckung der Fugen zwiſchen Fenſterſcheiben und Rahmen. Schutzmaßregeln gegen Eindringen von Feuchtigkeit bieten insbeſondere die verſchiedenen Aſphaltpräparate: Aſphaltguß, Aſphaltfilzplatten, Aſphaltſteinpappen und die Patentfalztafeln „Kosmos“ (von Andernach in Beuel a. Rh.). Letztere

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

ſind wie nebenſtehend angeordnet (mit Luftzwiſchenräumen *l*)  und wir verweiſen wegen des Nähern auf die Proſpekte der genannten Firma. Die Verwendung von Aſphaltpräparaten findet hauptſächlich im Hochbau (bei Dächern u. ſ. w.), im Brückenbau, bei Staumauern u. ſ. w. ſtatt (vgl. a. Aſphalt u. ſ. w.). — Ein beſonderes Dichtungsmittel iſt die Aſphaltbleiplatte von Siebel (Düſſeldorf-Rath) (D.R.P. Nr. 43349 und 45509). Die Platten (in Rollen geliefert) werden mit Erfolg zur waſſerdichten Abdeckung von Gewölben bei Brücken, Reſervoiren, Tunneln u. ſ. w. verwendet und verhindern dort — wenn ſie gut eingebracht ſind — das Auslaugen des Kalkes aus dem Mörtel in den Gewölbefugen; ebenſo dienen ſie, als Zwiſchenlage im Mauerwerk, bei im Grundwaſſer liegenden Unterführungen (Bahnſteigtunnel u. ſ. w.) zum ſicheren Waſſerabſchluß. Im Hochbau werden ſie zur Abdeckung horizontaler und ſchräger Flächen, zur Bekleidung von Wandflächen, zur Umwicklung von Balken- und Pfettenköpfen u. ſ. w. benutzt, wo in den über oder neben den Flächen liegenden Räumen Feuchtigkeit bezw. Durchnäſſung nicht zu vermeiden iſt. Als ſäurebeſtändige Dichtungsſtoffe kommen die Aſbeſtfabrikate in Betracht (vgl. die Proſpekte von Calmon A.-G. und Aſbeſtzementwerke G. m. b. H. in Hamburg). — Im Waſſerbau ſind häufig waſſerdichte Verputze an Kanälen, Abſchlußmauern, Reſervoiren, über Gewölben und Beton- bezw. Betoneiſenkonſtruktionen erforderlich. — Iſt reines Waſſer in oder über den betreffenden Konſtruktionen vorhanden und ſind letztere keinen Erſchütterungen ausgeſetzt, ſo wird in der Regel bei Mauern als Reinverputz (Glattſtrich) eine Miſchung von 1 Teil Portlandzement und 1—2 Teilen feinkörnigen Sandes verwendet (vgl. a. Bofchin). Greift die Flüſſigkeit den Zement an — ſaure Waſſer u. ſ. w. —, ſo treten Aſbeſt- und Aſphaltpräparate (ſ. oben) oder Metallüberzüge (vgl. oben die Bleiplatten) an Stelle des gewöhnlichen Zementverputzes; auch Ueberzüge mit Fluaten (ſ. Steinhärtungsmittel), Sideroſthen u. a. ſtellen die Waſſerdichtigkeit her. Handelt es ſich um die Abdichtung von Dämmen (ſ. d. und Deich), ſo dienen Miſchungen von Sand und Ton, Ton und Teer, bei größeren Staudämmen Betonkerne und Stahlherze (vgl. Stauanlagen) als Dichtungsmittel. — Die Abdichtung gegen Gaſe erfolgt durch ſogenannte Waſſerſchlüſſe (ſ. Siphon) oder durch Oelſchlüſſe (vgl. Bd. 1, S. 650), ſelbſtverſtändlich auch durch gasdichte Türen, Klappen u. ſ. w., in der Regel mit Gummiſtreifen an den Dichtungsflächen. Vgl. a. Fangdamm, Spundwände. *Lueger.*

Dickenhobelmaſchine, ſ. Hobelmaſchinen.

Dickmaiſchverfahren, ſ. Bierbrauerei, Spiritusfabrikation.

Dickmühle (Walkmühle, Filzmühle, Hammerwalke), eine zum Filzen der Loden verwendete Vorrichtung, in der das Gewebe in einem eigentümlich geformten Holztrog durch fallende Holzhämmer bearbeitet wird; ſ. Tuchfabrikation. *Maxim. Kraft.*

Dicköl, Bezeichnung für 1. zur Sirupkonſiſtenz eingedicktes Leinöl, in der Lackfabrikation und zu Anſtrichzwecken benutzt; 2. Spicköl oder durch Stehenlaſſen an der Luft verharztes Terpentinöl für Porzellanmalerei. *Andés.*

Dickſaft, ſ. Zuckerfabrikation.

Dickſtein, ſ. Edelſteinſchleiferei.

Dickzirkel, ſ. Meßwerkzeuge.

Didym *Di*, Atomgewicht 142, ſpez. Gew. 6,5, iſt ein hellgraues Metall der Gruppe der Ceritmetalle (ſ. d. und Cer); ſehr ſelten und als ſolches techniſch ganz unbedeutend. Seine Verbindungen ſind zur Verwendung für Beleuchtungszwecke (Gasglühlicht) vorgeſchlagen, eignen ſich dazu aber weniger wie die betreffenden Thorium- und andre Verbindungen der ſogenannten ſeltenen Erden. *Bujard.*

Diele, niederdeutſch Deele, der mittlere Raum des ſächſiſch-frieſiſchen Bauernhauſes, um den ſich die Räume für das Vieh anreihen (ſ. Bauernhäuſer). Aus dieſem Raum hat ſich in unſrer Zeit der Hausflur, Vorplatz, die Halle oder das Veſtibül der Wohnhäuſer entwickelt, die gleichfalls mit dem Namen Diele bezeichnet werden (vgl. Wohnhaus). Die Diele war zugleich die Arbeitsſtätte des altdeutſchen Bauernhauſes, daher wird die Bezeichnung auch auf die Tenne, d. h. die Arbeitsſtätte der Scheunen angewendet (ſ. Scheunen). *v. Tiedemann.*

Diele, in manchen Gegenden Deutſchlands auch Bezeichnung für ein ſtärkeres Brett, beſonders für Fußbodenbelag gebräuchlich, daher: Dielung, Dielenboden und Dielen oder Bedielen für: mit Fußbodenbelag verſehen.

Dielektrikum, auch Iſolator, ein Körper, der Nichtleiter bezw. ganz ſchlechter Leiter für die Elektrizität iſt, aber mehr oder weniger die Fähigkeit beſitzt, durch Reiben ſelbſt elektriſch zu werden.

Hierher gehören Glas, Seide, Schwefel, Paraffin, Kautſchuk, Harze u. dergl. Auch durch elektriſche Ladung nehmen derartige Subſtanzen Elektrizität auf; doch dringt dieſelbe nicht durch, und es findet kein Ausgleich von Potentialdifferenzen ſtatt; die Elektrizität bleibt vielmehr nur an derjenigen Stelle haften, an der ſie erzeugt oder auf die ſie übertragen iſt. Bei fortgeſetzter elektriſcher Ladung, z. B. bei einem Kondenſator, dringt die Elektrizität tiefer in das Dielektrikum ein, wird von demſelben abſorbiert und bei Kurzſchluß nicht ſofort auf einmal wieder abgegeben. Es bleibt nach der erſten Entladung ein ſogenanntes Reſiduum zurück, das

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

von der Dauer und der Stärke der vorausgegangenen Ladungen abhängig ist. Verwendung finden dielektrische Substanzen besonders bei der Isolierung elektrischer Leitungen, ferner bei Leidener Flaschen (Glas), bei Ozonapparaten (Glas oder Glimmer), bei Kondensatoren (Glimmer, Hartgummi, Papier mit Leinölfirnis und Kolophonium getränkt, paraffiniertes Papier, Glas, Luft).

Literatur: Heinke, Handbuch der Elektrotechnik, Abt. I—III, Leipzig 1902 u. 1904. *Holzt.*

Dielektrizitätskonstante (spezifische induktive Kapazität, dielektrische Leitfähigkeit). Die Anziehung zweier elektrisch geladener Körper hängt, wie Faraday entdeckte, von dem Medium ab, in dem sie sich befinden. Während im Vakuum diese Kraft nach dem Coulombschen Gesetz gleich $\frac{\varepsilon\,\varepsilon'}{r^2}$ ist, wo ε und ε' die Ladungen der Körper und r ihren Abstand bedeuten, beträgt sie in einem andern Medium $\frac{1}{k}\cdot\frac{\varepsilon\,\varepsilon'}{r^2}$. Diese für die betreffende Substanz charakteristische Größe k bezeichnet man als dessen Dielektrizitätskonstante.

Wird auf zwei geladenen Körpern in verschiedenen Medien nicht ihre Ladung, sondern ihr Potential konstant gehalten, so ist, wie die Elektrostatik lehrt, ihre Anziehung in dem betreffenden Isolator dessen Dielektrizitätskonstante direkt proportional. Die Theorie der elektrischen Schwingungen ergibt, daß die Fortpflanzungsgeschwindigkeit elektrischer Wellen in Drähten der Quadratwurzel aus der Dielektrizitätskonstante des umgebenden Mediums umgekehrt proportional ist. Maxwell leitet in seiner elektromagnetischen Lichttheorie den fundamentalen Satz ab, daß die Dielektrizitätskonstante gleich dem Quadrat des Brechungsindex für sehr lange elektrische Wellen ist. Dieser Satz zeigt sich in vielen Fällen erfüllt, findet aber in manchen auch eklatante Ausnahmen. Sie sind daraus zu erklären, daß die zur Bestimmung des Brechungsindex benutzten Wellen infolge von Eigenschwingungen der Moleküle anormal absorbiert werden, was, wie Helmholtz in seiner Theorie der anormalen Dispersion zeigt, zu einer Veränderung des Brechungsindex führt. Der Maxwellsche Satz gilt also nur dann, wenn die molekularen Eigenschaften der Materie nicht störend wirken.

Die Clausius-Mosottische Theorie der Dielektrizität nimmt an, daß die Moleküle gute Leiter der Elektrizität seien, in denen in einem elektrischen Felde durch Induktion eine Trennung der Elektrizitäten stattfindet; dies bedingt eine Schwächung der Anziehung geladener Körper in einem aus solchen Molekülen bestehenden Dielektrikum. Bezeichnet u den Bruchteil des Gesamtvolumens, der von den Molekülen wirklich eingenommen ist, so berechnet sich hiernach die Dielektrizitätskonstante zu $k=\frac{1+2u}{1-u}$, woraus folgt $u=\frac{k-1}{k+2}$, oder nach dem obenerwähnten Satz von Maxwell $u=\frac{N^2-1}{N^2+2}$. Den Ausdruck $\frac{u}{d}=\frac{N^2-1}{N^2+2}\cdot\frac{1}{d}=R$ nennt man die spezifische Refraktion (s. Atomrefraktion), eine Größe, die von Temperatur, Druck und Aggregatzustand unabhängig sein muß, da $\frac{u}{d}$ das von den Molekülen einer Substanz tatsächlich ausgefüllte Volumen bedeutet. Die neuere Elektronentheorie führt die dielektrische Wirkung darauf zurück, daß unter dem Einfluß des elektrischen Feldes die negativen Elektronen so weit von den positiv geladenen Molekülen, an denen sie haften, entfernt werden, bis entgegenwirkende Kräfte den trennenden das Gleichgewicht halten.

Die früher nur schwierig und nicht sehr genau meßbaren Dielektrizitätskonstanten sind im letzten Jahrzehnt einer relativ einfachen und exakten Bestimmung zugänglich geworden, einmal durch die von Nernst [1] ausgearbeitete Methode der Kapazitätsmessung eines mit den zu untersuchenden Flüssigkeiten gefüllten Kondensators in der Wheatstoneschen Brücke, wobei eine etwa vorhandene, nicht zu große Leitfähigkeit des Dielektrikums durch einen entsprechenden, im Nebenschluß zu dem Vergleichskondensator gelegten Widerstand kompensiert wird; ferner mittels eines von Drude [2] konstruierten handlichen Apparates zur Messung der Wellenlänge stehender elektrischer Schwingungen, der auch relativ gut leitende Substanzen zu untersuchen gestattet. Die Dielektrizitätskonstanten der Gase und Dämpfe sind nur wenig voneinander verschieden, meistens liegen die Unterschiede erst in der dritten bis vierten Dezimale [3].

Dielektrizitätskonstanten einiger Flüssigkeiten bei etwa 18° [4]:

Benzol	2,29	Chloroform	5,0	Isobutylalkohol	19
m-Xylol	2,35	Aethylenchlorid	11	Amylalkohol	16
Toluol	2,37	Aethylenbromid	4,8	Orthonitrotoluol	28
Thiophen	2,76	Methyljodid	7,1	Nitrobenzol	36
Anilin	7,31	Methylalkohol	32	Wasser	81
Schwefelkohlenstoff	2,58	Aethylalkohol	26,1	Petroleum	2
Tetrachlorkohlenstoff	2,25	Propylalkohol	22	Olivenöl	3
Aether	4,39				

Dielektrizitätskonstanten fester Körper [5]:

Paraffin	ca. 1,9	Flintglas (leicht)	6,5	Zinkblende	7,85
Kautschuk	ca. 2,1	„ (schwer)	9,8	Quarz	4,3
Ebonit	ca. 2,6	Schwefel	3,8	Kalkspat	8,5
Guttapercha	ca. 4,0	Steinsalz	5,6	Rutil (parallel zur Achse)	90
Schellack	ca. 3,2	Sylvin	4,75	„ (senkrecht „)	173
Glimmer	5	Flußspat	6,7	Eis	3,1
Glas	2—10	Alaun	6,3		

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Literatur: [1] Nernft, Zeitfchr. phyf. Chemie **14**, 622, 1896. — [2] Drude, ebend. **23**, 267, 1897. — [3] Bädeker, ebend. **36**, 305, 1901. — [4] Turner, ebend. **35**, 385, 1900. — [5] Schmidt, W., Drudes Annalen **9**, 919, 1902; Landolt und Börnftein, Phyfik.-chem. Tabellen, Berlin 1894, 2. Aufl.; vgl. a. die Lehrbücher der Phyfik, z. B. Riecke, Bd. 2, 2. Aufl., Leipzig, ferner Nernft, Theoret. Chemie, Stuttgart 1903, 4. Aufl. *F. Krüger.*

Dielenfäge (Spaltfäge), f. Sägen und Sägemafchinen.

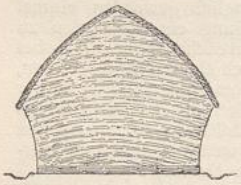
Dielungen, die als Fußboden dienende einfachfte Holzverkleidung einer Deckenkonftruktion.

In Werkftätten und Magazinen wird bei der einfachen Balkendecke (f. Decken) die Dielung direkt auf die Tragbalken gelegt; in allen andern Fällen aber foll dies vermieden und die Dielung auf eine entfprechend (ca. 8 cm) dicke Lage von Deckenfüllung (f. d.) aufgebracht werden, damit die Erfchütterungen des Fußbodens fich nicht unmittelbar auf die Balken übertragen. Da durch das Schwinden der Dielenbretter die Fugen fich im Verhältnis zur Breite der Dielen vergrößern, fo empfiehlt es fich, fchmale Bretter zu verwenden, da fonft fchon nach kurzer Zeit das fogenannte Ausfpänen, d. h. das Einlegen von Spänen in die Fugen notwendig wird. Als die gebräuchlichften Dielungen können nachftehende gelten. Bretter- und Pfoftenfußboden, aus trockenen, aftfreien, 2,5—3 cm dicken Brettern oder 5—10 cm ftarken Dielen von Tannenholz beftehend, die auf den $^5/_{10}$—$^8/_{13}$—$^{13}/_{16}$ cm im Querfchnitt meffenden und 0,8—1 m auseinander liegenden in die Schuttlage eingebetteten Polfterhölzern durch Nagelung befeftigt find. Die Dielen find rauh (ungehobelt) oder glatt (gehobelt) und ftoßen entweder ftumpf aneinander oder find gefalzt, gefedert. Man unterfcheidet in diefer Beziehung: rauhe Fußböden für Magazine, Wagenfchuppen, Ställe, Werkftätten; dann glatte oder gehobelte Fußböden für gewöhnliche Wohnräume; ferner die gefugten, gefalzten und gefederten Fußböden. In Wohnräumen befferer Art wird eine Doppeldielung angewendet in der Weife, daß unten ein aus $1^1/_2$—$2^1/_2$ cm ftarken, rauhen, ungefäumten Brettern beftehender Blindboden direkt auf die Polfterhölzer genagelt wird, auf denen man dann erft den eigentlichen Fußboden befeftigt, wie dies z. B. bei dem Parkettfußboden der Fall ift. Weiter gehören noch hierher: der Patentfußboden, der Schiffboden, der Stabfußboden (Fifchgrätenfußboden), die bei Fußboden befprochen werden. — Literatur f. Decken. *Weinbrenner.*

Dielwand, f. Scheunen.

Diemen (Mieten, Feimen, Staaken, Schober), gleichbedeutende Bezeichnungen für Stapel von Getreidegarben, die fo zufammengefetzt werden, daß ihr Inhalt ohne befondere Schutzgebäude (Scheunen) allein durch eine leichte Strohbedeckung gegen die Nachteile der Witterungseinflüffe gefchützt wird.

Vorteile der Diemen gegenüber feften Scheunen find: Erfparung des Baukapitals und Freiheit in der Wahl des Aufftellungsortes. Man wählt diefen häufig mitten auf dem abzuerntenden Getreidefchlage und erfpart damit in der Erntezeit viel Arbeit. Die Einbringung der Feldfrüchte nach dem Gehöft kann man nach Belieben hinausfchieben. Diefen Vorteilen ftehen als Nachteile gegenüber: die alljährlich wiederkehrenden Eindeckungskoften, der nicht ganz vollkommene Schutz gegen Witterung, namentlich bei unficherem Wetter während des Baues, bevor die Eindeckung fertig ift, und während des Abdrefchens, die hohen Feuerprämien, die Möglichkeit des Diebftahles, Mäufe- und Vogelfraß u. dergl. Nach [1] ift die Aufbewahrung der Halmfrüchte in Diemen unter Berückfichtigung aller diefer Nachteile teurer als in feften Scheunen.



Diemen werden in rundem, quadratifchem oder rechteckigem Grundriß nach nebenftehendem Querfchnitt gebaut. Die Spitze erhält nicht mehr als 9 m Höhe, um die Arbeit des Aufbanfens nicht zu erfchweren. Zum Schutz gegen Erdfeuchtigkeit erhält der Diemen eine Unterlage von Stroh, Reifig, Heidekraut oder dergl. Auch zieht man wohl ringsum kleine Entwäfferungsgräben. Das feitliche Einregnen verhindert man durch Ueberbauen des unteren Rumpfes und Verlegen der Garben mit den Stoppelenden nach außen und Gefälle nach dem Rande. Die Eindeckung wird mit Stroh 20 cm ftark, ähnlich wie bei Strohdächern, ausgeführt, wobei die Dachlattung durch Strohfeile erfetzt wird. Der Bedarf an Deckftroh beträgt für 1000 cbm Rauminhalt ca. $12^1/_2$ Schock, der Deckerlohn im Mittel etwa 20 *M.* Wo Diemen einen feften Standort erhalten, gibt man ihnen wohl einen feften Unterbau, den fogenannten Diemenftuhl, zum befferen Schutz gegen Erdfeuchtigkeit. Der Diemenftuhl befteht aus einer leichten Balkenlage, die auf Steinpfeiler 50 cm über dem Erdboden verlegt wird und den Diemen in der Schwebe erhält, fo daß der Wind darunter wegftreichen kann. Wird auch die alljährlich zu erneuernde Eindeckung durch ein feftes Dach erfetzt, fo entfteht das Diemenhaus (f. d.).

Literatur: [1] Tiedemann, L. v., Das landw. Bauwefen, Halle a. S. 1891. *v. Tiedemann.*

Diemenhäufer, leichte Bauwerke, die den Diemen (f. d.) fo überdecken, daß diefer gegen Witterung gefchützt ift. Sie bezwecken, die alljährliche Eindeckung der Diemen zu vervollkommnen oder ganz zu erfparen.

Die Erfahrung hat gelehrt, daß die Koften folcher Bauwerke, wenn diefe, fich der gewöhnlichen Form der Diemen anfchließend, rund oder quadratifch angelegt werden, hinter denen feften Scheunen kaum zurückftehen, ohne die Vorteile diefer zu gewähren. — Die Mansfeldfche Feime (Fig. 1) ift nur ein verbefferter runder Diemen, der um einen mittleren Maftbaum gebaut wird. Diefer trägt oben ein kleines, tellerförmiges Dach, darunter einen eifernen

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

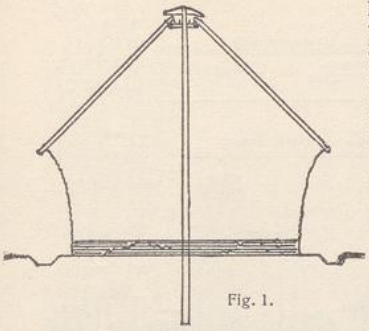


Fig. 1.

Ring mit Stiften, an denen durchlochte Stangen aufgehängt werden (Fig. 2). Die auf dem Rumpf des Diemens lagernden Stangen bilden die radialen Sparren, die eine beſſere Eindeckung mit Stroh ermöglichen. — Die Deſſauiſche Feime [1] zeigt in der Mitte vier miteinander durch Riegel und Streben verbundene, oben ein kleines Dach tragende Pfoſten, die einen Hohlraum im Innern des Diemens begrenzen. Hierin befindet ſich ein Flaſchenzug, durch den ein Zeltdach, mit Stroh gedeckt, auf und nieder bewegt werden kann. Es leuchtet ein, daß dieſes ſchwerfällige, pilzartige Gebäude keinen großen Wert für die Landwirtſchaft beſitzt. — Nicht viel beſſer iſt das Holländiſche Feimgerüſt [1]. Hier ſtehen die Pfoſten an den vier Ecken und bilden eine Führung für das quadratiſche Dach, das durch Hebezeug in der Höhe verſtellt werden kann. — Von praktiſchem Werte für die Landwirtſchaft werden ſolche Diemenhäuſer nur, wenn ſie in größerer Ausdehnung in einfacher rechteckiger Grundform errichtet und mit leichtem Satteldach überdeckt werden. Sie bilden den Uebergang zu den ſogenannten Feldſcheunen (ſ. d.).

Fig. 2.

Literatur: [1] Engel, Friedr., Handbuch des landw. Bauweſens, Berlin. *v. Tiedemann.*

Dienſte, in der gotiſchen Bauweiſe die Dreiviertelſäulchen, die den Kern des Pfeilers umgeben und in den Gewölbrippen ihre Fortſetzung finden.

Dienſtfahrpläne, ſ. Eiſenbahnbetrieb.

Dienſttelegraph, die Einrichtung zur Vermittlung des telegraphiſchen Verkehrs zwiſchen Eiſenbahnſtationen. Vgl. Bahntelegraphen.

Dienſtwohnung, Behauſung verſchiedenſter baulicher Anordnung und Größe für Beamte oder Bedienſtete des Staates, der Gemeinde oder gewerblicher Anlagen.

Eine ſolche Wohnung wird dem leitenden Beamten überall da gewährt, wo es im Intereſſe der Verwaltung liegt, jenem zur beſſeren Ausübung ſeiner Pflichten innerhalb ſeines Wirkungskreiſes einen feſten Wohnſitz anzuweiſen, der ſeiner Lebensſtellung würdig angepaßt iſt. Hieraus ergibt ſich die geeignete Anordnung ſolcher Wohnungen: 1. Als Einzelwohnhaus, wie das Pfarrhaus, Forſthaus oder das einfache Wärterhaus. 2. Als Teil eines größeren öffentlichen Gebäudes, z. B. eines Gerichtsgebäudes, Amthauſes, Schulhauſes, Stationsgebäudes; in dieſem Falle werden ſie ein beſonderes Stockwerk bilden oder in einem Flügelbau Platz finden. Hierbei iſt darauf Bedacht zu nehmen, daß Wohnungs- und Dienſträume ſtrenge voneinander getrennt ſeien und, wenn tunlich, erſteren ein beſonderer Eingang nebſt Treppenhaus und ſonſtigen nötigen Räumen, abgegrenzt von dem öffentlichen Teile des Gebäudes, zugeteilt werde. *Weinbrenner.*

Dieſelmotoren. Der Dieſelmotor, nach ſeinem Erfinder, dem Ingenieur Rudolf Dieſel in München, genannt, iſt eine im Viertakt nach einem beſonderen Verfahren arbeitende Verbrennungskraftmaſchine, die mit flüſſigen Kohlenwaſſerſtoffen betrieben wird [1].

Beſchreibung des Motors: Nach den Ausführungen der Maſchinenfabrik Augsburg, die ſich um die weitere Ausgeſtaltung des im Jahre 1897 auf den Markt gebrachten Dieſelmotors und um ſeine Verbreitung am meiſten verdient gemacht hat, iſt die Einrichtung des Motors in den Fig. 1—9 dargeſtellt. Die Maſchine iſt ſtehend und ohne Kreuzkopf ausgeführt. Der Zylinderdeckel beſitzt fünf durch Ventile verſchloſſene Oeffnungen. Das Einſtrömventil *E* (Fig. 2), das Auspuffventil *A* (Fig. 2) und das Anlaßventil *V* (Fig. 1) finden ſich hier wie bei jedem Viertaktmotor, eigenartig für den Dieſelmotor iſt dagegen das Brennſtoffventil *B* (Fig. 2) und das Ueberſtrömventil (Fig. 5). Alle Ventile werden durch Nocken, die auf einer horizontalen Steuerwelle (Fig. 4) ſitzen, betätigt. Bei geöffnetem Einſtrömventil wird während des erſten Hingangs des Kolbens Luft in den Arbeitszylinder geſogen. Beim erſten Rückgang des Kolbens wird die angeſogene Luft in den Verbrennungsraum (Zwiſchenraum zwiſchen Kolben in ſeiner oberſten Stellung und Zylinderdeckel) hinein auf ungefähr $^1/_{15}$ ihres Anfangsvolumens verdichtet. Der Druck ſteigt dabei auf 34—36 kg/qcm und die Temperatur auf gegen 500° C. In dieſe hoch verdichtete und über die Entzündungstemperatur des Brennſtoffes erhitzte Luft wird am Ende des Verdichtungshubes und bei Beginn des zweiten Hinganges des Kolbens der Brennſtoff durch das Brennſtoffventil *B* allmählich eingeſpritzt und verbrennt in ihr infolge ihrer hohen Temperatur, ohne daß irgend welche äußere Zündvorrichtung erforderlich wäre. Bei Fortſetzung des Hubes erfolgt hierauf die Expanſion der Verbrennungsrückſtände, bis ſich das Auspuffventil öffnet, worauf der zweite Rückgang des Kolbens dem Ausſtoßen der Verbrennungsrückſtände dient.

Die Zuführung des flüſſigen Brennſtoffes zum Brennſtoffventil geſchieht durch eine Brennſtoffpumpe (Fig. 8 und 9) mit Tauchkolben *a*, ſelbſttätigem Druckventil *b* und geſteuertem Saugventil *c*. Die Pumpe wird durch eine am Ende der Steuerwelle angebrachte Stirnkurbel (Fig. 4 und 5) angetrieben. Von der größten Wichtigkeit zur Erzielung einer vollſtändigen Verbrennung iſt die ſorgfältige Zerſtäubung des Brennſtoffes beim Eintritt in den Arbeitszylinder. Hierzu wird Preßluft von ungefähr 60 kg/qcm Druck verwandt, die oberhalb des Brennſtoffventils (vgl. die Zuführungskanäle in Fig. 6 und 7) zum Brennſtoff tritt und bei Oeffnung des Ventils infolge ihres großen Ueberdruckes über die im Arbeitszylinder herrſchende Verdichtungsſpannung den

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

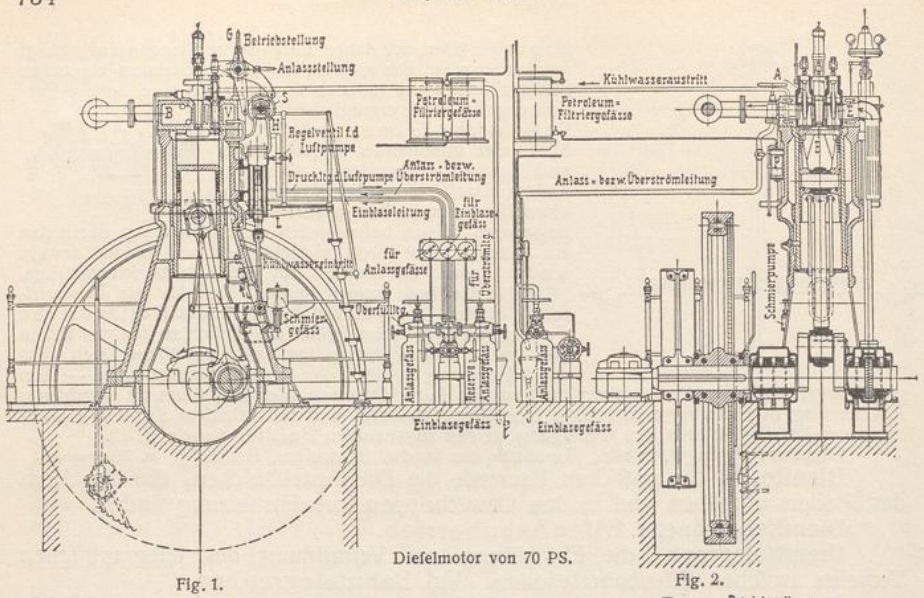


Fig. 1.

Fig. 2.

Dieselmotor von 70 PS.

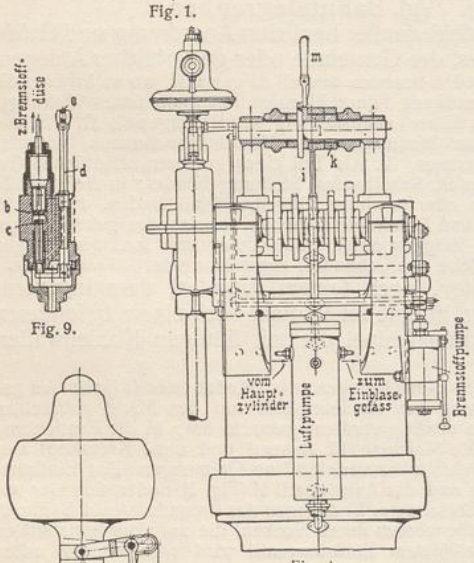


Fig. 4.

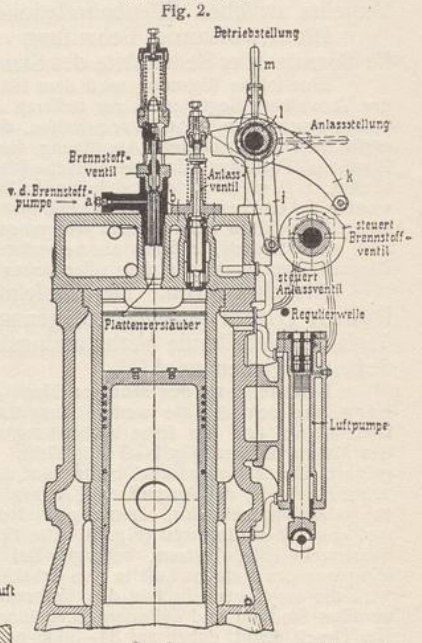


Fig. 3.

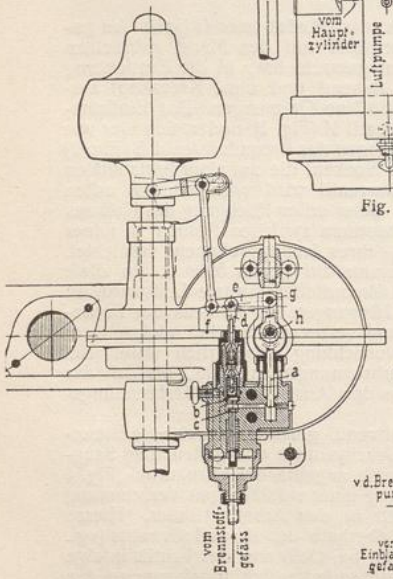


Fig. 8.

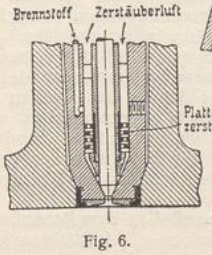


Fig. 6.

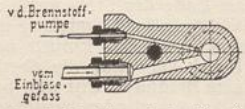


Fig. 7 (Schnitt *a—b* der Fig. 3).

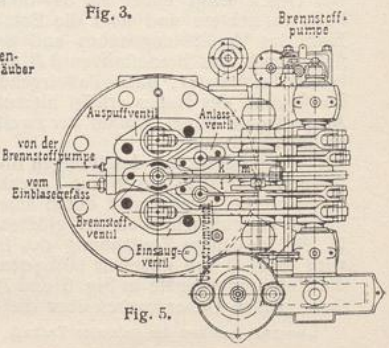


Fig. 5.

Brennſtoff in den Zylinder mitreißt. Der Weg dahin führt an einem Plattenzerſtäuber (Fig. 6) vorbei, der aus vier mit gegeneinander verſetzten Löchern verſehenen Platten beſteht. Die zur Zerſtäubung erforderliche Luftmenge wird dem Arbeitszylinder entnommen, und zwar durch das Ueberſtrömventil (Fig. 5) im Zylinderdeckel, das ſich gegen Ende des Verdichtungshubes öffnet und eine durch das Regelventil für die Luftpumpe (Fig. 1) regulierbare Luftmenge in die Anlaß- oder Ueberſtrömleitung (Fig. 1), wo ſie ungefähr 10 kg/qcm Druck beſitzt, treten läßt. Dieſe Leitung, die beim Ingangſetzen des Motors als Anlaßleitung benutzt wird, dient während des Betriebs als Saugraum für eine im Zweitakt arbeitende Luftpumpe *L* (Fig. 1, 3 und 4), in der die Zerſtäuberluft auf 60 kg/qcm Druck verdichtet wird. Aus der Pumpe gelangt die letztere in einen Druckwindkeſſel, das Einblaſegefäß (Fig. 1), und tritt von hier aus durch die Einblaſeleitung zum Plattenzerſtäuber und durch das Brennſtoffventil in den Arbeitszylinder. Das Hubvolumen der Luftpumpe beträgt nur ungefähr $^1/_2$ % von demjenigen des Arbeitszylinders.

Der Regulator wirkt auf die Menge und Zeitdauer der Brennſtoffzufuhr: Wie die Fig. 8 und 9 zeigen, verlegt er den Drehpunkt *f* für den Hebel *eg*, durch den das Saugventil der Brennſtoffpumpe betätigt wird, bei zunehmender Geſchwindigkeit der Maſchine ſo, daß das Saugventil der Pumpe ſich erſt ſpäter öffnet und früher ſchließt, daß alſo insgeſamt weniger Brennſtoff bei kürzerer Zeitdauer eingeſpritzt wird.

Die Druckluft, die zum Anlaſſen des Dieſelmotors dient, wird ebenfalls durch die oben beſchriebene Luftpumpe geliefert und in den Anlaßgefäßen der Fig. 1 aufgeſpeichert. Bei Verſtellung des Anlaßhebels (Fig. 3) aus der Betriebsſtellung in die Anlaßſtellung wird infolge Verdrehens der exzentriſchen Hülſe *l*, auf welcher der Brennſtoffventilhebel *i* und der Anlaßventilhebel *k* ſitzen, der erſtere außer Einwirkung der Nockenſcheibe und der letztere zur Betätigung durch den Anlaßnocken gebracht. Ein Normalbelaſtungsdiagramm des Dieſelmotors iſt in Fig. 10, ein Regulierdiagramm in Fig. 11 abgebildet. In Fig. 10 bedeuten *ab* die Anſaugelinie, *bc* die Verdichtungslinie, *cd* die Verbrennungslinie, *de* die Expanſionslinie und *ea* die Auspufflinie. Die Geſchwindigkeit und Zeitdauer für die Einſpritzung des Brennſtoffes, für ſeine Verbrennung und damit die Geſtalt der Verbrennungslinie *cd* laſſen ſich durch die Formgebung des Nockens für das Brennſtoffventil, durch die Höhe der Zerſtäuberluftpreſſung und durch die Anzahl und den Durchmeſſer der Löcher im Plattenzerſtäuber beeinfluſſen.

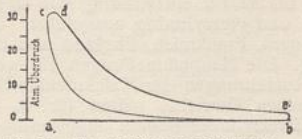


Fig. 10. Normalbelaſtungsdiagramm.

Fig. 11. Regulierdiagramm.

Theorie des Dieſelmotors: Es kann hier auf die Theorie der Verbrennungsmotoren (ſ. d.) überhaupt verwieſen werden, inſofern annäherungsweiſe an die Stelle des offenen nicht umkehrbaren Arbeitsvorganges ein geſchloſſener, von der Luft allein ausgeführter umkehrbarer Kreisprozeß geſetzt wird, dem die bei der Verbrennung entwickelte Wärme von außen zugeführt wird. Eine Zuſammenfaſſung der Ergebniſſe dieſer Theorie läßt das Folgende erkennen: Um eine möglichſt große Wärmeausnutzung zu erzielen, muß man beſtrebt ſein, in den Verbrennungsmotoren die Verbrennung bei möglichſt kleinem Volumen der Ladung vorzunehmen, alſo die Verdichtung vor der Verbrennung möglichſt hoch zu treiben und die Verbrennung ſo zu leiten, daß das Volumen der Ladung während der Verbrennung möglichſt wenig zunimmt. Die letztere Forderung wird bei denjenigen Verbrennungsmotoren, bei denen Luft und Brennſtoff vor der Verdichtung gemiſcht werden, dadurch erfüllt, daß man die Verbrennung ganz im inneren Totpunkt, alſo bei konſtantem Volumen V_1 erfolgen läßt, die erſtere dadurch, daß man den Inhalt V_1 des Verbrennungsraumes im Verhältnis zu dem Geſamtvolumen V_0, das die Ladung am Ende des Anſaugens beſitzt, möglichſt klein macht. Mit Rückſicht auf die Vorzündungen, die in einem Gemenge aus Luft und Brennſtoff entſtehen, wenn durch die Temperaturſteigerung bei der Verdichtung an irgend einer Stelle der Ladung die Entzündungstemperatur des Brennſtoffes überſchritten wird, iſt man aber gezwungen, mit der Verdichtung unterhalb einer gewiſſen Grenze zu bleiben, d. h. es iſt für das kleinſte bei der Verdichtung erreichbare Volumen V_1 im Verhältnis zum Anfangsvolumen V_0 eine Grenze gegeben, die nicht unterſchritten werden kann. Da Benzin und Petroleum ſehr leicht entzündlich ſind, iſt bei gewöhnlichen, mit dieſen Brennſtoffen betriebenen Viertaktmaſchinen dieſe innere Volumgrenze ungefähr durch $V_1 = {}^1/_4 V_0$ gegeben, ſo daß das theoretiſche Diagramm *a b′ c′ d′* der Fig. 12 entſteht. Der weſentliche Fortſchritt des Dieſelmotors gegenüber dieſen Maſchinen beſteht nun darin, daß die eine hohe Wärmeausnutzung hindernde innere Volumgrenze weggeſchafft wird, da die Luft allein verdichtet wird, alſo ſelbſt bei ſehr hoher Verdichtung Vorzündungen nicht entſtehen können. Die Verdichtung kann daher ſoweit getrieben und es kann ein ſo kleines Endvolumen V_1' erreicht werden, als dies mit Rückſicht auf die Feſtigkeit der Maſchine und auf die zuläſſigen Flächenpreſſungen in ihr ſachgemäß erſcheint. Für den Dieſelmotor iſt daher an Stelle der inneren Volumgrenze eine

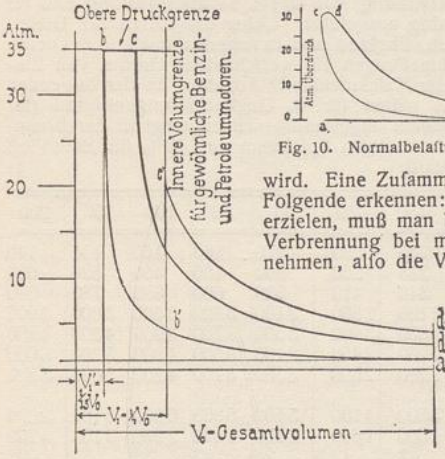


Fig. 12. Theoretiſches Diagramm.

obere Druckgrenze gegeben, die bei ungefähr 35—40 kg/qcm liegt und mit der das Volumenverhältnis $\frac{V_1'}{V_0} = \sim 1/15$ verknüpft ist. Soll diese Druckgrenze auch während der Verbrennung nicht überschritten werden und doch jedes Brennstoffelement bei möglichst kleinem Ladungsvolumen — den Forderungen der Theorie entsprechend — verbrannt werden, so muß die Verbrennung im Dieselmotor bei konstantem Druck und nicht etwa bei Abnahme des Druckes erfolgen. Es entsteht daher für ihn das theoretische Diagramm *a b c d* der Fig. 11. Aus dem Vergleich mit dem Diagramm *a b' c' d'* ersieht man sofort, daß in der Tat die Verbrennung im Dieselmotor bei viel kleinerem Volumen erfolgt als in den gewöhnlichen Benzin- und Petroleummotoren. Während in den letzteren nur etwa 22 % der im Brennstoff enthaltenen Wärme in Nutzarbeit verwandelt werden, beträgt diese Wärmeausnutzung z. B. beim 70pferdigen Dieselmotor nach Versuchen, die in der Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1903, Nr. 19, wiedergegeben sind, bis zu 33 %. Nach den Angaben der Maschinenfabrik Augsburg wurden auch noch günstigere Werte erzielt.

Nun verbrennt jedes Brennstoffteilchen, das in den Dieselmotor zugeführt wird, bei größerem Volumen der Ladung als das vorhergehende. Da die Wärmeausnutzung um so günstiger ist, je kleiner das Volumen bei der Verbrennung ist, so folgt hieraus, daß die Wärmeausnutzung, bezogen auf die indizierte Leistung, unter sonst gleichen Umständen um so ungünstiger wird, je mehr Brennstoff eingespritzt wird, daß also der Verbrauch pro indizierte Pferdestärkestunde aus diesem Grunde bei größeren Belastungen höher ist als bei niedrigen Belastungen. Dieses Ergebnis der Theorie wird durch die Erfahrung insofern bestätigt, als bei $^3/_4$-Belastung und selbst bei $^1/_2$-Belastung der Verbrauch pro indizierte Pferdestärkestunde etwas kleiner ist als bei Normalleistung, wenn auch der Unterschied nicht erheblich ist, da andre Einflüsse (Wärmeabfuhr an die Wandung u. s. w.) in entgegengesetzter Richtung wirken. Da der mechanische Wirkungsgrad mit Abnahme der Belastung abnimmt, so nimmt der Verbrauch pro Nutzpferdestärkestunde mit Abnahme der Belastung zu, immerhin aber ist er bei $^1/_2$-Belastung nur um ungefähr 20—22 % größer als bei normaler Leistung, was gegenüber andern Verbrennungskraftmaschinen als sehr günstig bezeichnet werden muß. Die Regelungsart des Dieselmotors ist daher bis jetzt derjenigen der übrigen Verbrennungsmotoren überlegen. Ueber eine strenge Theorie des Verbrennungsvorganges im Dieselmotor vgl. [2].

Weitere Angaben: Als Brennstoff kommt für den Dieselmotor Lampenpetroleum in Betracht, es eignen sich für ihn aber auch schwer entzündliche, in Lampen nicht brennbare Mineralölsorten, wie Rohöle, Rohnaphtha, sowie Braunkohlendestillate, wie Solaröl, Gelböl, Rotöl, Paraffinöl, Gasöl u. s. w.

Der Dieselmotor wird von 8 bis 200 PS. einzylindrig, von 30 PS. an zweizylindrig und für große Motoren nach Bedarf drei- und vierzylindrig ausgeführt. Ueber die Bauart des Dieselmotors in Rußland, Schweden, Ungarn, Frankreich, England und in Amerika sowie über Dieselmotoren für Schiffszwecke vgl. [3]. Die Hauptabmessungen für verschiedene Größen von Einzylindermaschinen sind nach den Ausführungen der Maschinenfabrik Augsburg in der folgenden Tabelle angegeben. Die angegebenen Gewichte gelten für $^1/_{30}$ Ungleichförmigkeitsgrad (für größere Gleichförmigkeit werden Zweizylindermotoren angewandt). Hinzugefügt ist der Brennstoffverbrauch, wie er von der genannten Fabrik mit einem Spielraum von 10 % für Brennstoff von 10000 WE./kg unterem Heizwert garantiert wird.

Normalleistung in Nutzpferdestärken		8	15	25	50	70	100	150	200
Umdrehungen in der Minute		270	235	205	170	160	160	155	140
Zylinderdurchmesser	mm	165	215	260	350	400	450	520	600
Kolbenhub	„	270	340	410	530	600	680	780	900
Schwungraddurchmesser	„	1600	2100	2500	3100	3300	3500	3800	3900
Außenmaße der Motoren: quer zur Welle	ungefähr mm	2000	2600	3000	3500	3700	3900	4300	4800
Außenmaße der Motoren: parallel zur Welle	ungefähr mm	1700	2200	2450	3100	3500	4300	5200	6000
Außenmaße der Motoren: Höhe üb. d. Fußboden	ungefähr mm	1875	2200	2600	3300	3700	4200	5000	5500
Erwünschte Lokalhöhe (mit Rücksicht auf das Montieren)	ungefähr mm	2800	3500	4100	5100	5800	6900	8100	9000
Fundamenttiefe	ungefähr mm	1000	1600	1800	2200	2400	2800	3100	3200
Fundamentinhalt	cbm	4	7,5	12,5	24	32	58	85	92
Gewichte: netto	ca. kg	1900	4400	6600	13500	19000	26000	40000	60000
Gewichte: brutto	„ „	2400	5000	7500	15000	21000	29000	44000	65000
Brennstoffverbrauch pro PSe-Stunde in g, von 10000 WE./kg Heizwert, garantiert mit 10 % Spielraum: Normalleistung bis Höchstleistung		235	215	205	195	185	185	185	185
Brennstoffverbrauch pro PSe-Stunde in g, von 10000 WE./kg Heizwert, garantiert mit 10 % Spielraum: $^3/_4$-Belastung		245	225	215	205	195	195	195	195
Brennstoffverbrauch pro PSe-Stunde in g, von 10000 WE./kg Heizwert, garantiert mit 10 % Spielraum: $^1/_2$-Belastung		285	260	250	235	225	225	225	225
Brennstoffverbrauch pro PSe-Stunde in g, von 10000 WE./kg Heizwert, garantiert mit 10 % Spielraum: $^1/_4$-Belastung		390	350	330	310	300	300	300	300

Bei normaler Belastung beträgt die indizierte Mittelspannung der Maschine ungefähr 6,5—6,8 kg/qcm, der mechanische Wirkungsgrad (Verhältnis der Nutzarbeit zur indizierten Arbeit) ungefähr 80 %, die Luftpumpenarbeit ungefähr 3 % der indizierten Arbeit. Die Motoren können bei vorübergehenden Kraftschwankungen um gegen 20 % der Normalleistung überlastet werden. Bei 15° Zuflußtemperatur und 70° Abflußtemperatur beträgt der Kühlwasserverbrauch ungefähr 11 (bei großen) bis 16 l (bei kleinen Maschinen) pro effektive Pferdestärkestunde der Normalleistung. Die Diagrammbildung erfolgt bei gut ausgeführten Dieselmotoren bis zum Leerlauf herab vollkommen regelmäßig. Die Auspuffgase sind, sofern der Motor in gutem Zustand ist, praktisch geruchlos und unsichtbar, außer bei Ueberlastung, wo Rußbildung auftritt.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Rechnet man für deutſche Verhältniſſe als Preis für 1 kg Petroleum 22 ₰, für 1 kg Paraffinöl oder Rohöl 8,25—10 ₰ (vgl. [3]), ſo erhält man z. B. als Brennſtoffkoſten des 25pferdigen Motors für eine Nutzpferdekraftſtunde bei Normalleiſtung (unter Einrechnung des Spielraums von 10% für die Augsburger Garantiezahlen) 4,7 ₰ bei Petroleumbetrieb und 1,8—2,3 ₰ bei Betrieb mit Paraffinöl oder Rohöl.

Mit Leuchtgas oder Kraftgas kann der Dieſelmotor nicht betrieben werden, da das Einſpritzen und Zerſtäuben von Leuchtgas oder gar Kraftgas zu viel Kraft verbrauchen würde und da beim Einſpritzen eine augenblickliche vollſtändige Miſchung mit der Verbrennungsluft und damit eine vollkommene Verbrennung nicht erzielt werden könnte.

Literatur: [1] Dieſel, Theorie und Konſtruktion eines rationellen Wärmemotors, Berlin 1893; Derſ., Dieſels rationeller Wärmemotor, Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ingen. 1897, S. 845, 955; Derſ., Mitteilungen über den Dieſelmotor, ebend. 1899, S. 36, 128; Derſ., Mitteilungen über den thermiſchen Motor, Syſtem Dieſel, Zeitſchr. d. öſterr. Arch.- und Ingen.-Ver. 1901, S. 589, 609; Lüders, Der Hochdruckwärmemotor, Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ingen. 1898, S. 783; Meyer, Eugen, Die Beurteilung der Kreisprozeſſe der Wärmekraftmaſchinen mit beſonderer Berückſichtigung des Dieſelmotors, ebend. 1897, S. 1108; Derſ., Die Beurteilung des Dieſelmotors, Journ. f. Gas u. Waſſer 1898, S. 559, 575; Derſ., Verſuche an Spiritusmotoren und am Dieſelmotor, Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ingen. 1903, Nr. 18 und 19; Vogel, Der Wärmemotor, Patent Dieſel, Journ. f. Gas u. Waſſer 1898, S. 637, 655. — [2] Stodola, Die Kreisprozeſſe der Gasmaſchinen, Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ingen. 1899, S. 1045, 1086. — [3] Dieſel, Der heutige Stand der Wärmekraftmaſchinen und die Frage der flüſſigen Brennſtoffe, unter beſonderer Berückſichtigung des Dieſelmotors, ebend. 1903, Nr. 38. — [4] Schröter, Dieſels rationeller Wärmemotor, ebend. 1897, S. 785, 817; Derſ., Neuere Leiſtungen der München-Augsburger Maſchineninduſtrie, ebend. Nr. 28. Vgl. a. die Werke über Verbrennungsmotoren.

Eugen Meyer.

Differential, eine unendlich kleine Aenderung einer ſtetig veränderlichen Größe x.

Das Differential, das mit dx bezeichnet wird, beſitzt dieſelben Merkmale wie x, aber ein abſtufbares Merkmal hat den Wert Null, z. B. Bogendifferential iſt ein Bogen von der Länge Null. Die Differentiale können daher, mit endlichen Größen verglichen, vernachläſſigt werden, d. h. an Stelle von $x + dx$ kann x geſchrieben werden. Differentiale höherer Ordnung und totales Differential ſ. Differentialquotient. Ueber Bildung von Differentialen und Rechnung mit denſelben ſ. Differentialrechnung. Integration von Differentialen ſ. Integralrechnung.

Wölffing.

Differentialbremſe, ſ. Bremſen, S. 259.

Differentialflyer, ſ. Baumwollſpinnerei.

Differentialgalvanometer, ſ. Meßinſtrumente, elektriſche.

Differentialgetriebe iſt ein Räderwerk, durch welches vermittelſt zweier Drehungen eine dritte reſultierende Drehung erzeugt wird, die der Differenz bezw. der Summe jener beiden Drehungen proportional iſt.

Mehrere der Reihe nach ineinander greifende Zahnräder 1, 2..n, deren Achſen 01, 02..0n in einem Gliede 0, wie in Fig. 1, wo $n = 3$ iſt, gelagert ſind, bilden ein Vorgelege (ſ. d.). Bezeichnet r_1 den Radius des Teilkreiſes des Rades 1, ferner r_2, r'_2 die Radien der Teilkreiſe des Doppelrades 2-2′ und $r'n$ den Radius des Teilkreiſes des letzten Rades n, und ſind z_1, z_2, z'_2, $z'n$ die zugehörigen Zähnezahlen, ſo iſt das Ueberſetzungsverhältnis ν vom Rade 1 zum Rade n oder das Verhältnis der Drehgeſchwindigkeiten dieſer beiden Räder, beſtimmt durch $\nu = \frac{r'_2 \cdot r'n}{r_1 \cdot r_2} = \frac{z'_2 \cdot z'n}{z_1 \cdot z_2}$. Dieſes Verhältnis iſt poſitiv oder negativ, je nachdem das erſte Rad 1 und das letzte Rad n ſich in gleichem oder entgegengeſetztem Sinn drehen. Setzen wir dieſes Vorgelege mit der Achſe 01 drehbar auf ein feſtes Geſtell α, dann erhalten wir ein nicht zwangläufiges Räderwerk. Drehen wir das Glied 0 im Geſtell α mit der Drehgeſchwindigkeit $\omega_0\alpha$ und gleichzeitig das Rad 1 mit der Drehgeſchwindigkeit $\omega_1\alpha$ im Geſtell α, dann wird durch dieſe zweifache Drehung das Räderwerk zwangläufig, d. h. es vollzieht eine beſtimmte Bewegung, und in dieſem Zuſtande wird dasſelbe ein doppelwirkiges Umlaufgetriebe genannt [1]. Bezeichnet $\omega n\alpha$ die Drehgeſchwindigkeit des Rades n in bezug auf das Geſtell α, ſo ergibt ſich für die Drehgeſchwindigkeiten ω_{10}, ω_{n_0} der Räder 1, n in bezug auf das Glied 0, $\omega_{10} = \omega_1\alpha - \omega_0\alpha$, $\omega_{n_0} = \omega n\alpha - \omega_0\alpha$; und da das Verhältnis $\frac{\omega_{10}}{\omega_{\alpha_0}} = \nu$ iſt, ſo folgt die fundamentale Beziehung:

$$\frac{\omega_1\alpha - \omega_0\alpha}{\omega n\alpha - \omega_0\alpha} = \nu, \qquad 1.$$

aus der, wenn zwei von den drei Drehgeſchwindigkeiten gegeben ſind, die dritte berechnet werden kann. Wird dieſes doppelwirkige Umlaufgetriebe nun ſo angeordnet, daß die Achſe 0n des Rades n mit der im Geſtell α gelagerten Achſe 01 koinzidiert, dann drehen ſich die Räder 1, n und das Glied 0 um die gemeinſame Achſe 01 im Geſtell α, und in dieſer Geſtaltung erhalten wir ein Differentialgetriebe oder Differentialräderwerk, weil die Drehgeſchwindigkeit $\omega_1 n$ des Rades 1 in bezug auf das koaxiale Rad n der Differenz der Drehgeſchwindigkeiten $\omega_1\alpha$, $\omega_0\alpha$ des Rades 1 und des Gliedes 0 proportional iſt. Denn es iſt: $\omega_1 n = \omega_1\alpha - \omega n\alpha$, und demnach folgt aus der Gleichung 1.:

$$\omega_1 n = \left(1 - \frac{1}{\nu}\right)(\omega_1\alpha - \omega_0\alpha). \qquad 2.$$

In der Praxis wird meiſtens die Anzahl der Räder $n = 3$ genommen, wie bei dem in Fig. 2 gezeichneten Differentialgetriebe, das im weſentlichen aus den beiden Rädern 1, 3 und dem

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Doppelrade 2-2′ beſteht. Das Rad 1 iſt auf der im Geſtell α gelagerten Welle W_1 befeſtigt und das Rad 3 iſt mit ſeiner Nabe c loſe auf dieſelbe geſetzt. Die Achſe 02 des umlaufenden Doppelrades 2-2′ iſt in dem ebenfalls auf der Welle W_1 loſe rotierenden Rad 0 gelagert, das jenes Glied 0 der Fig. 1 vertritt und von dem auf einer Welle W_I befeſtigten, im Geſtell α drehbaren Rade I getrieben wird. Wenn nun die Welle W_1 und die Welle W_I des Rades I gleichzeitig in Drehung verſetzt werden, dann iſt das Differentialgetriebe zwangläufig. Iſt beiſpielsweiſe in Fig. 2 das Ueberſetzungsverhältnis $\nu = \frac{r'_2 \cdot r'_3}{r_1 \cdot r_2} = \frac{z'_2 \cdot z'_3}{z_1 \cdot z_2} = 2$, dann ergibt ſich aus 2. für die Drehgeſchwindigkeit ω_{13} des Rades 1 gegen das Rad 3, $\omega_{13} = \frac{1}{2}(\omega_{1\alpha} - \omega_{0\alpha})$. Werden die Räder 1 und 0 bezw. mit den Drehgeſchwindigkeiten $\omega_{1\alpha}$, $\omega_{0\alpha}$ in gleichen Sinne im Geſtell α gedreht, ſo iſt die Drehgeſchwindigkeit ω_{13} in dieſem Falle gleich der halben Differenz der Drehgeſchwindigkeiten der Räder 1 und 0. Drehen ſich aber dieſe beiden Räder entgegengeſetzt, dann iſt die Drehgeſchwindigkeit ω_{13} gleich der der halben Summe ihrer Drehgeſchwindigkeiten. — In Fig. 3 iſt ein Differentialgetriebe mit Kegelrädern gezeichnet [2]. Das Kegelrad 1 iſt auf der im Geſtell α gelagerten Welle W_1 feſt, und auf dieſer Welle iſt das gleich große Kegelrad 3 ſowie das Stirnrad 0 loſe drehbar. In dem Stirnrade 0 iſt die Achſe des umlaufenden Kegelrades 2 radial gelagert, und wegen der Ausgleichung der Maſſen iſt noch ein gleiches zweites Kegelrad 2′ in derſelben Weiſe eingeſetzt. Die beiden umlaufenden Kegelräder 2, 2′ greifen beiderſeits in die Kegelräder 1, 3; und da dieſe gleich ſind, ſo ſind die Drehungen der Kegelräder 1, 3 in bezug auf das Stirnrad 0, das durch die Welle W_I vermittelſt des Rades I getrieben wird, entgegengeſetzt gleich. Es iſt alſo das Ueberſetzungsverhältnis $\nu = -1$, und folglich ergibt ſich aus 2. die Drehgeſchwindigkeit $\omega_{13} = 2(\omega_{1\alpha} - \omega_{0\alpha})$. Aus 1. erhalten wir in dieſem Fall, wenn wir den Rädern 1, 3 entgegengeſetzte Drehungen erteilen, alſo $+\omega_{1\alpha}$ und $-\omega_{3\alpha}$ einſetzen, $\omega_{0\alpha} = \frac{1}{2}(\omega_{1\alpha} - \omega_{3\alpha})$. Die Drehgeſchwindigkeit des Rades 0 gegen das Geſtell α iſt hiernach gleich der halben Differenz der Drehgeſchwindigkeiten der Räder 1, 3. In dieſem Falle wird das Rad 0 ein Differentialrad genannt. Auf die mannigfaltigen Anwendungen der Differentialgetriebe in der Praxis wies Pecqueur [3] hin, und verſchiedene Geſtaltungen der Differentialgetriebe teilte Bock [4] mit.

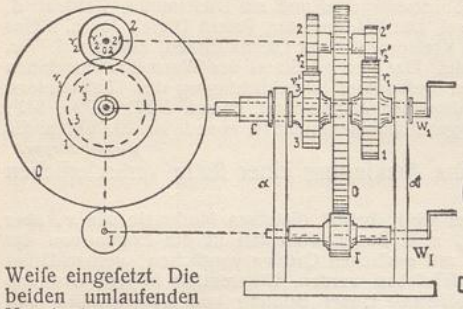


Fig. 2.

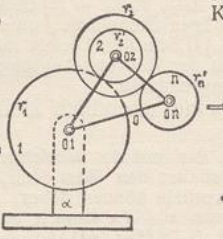


Fig. 1.

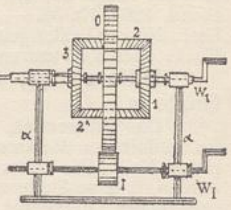


Fig. 3.

Literatur: [1] Burmeſter, Lehrb. d. Kinematik, Leipzig 1888, Bd. 1, S. 503. — [2] Houldsworth Specification Nr. 5316 vom 16. Januar 1826; Polytechniſches Journal 1828, Bd. 30, S. 89. — [3] Pecqueur, Brevet 19 août 1824; Descriptions des machines t. 39, p. 66, und überſetzt in Demme, Der praktiſche Maſchinenbauer 1842, 9. Liefg., S. 20. — [4] Bock, Ueber Differentialräderwerke, Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ingen. 1879, Bd. 33, S. 411. *Burmeſter.*

Differentialgleichungen, Gleichungen, in denen außer den unabhängigen und abhängigen Veränderlichen auch Differentialquotienten der letzteren nach den erſteren vorkommen. Man unterſcheidet zunächſt totale Differentialgleichungen, bei denen nur eine unabhängige Veränderliche vorkommt, und partielle Differentialgleichungen, die mehrere unabhängige Veränderliche und demgemäß partielle Differerentialquotienten nach denſelben enthalten.

Die **totalen Differentialgleichungen** entſtehen aus gewöhnlichen Gleichungen mit gewiſſen Konſtanten (Parameter), indem man nach der unabhängigen Veränderlichen differenziert und die Parameter eliminiert, z. B.:

$$x^2 + y^2 - 2ax = 0 \text{ gibt } 2x + 2y\frac{dy}{dx} - 2a = 0, \text{ alſo } x^2 - y^2 + 2xy\frac{dy}{dx} = 0.$$

Auf Differentialgleichungen führen nicht nur viele Probleme der Mathematik, ſondern auch ſolche der Mechanik und Phyſik, die für die Technik von Bedeutung ſind. Iſt eine Differentialgleichung gegeben, ſo gilt es, dieſelbe zu integrieren, d. h. die gewöhnliche Gleichung zu finden, durch deren Differentiation die gegebene Differentialgleichung entſteht. Die ſo gefundene Gleichung, die alſo noch willkürliche Konſtanten (Parameter) enthält, heißt das vollſtändige Integral der Differentialgleichung. Durch Spezialiſierung der Konſtanten entſteht daraus ein partikuläres Integral. Die Differentialgleichung $x^2 - y^2 + 2xy\frac{dy}{dx} = 0$ hat z. B. das vollſtändige Integral: $x^2 + y^2 - 2ax = 0$ (wo a ein Parameter), und ein partikuläres Integral wäre etwa:

$$x^2 + y^2 - 4x = 0 \text{ (mit } a = 2).$$

Je nach der höchſten Ableitung, die vorkommt, werden die Differentialgleichungen in verſchiedene Ordnungen eingeteilt; die betreffende Zahl iſt zugleich diejenige der Konſtanten des vollſtändigen Integrals.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

I. Differentialgleichungen erſter Ordnung mit zwei Veränderlichen.

Dieſelben enthalten nur die erſte Ableitung $\frac{dy}{dx}=y'$; die vollſtändigen Integrale beſitzen daher eine Konſtante und können gedeutet werden als Gleichungen von einfachen Kurvenſcharen (Integralkurven) in der Ebene. Die Differentialgleichung liefert für einen beliebigen Punkt x, y das zugehörige y', alſo die Richtung der durch den Punkt hindurchgehenden Scharkurve. Iſt die Differentialgleichung linear, d. h. vom erſten Grad in y', ſo geht durch jeden Punkt der Ebene nur eine Scharkurve. Die Differentialgleichungen erſter Ordnung drücken Tangentialeigenſchaften der zugehörigen Kurvenſcharen aus.

a) Integration der linearen Differentialgleichungen erſter Ordnung. Eine ſolche kann (durch Multiplikation mit dx) auf die Form $\varphi\,dx+\psi\,dy=0$ gebracht werden. Iſt nun φ nur eine Funktion von x allein, ψ eine ſolche von y allein, ſo ſind „die Veränderlichen getrennt", man kann integrieren: $\int\varphi\,dx+\int\psi\,dy=C$ (vollſtändiges Integral) [1], S. 18, [2], S. 62. Läßt ſich die Trennung der Veränderlichen nicht unmittelbar herbeiführen, ſo muß man ſich durch Einführung neuer Veränderlicher zu helfen ſuchen.

α) Homogene Differentialgleichungen, ſolche, bei denen alle Terme der Funktionen φ und ψ vom gleichen Geſamtgrad in bezug auf x und y ſind. Setzt man alsdann $y=tx$, alſo $dy=t\,dx+x\,dt$, ſo kann man die Veränderlichen trennen. Beiſpiel: $(x^2-y^2)\,dx+2xy\,dy=0$ liefert $x^2+y^2-2ax=0$ [1], S. 23, [2], S. 65.

β) Eulerſche Form der Differentialgleichungen $\frac{dy}{dx}+Py=Q$, wo P und Q Funktionen von x allein ſind. Auflöſung: $y=e^{-\int P dx}\left(\int Q e^{\int P dx}dx+C\right)$ [2], S. 73. Die erweiterte Eulerſche Form: $\frac{dy}{dx}+Py=Qy^n$ kommt durch die Subſtitution $z=\frac{1}{y^{n-1}}$ auf die Eulerſche Form zurück [2], S. 76.

γ) Exakte Differentialgleichungen heißen ſolche Differentialgleichungen, die genau in der Form, in der ſie gegeben ſind: $\varphi\,dx+\psi\,dy=0$ durch Ableitung einer Funktion $F(x,y)=C$ entſtanden ſind. Als Kriterium hierfür hat man: $\frac{\partial\varphi}{\partial y}=\frac{\partial\psi}{\partial x}$. Iſt dieſes erfüllt, ſo iſt $\int\varphi\,\partial x+\int\left(\psi-\frac{\partial\int\varphi\,\partial x}{\partial y}\right)\partial y=C$. Hierbei iſt im Integral $\int\varphi\,\partial x$ die Größe y als Konſtante zu behandeln; dagegen iſt die Funktion unter dem zweiten Integralzeichen nur von y abhängig. Beiſpiel: $(x^2-4xy-2y^2)\,dx+(y^2-4xy-2x^2)\,dy=0$ liefert $\frac{1}{3}x^3-2x^2y-2xy^2+\frac{1}{3}y^3=C$ [2], S. 105.

δ) Integrierender Faktor. Durch Ableiten des vollſtändigen Integrals $F(x,y)=C$ entſteht immer eine exakte Differentialgleichung $\frac{\partial F}{\partial x}dx+\frac{\partial F}{\partial y}dy=0$. Aber $\frac{\partial F}{\partial x}$ und $\frac{\partial F}{\partial y}$ können einen gemeinſamen Faktor haben, der natürlich in der gegebenen Differentialgleichung wegbleibt. Dieſelbe iſt daher nicht mehr exakt, kann aber durch Zufügung dieſes ſogenannten „integrierenden Faktors" wieder exakt gemacht werden, z. B. aus $\frac{x^2+y^2}{2x}=a$ entſteht $\frac{(x^2-y^2)\,dx+2xy\,dy}{x^2}=0$, daher iſt $\frac{1}{x^2}$ der integrierende Faktor von $(x^2-y^2)\,dx+2xy\,dy=0$ [2], S. 106.

ε) Die Riccatiſche Gleichung $\frac{dy}{dx}+ay^2=bx^m$ iſt integrierbar, wenn m eine Zahl von der Form $\frac{-4r}{2r-1}$ iſt (wo r eine ganze poſitive Zahl bedeutet). Setzt man nämlich $y=\frac{1}{2ax}+\frac{z}{x^2}$; $z=\frac{1}{w}$; $x=u^{\frac{1}{m+3}}$, ſo kommt man wieder auf eine Riccatiſche Gleichung, bei der jetzt aber an Stelle von m der Wert $m_1=\frac{-4(r-1)}{2(r-1)-1}$ ſteht. So läßt ſich r ſukzeſſive erniedrigen; für $r=0$ iſt $m=0$, und die Veränderlichen ſind trennbar. Iſt m von der Form $\frac{-4r}{2r+1}$, ſo läßt ſich dieſer Fall mittels der Subſtitution $x=t^{\frac{1}{m+1}}$; $y=\frac{1}{u}$ auf den vorigen zurückführen [1], S. 195, [2], S. 78. Iſt aber m eine beliebige Zahl, ſo kann die Riccatiſche Gleichung nur vermittelſt Beſſelſcher Funktionen (ſ. d.) integriert werden [1], S. 199.

ζ) Ein tieferes Verſtändnis für die verſchiedenen Methoden, die linearen Differentialgleichungen erſter Ordnung zu integrieren, ermöglicht die Lehre von den Transformationsgruppen (ſ. Gruppentheorie) [6]. Dieſe Methoden erſcheinen hier als Ausfluß einer allgemeineren Theorie und es wird insbeſondere auch in die Bedeutung des integrierenden Faktors eine tiefere Einſicht gewonnen [6], S. 95.

b) Differentialgleichungen erſter Ordnung von höherem Grad. Kommt die Ableitung $p=\frac{dy}{dx}$ in höherem Grad in einer Differentialgleichung $F(x,y,p)=0$ vor, ſo gehen durch jeden Punkt der Ebene mehrere (reelle oder imaginäre) Integralkurven. Die Kurvenſchar des vollſtändigen Integrals $f(x,y,C)=0$ beſitzt alsdann eine Umhüllungskurve, die ſinguläre Integralkurve. Ihre Gleichung, das ſinguläre Integral, das im allgemeinen von den partikulären Integralen verſchieden iſt, erhält man entweder durch Elimination von p zwiſchen $F=0$ und $\frac{\partial F}{\partial p}=0$ oder durch Elimination der Konſtanten C zwiſchen $f=0$ und $\frac{\partial f}{\partial C}=0$. Doch muß dieſelbe noch darauf unterſucht werden, ob ſie wirklich ein Integral der Differential-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

gleichung ist; die betreffende Kurve ist nämlich unter Umständen nicht eine Umhüllung, sondern der Ort von Rückkehrpunkten oder andern singulären Punkten der Integralkurven.

c) Entscheidung, ob eine gegebene Gleichung $f=0$ ein vollständiges, partikuläres oder singuläres Integral der Differentialgleichung $F(x,y,p)=0$ ist oder nicht.

α) Eine Gleichung $f(x,y,C)=0$ mit willkürlichen Konstanten C (d. h. mit einer Konstanten, die in $F=0$ nicht vorkommt) ist das vollständige Integral von $F=0$, wenn durch Elimination von C aus $f=0$ und $\frac{\partial f}{\partial x}+\frac{\partial f}{\partial y}p=0$ eine mit $F=0$ übereinstimmende Differentialgleichung entsteht.

β) Eine Gleichung $f=0$ ohne willkürliche Konstante ist überhaupt ein Integral von $F=0$, wenn bei Elimination von y und p aus $f=0$; $\frac{\partial f}{\partial x}+\frac{\partial f}{\partial y}p=0$ und $F=0$ auch x herausfällt.

γ) Das Integral $f=0$ ohne willkürliche Konstante ist ein singuläres, wenn außerdem bei Elimination von y und p aus $f=0$; $\frac{\partial f}{\partial x}+\frac{\partial f}{\partial y}p=0$ und $\frac{\partial F}{\partial p}=0$ auch x herausfällt; andernfalls ist $f=0$ ein partikuläres Integral.

d) Integration von Differentialgleichungen erster Ordnung höheren Grads.

α) Ist gegeben $x=f(p)$, so ist $y=\int p\frac{df}{dp}dp+C$, womit x und y in Funktion des Parameters p gegeben sind [2], S. 92.

β) Ist gegeben $y=f(p)$, so ist $x=\int\frac{1}{p}\frac{df}{dp}dp+C$ [2], S. 93.

γ) Clairautsche Form: $y=px+f(p)$; vollständiges Integral $y=Cx+f(C)$, also immer eine Geradenschar. Dieselbe umhüllt die Kurve des singulären Integrals: $\left\{\begin{matrix}x=-f'(p)\\y=-pf'(p)+f(p)\end{matrix}\right\}$ [1], S. 3, [2], S. 94.

δ) Erweiterte Clairautsche Form: $y=x\varphi(p)+f(p)$ gibt durch Differentiation: $\frac{dx}{dp}-\frac{\frac{d\varphi}{dp}}{p-\varphi}x=\frac{\frac{df}{dp}}{p-\varphi}$, also eine Eulersche Form (s. oben α, β).

II. Differentialgleichungen höherer Ordnung.

Eine Differentialgleichung n-Ordnung enthält die n-Ableitung von y nach x; ihr vollständiges Integral besitzt daher n willkürliche Konstanten und ist somit die Gleichung einer n-fachen Kurvenschar. Die Differentialgleichungen zweiter Ordnung stellen Krümmungseigenschaften der zugehörigen Scharkurven dar. Für die linearen Differentialgleichungen n-Ordnung (in denen y und seine Differentialquotienten nur im ersten Grad vorkommen) gilt der Satz: Sind $y_1=0$, $y_2=0\ldots y_n=0$, n unabhängige partikuläre Integrale derselben, so ist: $C_1y_1+C_2y_2+\ldots+C_ny_n=0$ das vollständige Integral.

a) Integration der linearen Differentialgleichungen höherer Ordnung mit konstanten Koeffizienten ohne Absolutglied: $y^{(n)}+A_1y^{(n-1)}+\ldots+A_{n-1}y'+A_ny=0$ [1], Kap. 3, [2], Kap. 4. Es seien $\alpha_1\alpha_2\ldots\alpha_n$ die Wurzeln der Hilfsgleichung: $x^n+A_1x^{n-1}+\ldots.+A_{n-1}x+A_n=0$, so sind e^{α_1x}, $e^{\alpha_2x}\ldots e^{\alpha_nx}$ partikuläre Integrale und $y=C_1e^{\alpha_1x}+C_2e^{\alpha_2x}\ldots+C^ne^{\alpha_nx}$ das vollständige Integral.

α) Ist α_1 eine r-fache Wurzel der Hilfsgleichung, so sind die zugehörigen partikulären Integrale: e^{α_1x}; $xe^{\alpha_1x}\ldots x^{r-1}e^{\alpha_1x}$.

β) Sind $\alpha_1\pm i\beta_1$ zwei komplex konjugierte Wurzeln der Hilfsgleichung, so sind die zugehörigen partikulären Integrale: $e^{\alpha_1x}\cos\beta_1x$ und $e^{\alpha_1x}\sin\beta_1x$.

b) Komplementäre Funktion. Besitzt die unter a) behandelte Differentialgleichung als Absolutglied eine Funktion von x auf der rechten Seite, so ist zunächst die Differentialgleichung mit Weglassung des Absolutglieds zu integrieren. Dem vollständigen Integral (in [1] irrtümlich komplementäre Funktion genannt) ist dann noch ein partikuläres Integral, die sogenannte komplementäre Funktion oder Störungsfunktion Φ beizufügen; dieselbe ist in einzelnen Fällen leicht zu ermitteln:

α) Ist X eine ganze rationale Funktion n. Grads, so ist Φ eine ebensolche Funktion mit unbestimmten Koeffizienten.

β) Ist X eine Exponentialfunktion e^{ax}, so ist $\Phi=ce^{ax}$; wenn aber α eine Wurzel der Hilfsgleichung ist, so ist $\Phi=cxe^{ax}$ u. s. w.

γ) Ist X eine goniometrische Funktion $\sin\beta x$ oder $\cos\beta x$ (oder beide zusammen), so ist $\Phi=c_1\sin\beta x+c_2\cos\beta x$ (sie muß ebenfalls mit x multipliziert werden, wenn $\sin\beta x$ und $\cos\beta x$ schon im vollständigen Integral vorkommen).

δ) In ähnlicher Weise ist zu verfahren, wenn X eine Funktion von x, e^{ax}, $\sin\beta x$ oder $\cos\beta x$ ist, z. B. $e^{ax}\sin\beta x$ u. s. w. Die unbestimmten Koeffizienten von Φ werden durch Einsetzen bestimmt.

c) Variation der Konstanten [1], S. 113. Ist das Absolutglied von andrer Form, als unter b) angegeben wurde, so werden im vollständigen Integral der Differentialgleichung ohne Absolutglied die Konstanten $C_1\,C_2\ldots C_n$ als Funktionen von x betrachtet. Ihre Ableitungen $C_1'\,C_2'\ldots C_n'$ bestimmen sich nun aus den Gleichungen:

$$\left\{\begin{matrix}0=C_1'y_1+C_2'y_2+\ldots+C_n'y_n\\0=C_1'y_1'+C_2'y_2'+\ldots+C_n'y_n'\\\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\\0=C_1'y_1^{(n-2)}+C_2'y_2^{(n-2)}+\ldots+C_n'y_n^{(n-2)}\\X=C_1'y_1^{(n-1)}+C_2'y_2^{(n-1)}+\ldots+C_n'y_n^{(n-1)}\end{matrix}\right\}$$

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Die Methode ist auch auf lineare Differentialgleichungen mit veränderlichen Koeffizienten anwendbar, wenn man nur n partikuläre Integrale derselben kennt.

d) Integration von linearen Differentialgleichungen höherer Ordnung mit veränderlichen Koeffizienten. Von Wichtigkeit ist folgender Fall: $(a+\alpha x)^n y^{(n)} + A_1 (a+\alpha x)^{n-1} y^{(n-1)} + \ldots + A_{n-1}(a+\alpha x) y' + A_n y = X$, wo $A_1 \ldots A_n$ Konstanten sind. Durch die Substitution $a+\alpha x = \alpha e^t$ kommt man auf den unter a) behandelten Fall zurück [1], S. 28, [2], S. 199.

III. Integration von Differentialgleichungen mittels Reihen [1], Kap. 5, [2], S, 219.

Wenn die seither angegebenen Methoden versagen, so schreibt man y als Reihe nach steigenden (resp. fallenden) Potenzen von x mit unbestimmten Exponenten und Koeffizienten an, setzt dieselbe in die Differentialgleichung ein und bestimmt die Koeffizienten und Exponenten durch Koeffizientenvergleichung. Statt der Reihen können auch bestimmte Integrale gute Dienste leisten [1], Kap. 7, [2], S. 236,

IV. Differentialgleichungen mit mehr als zwei Veränderlichen.

a) Ist eine einzige solche gegeben, so gelingt es in einzelnen Fällen, die Veränderlichen zu trennen [2], z. B. S. 119. Die Differentialgleichung $\frac{dx}{\sqrt{1-x^2}} + \frac{dy}{\sqrt{1-y^2}} = \frac{dt}{\sqrt{1-t^2}}$ besitzt das transzendente Integral: arc sin x + arc sin y = arc sin t und das ihm gleichwertige algebraische $x\sqrt{1-y^2} + y\sqrt{1-x^2} = t$.

b) Der Inbegriff von mehreren Differentialgleichungen mit mehreren abhängigen Veränderlichen heißt: simultane (gleichzeitige) Differentialgleichungen. Man bestimmt eine der Veränderlichen, indem man die übrigen samt ihren Ableitungen eliminiert; hierbei hat man eventuell die gegebenen Differentialgleichungen erst noch abzuleiten [1], S. 299.

Literatur: Von den untengenannten Werken sind zum Studium in erster Linie [1] und [2] zu empfehlen. Die Werke [3], [4] und [8] handeln speziell von linearen Differentialgleichungen; [3] und [5] benutzen funktionentheoretische Hilfsmittel und eignen sich mehr zum tieferen Eindringen; [6] steht auf dem Standpunkt der Transformationsgruppentheorie. — [1] Forsyth, A. R., Lehrbuch der Differentialgleichungen, herausgegeben von H. Maser, Braunschweig 1889. — [2] Serret, J. A., Lehrbuch der Differential- und Integralrechnung, deutsch von A. Harnack, Bd. 2, 2. Hälfte, Leipzig 1885. — [3] Schlesinger, L., Handbuch der Theorie der linearen Differentialgleichungen I—II, Leipzig 1895—98. — [4] Heffter, L., Einleitung in die Theorie der linearen Differentialgleichungen mit einer unabhängigen Variabeln, Leipzig 1894. — [5] Königsberger, L., Lehrbuch der Theorie der Differentialgleichungen mit einer unabhängigen Variabeln, Leipzig 1889. — [6] Lie, S., Vorlesungen über Differentialgleichungen mit bekannten infinitesimalen Transformationen, herausgegeben von Scheffers, Leipzig 1891. — [7] Forsyth, A. R., Exakte Gleichungen und das Pfaffsche Problem, deutsch von Maser, Leipzig 1893. — [8] Klein, F., Vorlesungen über lineare Differentialgleichungen zweiter Ordnung, Leipzig 1894. — [9] Liebmann, H., Lehrbuch der Differentialgleichungen, Leipzig 1901. — [10] Schlesinger, L., Einführung in die Theorie der Differentialgleichungen mit einer unabhängigen Variabeln, 2. Aufl., Leipzig 1904.

Die **partiellen Differentialgleichungen** entstehen durch partielle Ableitung einer gewöhnlichen Gleichung nach den unabhängigen Veränderlichen und Elimination von Funktionen; z. B. aus $z = \varphi(x^2+y^2+z^2)$ erhält man

$$\frac{\partial z}{\partial x} = 2\varphi'(x^2+y^2+z^2)\left(x + z\frac{\partial z}{\partial x}\right); \quad \frac{\partial z}{\partial y} = 2\varphi'(x^2+y^2+z^2)\left(y + z\frac{\partial z}{\partial y}\right).$$

Durch Elimination von φ' entsteht $x\frac{\partial z}{\partial y} - y\frac{\partial z}{\partial x} = 0$. — Geometrisch gedeutet, gehört eine partielle Differentialgleichung nicht einer Schar von Flächen, sondern einer Familie von solchen an, d. h dem Inbegriff aller Flächen, die eine gewisse Eigenschaft besitzen.

Beispiele: $\alpha p + \beta q = \gamma$ Differentialgleichung aller Zylinderflächen, deren Mantellinien der Geraden $\frac{x}{\alpha} = \frac{y}{\beta} = \frac{z}{\gamma}$ parallel sind; $p(x-a) + q(y-b) = z - c$ Differentialgleichung aller Kegelflächen mit Mittelpunkt $\left(\frac{a}{c}, \frac{b}{c}\right)$; $px + qy = 0$ Differentialgleichung aller Konoidflächen mit der xy-Ebene als Richtebene und der z-Achse als Leitgerade; $qx - py = 0$ Differentialgleichung aller Umdrehungsflächen mit der z-Achse als Drehungsachse; $rt - s^2 = 0$ Differentialgleichung aller abwickelbaren Flächen u. s. w.

Eine partielle Differentialgleichung integrieren, heißt die gewöhnliche Gleichung suchen, durch deren partielle Ableitung erstere entstanden ist. Bei linearen partiellen Differentialgleichungen erster Ordnung genügt es, zwei partikuläre Integrale u und v zu kennen; denn alsdann ist $u = \varphi(v)$ die allgemeine Lösung, wo φ eine willkürliche Funktion ist. Die Flächenscharen $u = c_1$ und $v = c_2$ schneiden sich in Kurven, die als Charakteristiken der betreffenden Flächenfamilie bezeichnet werden und deren je unendlich viele auf einer Fläche der Familie liegen. In obigem Beispiel sind die Charakteristiken $\left\{\begin{matrix} z = c_1 \\ x^2+y^2+z^2 = c_2 \end{matrix}\right\}$ horizontale Kreise, die ihre Mittelpunkte auf der z-Achse haben; je unendlich viele derselben liegen auf einer Umdrehungsfläche.

Die Integration der linearen partiellen Differentialgleichungen erster Ordnung von der Form $Pp + Qq = R$ (wo P, Q und R Funktionen von xyz sind) erfolgt durch Integration der simultanen totalen Differentialgleichungen: $\frac{dx}{P} = \frac{dy}{Q} = \frac{dz}{R}$. Die vollständigen Integrale derselben $u = c_1$ und $v = c_2$ sind partikuläre Integrale der partiellen Differentialgleichung, daher $u = \varphi(v)$ die allgemeine Lösung. Partielle Differentialgleichungen zweiter Ordnung kommen

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

vielfach in der mathematiſchen Phyſik vor (ſ. [5]); z. B. in der Theorie der Saitenſchwingungen die Differentialgleichung $r = a^2 t$ mit der Löſung $z = \varphi(y + \alpha x) + \psi(y - \alpha x)$ und bei der Wärmebewegung die Differentialgleichung: $p = a^2 t$ mit den partikulären Integralen

$$e^{-a^2\alpha^2 x} \cos\alpha(y - \lambda) \text{ und } e^{-a^2\alpha^2 x} \sin\alpha(y - \lambda),$$

wo α und λ Konſtanten ſind. Wegen der Zeichen (p, q, r, t) vgl. Differentialquotient.

Literatur: Von den hier angeführten Werken beſchränken ſich [3] und [4] auf partielle Differentialgleichungen erſter Ordnung; [4] bedient ſich der Berührungstransformationen (ſ. Gruppentheorie). In [5] finden ſich Anwendungen auf mathematiſche Phyſik. — [1] Forſyth, Lehrbuch der Differentialgleichungen, deutſch von Maſer, Braunſchweig 1889, Kap. 9 und 10. — [2] Serret, J. A., Lehrbuch der Differential- und Integralrechnung, Bd. 2, zweite Hälfte, Leipzig 1885, Kap. 6. — [3] Manſion, Theorie der partiellen Differentialgleichungen erſter Ordnung, 2. Aufl., Berlin 1892. — [4] Gourſat, E., Vorleſungen über die Integration der partiellen Differentialgleichungen erſter Ordnung, deutſch von Maſer, Leipzig 1893. — [5] Weber, A., Die partiellen Differentialgleichungen der mathematiſchen Phyſik, Bd. 1 und 2, Braunſchweig 1900—01. — [6] Dienger, J., Integration der partiellen Differentialgleichungen, Stuttgart 1862. — [7] Lagrange, J. L., und Cauchy, A. L., Zwei Abhandlungen zur Theorie der partiellen Differentialgleichungen erſter Ordnung, herausgegeben von G. Kowalewski, Leipzig 1901. — [8] Pfaff, J. F., Allgemeine Methode, partielle Differentialgleichungen zu integrieren, herausgegeben von G. Kowalewski, Leipzig 1902. — [9] v. Weber, E., Vorleſungen über das Pfaffſche Problem und die Theorie der partiellen Differentialgleichungen 1. Ordnung, Leipzig 1900. *Wölffing.*

Differentialgleichungen der Bewegung. Sind x, y, z die rechtwinkligen Koordinaten eines Punktes M als Funktion der Zeit t gegeben, ſo ſtellen deren erſte Differentialquotienten nach t die Komponenten ſeiner Geſchwindigkeit v und die zweiten Differentialquotienten derſelben die Komponenten ſeiner Beſchleunigung φ dar; die Maſſe m des Punktes, multipliziert mit den erſteren, gibt die Komponenten der Momentankraft mv, multipliziert mit den letzteren die Komponenten der beſchleunigenden Kraft $m\varphi$. Sind umgekehrt die Komponenten X, Y, Z der beſchleunigenden Kraft gegeben, ſo nennt man die Gleichungen:

$$m\frac{d^2x}{dt^2} = X,\ m\frac{d^2y}{dt^2} = Y,\ = \frac{d^2z}{dt^2} = Z$$

gewöhnlich die Differentialgleichungen der freien Bewegung des Punktes. Darin können die Größen X, Y, Z aber t, x, y, z, $\frac{dx}{dt}$, $\frac{dy}{dt}$, $\frac{dz}{dt}$ enthalten; auch iſt es nicht notwendig, daß dieſe Gleichungen in der hier vorliegenden aufgelöſten Form gegeben ſind, vielmehr nennt man im allgemeinen drei Gleichungen zwiſchen t, x, y, z, $\frac{dx}{dt}$, $\frac{dy}{dt}$, $\frac{dz}{dt}$, $\frac{d^2x}{dt^2}$, $\frac{d^2y}{dt^2}$, $\frac{d^2z}{dt^2}$ die Differentialgleichungen (zweiter Ordnung) der Bewegung eines Punktes. Die Integration eines ſolchen Syſtems ſimultaner Differentialgleichungen führt zur Kenntnis der durch ſie definierten Bewegung des Punktes; ihre drei erſten Integrale liefern, da ſie nur erſte Differentialquotienten enthalten, die Komponenten der Geſchwindigkeit, ihre zweiten Integrale, die frei von allen Differentialzeichen ſind, die Koordinaten des Punktes, durch die Zeit ausgedrückt. Ihre Integration führt ſechs Konſtanten ein, die dadurch beſtimmt werden können, daß die Werte der Komponenten der Geſchwindigkeit und die der Koordinaten für irgend eine Zeit, z. B. für $t = o$ bekannt ſind. Iſt der Punkt nicht frei, ſondern gezwungen, auf einer Kurve oder Fläche zu bleiben, ſo müſſen x, y, z außer den Gleichungen der Bewegung den Gleichungen der Kurve oder der Fläche genügen. In dieſem Falle werden die Differentialgleichungen der Bewegung mittels des D'Alembertſchen Prinzips (ſ. Prinzip) aufgeſtellt. Die Bedingungen können durch Beſchleunigungen (Druckbeſchleunigungen, Spannungsbeſchleunigungen u. ſ. w.) oder Kräfte (Drucke, Spannungen, Widerſtände u. ſ. w.) erſetzt werden. — Indem man andre Koordinaten als die Parallelkoordinaten x, y, z verwendet, nehmen die Bewegungsgleichungen von den obigen verſchiedene Formen an.

Mittels des D'Alembertſchen Prinzips laſſen ſich auch die Gleichungen der Bewegung eines Syſtems von n Maſſenpunkten, das k gegebenen Bedingungen genügt, aufſtellen. Sie beſtehen aus $3n$ Differentialgleichungen zweiter Ordnung und ſo vielen meiſt endlichen Gleichungen, als Bedingungen vorhanden ſind. In die Integrale gehen $6n - 2k$ Konſtanten ein, die durch Anfangslage und Anfangsgeſchwindigkeit der Syſtempunkte beſtimmt ſind. Durch Einführung paſſender Koordinaten laſſen ſich etwa vorhandene endliche Bedingungsgleichungen identiſch erfüllen, und die Bewegungsgleichungen reduzieren ſich auf $3n - k$ Differentialgleichungen zweiter Ordnung.

Beſteht ein Maſſenſyſtem aus unendlich vielen Punkten, wie z. B. ein ſtarrer Körper, ſo hängt der Charakter der Bewegungsgleichungen davon ab, wieviel Freiheitsgrade (ſ. d.) das Syſtem hat. Iſt die Anzahl der Freiheitsgrade endlich, ſo kann bei Einführung paſſender Koordinaten auch die Bewegung eines ſolchen Syſtems von ebenſoviel Differentialgleichungen zweiter Ordnung abhängig gemacht werden, als Freiheitsgrade vorhanden ſind. Es ſeien $q_1, q_2 \ldots q_\mu$ die voneinander unabhängigen Variabeln (neue Koordinaten), von denen die rechtwinkligen (urſprünglichen) Koordinaten der Maſſenpunkte abhängig ſind, z. B. $x_1 = f(q_1 \ldots q_\mu)$. Die Aenderungsgeſchwindigkeit $x' = \frac{dx}{dt}$ iſt dann eine homogene lineare Funktion der Aenderungsgeſchwindigkeiten $q_1' = \frac{dq_1}{dt} \ldots q_\mu' = \frac{dq_\mu}{dt}$, nämlich: $x' = \frac{\partial f}{\partial q_1} q_1' + \ldots + \frac{\partial f}{\partial q_\mu} q_\mu'$. Die lebendige Kraft T wird eine homogene quadratiſche Funktion der $q_1' \ldots q_\mu'$, weshalb man $2T = \frac{\partial T}{\partial q_1'} q_1' + \ldots + \frac{\partial T}{\partial q_\mu'} q_\mu'$ ſchreiben kann. Führt man in den

Ausdruck der Elementararbeit L die neuen Koordinaten ein und setzen wir voraus, daß eine Kräftefunktion U existiert, so wird: $dL = \frac{\partial U}{\partial q_1} dq_1 + \ldots + \frac{\partial U}{\partial q_\mu} dq_\mu$.

Die Veränderung der lebendigen Kraft T berechnet sich unter Berücksichtigung des Umstandes, daß T von den $q_1 \ldots q_\mu$ und $q_1' \ldots q_\mu'$ abhängt, folgendermaßen:

$$dT = \frac{\partial T}{\partial q_1} dq_1 + \ldots + \frac{\partial T}{\partial q_\mu} dq_\mu + \frac{\partial T}{\partial q_1'} dq_1' + \ldots + \frac{\partial T}{\partial q_\mu'} dq_\mu'.$$

Nun ist aber wegen $2T = \frac{\partial T}{\partial q_1'} q_1' + \ldots + \frac{\partial T}{\partial q_\mu'} q_\mu'$ auch:

$$2\,dT = d\left(\frac{\partial T}{dq_1'}\right) q_1' + \ldots + d\left(\frac{\partial T}{\partial q_\mu'}\right) q_\mu' + \frac{\partial T}{\partial q_1'} dq_1' + \ldots + \frac{\partial T}{dq_\mu'} dq_\mu'.$$

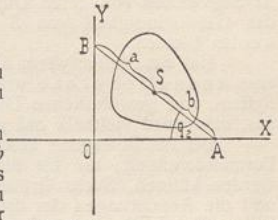
Durch Subtraktion der Gleichungen für $2\,dT$ und dT und Ersetzung der $q_1' \ldots q_\mu'$ durch $\frac{dq_1}{dt} \ldots \frac{dq_\mu}{dt}$ folgt:

$$dT = \left(\frac{d\frac{\partial T}{\partial q_1'}}{dt} - \frac{\partial T}{\partial q_1}\right) dq_1 + \ldots + \left(\frac{d\frac{\partial T}{\partial q_\mu'}}{dt} - \frac{\partial T}{\partial q_\mu}\right) dq_\mu,$$

was nach dem Satz von der Erhaltung der Kraft gleich dL sein muß. Da die so erhaltene Gleichung für alle Veränderungen $dq_1 \ldots dq_\mu$ der voneinander unabhängig vorausgesetzten neuen Koordinaten gelten muß, zerfällt sie in μ verschiedene Gleichungen:

$$\frac{d\frac{\partial T}{\partial q_1'}}{dt} - \frac{\partial T}{\partial q_1} = \frac{\partial U}{\partial q_1} \ldots \qquad \frac{d\frac{\partial T}{\partial q_\mu'}}{dt} - \frac{\partial T}{dq_\mu} = \frac{\partial U}{\partial q_\mu}.$$

Das sind die Lagrangeschen Bewegungsgleichungen zweiter Art, die bei einer endlichen Zahl von Freiheitsgraden unter Voraussetzung einer Kräftefunktion gelten.



Beispiel. Ein starrer Körper von der Masse M drehe sich um eine Achse, von der zwei Punkte in der Entfernung $a+b$ auf den Koordinatenachsen fortrücken. Der Schwerpunkt S des Körpers möge auf der Drehachse liegen; weitere Kräfte sollen nicht wirken ($U=0$). Es sollen die Differentialgleichungen der Bewegung aufgestellt werden. Das System hat zwei Freiheitsgrade: die Drehung um die Achse durch den Winkel q_1 und die Bewegung der Achse selbst, die durch den Winkel q_2, den sie mit der X-Achse einschließt (s. die Figur), festgelegt wird.

Die lebendige Kraft T des Körpers setzt sich aus der lebendigen Kraft der Bewegung des Schwerpunktes und der lebendigen Kraft der Bewegung um den Schwerpunkt zusammen. Erstere ist $\frac{M}{2}(a^2 \sin^2 q_2 + b^2 \cos^2 q_2) q_2'^2$. Die Bewegung um den Schwerpunkt setzt sich aus einer Drehung um die Achse AB mit der Winkelgeschwindigkeit q_1' und einer Drehung um eine in S zur Papierebene senkrechte Achse mit der Winkelgeschwindigkeit q_2' zusammen. Sind die zu den Achsen gehörigen Trägheitsmomente J_1 und J_2, so wird die gesamte lebende Kraft:

$$T = \tfrac{1}{2}\left(M(a^2 \sin^2 q_2 + b^2 \cos^2 q_2) q_2'^2 + J_1 q_1'^2 + J_2 q_2'^2\right).$$

Die Differentialgleichung für die Bewegung werden daher in diesem Falle:

$$\frac{dJ_1 q_1'}{dt} = 0 \text{ und } \frac{d}{dt}\left\{\left(M(a^2 \sin^2 q_2 + b^2 \cos^2 q_2) + J_2\right) q_2'\right\} - M(a^2 - b^2) \sin q_1 \cos q_2 q_2'^2 = 0.$$

Oder an Stelle der zweiten Gleichung:

$$2\left(M(a^2 \sin^2 q_2 + b^2 \cos^2 q_2) + J_2\right) q_2'' + M(a^2 - b^2) \sin q_2 \cos q_2 q_1' = 0.$$

Aus der ersten Gleichung folgt $q_1' = C_1$ oder $q_1 = C_1 t + C_2$, worauf sich aus der zweiten t als Funktion von q_2 ausdrücken läßt.

Die Differentialgleichungen der Bewegung eines freien (oder auch eines in einem Punkte gestützten) starren Systems werden zumeist in einer von Euler eingeführten Form abgeleitet, bei der zunächst die Koordinaten x, y, z des Schwerpunktes und dann die drei Komponenten p, q, r der Winkelgeschwindigkeit um den Schwerpunkt als Funktionen der Zeit gesucht sind. Letztere sind keine Koordinaten im Sinne der Lagrangeschen Differentialgleichungen zweiter Art, die daher nicht unmittelbar angewendet werden können. Am einfachsten findet man die Eulerschen Differentialgleichungen durch Anwendung der beiden Prinzipien des Schwerpunktes und der Flächen. Für ein freies System sagt das erstere aus, daß der Schwerpunkt sich so bewegt, wie wenn die Gesamtmasse M in ihm vereinigt wäre und die Resultante der äußeren Kräfte mit den Komponenten $\Sigma X, \Sigma Y, \Sigma Z$ an ihm angriffe. Daher die drei Gleichungen:

$$M\frac{d^2 x_1}{dt^2} = \Sigma X, \quad M\frac{d^2 y_1}{dt^2} = \Sigma Y, \quad M\frac{d^2 z_1}{dt^2} = \Sigma Z.$$

Das Flächenprinzip sagt aus, daß die Geschwindigkeit, mit der sich das Achsenmoment der Bewegungsgröße ändert, gleich dem Achsenmoment der wirkenden äußeren Kräfte ist. Sind A, B, C die drei Hauptträgheitsmomente durch den Schwerpunkt, p, q, r die Komponenten der Winkelgeschwindigkeit um den Schwerpunkt, bezogen auf die drei Hauptträgheitsachsen, und L, M, N die Komponenten des Achsenmomentes der äußeren Kräfte, auf dieselben Achsen bezogen, so sind Ap, Bq, Cr die Komponenten des Achsenmomentes der Bewegungsgröße in bezug auf das bewegliche System der Trägheitsachsen; $A\frac{dp}{dt}, B\frac{dq}{dt}, C\frac{dr}{dt}$ sind die Aenderungsgeschwindigkeiten dieses Achsenmomentes im gleichen System. Hierzu hat noch die Führungsgeschwindigkeit (s. Bewegung, relative, Bd. 1, S. 768) des Punktes mit den Koordinaten

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Ap, Bq, Cr im beweglichen Syſtem zu treten, um die abſolute Aenderungsgeſchwindigkeit, die das Flächenprinzip verlangt, zu erhalten. Die Komponenten der Führungsgeſchwindigkeit ſind: $(C-B)qr$, $(A-C)rp$, $(B-A)pq$, daher die drei letzten Eulerſchen Gleichungen für die Bewegung um den Schwerpunkt:

$$A\frac{dp}{dt}+(C-B)qr=L,\quad B\frac{dq}{dt}+(A-C)rp=M,\quad C\frac{dr}{dt}+(B-A)pq=N.$$

Euler hat als Koordinaten des beweglichen Syſtems in bezug auf das feſte drei Winkel φ, ψ, ϑ eingeführt, welche die Lage des beweglichen Syſtems beſtimmen. Zieht man durch den Maſſenmittelpunkt S drei Achſen parallel den feſten Achſen der x, y, z, ſo bezeichnet ϑ den Winkel der Ebenen der xy und $x'y'$ oder alſo den Winkel der Achſen z, z'; die Schnittlinie dieſer beiden Ebenen SK wird die Knotenlinie k dieſer Ebenen genannt. Der Winkel ψ iſt der Winkel (k, x) dieſer Linie mit der x-Achſe und φ der Winkel (k, x'), den ſie mit der x'-Achſe bildet. Die Komponenten p, q, r von ω drücken ſich leicht durch die Differentialquotienten von φ, ψ, ϑ mit Hilfe folgender Formeln aus:

$$p=\frac{d\vartheta}{dt}\cos\varphi+\frac{d\psi}{dt}\sin\varphi\sin\vartheta,\quad q=-\frac{d\vartheta}{dt}\sin\varphi+\frac{d\psi}{dt}\cos\varphi\sin\vartheta,\quad r=\frac{d\varphi}{dt}+\frac{d\psi}{dt}\cos\vartheta.$$

Mit Hilfe derſelben werden die Eulerſchen Gleichungen zu drei Differentialgleichungen zweiter Ordnung zwiſchen φ, ψ, ϑ und t. Die ſechs Gleichungen der Bewegung beſtehen daher zwiſchen x_1, y_1, z_1; φ, ψ, ϑ, t, und ihre Integration führt 12 Konſtanten ein, die durch die Anfangswerte der Koordinaten des Maſſenmittelpunkts und der Eulerſchen Winkel in Verbindung mit den Anfangswerten von deren Differentialquotienten, nämlich den Anfangswerten der Komponenten der Geſchwindigkeit von S und der Komponenten der Winkelgeſchwindigkeit ω beſtimmt werden können.

Hat das Maſſenſyſtem keine endliche Zahl von Freiheitsgraden mehr, ſondern eine unendlich große wie bei Flüſſigkeiten oder elaſtiſchen Körpern, ſo reicht ein ſimultanes Syſtem von gewöhnlichen Differentialgleichungen zur Beſtimmung der Bewegung nicht mehr aus, man wird vielmehr auf partielle Differentialgleichungen geführt.

Bei der Bewegung eines kontinuierlichen Maſſenſyſtems entſtehen in allen ſeinen Punkten Formänderungen, die für kleine Bereiche durch eine affine Deformation (ſ. d.) dargeſtellt werden können. Sechs Größen, nämlich z. B. die Dehnungen in den drei Koordinatenrichtungen und die Aenderungen der drei rechten Winkel derſelben beſtimmen die Formänderung an einer Stelle. Durch die Formänderung wird in dem Maſſenſyſtem ein Spannungszuſtand geweckt, der ebenfalls durch ſechs Größen, z. B. die Druckſpannungen in den drei Koordinatenrichtungen und die Schubſpannungen in den Koordinatenebenen beſtimmt wird. Die Spannungen werden als lineare Funktionen der Formänderungen angeſetzt. Die Abhängigkeit der Spannungen von den Formänderungen iſt für die Art des Maſſenſyſtems (ob tropfbarflüſſig oder elaſtiſch u. ſ. w.) charakteriſtiſch.

Die durch eine beſtimmte Formänderung geweckten Spannungen wirken auf die Begrenzung eines Volumelementes ein, und dieſe Einwirkungen müſſen zuſammen mit dem Gewicht des Volumelementes nach dem D'Alembertſchen Prinzip der aus Maſſe und Beſchleunigung gerechneten Maſſenkraft gleich ſein. Auf dieſem Gedankengang beruht die Ableitung der Bewegungsgleichungen für kontinuierliche Maſſenſyſteme. Für elaſtiſche Syſteme mögen $\eta\,\zeta\,\xi$ Verſchiebungen eines Punktes mit den Koordinaten in der Ruhelage $x\,y\,z$ bezeichnen; es ſei ferner μ die Dichte (ſpezifiſche Maſſe), $\frac{1}{m}$ die Poiſſonſche Konſtante (zwiſchen $\frac{1}{4}$ und $\frac{1}{3}$ gelegen), E der Elaſtizitätsmodul und $G=\frac{mE}{2(m+1)}$ der Schubelaſtizitätsmodul, ferner $e=\frac{\partial\xi}{\partial x}+\frac{\partial\eta}{\partial y}+\frac{\partial\zeta}{\partial z}$ (ſpezifiſche Volumänderung) und Δ der Laplaceſche Operator $\frac{\partial^2}{\partial x^2}+\frac{\partial^2}{\partial y^2}+\frac{\partial^2}{\partial z^2}$, ſo lauten die partiellen Differentialgleichungen der Bewegung elaſtiſcher Syſteme:

$$\Delta\xi+\frac{m}{m-2}\frac{\partial e}{\partial x}+\frac{X}{G}=\frac{\mu}{G}\frac{\partial^2\xi}{\partial t^2},$$
$$\Delta\eta+\frac{m}{m-2}\frac{\partial e}{\partial y}+\frac{Y}{G}=\frac{\mu}{G}\frac{\partial^2\eta}{\partial t^2},$$
$$\Delta\zeta+\frac{m}{m-2}\frac{\partial e}{\partial z}+\frac{Z}{G}=\frac{\mu}{G}\frac{\partial^2\zeta}{\partial t^2}.$$

X, Y, Z ſind dabei die auf die Volumeinheit bezogenen äußeren Kräfte, die ſich bei Annahme der Schwerkraft auf $X=o$, $Y=o$, $Z=\mu g$ reduzieren. Die Ableitung dieſer Gleichungen beruht auf der Gültigkeit des Hookeſchen Geſetzes von der Proportionalität der Spannungen und Dehnungen. Die wichtigſten Unterſuchungen über die Differentialgleichungen der Bewegung verdankt man Jacobi (Vorleſungen über Dynamik, Berlin 1866) und Helmholtz. — Ausführliches u. a. bei Routh, Die Dynamik der Syſteme ſtarrer Körper, 2 Bde., Leipzig 1898. ***Finſterwalder.***

Differentialhafpel (chineſiſcher Haſpel), ſ. v. w. Differentialwinde (ſ. d.).

Differentiallampe, ſ. Bogenlampen, S. 172.

Differentialmetazentrum, ſ. Metazentrum.

Differentialquotient (Ableitung) einer Funktion $y=f(x)$ von x heißt der Grenzwert, dem der Bruch $\frac{f(x+\Delta x)-f(x)}{\Delta x}=\frac{\Delta y}{\Delta x}$ bei fortwährendem Abnehmen des Zuwachſes Δx zuſtrebt.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Dieſer Grenzwert kann aber nur dann einen endlichen, vom Vorzeichen von Δx unabhängigen Wert beſitzen, wenn $f(x)$ ſtetig und eindeutig iſt; andernfalls wird er unendlich groß oder unbeſtimmt. Wird bei endlichen Differentialquotienten der Zuwachs der Veränderlichen unendlich klein, ſo wird es auch der Zuwachs der Funktion; beide gehen in Differentiale über, und der Differentialquotient iſt daher das Verhältnis zweier Differentiale dy und dx. Man bezeichnet ihn mit $\frac{dy}{dx}$ oder $\frac{df}{dx}$ oder, wenn die unabhängige Veränderliche x ſelbſtverſtändlich iſt, mit y' oder $f'(x)$.

Eine Funktion ableiten oder differenzieren heißt: den Differentialquotienten derſelben bilden. Deutet man x als Abſziſſe, y als Ordinate einer Kurve, ſo daß $y=f(x)$ deren Gleichung iſt, ſo iſt y' gleich der trigonometriſchen Tangens des Winkels, den die Kurventangente mit der poſitiven x-Achſe bildet. Die Kurve $\left\{\begin{matrix}\text{ſteigt}\\\text{fällt}\end{matrix}\right\}$ je nachdem y $\left\{\begin{matrix}\text{poſitiv}\\\text{negativ}\end{matrix}\right\}$ iſt. Mittels der Gleichung $dy=y'\,dx$ kann man die Aenderung (das erſte Differential) von y ausdrücken durch den Differentialquotienten und die Aenderung von x.

Der Differentialquotient iſt eine Funktion von x; man kann daher von ihm aufs neue den Differentialquotienten bilden und erhält: $\frac{\frac{dy}{dx}}{dx}=\frac{d^2y}{dx^2}=y''$ als zweiten Differentialquotienten und $d^2y=y''\,dx^2$ als zweites Differential oder Differential zweiter Ordnung. Das letztere iſt dem Quadrat von dx proportional und kann, mit einem erſten Differential verglichen, vernachläſſigt werden: $dy+d^2y=dy$. Durch Fortſetzung dieſes Verfahrens erhält man höhere Differentialquotienten. Der n. Differentialquotient wird bezeichnet: $y^{(n)}$ oder $f^{(n)}(x)$; iſt n eine größere Zahl, ſo ſchreibt man römiſche Ziffern, z. B. y^{IV}. Hängt eine Größe z von zwei unabhängigen x und y ab, ſo kann man x ändern und y unverändert laſſen und erhält als Differentialquotient $\frac{\partial z}{\partial x}$; bei der Ausführung dieſer Operation wird angenommen, x allein ſei unabhängige Veränderliche, y dagegen wird als Konſtante behandelt. Aendert man y und läßt x ungeändert, ſo erhält man $\frac{\partial z}{\partial y}$. Die beiden Größen $\frac{\partial z}{\partial x}=p$ und $\frac{\partial z}{\partial x}=q$ werden als partielle Differentialquotienten bezeichnet. — Aus beiden ſetzt ſich die Aenderung von z zuſammen, wenn x und y zugleich geändert werden: $dz=\frac{\partial z}{\partial x}dx+\frac{\partial z}{\partial y}dy$ das ſogenannte totale Differential von z. Es gibt auch höhere partielle Differentialquotienten: $r=\frac{\partial^2 z}{\partial x^2}$; $s=\frac{\partial^2 z}{\partial x\partial y}$; $t=\frac{\partial^2 z}{\partial y^2}$. Dabei iſt zu bemerken, daß die Reihenfolge der partiellen Differentiationen umgekehrt werden kann, d. h. es iſt: $\frac{\partial^2 z}{\partial x\partial y}=\frac{\partial^2 z}{\partial y\partial x}$ u. ſ. w., desgleichen für mehrere Veränderliche. — Ueber Bildung von Differentialquotienten und Rechnung mit denſelben ſ. Differentialrechnung. *Wölffing.*

Differentialrad, ſ. Differentialgetriebe.

Differentialräderwerke, ſ. Differentialgetriebe.

Differentialrechnung, die Rechnung mit Differentialen und Differentialquotienten, bildet zuſammen mit der Integralrechnung (ſ. d.) die ſogenannte höhere Analyſis (Infinitеſimalrechnung).

1. Bildung der Differentialen und Differentialquotienten.

a) Bei der Berechnung des Grenzwerts $\lim\frac{f(x+\Delta x)-f(x)}{\Delta x}$ iſt zu beachten, daß höhere Potenzen von Δx vernachläſſigt werden dürfen, z. B.
$f(x)=x^3$; $f'(x)=\lim\frac{x^3+3x^2\Delta x+3x(\Delta x)^2+(\Delta x)^3-x^3}{\Delta x}=3x^2+3x\Delta x+(\Delta x)^2=3x^2$.
Ferner iſt $dC=0$ (wenn C eine Konſtante iſt), $d(C\cdot u)=C\,du$; $d(u+v+\ldots)=du+dv+\ldots$;
$d(u\cdot v)=v\,du=u\,dv$; $d\frac{u}{v}=\frac{v\,du-u\,dv}{v^2}$.

b) Formeln zur Bildung von Differentialen: $dx^n=nx^{n-1}dx$ (oder $\frac{dx^n}{dx}=nx^{n-1}$); $da^x=a^x\cdot la\cdot dx$; $de^x=e^x\,dx$ (wo e die Baſis des natürlichen Logarithmenſyſtems); $dlx=\frac{dx}{x}$ (wo lx natürlicher Logarithmus); $d\log_a x=\frac{1}{la}\frac{dx}{x}$ (wo $\log_a x$ Logarithmus zur Baſis a); $d\sin x=\cos x\,dx$; $d\cos x=-\sin x\,dx$; $dtg=\frac{dx}{\cos^2 x}$; $d\cot x=\frac{-dx}{\sin^2 x}$;

$d\sec x=\frac{\sin x\,dx}{\cos^2 x}$; $d\operatorname{cosec}x=\frac{-\cos x\,dx}{\sin^2 x}$; $d\arcsin x=-d\arccos x=\frac{dx}{\sqrt{1-x^2}}$;

$d\operatorname{arc\,tg}x=-d\operatorname{arc\,cot}x=\frac{dx}{1+x^2}$; $d\operatorname{arc\,sec}x=-d\operatorname{arc\,cosec}x=\frac{dx}{x\sqrt{x^2-1}}$.

Iſt ferner $y=f(x)$, $u=\varphi(y)$, alſo u die Funktion einer Funktion, ſo iſt $\frac{du}{dx}=\frac{du}{dy}\cdot\frac{dy}{dx}$, z. B. $u=l\sin x$. Man ſetzt $\sin x=y$, alſo $ly=u$; $\frac{du}{dx}=\frac{1}{y}\cos x=\cot x$. Solche Potenzen, deren

Baſis und Exponent veränderlich ſind, verwandelt man in Exponentialfunktionen, z. B. $x^x = (e^{lx})^x = e^{x \cdot lx}$; $d\,x^x = e^{xlx} \cdot (l\,x + 1)\,d\,x = x^x\,(l\,x + 1)\,d\,x$.

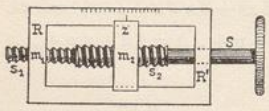
c) Zur Beſtimmung des Differentialquotienten einer impliziten Funktion hat man einfach die Gleichung, die dieſelbe beſtimmt, zu differenzieren, z. B. $y^3 + x^2 y - x^3 = 0$ gibt $3\,y^2 y' + 2\,x\,y + x^2 y' - 3\,x^2 = 0$ alſo $y' = \frac{3\,x^2 - 2\,x\,y}{x^2 + 3\,y^2}$.

2. Anwendungen der Differentialrechnung beſtehen in Reihenentwicklungen der Funktionen (ſ. Reihen), Berechnung unbeſtimmter Formen, Maxima und Minima (ſ. d. und Variationsrechnung), Partialbruchzerlegung gebrochener Funktionen (ſ. Partialbrüche). Hierzu kommen die geometriſchen Anwendungen auf die Unterſuchung von ebenen Kurven, Raumkurven und Flächen.

Literatur: Von den untengenannten Werken eignet ſich [1] zur elementaren Einführung; [2], [3] und [22] ſind beliebte Lehrbücher; [4] nimmt mehr einen funktionentheoretiſchen Standpunkt ein; [5] iſt ein empfehlenswertes kleines Repetitionsbuch, [6]—[8] Uebungsbücher. Die geometriſchen Anwendungen behandeln [9], [10], [25]—[28] ſowie [24] Bd. 3, ſolche auf Naturwiſſenſchaft und Technik [11], [12], [18], [20] und [23]. — [1] Götting, Einleitung in die Analyſis, Berlin 1880. — [2] Stegemann, M., Grundriß der Differential- und Integralrechnung, Bd. 1, 10. Aufl., Hannover 1903. — [3] Serret, J. A., Lehrbuch der Differential- und Integralrechnung, deutſch von Harnack, Bd. 1, 2. Aufl., Leipzig 1897. — [4] Stolz, Grundzüge der Differential- und Integralrechnung, 1, Leipzig 1893. — [5] Deter, Repetitorium der Differential- und Integralrechnung, 4. Aufl., Berlin 1899. — [6] Dölp, H., Aufgaben zur Differential- und Integralrechnung, 9. Aufl., Gießen 1901. — [7] Schlömilch, O., Uebungsbuch zum Studium der höheren Analyſis, Bd. 1, 4. Aufl., Leipzig 1888. — [8] Sohncke, Aufgaben aus der Differential- und Integralrechnung, I, 6. Aufl., Halle 1903. — [9] Darboux, G., Leçons sur la théorie générale des surfaces et les applications géometriques du calcul infinitésimal, I—IV, Paris 1887—96. — [10] Joachimsthal, F., Anwendungen der Differential- und Integralrechnung auf die allgem. Theorie der Flächen und der Linien doppelter Krümmung, herausg. von Natani, 3. Aufl., Leipzig 1890. — [11] Fuhrmann, A., Naturwiſſenſch. Anwendungen der Differentialrechnung, 2. Aufl., Berlin 1900. — [12] Nernſt, W., und Schönfließ, A., Kurzgefaßtes Lehrbuch der Differential- und Integralrechnung mit beſonderer Berückſichtigung der Chemie, 3. Aufl., München 1901. — [13] Czuber, E., Vorleſungen über die Differential- und Integralrechnung, I, Leipzig 1898. — [14] Fricke, A., Hauptſätze der Differential- und Integralrechnung, I—III, Braunſchweig 1897—1903. — [15] Genocchi, A., Differentialrechnung und Anfangsgründe der Integralrechnung, deutſch von Bohlman und Schepp, Leipzig 1899. — [16] Junker, F., Höhere Analyſis, I, 2. Aufl., Leipzig 1902. — [17] Junker, F., Repetitorium und Aufgabenſammlung zur Differential- und Integralrechnung, I, Leipzig 1902. — [18] Lorentz, H. A., Lehrbuch der Differential- und Integralrechnung, deutſch von Schmidt, Leipzig 1900. — [19] Meyer, F. W., Differential- und Integralrechnung, I, Leipzig 1901. — [20] Perry, J., Höhere Analyſis für Ingenieure, deutſch von Fricke und Süchting, Leipzig 1902. — [21] Schlotke, J., Lehrbuch der Differential- und Integralrechnung, Leipzig 1903. — [22] Sturm, C., Lehrbuch der Analyſis, deutſch von Groß, I, Berlin 1897. — [23] Fuhrmann, A., Bauwiſſenſchaftliche Anwendungen der Differentialrechnung, I—II, Berlin 1898—99. — [24] Meyer, A., und Haas, A., Lehrbuch der Differentialrechnung, I—III, Stuttgart 1888—94. — [25] Bianchi, L., Vorleſungen über Differentialgeometrie, deutſch von Lukat, I—III, Leipzig 1896—99. — [26] Cefàro, E., Vorleſungen über natürliche Geometrie, deutſch von Kowalewski, Leipzig 1901. — [27] Klein, F., Anwendungen der Differential- und Integralrechnung auf Geometrie, I—II, Leipzig 1901—02. — [28] Scheffers, G., Anwendungen der Differential- und Integralrechnung auf Geometrie, 2 Bde., Leipzig 1901—02.

Wölffing.

Differentialſchraube, Vorrichtung, durch welche vermittelſt einer Schraube mit zwei in den Ganghöhen wenig differierenden Gewinden eine verhältnismäßig kleine Verſchiebung einer Schraubenmutter bewirkt wird.

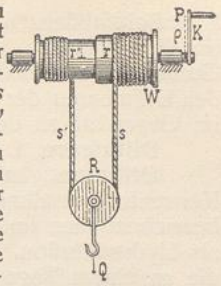


Eine Schraubenſpindel S (ſ. die Figur) iſt mit zwei Schraubengewinden S_1, S_2 von verſchiedener Ganghöhe h_1, h_2 verſehen. Die Schraube S_1 dreht ſich in der Mutter m_1, die in den Rahmen RR' enthalten iſt, und auf der Schraube S_2 ſitzt die Mutter m_2, die ſich in dem Rahmen längs der Schraubenachſe vorſchiebt und einen Zeiger z trägt. Während einer Umdrehung der Schraubenſpindel S verſchiebt ſich dieſelbe in dem Rahmen um die Ganghöhe h_1, und gleichzeitig verſchiebt ſich, aber in entgegengeſetzter Richtung, die Mutter m_2 um die Ganghöhe h_2 auf der Schraube S_2. Der durch eine Umdrehung der Schraubenſpindel S bewirkte Weg der Mutter m_2 oder des Zeigers z in bezug auf den Rahmen iſt demnach $h_1 - h_2$. Dieſe Differenz kann man beliebig klein machen, ohne die Ganghöhen h_1, h_2 klein zu nehmen, und demnach kann man es einrichten, daß einer Umdrehung der Schraubenſpindel S ein beliebig kleiner Weg des Zeigers z entſpricht. Die Differentialſchrauben werden zur Herſtellung feiner Bewegungen bei den Feinbewegungsvorrichtungen der Meßinſtrumente (Mikrometer) verwendet, ſ. Feinbewegung und Mikrometerſchrauben.

Burmeſter.

Differentialwinde, iſt in nachſtehender Figur S. 767 ſchematiſch dargeſtellt.

Eine in feſten Lagern rotierende Welle W, die mit einer Kurbel K verſehen iſt, beſitzt einen ſtärkeren Wellenteil vom Radius r und einen ſchwächeren Wellenteil vom Radius r'. Von einem Seil ss', das eine bewegliche Rolle R mit angehängter Laſt trägt, iſt der eine Seilteil s auf den ſtärkeren Wellenteil gewunden und an demſelben mit dem Ende feſt verbunden; ferner iſt der andre Seilteil s' entgegengeſetzt auf den ſchwächeren Wellenteil gewunden und an dem-



selben mit dem Ende fest verbunden. Wird nun die Kurbel K, deren Armlänge ϱ ist, so gedreht, daß sich der Seilteil s aufwickelt, dann wickelt sich der Seilteil s' ab. Beschreibt ein im Abstande gleich 1 von der Wellenachse befindlicher Punkt während dieser Drehung eine Bogenlänge w, dann wird, wenn wir von der Seildicke absehen, der Seilteil s um das Stück rw aufwärts gezogen und der Seilteil s' um das Stück $r'w$ abwärts sinken; folglich wird die Rolle R um die Strecke $\frac{1}{2}(r-r')w$ gehoben, und das Kurbelende vollzieht den Weg ϱw. Bezeichnet P die an diesem Kurbelende tangential wirkende Kraft und Q die Last einschließlich des Gewichtes der Rolle mit Zarge, so verhält sich, wenn wir von der Seildicke und der Reibung absehen, die Kraft zur Last umgekehrt, wie die zugehörigen Wege sich verhalten, und es ist $P:Q=\frac{1}{2}(r-r'):\varrho$. Die Kraft P ist also der Differenz der Radien proportional. Je kleiner diese Differenz ist, desto kleiner ist die Kraft P, durch welche die Last im Gleichgewicht gehalten bezw. gehoben wird. Die Differentialwinde war schon im Altertum bekannt [1].

Literatur: [1] Weinlig, Belagerungsmaschinen der Alten; Hülße, Allgemeine Maschinen-Encyklopädie, Leipzig 1841, Bd. 1, S. 846. *Burmester.*

Differenz, der Unterschied zweier Größen a und b, also eine Größe $a-b$, die zu b addiert a liefert. In logarithmischen und trigonometrischen Tafeln dient die Differenz zweier aufeinander folgenden Tafelzahlen zur Interpolation (s. d.). Differenz bei Differenzenreihen, s. Differenzenrechnung.

Differenzengleichungen kommen in der Differenzenrechnung vor und sind entweder Gleichungen zwischen aufeinander folgenden Gliedern der Hauptreihe, also etwa $f(x, u_x, u_{x+1} \ldots u_{x+n}) = 0$, oder Gleichungen zwischen u_x und einer Anzahl von Differenzen, also etwa $f(x, u_x, \Delta u_x, \Delta^2 u_x \ldots \Delta^n u_x) = 0$. Jede dieser Formen kann übrigens auf die andre zurückgeführt werden.

Eine Differenzengleichung integrieren heißt die Funktion u_x finden, die derselben genügt. Die Integrale der Differenzengleichungen werden als „endliche Integrale" bezeichnet; die Integration besteht in der Tat aus einer Summierung endlicher Reihen. Die Integration der linearen Differenzengleichungen:

$$a\,u_{x+n} + b\,u_{x+n-1} + \ldots + p\,u_{x+1} + q\,u_x = r$$

bietet große Analogien mit der Integration der linearen Differentialgleichungen dar (s. Differentialgleichungen II. a) und b). Fehlt das Absolutglied r, so heißen dieselben rekurrente Gleichungen.

Literatur: Die unter Differenzenrechnung [1] und [2] aufgeführten Werke; ferner Heymann, W., Studien über die Transformation und Integration der Differentialgleichungen und Differenzengleichungen, Leipzig 1891, Kap. 4. *Wölffing.*

Differenzenrechnung. Es sei u_x eine Funktion von x, deren Werte für positive ganze x in Form einer Reihe (Hauptreihe) gegeben sind. Die Differenzen $u_{x+1} - u_x$ werde mit Δu_x bezeichnet. Dann bilden alle Δu_x ebenfalls eine Reihe, welche die erste Differenzenreihe der Hauptreihe heißt. Verfährt man mit dieser ebenso, so entsteht die zweite Differenzenreihe, deren Glieder $\Delta^2 u_x = \Delta u_{x+1} - \Delta u_x$ sind u. s. w.

Schema: $u_0\ u_1\ u_2\ u_3\ u_4 \ldots$, $\Delta u_0\ \Delta u_1\ \Delta u_2\ \Delta u_3 \ldots$, $\Delta^2 u_0\ \Delta^2 u_1\ \Delta^2 u_2 \ldots$, $\ldots$. Dabei bestehen die Beziehungen:

$$\Delta^n u_x = u_{x+n} - \binom{n}{1} u_{x+n-1} + \binom{n}{2} u_{x+n-2} + \ldots + (-1)^{n-1} \binom{n}{n-1} u_{x+1} + (-1)^n u_x,$$

wo $\binom{n}{r}$ Binomialkoeffizienten (s. d.) und

$$u_{x+n} = u_n + \binom{x}{1} \Delta u_n + \binom{x}{2} \Delta^2 u_n + \ldots + \binom{x}{x-1} \Delta^{x-1} u_n + \Delta^x u_n.$$

Die Differenzenrechnung, d. h. die Rechnung mit diesen Differenzen bietet viele Analogien mit der Differentialrechnung und dient zur Lösung von Aufgaben der Wahrscheinlichkeitsrechnung [1], zur Interpolation, zur Ermittlung von Formeln der mechanischen Quadratur und zur Berechnung der Wurzeln numerischer Gleichungen [3].

Literatur: [1] Michaelis, G., Die Elemente der Differenzenrechnung mit Beispielen aus der Wahrscheinlichkeitsrechnung (Programmabh.), Berlin 1843. — [2] Boole, G., Grundlehren der endlichen Differenzen- und Summenrechnung, deutsch von Schnuse, Braunschweig 1867. — [3] Serret, J. A., Handbuch der höheren Algebra, deutsch von G. Wertheim, Bd. 1, 2. Aufl., Leipzig 1878, S. 268 ff. — [4] Hagen, J. G., Synopsis der höheren Mathematik, Bd. 1, Berlin 1891, S. 142 ff. — [5] Herrschel, J. F. W., Sammlung von Aufgaben aus der endlichen Differenzen- und Summenrechnung, deutsch von Schnuse, Braunschweig 1859. — [6] Markow, A., Differenzenrechnung, deutsch von Friesendorff und Prümm, Leipzig 1896. — [7] Piccioli, F., Anfangsgründe der endlichen Differenzen, deutsch von Meeraus und Lunardoni, Wien 1881. — [8] Seliwanow, D., Lehrbuch der Differenzenrechnung, Leipzig 1904. *Wölffing.*

Differenzlehren, s. Meßwerkzeuge.

Diffraktion, s. Licht.

Diffusat nennt man die bei der Dialyse (s. d.) durch die Membran hindurchgewanderten, in der äußeren Flüssigkeit des Dialysators (s. d.) gelösten

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Kristalloidsubstanzen. Unter Kristalloiden versteht man alle kristallisierbaren Körper im Gegensatz zu den gelatinierbaren und schleimigen Kolloiden wie Leim, Gummi, Eiweißsubstanzen u. s. w. Diffusat im weiteren Sinne ist auch der aus den Diffuseuren der Zuckerfabriken kommende Dünnsaft (s. Zuckerfabrikation) im Gegensatz zu den Diffusionsrückständen. *Bujard.*

Diffuseure, s. Zuckerfabrikation.

Diffusion. In Gasen und Lösungen gleichen sich lokale Unterschiede der Konzentration allmählich durch Wanderung der Materie aus. Diesen Vorgang bezeichnet man im ersten Falle als Gas- (Atmolyse nach Graham), im zweiten als Hydrodiffusion. Unter Diffusionskoeffizient versteht man die Substanzmenge, die an einem Tage durch einen Querschnitt eines Quadratzentimeters wandert, wenn zwei um 1 cm voneinander abstehende Schichten während dieser Zeit eine Konzentrationsdifferenz (Konzentration = Substanzmenge im Kubikzentimeter) aufweisen, die gleich 1 ist.

Zeigt eine Substanz in einem Lösungsmittel Hydrodiffusion, so folgt, daß sie auf eine semipermeable Membran osmotischen Druck ausübt, sie erweist sich also damit als eine echte Lösung. Die Gesetze der Hydrodiffusion sind dieselben wie die der Wärmeleitung. Die Diffusionskoeffizienten (D) von Elektrolyten lassen sich nach Nernst aus den Wanderungsgeschwindigkeiten U und V der betreffenden Ionen, in die der Elektrolyt dissoziiert ist, der Gaskonstanten R und der absoluten Temperatur T berechnen; es ist nämlich

$$\frac{1}{D}=\left(\frac{1}{U}+\frac{1}{V}\right)\cdot\frac{1}{RT}.$$

Die Diffusionskoeffizienten einiger Substanzen in Wasser gibt folgende Tabelle:

Harnstoff	0,81	Rohrzucker	0,31	Kochsalz	1,17
Chloralhydrat	0,55	Salzsäure	2,32	Lithiumchlorid	1,00
Mannit	0,38	Kaliumhydroxyd . . .	1,90		

Auch gewisse in festen Körpern gelöste Stoffe vermögen sich in denselben durch Diffusion zu verbreiten, z. B. Wasserstoff in Palladium, Kohlenstoff in heißem Eisen und Porzellan.

Literatur: Nernst, Theoret. Chemie, Stuttgart 1903, 4. Aufl.; Landolt und Börnstein, Physik.-chem. Tabellen, Berlin 1894, 2. Aufl. *F. Krüger.*

Diffusion des Lichts, s. Reflexion.

Diffusion im Bergbau, s. Wetterwirtschaft.

Diffusor oder Verteiler, bei den Zentrifugal- oder Schleudergebläsen der das Schaufelrad an seinem äußeren Umfang umschließende, gegen den Ausblasehals zu allmählich erweiterte, exzentrische, ringförmige Hohlraum, in dem die aus den Schaufeln ausströmende Luft aufgefangen und deren Geschwindigkeit nach und nach verringert, der Druck derselben demnach vergrößert wird.

Die genauesten Versuche zur Ermittlung der Wirkungsweise desselben stammen von Rateau [1]. Sie dienen zur Beantwortung der beiden Fragen: 1. Wie die Wirkung der Luft auf die Schaufeln sich äußere, ob die von ihnen geleistete Arbeit mehr eine Drucksteigerung oder eine Geschwindigkeitszunahme verursache, und 2. wie der Diffusor auf die Druckänderung der Luft einwirke. Danach erkannte Rateau, daß die vielfach verbreitete Ansicht falsch sei, daß die Schaufelarbeit mehr den Druck als die lebendige Kraft der Luft steigere. Die Versuche waren an einem blasenden Ventilator angestellt und ergaben die überraschende Tatsache, daß am Umfange des Rades bezw. direkt dahinter eine Depression von 21 mm Wassersäule herrschte, während nach der gewöhnlichen Annahme die Luft mit einem Ueberdruck aus den Schaufeln austreten sollte. Die Depression im Saugraum betrug — 45 mm, während die ganze von den Schaufeln verrichtete Arbeit einen mittleren Ueberdruck von 155 im Verteiler hervorbrachte. Hiernach ließ sich die Arbeit des Ventilators folgendermaßen zerlegen: Da der Druck um 24 mm Wassersäule (von — 45 auf — 21) erhöht wurde, so betrug der auf Druckerhöhung direkt verwandte Teil der Arbeit $\frac{24}{155}\cdot 100\,\% = 15{,}5\,\%$; die ganze übrige Arbeit war zur Vermehrung der lebendigen Kraft oder Geschwindigkeit der Luft verwandt worden, woraus sofort folgt, daß der ganze nützliche Ueberdruck, den der Ventilator (sei es als Pressung, sei es als Depression) ausübt, lediglich durch die Umwandlung der lebendigen Kraft der Luft im Verteiler oder Diffusor hervorgebracht wird. Durch Druckmessung an verschiedenen Stellen des Diffussors mit Hilfe von Wassermanometern wurde dies bestätigt und hierbei gefunden, daß etwa 40 % der erzeugten Arbeit auf Druckverluste kommen, so daß der maschinelle Wirkungsgrad noch 60 % beträgt. (Näheres s. [2].)

Literatur: [1] Comptes rendus de la Soc. minérale, 1889, p. 173 ff. — [2] v. Ihering, Gebläse, 2. Aufl., Berlin 1903, S. 690 ff. *v. Ihering.*

Digerieren, s. Digestion.

Digestion, in der Chemie ein Verfahren, bei dem eine feste Substanz mit einer Flüssigkeit übergossen und längere Zeit hindurch einer erhöhten, möglichst

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

konſtanten Temperatur ausgeſetzt wird. Es geſchieht dies in einem Behälter (Digestor) oder beſonderen Ofen (Digierofen), deſſen Temperatur auf ſich gleichbleibender Temperatur erhalten werden kann.

Digeſtivſalz, ſ. v. w. Kaliumchlorid (ſ. d.).

Digeſtor, ſ. v. w. Autoklave (ſ. d.).

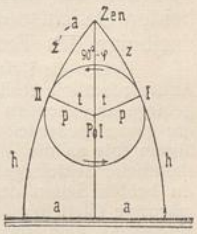
Digitalin, ſ. Glykoſide.

Diglyph, ſ. v. w. Zweiſchlitz, eine Verzierung des doriſchen Frieſes, die ſich in der Renaiſſancezeit vorfindet; ſie unterſcheidet ſich von dem weitaus am häufigſten vorkommenden Triglyph dadurch, daß die halben Schlitze an den Enden fehlen. *Weinbrenner.*

Digreſſion (Abweichung) wird in der Aſtronomie in verſchiedenen Bedeutungen, einmal gleichbedeutend mit Elongation gebraucht und bezeichnet dann den Winkelabſtand eines Planeten von der Sonne zu der Zeit, wenn derſelbe öſtlich oder weſtlich am größten iſt (größte Elongation, ſ. d.). Weit häufiger ſagt man aber von einem zwiſchen Pol und Zenit kulminierenden Stern, er ſei in Digreſſion, wenn er das größte erreichbare Azimut beſitzt.

Das iſt offenbar der Fall, wenn der von ihm vermöge ſeiner täglichen Bewegung beſchriebene kleine Kreis von einem Vertikalkreis im Oſten oder Weſten berührt wird. In der Figur die Punkte I und II. In dieſen Punkten iſt das Azimut des Sterns „ſtationär" und die (größten) Digreſſionen eines möglichſt nahe beim Pol ſtehenden Sterns (Polarſtern) ſind deshalb für eine Azimutbeſtimmung (vgl. d. Art.) einer von dem Beobachtungspunkt ausgehenden terreſtriſchen Richtung die günſtigſten Zeiten, da ein Fehler in der Zeitangabe oder in der AR. des Sternes nur einen ſehr geringen Einfluß ausübt. — Bezeichnet p die Poldiſtanz des Sterns ($= 90^0 - \delta$), und finden (vgl. die Figur) die (größten) Digreſſionen ſtatt im Azimutabſtand a vom Nordpunkt des Horizonts aus nach Oſten oder Weſten, ſo iſt

$$\sin a = \frac{\sin p}{\cos \varphi};$$



die Zenitdiſtanz z (Höhe $h = 90^0 - z$) der Digreſſionen iſt

$$\cos z = \sin h = \frac{\sin \varphi}{\cos p};$$

die Zeiten endlich erhält man, indem man zur Zeit des oberen Meridiandurchgangs des Sterns den Betrag t aus

$$\cos t = \operatorname{tg} \varphi \operatorname{tg} p$$

addiert oder ſubtrahiert. — Will man a, z und t gleichzeitig haben, ſo kann man ſie etwas bequemer und für jeden Fall ſcharf finden mit Hilfe der folgenden Ausdrücke:

$$k = \sqrt{\sin(\delta + \varphi)\ \sin(\delta - \varphi)}$$

$$\operatorname{tg} t = \frac{k}{\sin \varphi \cos \delta}, \qquad \operatorname{tg} a = \frac{\cos \delta}{k}, \qquad \operatorname{tg} z = \frac{k}{\sin \varphi}.$$

Ambronn.

Dikafett (Adikafett), aus dem Samen der an der afrikaniſchen Küſte von Sierra Leone bis in Gabun einheimiſchen Irvingia Barteri Hook (nach andern der Mangifera gabonensis Aubry-Lecomte) gewonnenes Fett, das in der Seifenfabrikation und als Erſatz für Kakaobutter verwendet wird. Wegen ſeiner Härte eignet es ſich auch zur Kerzenfabrikation. *Deite.*

Dilatation = Ausdehnung (ſ. d. und Dehnung), in der allgemeinen Elaſtizitätslehre mitunter ſpeziell die Volumänderung pro Einheit des anfänglichen Volumens.

Bezeichnen für beliebige ſtetige Verſchiebungen in einem Körper (Näheres [3], S. 55, 58) e_1, e_2, e_3 die drei Hauptdehnungen bei einem Körperpunkte m (ſ. Dehnung in der allgemeinen Elaſtizitätslehre), ſo iſt die räumliche Dilatation daſelbſt ([3], S. 73):

$$\varkappa = (1 + e_1)(1 + e_2)(1 + e_3) - 1, \qquad 1.$$

oder, wenn e_1, e_2, e_3 gegen 1. verſchwinden ([3], S. 83):

$$\varkappa = e_1 + e_2 + e_3 = e_x + e_y + e_z, \qquad 2.$$

worin e_x, e_y, e_z die Dehnungen für drei beliebige, zueinander ſenkrechte Richtungen x, y, z bei m bedeuten. Sind ξ, η, ζ die Wege des Punktes m in dieſen Richtungen, ſo kann man für die gewöhnlich allein unterſuchten Verſchiebungen auch ſetzen ([3], S. 85):

$$\varkappa = \frac{\partial \xi}{\partial x} + \frac{\partial \eta}{\partial y} + \frac{\partial \zeta}{\partial z} = \omega \qquad 3.$$

und ſpeziell für ein Zeitelement dt, wenn u, v, w die Geſchwindigkeiten von m in den Richtungen x, y, z während desſelben bezeichnen ([3], S. 75):

$$\varkappa = \varrho\, dt = \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z}\right) dt. \qquad 4.$$

ϱ iſt alſo die Dilatation in der Zeiteinheit, die Dilatationsgeſchwindigkeit bei m zur Zeit t. Man unterſcheidet Verſchiebungen mit und ohne Dilatation. Zu den erſteren gehören die Formänderungen eines axial gezogenen iſotropen Stabes und die Schallſchwingungen in der Luft ([3], S. 212, 253, 262), zu den letzteren die Torſion eines iſotropen prismatiſchen Stabes und

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

die Lichtfchwingungen ([4], S. 53, 201, [3], S. 264, 244). Die Aenderung des Volumens $V = F l$ eines ifotropen geraden Stabes vom Querfchnitt F und der Länge l durch eine Axialkraft S und eine Temperaturänderung τ (S für Zug, τ für Zunahme pofitiv) ift ([3], S. 212):

$$\varkappa V = 3\alpha\tau V + \frac{\varepsilon - 2}{\varepsilon}\frac{lS}{E}, \qquad 5.$$

worin α der lineare Ausdehnungskoeffizient (f. d.), E der Elaftizitätsmodul (f. d.), ε der Elaftizitätsquotient (f. d.). Letzterer wäre theoretifch $\varepsilon = 4$ ([3], S. 149), wird auch häufig fo gefetzt und liegt für die wichtigften Konftruktionsmaterialien meift zwifchen 3 und 4.

Literatur: [1] Kirchhoff, Vorlefungen über mathematifche Phyfik, Mechanik, Leipzig 1877, S. 107. — [2] Grashof, Theorie der Elaftizität und Feftigkeit, Berlin 1878, S. 21. — [3] Weyrauch, Theorie elaftifcher Körper, Leipzig 1884, S. 71, 75, 83. — [4] Derf., Aufgaben zur Theorie elaftifcher Körper, Leipzig 1885, S. 50 ff. — [5] Neumann, Vorlefungen über die Theorie der Elaftizität, Leipzig 1885, S. 48. — [6] Helmholtz, Vorlefungen über theoretifche Phyfik, II. Dynamik kontinuirlich verbreiteter Maffen, Leipzig 1902, S. 37. *Weyrauch.*

Dilatation oder Wärmeausdehnung der Eifenbahnfchienen, f. Oberbau.

Dilatationsgefchwindigkeit, f. Dilatation.

Dilatationsvorrichtung, f. Brücken, eiferne, und Fahrbahn.

Dilatometer, von Silbermann angegebenes Inftrument zur Ermittlung der relativen Mengen zweier vermifchten Flüffigkeiten, befonders von Alkohol und Waffer; beruht auf der ungleichen Ausdehnung der Flüffigkeiten in höherer Temperatur. *Aug. Schmidt.*

Diluvium, Diluvialperiode, -formation, -fyftem, Pleiftocän z. T., Poftpliocän, Quartärperiode, -fyftem, -formation werden in der Erdgefchichte diejenigen Ablagerungen genannt, deren Entftehungszeit zwifchen die Tertiärzeit und die Gegenwart fällt. Die charakteriftifchen Bildungen des Diluviums find durch eine gefteigerte Tätigkeit des fließenden Waffers und des Eifes zuftande gekommen, und diefe beiden Gefichtspunkte fetzen die Herrfchaft eines kälteren Klimas voraus, als es dasjenige des Tertiärs und der Gegenwart ift.

Ueber die Urfachen der Abkühlung find befriedigende Erklärungen noch nicht vorhanden. Außerordentlich große Flächen der Erdoberfläche, befonders die die älteren Maffen- und Kettengebirge umgebenden Hoch- und Tiefebenen waren von Gletfchereis ganz bedeckt; fo z. B. trug die ganze niederdeutfche Tiefebene von den Niederlanden nach Nordoften bis tief nach Rußland hinein (bis an die Wolga) eine vom füdlichen Skandinavien ausftrahlende, mächtige, bis an das rheinifche Schiefergebirge, den Harz, das Rieſengebirge und die Sudeten reichende Eisdecke. Zu beiden Seiten der Alpen traten in der fogenannten Eiszeit aus den heutigen Alpentälern mächtige Gletfcher fowohl nach der oberitalienifchen Tiefebene wie nach dem fchweizerifchen Hügelland, dem Bodenſeegebiet und der füdbayrifchen Hochebene aus und breiteten fich hier fächerförmig aus. Diefe Ausdehnung der „Gletfcher der Vorzeit" war keineswegs während der ganzen Eiszeit (Glazialzeit) eine durchaus gleiche und unveränderliche. Aehnlich dem Wachfen und Zurückgehen der Gletfcher der Gegenwart in den Hochgebirgen zeigten auch die diluvialen Gletfcher bedeutende Schwankungen ihrer Ausdehnung. Das Gletfchereis drang entweder vor oder zog fich zurück, und in den meiften diluvialen Gletfchergebieten wiederholte fich diefes Spiel mehrere Male. Man fpricht daher auch von Interglazialzeiten in dem Sinne, als man damit diejenigen Zeiträume in der diluvialen Gefchichte eines Gebietes meint, während denen die Gletfcher in einem Minimum ihrer Ausdehnung (zwifchen zwei Maxima) fich von einem Gebiet zurückgezogen hatten. Man konnte mehrere Vergletfcherungen (Maxima) desfelben Gebietes und auch zwifchen denfelben eine oder zwei Interglazialzeiten unterfcheiden. Die geologifche Tätigkeit der diluvialen Gletfcher war diefelbe wie die der gegenwärtigen Gletfcher, nur ihrer größeren Ausdehnung entfprechend weit ſtärker. Sie äußerte fich vornehmlich im Transport und in der Ablagerung bedeutender Maffen von Gebirgsfchutt (Blöcken) in Form von Moränen, befonders von Grundmoränen, in der abfchleifenden und abtragenden Kraft des abwärts gleitenden Gletfchereifes, in der Stauchung und Quetfchung des Untergrundes, veranlaßt durch das Abwärtsgleiten der auflaftenden Eismaffen, in dem Zerreiben und Zermalmen des mitgeführten Geſteinsmateriales und in der Bildung von fichelförmigen Wällen an den Stirnenden der Gletfcher, erzeugt durch das Vorfichherfchieben von Geſteinsfchutt beim Vorftoß der Gletfcher. Mit der Ausdehnung des fließenden Eifes auf der Erdoberfläche ſtand diejenige des fließenden Waffers in der Diluvialzeit im engſten Zufammenhang. Starke atmofphärifche Niederfchläge und damit vereint die abfließenden Schmelzwaffer der großen Gletfcher trugen bedeutende Maffen Geſteinsfchutt aus den Gebirgen zu Tal und in die Ebenen und erzeugten fo, fich rückwärts in die Gebirge immer tiefer einfchneidend, die Täler und in den Ebenen mächtige Ablagerungen von Flußfchottern, Sanden, Lehm und Löß. Die Wirkung des fließenden Waffers und damit in der Hauptfache auch diejenige der Erofion war eine länger andauernde als diejenige des Gletfchereifes, denn fie bildete fowohl die Einleitung als den Schluß der Vergletfcherung der diluvialen Glazialgebiete. Man ſieht daher Ablagerungen des fließenden Waffers diejenigen der Gletfcher fowohl unter- wie überlagern, und ficher hat die Tätigkeit des fließenden Waffers in der Diluvialzeit einen größeren Anteil an der Geſtaltung der heutigen Oberflächenformen der Erde als diejenige der alten Gletfcher, obgleich diefe auffälliger und charakteriſtiſcher erfcheint. Die allgemeine Bedeutung der diluvialen Erfcheinungen ruht daher in der Schaffung unfrer heutigen Täler und Bergformen im kleinen. Im großen ſind die Gebirge

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

und Ebenen die Schöpfung andrer und älterer Kräfte. Neben dem Eis und dem fließenden Waſſer wird der Tätigkeit des Windes beſonders in Steppen ein gewiſſer Einfluß zuzuſchreiben ſein; indes dürfte er gegen erſtere ſehr zurückſtehen. Ueber die Meerestätigkeit der Diluvialzeit ſind nur ſehr wenige Tatſachen vorhanden, weil die Verteilung des Meerwaſſers auf der Erde annähernd die gleiche wie die der Gegenwart war und ſeine Wirkungen daher in den heutigen Meeren verborgen liegen. Nur ſehr untergeordnet ſind daher marine Abſätze, und ihre organiſchen Reſte vermögen an dem durchaus binnenländiſchen Charakter der Lebeweſen nichts zu ändern. Dieſe ſchließen ſich in der Hauptſache an die heutige Tier- und Pflanzenwelt eng an und hatten ſich in ihrer Organiſation vielfach den veränderten klimatiſchen Verhältniſſen angepaßt. Beſonders wichtig iſt das erſte Auftreten des Menſchen in der Diluvialzeit, gekennzeichnet durch Knochen- und Kulturüberreſte.

Man unterſcheidet in der Diluvialzeit nach ihrer charakteriſtiſchen Erſcheinung drei Phaſen: 1. Beginn und Vorſchreiten der Vergletſcherung. Ablagerung mächtiger Schotterlager. 2. Hauptvergletſcherung mit mehreren Maxima der Vergletſcherung und dazwiſchenliegenden Minima (Interglazialzeiten). 3. Rückzug der Gletſcher. Ablagerung von mächtigen Schotterlagern, Sand, Lehm und Löß. Da erhebliche Veränderungen in der Lagerung der Schichten ſeit ihrer Bildung nicht vor ſich gingen, ſo kann die Lagerung der diluvialen Schotter, Sande, Lehme, Löſſe, Moränen u. ſ. w. im allgemeinen als eine ungeſtörte betrachtet werden. Ihrem Abſatz jedoch gingen bedeutende Abtragungen durch fließendes Waſſer voraus, und ſomit geſtaltet ſich ihre Auflagerfläche meiſt ſehr unregelmäßig im Gegenſatz zu den im Meer gebildeten Ablagerungen.

Die Ausfüllung und Einebnung großer Niederungen, Becken u. ſ. w. hat durch Aufſchüttung von mächtigen Schotter-, Sand- und Lehmmaſſen in der Diluvialzeit jene weiten und flachen Ebenen geſchaffen, die heute vorzugsweiſe dem Ackerbau dienen und im allgemeinen ſich durch einen lockeren und tiefgründigen Boden auszeichnen. Das Diluvium hat daher für die landwirtſchaftliche Kultur die größte Bedeutung von allen Formationen (norddeutſche Tiefebene, mittelrheiniſche Tiefebene, bayriſche Hochebene, Ungarn, Oberitalien u. ſ. w.). Bei großer Horizontalausdehnung führt es der im allgemeinen ſtarken Durchläſſigkeit und ſeines tiefe Niederungen ausfüllenden Auftretens wegen viel Waſſer, zeigt aber nur da, wo es von jüngeren Tälern bis auf das weniger durchläſſige Liegende wieder durchſchnitten wird, Quellen. Der Umſtand tritt trotz der großen Horizontalausdehnung ſelten ein. So bieten ausgedehnte Diluvialgebiete faſt ſtets Gelegenheit zu künſtlicher, ſelten aber zu natürlicher Waſſerverſorgung. Die Verwendung der Geſteine für Bauzwecke iſt die mannigfaltigſte, ſoweit Schotter- und Kieslager, Sand und Lehm in Betracht kommen. Natürliche Bauſteine freilich fehlen in der Regel, und daher gilt die Formation auch als ſteinarm. Eine Ausnahme machen die feſte diluviale Nagelfluh (ſ. d.) der bayriſchen Hochebene, auch manche Kalktuffe. Ablagerungen der diluvialen Eiszeit (Moränen, Geſchiebelehme u. ſ. w.) jedoch ſind minder wertvoll, weil ihre Beſchaffenheit zu großem Wechſel unterliegt. Nur die gröberen Blöcke derſelben ſind geſucht. Löß- und Lehmgebiete haben für die Beſchaffung von Rohmaterial für Ziegel- und Backſteinherſtellung und für die Landwirtſchaft großen Wert.

Literatur: Gümbel, C. W. v., Grundzüge der Geologie, Kaſſel 1888; Credner, Elemente der Geologie, Leipzig 1901, 9. Aufl.; Kayſer, Geolog. Formationskunde, Stuttgart 1902, 2. Aufl. *Leppla.*

Dime, Silbermünze der Verein. Staaten von Amerika, = 10 Cents = 41,98 ₰.

Dimenſion, Ausdehnung einer geometriſchen Größe in einer beſtimmten Richtung. Ein Punkt hat keine Dimenſion, eine Strecke eine einzige, die Länge. Mehrere Dimenſionen hat eine geometriſche Größe, wenn ſie in mehreren zueinander ſenkrechten Richtungen ausgedehnt iſt.

Eine Fläche hat daher zwei Dimenſionen, Länge und Breite; ein Körper hat deren drei, Länge, Breite und Höhe. Größen mit mehr als drei Dimenſionen gibt es nicht; über die ſogenannte „vierte Dimenſion“ ſ. Geometrie, nichteuklidiſche. Die Maßeinheiten der mehrdimenſionalen Größen ſind von derjenigen der Strecke abhängig, d. h. die Flächeneinheit iſt das Quadrat, die Volumeinheit der Würfel über der Längeneinheit. Bei algebraiſchen Ausdrücken heißt Dimenſion die Zahl der Buchſtabenfaktoren. Dabei ſind die Faktoren des Nenners abzuziehen; z. B. die Ausdrücke ab, $\frac{abc}{d}$, $\frac{a^2b^2}{c^2}$ ſind von der zweiten Dimenſion. Die Ausdrücke nullter Dimenſion ſind abſtrakte Zahlen, die von der Längeneinheit unabhängig ſind, z. B. die Zahl π. Eine Gleichung heißt dimenſional, wenn alle ihre Terme dieſelbe Dimenſion beſitzen. — Im weiteren Sinn werden auch mechaniſchen und phyſikaliſchen Größen Dimenſionen zugeſchrieben (ſ. Maßſyſtem, abſolutes). *Wölffing.*

Dimenſionenbegründung, der Nachweis, daß die vorläufig angenommenen Querſchnitte u. ſ. w. einer Konſtruktion den angreifenden Laſten und ſonſtigen Einwirkungen gegenüber genügen, im Gegenſatze zur Feſtſtellung der Dimenſionen auf Grund jener Einwirkungen, d. h. der Dimenſionenberechnung (ſ. d.). Die allgemeinen Geſichtspunkte für beide Verfahren ſind die gleichen, doch kann das erſtere mitunter raſcher zum Ziele führen oder wegen der Schwierigkeit des letzteren zu wählen ſein. In vielen Fällen, insbeſondere wenn äſthetiſche und andre nichtſtatiſche Rückſichten mitſprechen, wird ein gemiſchtes Verfahren angewendet, indem einzelne Querſchnittsabmeſſungen im voraus angenommen werden. *Weyrauch.*

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Dimenſionenberechnung heißt in der Ingenieurmechanik die Feſtſtellung der Querſchnitte und ſonſtiger Abmeſſungen einer Konſtruktion auf Grund der ſtatiſchen Berechnung derſelben (vgl. Dimenſionenbegründung), welch letztere die durch die Belaſtung (ſ. Eigengewicht, Verkehrslaſt) und andre Einwirkungen (je nach Umſtänden Winddruck, Erddruck, Waſſerdruck, Temperaturänderungen, Zentrifugalkraft, dynamiſche Einflüſſe u. ſ. w.) erzeugten Beanſpruchungen abzuleiten hat. Der Dimenſionenberechnung ſind ſtets die ungünſtigſten Belaſtungen und überhaupt diejenigen Kombinationen angreifender Kräfte und ſonſtiger Einwirkungen zugrunde zu legen, welche die ſtärkſten Dimenſionen bedingen. In manchen Fällen laſſen ſich dieſelben unmittelbar angeben; wenn aber, wie bei Brücken, die Laſtſyſteme verſchieden zuſammengeſetzt und überdies in Bewegung ſein können, dann müſſen zu ihrer Ermittlung beſondere Unterſuchungen angeſtellt werden, es ſei denn, daß beſtehende Normalien oder ſonſtige Vorſchriften, die alsdann ihrerſeits auf ſolchen Unterſuchungen beruhen, davon abzuſehen geſtatten. Wie weit die ſtatiſche Berechnung zu gehen hat, hängt von Art und Zweck der Konſtruktion ſowie von der Dimenſionierungsmethode ab; doch genügt es ſtets, wenn die ſtatiſche Berechnung die beiden Grenzwerte der in Frage kommenden Beanſpruchungen (Stabkräfte u. ſ. w.) und ihre Werte durch die feſte Laſt allein ergibt. Am vollkommenſten wäre eine Konſtruktion dimenſioniert, wenn ohne Beeinträchtigung ihrer Zweckmäßigkeit an allen Stellen gegen alle Zerſtörungsarten die gleiche Sicherheit (ſ. d.) beſtände. Dies iſt nie ganz erreichbar.

Eine erſte Schwierigkeit der Dimenſionenberechnung liegt darin, daß ihr die ſtatiſche Berechnung Beanſpruchungen liefern ſoll, die zum Teil vom Eigengewicht der Konſtruktion, alſo von den durch die Dimenſionenberechnung erſt zu beſtimmenden Querſchnitten u. ſ. w. abhängen. Man hat deshalb Formeln aufgeſtellt, die das Eigengewicht der wichtigſten hier in Betracht kommenden Konſtruktionen im voraus annähernd zu beſtimmen geſtatten (ſ. Eigengewicht und beiſpielsweiſe [3], [12], [18], [20], [26]), ſowohl rein empiriſche Formeln auf Grund der Verhältniſſe ähnlicher ausgeführten Konſtruktionen, als auch ſolche, die zum Teil auf theoretiſchen Grundlagen beruhen. Unterſuchungen der letzteren Art ſind im allgemeinen dann überhaupt nicht zu vermeiden, wenn es ſich um Konſtruktionen handelt, die weit über die vorausgegangenen Erfahrungen hinausgehen. So ſtieg die größte Spannweite ausgeführter Balkenbrücken 1848 von 52 auf 126 m (Conwaybrücke), 1890 von 250 auf 521 m (Forthbrücke) [22], S. 471. Nach dem Projekte Lindenthals für die North River-Brücke in New York würden die Spannweiten der Hängebrücken plötzlich von 487 auf 945 m gelangen. Ueber Voruntersuchungen bezüglich der Forthbridge ſ. z. B. [4], [5] und bezüglich größter Spannweiten von Hängebrücken [22], S. 633. Weicht das auf Grund der Dimenſionenberechnung erhaltene Eigengewicht erheblich von der Annahme bei der ſtatiſchen Berechnung ab, ſo muß die Berechnung ganz oder teilweiſe wiederholt werden. Die württembergiſche Straßenbauverwaltung beiſpielsweiſe ſchreibt als Grenze hierfür 10 % vor. Bei ſtatiſch unbeſtimmten Konſtruktionen (ſolche, deren Stützenreaktionen und inneren Kräfte nicht ſämtlich durch die Geſetze der Statik allein beſtimmt ſind) genügt es häufig nicht, das Eigengewicht im allgemeinen zu kennen, da die bei der ſtatiſchen Berechnung zu verwendenden Formeln die Querſchnitte ſelbſt oder von dieſen unmittelbar abhängige Größen enthalten (Trägheitsmomente u. ſ. w.). Alsdann ſind die Querſchnitte zunächſt durch eine vorläufige Berechnung mittels möglichſt einfacher, wenn auch weniger genauer Formeln und Methoden annähernd feſtzuſtellen. — Bei der Dimenſionenberechnung kommen ferner in Betracht die Mängel und Unſicherheiten, die der ſtatiſchen Berechnung anhaften. Letztere muß von Vorausſetzungen ausgehen, die zum Teil ſtark von der Wirklichkeit abweichen (reibungsloſe Auflager, gelenkartige Knotenpunkte bei Fachwerken, biegungsloſe Beanſpruchung von Druckgliedern u. ſ. w.). Infolgedeſſen kommen zu den jenen Vorausſetzungen entſprechenden Grundſpannungen noch gewiſſe durch dieſe Abweichungen bedingte Nebenſpannungen (ſ. d. und [11]). Dieſelben ſind, ſoweit angängig, nachträglich zu berückſichtigen, jedenfalls alſo die Knickwirkung bei gedrückten Stäben und exzentriſche Krafteintragungen; für manche Einflüſſe aber würde dies anders als ſchätzungsweiſe nur durch ſolche Rechnungen möglich ſein, die infolge ihrer Umſtändlichkeit oder Unzuverläſſigkeit in der Praxis keine Verwendung gefunden haben. Bei der Dimenſionierung iſt auf alle Unſicherheiten, zu denen auch die Vorausſetzungen der Elaſtizitätslehre bei ſtatiſch unbeſtimmten Konſtruktionen gehören, wie auf alle Ergebniſſe der Erfahrung Rückſicht zu nehmen (ſ. z. B. Biegungsfeſtigkeit, Blechträger, Fachwerke), jedes ſchablonenmäßige Vorgehen iſt zu vermeiden. Die zuläſſigen Beanſpruchungen ſind um ſo geringer zu wählen, je weniger genau und zuverläſſig die ſtatiſche Berechnung iſt, je ungünſtiger die nicht rechneriſch verfolgten oder geſchätzten Einflüſſe zu beurteilen ſind. Eine Hauptaufgabe des Konſtrukteurs beſteht aber darin, alle Nebenſpannungen ſo weit herabzuſetzen, als die Rückſichten auf die Sicherheit und Zweckmäßigkeit der Konſtruktion überhaupt geſtatten. Werden die anerkannten Regeln der Konſtruktion und Berechnung, der Ausführung und Unterhaltung befolgt, ſo liefern die bisherigen Erfahrungen mit Ingenieurkonſtruktionen keinen Grund zur Beunruhigung, da bei eingeſtürzten Brücken ſtets Verfehlungen gegen jene Regeln vorlagen (meiſt mangelhafte Querverſteifung oder ungenügende Berückſichtigung der

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Knickwirkungen), während bei neueren Bruchverſuchen mit ausgeſchalteten oder eigens hergeſtellten Konſtruktionen (Blechträger, Fachwerke, Gewölbe) die Bruchlaſt ſich nicht allzu weit von der rechneriſch begründeten entfernte, wobei allerdings für Gewölbe angenommen werden muß, daß in allen nicht erfahrungsmäßig feſtſtehenden Fällen auf Grund der Theorie elaſtiſcher Bogenträger gerechnet wird [16], S. 88 [17]. — Die dritte Hauptfrage bei der Dimenſionenberechnung betrifft die Feſtſetzung der zuläſſigen Beanſpruchungen pro Flächeneinheit, ſelbſt bei genau beſtimmten Beanſpruchungen im ganzen. Am wichtigſten iſt dieſe Frage im Brückenbau, weil hier die größten Materialmengen in Betracht kommen (die Forthbrücke enthält 1 080 000 Ztr. Stahl), zahlreiche Glieder unter annähernd gleichen Verhältniſſen wirken und unbeſchränkte Dauer beanſprucht wird. Es ſind deshalb mit beſonderer Rückſicht auf Brücken zahlreiche Dimenſionierungsmethoden vorgeſchlagen und zum Teil in die Praxis eingeführt worden (vgl. Zuläſſige Beanſpruchung und [8], S. 165), die ſich im weſentlichen durch die zugelaſſenen Beanſpruchungen *b* pro Flächeneinheit unterſcheiden. Früher wählte man faſt allgemein für Brücken und Hochbau, große und kleine Spannweiten, ruhende und bewegte Laſt den gleichen Wert *b* (in Preußen z. B. für Schweißeiſen bei Zug und Druck 100 Ztr. pro Quadratzoll = 730 kg pro Quadratzentimeter), obſchon die Elaſtizitätstheorie zeigt, daß bei plötzlich wirkender Belaſtung die Beanſpruchungen doppelt ſo groß als bei ruhender oder ganz allmählich anwachſender werden können. Im Maſchinenbau jedoch, wo die Verhältniſſe der Beanſpruchungen und die verlangte Dauer der Konſtruktionen mannigfaltiger ſind, hatten ſich auf dem Wege der Erfahrung ſehr verſchiedene zuläſſige Beanſpruchungen herausgebildet, die in gegebenen Fällen zur Verwendung kamen, ohne daß ein erſichtlicher Zuſammenhang zwiſchen denſelben beſtand. Durch die 1859—70 von Wöhler angeſtellten Verſuche über den Einfluß wiederholter Anſtrengungen [1], die ältere Reſultate von Albert, Douglas Dalton und Fairbairn [8], S. 57, beſtätigten und ihrerſeits durch nachfolgende Verſuche von Spangenberg [2] und Baufchinger [6] Ergänzung fanden, wurde bei aller Verſchiedenheit der Deutung und Verwertung wenigſtens ſo viel erreicht, daß den verſchiedenen Verhältniſſen der Beanſpruchungen bei Ingenieurkonſtruktionen allſeitig mehr Rechnung getragen und in die große Anzahl zuläſſiger Beanſpruchungen des Maſchinenbaues mehr Ordnung gebracht wurde [21]. Als vorteilhaft erwieſen ſich hierbei die durch ſtaatliche Verſuchsanſtalten vermittelte genauere Kenntnis des Materials und umfaſſende Erfahrungen mit ausgeführten Konſtruktionen. Neuere Vorſchriften über die Belaſtung und Dimenſionierung von Ingenieurkonſtruktionen enthalten eine Reihe der untenangeführten Schriften; ſ. a. Eigengewicht, Verkehrslaſt, Zuläſſige Beanſpruchung, Biegungsfeſtigkeit u. ſ. w.

Literatur: [1] Wöhler, Die Feſtigkeitsverſuche mit Eiſen und Stahl, Berlin 1870 (nach Zeitſchr. f. Bauweſen 1870, S. 73). — [2] Spangenberg, Ueber das Verhalten der Metalle bei wiederholten Anſtrengungen, Berlin 1875 (nach Zeitſchr. f. Bauweſen 1874, S. 474, und 1875, S. 78). — [3] Engeſſer, Zeitſchr. f. Bauweſen 1877, S. 207 (Eigengewichte von Bogenbrücken); 1878, S. 203 (Balkenbrücken); Zeitſchr. f. Baukunde 1881, S. 63 (Straßenbrücken); Zeitſchr. d. Arch.- u. Ing.-Vereins zu Hannover 1894, S. 319 (Eiſerne Pfeiler). — [4] Clarke, On iron bridges of very large span, Proceedings of the Institution of Civil Engineers, London 1878. — [5] Am Ende, On the weight and limiting dimensions of girder bridges, Proceed. of the Inst. of Civil Eng., London 1881. — [6] Baufchinger, Mitteilungen aus dem mechaniſch-techniſchen Laboratorium der K. Techniſchen Hochſchule München, Heft 13, 1886. — [7] Winkler, Theorie der Brücken, I, Aeußere Kräfte gerader Träger, Wien 1886, S. 7. — [8] Weyrauch, Die Feſtigkeitseigenſchaften und Methoden der Dimenſionenberechnung von Eiſen- und Stahlkonſtruktionen, Leipzig 1889. — [9] Proscriptions relatives aux calculs, à la surveillance et à l'entretien des ponts métalliques, en France et dans les différents pays d'Europe, Revue générale des chemins de fer 1891, S. 247 (vgl. Zeitſchr. d. Vereines deutſcher Ingen. 1892, S. 659; Zentralblatt d. Bauverwalt. 1892, S. 277). — [10] Verordnung, betreffend Berechnung und Prüfung der eiſernen Brücken- und Dachkonſtruktionen auf den ſchweizeriſchen Eiſenbahnen, Schweiz. Bauztg. 1892, Bd. 20, S. 86. — [11] Engeſſer, Die Zuſatzkräfte und Nebenſpannungen eiſerner Fachwerkbrücken, Berlin 1892—93. — [12] Sehfehlner, Beiträge zu den bei eiſernen Balkenbrücken vorkommenden Berechnungen, Allgemeine Bauztg. 1893, S. 25, 33, 49, 57, 73, 89. — [13] Bedingungen für die Lieferung von Eiſenkonſtruktionen zu Brücken und Hochbauten der ſächſiſchen Bahnen, Schweiz. Bauztg. 1894, Bd. 24, S. 32. — [14] Bayriſche Beſtimmungen ſ. Gerber, Zeitſchr. d. Vereins deutſcher Ingen. 1894, S. 1039, 1067, 1103. — [15] Melan, Die North-Riverbrücke, Zeitſchr. d. öſterr. Ingen.- u. Arch.-Vereins 1895, S. 365. — [16] Bericht des Gewölbeausſchuſſes d. öſterr. Ingen.- u. Arch.-Vereins, Wien 1895. — [17] Weyrauch, Einige Ergebniſſe der Wiener Gewölbeverſuche, Zeitſchr. f. Architektur- u. Ingenieurweſen, Wochenausgabe 1897, S. 99, 105. — [18] v. Borries, Beitrag zur überſchläglichen Gewichtsermittlung eiſerner Brücken, Zentralblatt d. Bauverwalt. 1897, S. 156. — [19] Handbuch der Architektur, 1. Teil, Bd. 1, Heft 2: Die Statik der Hochbaukonſtruktionen, von Landsberg, Stuttgart 1899, S. 17. — [20] Handbuch der Ingenieurwiſſenſchaften, Bd. 2, 2. Abt.: Die eiſernen Brücken im allgemeinen u. ſ. w., Leipzig 1901, S. 1. — [21] Bach, Die Maſchinenelemente, ihre Berechnung und Konſtruktion mit Rückſicht auf die neueren Verſuche, Stuttgart 1901 (1. Aufl. 1881). — [22] Weyrauch, Ueber d. Zunahme der Brückenſpannweiten im 19. Jahrhundert, Zeitſchr. f. Bauweſen 1901, S. 465, 617. — [23] Dirkſen, Die neuen Belaſtungsvorſchriften für die eiſernen Brücken der preußiſchen Staatsbahnverwaltung vom April 1901, Zentralblatt d. Bauverwalt. 1901, S. 381. — [24] „Hütte", II, Berlin 1902, S. 218. — [25] Vorſchriften über das Entwerfen der Brücken mit eiſernem Ueberbau (f. d. preußiſche Staatsbahn), Zentralblatt d. Bauverwalt. 1903, S. 301. — [26] Dirkſen, Eigengewichte eingleiſiger eiſerner Brücken der preußiſchen Staatsbahn, Zentralblatt d. Bauverwalt. 1904, S. 33. — [27] Die neuen öſterreichiſchen Vorſchriften für den Bau und die Unterhaltung der Eiſenbahn- u. ſ. w. Brücken mit eiſernen und hölzernen Tragwerken, Zentralblatt d. Bauverwalt. 1904, S. 581 (Wortlaut vom 28. Auguſt

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

1904 in der Zeitſchr. f. d. allgem. Baudienſt). — [28] Börner, Statiſche Tabellen, Belaſtungsangaben und Formeln, Berlin 1904. *Weyrauch.*

Dimethyl, ſ. Aethan.

Dimethylanilin, ſ. Farbſtoffe, künſtliche organiſche.

Dimetriſche Projektion, ſ. Axonometrie.

Dimity, ſ. Weberei.

Dimorphismus, Dimorphie (Polymorphismus, Heteromorphismus) nennt man in der Kriſtallographie die Eigenſchaft einer Subſtanz, in zwei oder auch mehreren (heteromorphen) ſelbſtändigen, nicht miteinander zuſammenhängenden Formen zu kriſtalliſieren.

So z. B. kriſtalliſiert die Subſtanz des kohlenſauren Kalkes (CO_3Ca) als Kalkſpat rhomboëdriſch und als Aragonit rhombiſch, alſo in zwei vollſtändig verſchiedenen Formen. Auch der Kohlenſtoff iſt dimorph, als Diamant regulär, als Graphit monoklin, ebenſo das Schwefeleiſen (FeS_2), als Schwefelkies regulär, als Markaſit rhombiſch. *Leppla.*

Dinar, ſerbiſche Einheitsmünze, = 1 Fr. Scheidemünze = 0,7515 ℳ. = 100 Paras.

Dinasſandſtein wird ein der Silurformation angehöriger hellgrauer Quarzſandſtein aus dem Neathtale in Südwales (England) genannt.

Er wird gemahlen und mit Kalkzuſatz zu den ſogenannten Dinasſteinen verarbeitet und gebrannt (feuerfeſte Ziegel). Nach Weſton enthält der ziemlich leicht zu Sand zerfallende Sandſtein etwa 97—98% SiO_2, 1—2% Tonerde, 0,2—0,5% Eiſenoxydul, 0,4% Kalkerde, Natron und Kali. Aehnliche Quarzſandſteine kommen in den Quarziten des mitteleuropäiſchen Unterdevon (am Rhein) und in alten Schiefern vor. *Leppla.*

Dinasſteine, ſ. Steine, feuerfeſte.

Dingi, kleines Ruderboot für einen Ruderer mit zwei Riemen; ſ. Bootsbau.

Diophantiſche Gleichungen, ſolche Gleichungen, bei denen die Anzahl der Unbekannten größer iſt als die Zahl der Gleichungen, wobei aber für die Unbekannten nur ganze Zahlen als Löſungen zugelaſſen werden. Die Zahl der Löſungen iſt unendlich groß, aber ſie laſſen ſich auf eine oder endlich viele allgemeine Löſungen, die Parameter enthalten, zurückführen.

a) Um eine diophantiſche Gleichung erſten Grades mit zwei Unbekannten x und y aufzulöſen, dient am beſten die Kettenbruchmethode [1], S. 55. Iſt $ax - bx = k$ gegeben, ſo entwickelt man $\frac{a}{b}$ in einem Kettenbruch. Der Bruch $\frac{a}{b}$ ſelbſt ſei der $n.$, der Bruch $\frac{a_1}{b_1}$ der $n-1.$ Näherungsbruch. Dann iſt die allgemeine Löſung $x = (-1)^{n-1} k a_1 + b w$; $y = (-1)^{n-1} k b_1 + a w$, wo w eine beliebige ganze Zahl (Parameter). Von andern Methoden erwähnen wir noch diejenige von Euler [1], S. 50, die auch auf mehrere Unbekannte und mehrere Gleichungen anwendbar iſt, die Methode der Kongruenzen (S. 377) und die Cauchyſche Methode (S. 387), die ſich auf den Fermatſchen Satz gründet. Die Auflöſung mit Zulaſſung komplexer, aber ganzzahliger Unbekannter ſ. [1], S. 598.

b) Während die Löſung der diophantiſchen Gleichungen erſten Grades in die niedere Analyſis gehört, ſetzt die Auflöſung derjenigen zweiten Grades eingehendere Kenntniſſe in der Zahlentheorie voraus. Methoden finden ſich in [1] für eine Gleichung mit 2 Unbekannten ohne lineare Glieder (S. 260), für die allgemeine Gleichung mit 2 Unbekannten (S. 336), für ſolche mit 3 Unbekannten (S. 483) — hierher gehört die pythagoräiſche Gleichung $x^2 + y^2 = z^2$ — und ſolche mit 4 Unbekannten (S. 527), endlich auch für den Fall, daß komplexe Unbekannte zugelaſſen werden (S. 633).

c) Diophantiſche Gleichungen im weiteren Sinne ſind ſolche Gleichungen zweiten und höheren Grades, deren Löſungen nicht ganzzahlig, ſondern nur rational ſein müſſen.

Literatur: [1] Scheffler, H., Die unbeſtimmte Analytik, I—II, Hannover 1854. — [2] Berkhan, C. A. W., Lehrbuch der unbeſtimmten Analytik, I—II, Halle 1855—56. — [3] Schüler, W. F., Lehrbuch der unbeſtimmten Gleichungen des erſten Grades, I, Stuttgart 1897. — [4] Bachmann, P., Zahlentheorie, II, Abſchnitt 2, Leipzig 1899. — [5] Wertheim, G., Anfangsgründe der Zahlentheorie, 4. Kap., Braunſchweig 1902. *Wölffing.*

Diopſid, ſ. Augit.

Dioptas (Kupferſmaragd, Achirit), Mineral, waſſerhaltiges Kupferſilikat H_2CuSiO_4 (38,12% SiO_2, 50,44% CuO, 11,44% H_2O), kriſtalliſiert hexagonal, meiſt kurzſäulenförmig, ſpaltet nach dem Rhomboëder; ſchön ſmaragdgrün, auch wohl dunkelgrün, glasglänzend, wenig durchſichtig bis durchſcheinend; ſpröd; Härte 5; ſpez. Gew. 3,27—3,35. Schmilzt nicht vor dem Lötrohr, wird aber rot oder ſchwarz. Löslich in Salpeter- und Salzſäure; wird beim Glühen unter Waſſerverluſt braun. Seiner ſchönen Farbe und der Seltenheit wegen wird Dioptas an den Orten ſeines Vorkommens (Perſien, Ural, Rußland) als Schmuckſtein verwendet; die geringe Härte und Durchſichtigkeit hindert meiſt dieſe Benutzung. *Leppla.*

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Diopter (Durchſehen, Abſehen) ſind Zielvorrichtungen, insbeſondere an geodätiſchen Inſtrumenten, jedoch auf ſolche Inſtrumente beſchränkt, die eine geringe Zielgenauigkeit beanſpruchen, wie z. B. Winkelklopf (-Kreuz), Neigungs-(Höhen-)Meſſer, Senkelrahmen, Buſſolen, Diopterlineal, Heliotrop. Sie dienen auch neben dem Fernrohr als Sucher zur genäherten Einſtellung oder für ſehr nahe Ziele.

Eine Linie, alſo auch eine Abſeh- oder Ziellinie, wird beſtimmt durch zwei in feſte Verbindung miteinander gebrachte Punkte; eine Ebene, alſo auch eine Abſeh- oder Zielebene, durch einen Punkt und eine Linie oder durch zwei (in einer Ebene liegende) Linien. Hierauf beruht die Konſtruktion des Diopters aus den beiden Teilen Okular und Objektiv. Dieſe können gebildet werden durch einfache Anordnungen, ähnlich der Zielvorrichtung am Gewehre (Kimme und Korn) oder durch Sehloch oder Sehſpalt und Zielfaden und Fadenkreuz oder Zielſpalt. Letztere Anordnungen ſind für geodätiſche Inſtrumente der obengenannten Art die geeignetſten und gebräuchlichſten. Die nebenſtehende Figur gibt eine Ueberſicht über einige Anordnungen von Okular und Objektiv. Die erſte zeigt ein Diopter zur Herſtellung von Ziellinien (z. B. an Neigungsmeſſer und Heliotrop), die übrigen geben Diopter an zur Herſtellung von Abſehebenen, wie es nach dem Prinzip verſchiedener Inſtrumente (z. B. Winkeltrommel oder Buſſolen) erforderlich wird; die letzte Anordnung endlich iſt ein Doppeldiopter, wodurch eine Hin- und Herzielung ermöglicht wird, wie es zuweilen, z. B. an Winkeltrommeln, Diopterlinealen, Aſtrolabien u. ſ. w. vorgeſehen iſt. Dasſelbe kann auch erreicht werden durch Anwendung von Seh- und Zielſpalt. Durch Anordnung einer Reihe von Sehlöchern oder eines Sehſpaltes (vgl. die Figur) als Okular wird in der Zielebene ein entſprechend größerer Geſichtswinkel gewonnen, wie es für geneigte Ziellinien notwendig iſt. Wird zu demſelben Zweck auf der um eine (horizontale) Achſe drehbar eingerichteten Okularplatte ein kleines zweites Diopter mit derſelben Abſehebene wie das Hauptdiopter angebracht, ſo hat man ein ſogenanntes Bergdiopter.

Bei den für die Herſtellung lotrechter Abſehebenen eingerichteten Dioptern iſt zu prüfen, ob Okular- und Objektivſpalt, -ſehlochreihe, -faden, in derſelben Ebene liegen; dies geſchieht am einfachſten dadurch, daß ein Lotfaden angezielt und geprüft wird, ob derſelbe bei Zielungen durch alle Sehlöcher der Reihe bezw. alle Teile der Sehſpalte ſcharf eingeſtellt erſcheint. Die Prüfung von Doppeldioptern erfolgt bei feſtſtehendem Inſtrument durch Abſtecken einer Reihe von Fluchtſtäben nach jeder Zielrichtung hin und Prüfung, ob die beiden Richtungen angehörenden Stäbe in einer Abſehebene (Linie) liegen. Beſeitigung der eventuell gefundenen Abweichung durch Richtigſtellung des Fadens. (Unrichtig geſchnittene Spalten können nicht verbeſſert werden.) Zur Erhöhung der Genauigkeit ſollen Objektiv und Okular wenn möglich in einer inwendig geſchwärzten Röhre angebracht werden. Die Sehlöcher ſollen eine Oeffnung von etwa $^3/_4$—1 mm, die Spalten von $^1/_2$—$^3/_4$ mm haben [1]. Dadurch wird ein genügendes Geſichtsfeld und eine genügende Genauigkeit erzielt. Die Fäden ſollen in deutlicher Sehweite gut ſichtbar, aber nicht zu ſtark ſein (Seidenfaden, Pferdehaar, ſchwarzer Strich auf feiner Glasplatte, feiner geſchwärzter Draht oder Lamelle). Die Genauigkeit der Zielung wird beeinträchtigt durch zu geringen Abſtand des Okulars und Objektivs; derſelbe ſoll nach Möglichkeit nicht kleiner als die günſtigſte Sehweite (normal 25 cm) ſein. Da dies für kleine Inſtrumente (Winkeltrommel, Neigungsmeſſer u. ſ. w.) meiſtens zu groß iſt, kann nicht das Maximum der mit Dioptern möglichen Zielgenauigkeit (10″—20″) erreicht werden [1], ſondern es muß bei einer geringeren Genauigkeit (im Mittel etwa 1′—2′) ſein Bewenden haben. Der Genauigkeit der Diopter iſt von vornherein eine Grenze geſteckt durch die Akkommodationsfähigkeit des Auges, das nicht verſchieden entfernte Gegenſtände (Zielfaden und Zielpunkt) gleichzeitig gleich ſcharf erkennen kann. In dieſem Umſtand iſt weſentlich die allgemeine Verbreitung des Fernrohrs als Zielinſtrument ſelbſt bei kleineren Meßinſtrumenten und die Konſtruktion des ſogenannten Fernrohrdiopters (ſ. d.) begründet.

Diopterlineal iſt ein Lineal oder Arm, deſſen Enden ein Diopter tragen. Die Vorrichtung dient zum Ziehen von Richtungen auf dem Meßtiſch (ſ. d.) wie die Kippregel (ſ. d.), oder als Zeiger, Alhidade (ſ. d.) an Winkelmeſſern, z. B. dem Aſtrolabium (ſ. d.). In dieſem Fall ſollen Abſehlinie (-ebene) Indexlinie der Alhidade (früher linea fiduciae genannt) und Drehachſe in einer Ebene liegen.

Literatur: [1] Stampfer, Ueber die Genauigkeit des Viſierens, Jahrbücher des k. k. polytechn. Inſtituts in Wien, Bd. 18, Jahrg. 1834.

Reinhertz.

Dioptrik (Anaklaſtik), die Lehre vom durchgehenden Lichte im Gegenſatz zu Katoptrik, der Lehre vom zurückgeworfenen Lichte; ſie bildete in der Optik des 16. und 17. Jahrhunderts mit dieſer die optiſche Wiſſenſchaft. Jetzt bezeichnet Dioptrik die Lehre von der Brechung im engeren Sinn mit Ausſchluß der Diſperſion und der Doppelbrechung. Ueber die Geſchichte dieſer phyſikaliſchen Disziplin vgl. Licht, Optik.

Aug. Schmidt.

Dioptriſch, auf der Lichtbrechung beruhend. Dioptriſche Fernrohre ſind die Refraktoren im Gegenſatz zu den katoptriſchen, den Reflektoren.

Diorama, ſ. Panorama.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Diorit wird in der Geſteinskunde ein älteres, vortertiäres Geſtein genannt, das weſentlich aus einem Kalknatronfeldſpat (Plagioklas) und Hornblende beſteht. Als nicht weſentliche, aber für gewiſſe Abarten charakteriſtiſche Gemengteile kommen noch Glimmer (Biotit), Quarz, auch Augit hinzu. Außerdem fehlen Orthoklas, Apatit, Magnet- und Titaneiſen faſt niemals. Iſt das Geſtein in Umwandlung begriffen, ſo treten auch noch Epidot, Quarz, Viridit, Kaolin, Muskovit, Kalkſpat, Eiſenhydroxyde und Schwefelkies als Neubildungen auf.

Die zum Diorit gehörigen Geſteine haben in friſchem Zuſtand je nach dem größeren oder geringeren Gehalt an Hornblende eine mehr oder minder dunkle bis ſchwarze Farbe, die um ſo gleichmäßiger, je feiner das Korn des Geſteins iſt. Grobkörnige Arten ſind ſelten; meiſt herrſchen mittel- und feinkörnige ſowie dichte (Dioritaphanit) Geſteine vor. Sehr häufig wechſelt die Korngröße in ein und demſelben Vorkommen; ſo z. B. zeigen ſich an den Rändern der Gänge und Stöcke meiſt feinkörnige, im Innern derſelben grobkörnige Abarten. Was das Gefüge angeht, ſo ſind die Diorite ſtets körnig; freilich läßt ſich dies und die mineraliſche Zuſammenſetzung bei den dichteren Arten erſt unter dem Mikroſkop erkennen. Die einzelnen Hauptgemengteile zeigen mitunter keine Spur von äußerer Kriſtallbegrenzung. Oefter noch wird das Gefüge porphyrartig dadurch, daß die Hauptgemengteile in zwei Generationen als Einſprenglinge und als Grundmaſſe auftreten. Solche Geſteine nähern ſich den Porphyriten und wurden teilweiſe als Dioritporphyre bezeichnet. Eine eigenartige, durch radialſtrahlige Anordnung der Hauptgemengteile in kugelförmigen Aggregaten erzeugte Abart iſt der ſogenannte Kugeldiorit (Corſit) von Korſika. Blaſige Diorite und demnach auch mandelſteinartige ſind ſehr ſelten. Durch Quetſchungen und Gebirgsdruck werden manche Diorite ſchieferig, indem die zertrümmerten Gemengteile mit ihren Längsrichtungen eine parallele Lage einnehmen (Dioritſchiefer). Ihrer chemiſchen Natur nach ſind die Diorite etwas kieſelſäurereicher als die nahverwandten und oft mit ihnen verwechſelten Diabaſen. Sie enthalten 49—59% SiO_2, 15—22% Al_2O_3, 7—13% $FeO + Fe_2O_3$, 6—12% CaO, 2—8% MgO, 1—4% Na_2O und 0,5—2% K_2O. Im allgemeinen überwiegt Kalkerde die Magneſia und Natron das Kali. Das ſpez. Gew. ſchwankt zwiſchen 2,75 und 2,95, und zwar ſteigt es mit der Abnahme an Kieſelſäure. Die Härte der einzelnen Gemengteile liegt zwiſchen 5,5 und 7, ſoweit Quarz beigemengt iſt. Im allgemeinen gehören die Diorite zu den zäheſten Maſſengeſteinen, vornehmlich der faſerigen oder lamellaren Hornblende oder deren chloritiſchen Zerſetzungsprodukte wegen. Die Beimengung von reſteckenausfüllendem Quarz erhöht die Zähigkeit und Widerſtandskraft. Die Bearbeitung, Spaltung und Zurichtung der Diorite begegnet großen Schwierigkeiten. — Bei der Umwandlung trübt ſich zunächſt der Feldſpat; es bilden ſich aus ihm Kaolin, Muskovit und Kalkſpat, während die Hornblende in der Regel in chloritiſche Subſtanz, ſeltener in Serpentin oder Epidot übergeht. Die weiter fortſchreitende Umwandlung liefert unter Lockerung des Zuſammenhanges der Gemengteile und Zerfall derſelben einen eiſenreichen, mehr oder minder ſandigen Lehm, nach Wegführung der Alkalien und des Kalkes. Hierbei ſchreitet die Verwitterung bei den prismatiſch abgeſonderten Stücken von außen nach innen vor und liefert oft kugeligſchalige Formen, deren Kern noch mehr oder minder friſch iſt.

Der Diorit bildet ſelten größere Gebirge; meiſt tritt er in kleinen Stöcken und Gängen auf und iſt ſonach in der Hauptſache das Erſtarrungsprodukt eines in Spalten und Hohlräumen eingepreßten Magmas. Dies Verhalten macht die bedeutenden Schwankungen in der Korngröße des einzelnen Vorkommens ſowie den Mangel an Mandelſteinbildungen erklärlich. Ihre Abſonderung iſt die bei Ganggeſteinen übliche, eine großprismatiſche oder ſäulenförmige, aus der, wie bereits bemerkt, bei der Verwitterung Kugelformen hervorgehen können. Die Verbreitung iſt eine ſehr geringe und nimmt noch ab, da es ſich ſeit Einführung der mikroſkopiſchen Unterſuchung gezeigt hat, daß eine große Reihe von Dioriten nicht urſprünglich gebildete, ſondern ſpäter aus Augit erſt durch molekulare Umlagerung entſtandene Hornblende (Uralit) führen, alſo nicht Diorite, ſondern Diabaſe genannt werden müſſen. Man darf daher echte Diorite zu den ſeltenen Eruptivgeſteinen rechnen. Schwarzwald, Odenwald, Vogeſen, Fichtelgebirge, Harz u. ſ. w. führen Diorite. Der ſogenannte Odenwaldſyenit von Lindenfels iſt ein Diorit.

Nach ihrer mineraliſchen Zuſammenſetzung unterſcheidet man: 1. Hornblendediorit oder eigentlichen Diorit, der nur Hornblende und Feldſpat (Plagioklas) als weſentliche Gemengteile führt. 2. Glimmerdiorit, vorwiegend aus dunkelm Magneſiaglimmer und Plagioklas beſtehend. Etwas kieſelſäurereicher als voriger. 3. Quarzglimmerdiorit oder Tonalit, weſentlich aus Quarz, Magneſiaglimmer und Plagioklas beſtehend, kieſelſäurereicher als voriger (bis zu 70%), ſteht dem Granit ſehr nahe. 4. Quarzdiorit oder Quarzhornblendediorit, mit Quarz, Hornblende und Plagioklas als Hauptgemengteile. 5. Augitdiorit, neben Hornblende und Plagioklas noch Augit enthaltend, kieſelſäurearm. 6. Epidiorit, ein feinkörniger bis dichter Augitdiorit, ſteht dem Diabas ſehr nahe.

Man kann im allgemeinen die Diorite zu den gegen Druck widerſtandsfähigſten Geſteinen zählen, und zwar wegen der oft faſerigen Hornblende und deren chloritiſchem Umwandlungsprodukt. Die Geſteine beſitzen einen außerordentlich hohen Grad von Zähigkeit, ſpalten und ſpringen ſchwer und ſind daher ſchwer zu bearbeiten. Die Gegenwart von Quarz vermehrt noch in einzelnen Unterarten die Härte; dagegen iſt das reichliche Auftreten von Glimmer kein Vorzug bei ſtarker Inanſpruchnahme durch Druck und Zug. Die genannten Vorzüge machen den Diorit zu einem hervorragenden Straßenbaumaterial, beſonders geeignet zu Kleinſchlag (Schotter). Die Druckfeſtigkeit ſteigt bei einzelnen Vorkommen bis zu 2000 kg auf 1 qcm. Der Kugeldiorit von Korſika (zwiſchen Sartene und Santa Lucia de Tallano) wird ſeines ſchönen Ausſehens wegen als Dekorationsſtein verarbeitet, auch geſchliffen und poliert, ebenſo auch friſche Diorite von ſchwarzer Farbe im Odenwald.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Literatur: Zirkel, Lehrbuch der Petrographie, Leipzig 1894, 2. Aufl., Bd. 2, S. 468; Kalkowsky, Elemente der Lithologie, Heidelberg 1886, S. 94; Herrmann, O., Steinbruchinduſtrie und Geologie, Berlin 1899. *Leppla.*

Dioritaphanit, ſ. Diorit.

Dioritgneis, ſ. Gneis.

Dioritporphyr, Dioritſchiefer, ſ. Diorit.

Diosmoſe, ſ. v. w. Endosmoſe (ſ. d.).

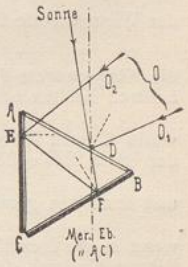
Diphenyl $C_{12}H_{10}$, farbloſe, in Aether und Alkohol leicht lösliche Blättchen, ſchmilzt bei 70°, ſiedet bei 254°. Gewonnen aus dem Steinkohlenteer, entſteht es auch beim Behandeln von Phenol mit Kalium, von Brombenzol mit Natrium ſowie aus Benzoldämpfen, die man durch glühende Röhren leitet, u. ſ. w. Liefert zahlreiche Derivate. *Bujard.*

Diphenylamin, -blau, -orange, ſ. Farbſtoffe, künſtliche organiſche.

Diphyakalke werden der oberſten weißen Juraformation (Malm) oder der tithoniſchen Formation der deutſchen Alpen angehörige, ſehr dichte, weiße, plattige Kalkſteine genannt, die nach einer charakteriſtiſchen Armfüßermuſchel, der Terebratula diphya, genannt und örtlich zur Mörtelbereitung gebrannt werden. Im Oſten der Alpen werden die Kalkſteine breccienartig; in der Schweiz nehmen ſie dunkle Farben an. Die roten, marmorartigen, ſehr deutlich geſchichteten und in großen Platten brechenden Diphyakalke der Gegend von Trient und Roveredo (Südtirol) werden zu Hochbauten und als Dekorationsſteine, geſchliffen und poliert, verwendet. *Leppla.*

Dipleidoſkop, ein von dem engliſchen Uhrmacher Dent (nach den Angaben von Bloxam) konſtruiertes, von Plößl in Wien verbeſſertes Inſtrument zur Zeitbeſtimmung durch Feſtſtellung des Augenblicks des Meridiandurchgangs der Sonne oder eines andern hellen Geſtirns (vgl. Zeitbeſtimmung, ferner Paſſagenprisma).

Es beſteht aus zwei Planſpiegeln und einer unbelegten Glasplatte, die zu einem gleichſeitigen Prisma nach Art der Figur zuſammengeſtellt ſind: CA, CB ſind die Spiegel, AB die Platte; von O her ſieht man der Figur gemäß zwei Sonnenbilder, je eines auf dem Strahlweg O_1DS und O_2EFS, die ſich, wie leicht an der Figur zu verfolgen iſt, aufeinander zu oder voneinander weg bewegen, ſolange die Sonne auf ihrer Tagesbahn links oder rechts von der Ebene CA ſteht; ſie fallen zuſammen, wenn die Sonne in der Ebene CA ſteht. Stellt man das Inſtrument ſo auf, daß die Spiegelebene CA im Meridian liegt, ſo entſpricht alſo der Augenblick der Deckung der beiden Sonnenbilder (durch zweimalige Randberührung ſcharf aufzufaſſen, ohne Fernrohr am Inſtrument auf etwa 2ˢ, mit Fernrohren von nur etwa drei- bis ſechsmaliger Vergrößerung ſchon bis auf 1ˢ und 0ˢ,5 genau) dem Augenblick des wahren Mittags. Die entſprechend genaue feſte Aufſtellung des Inſtruments (Spiegelebene CA im Meridian) iſt natürlich erſt nach längeren Verſuchen zu erreichen. Die Kopfhaltung bei der Beobachtung iſt zu manchen Jahreszeiten unbequem (die Abhilfe dadurch, daß man an dem Inſtrument die Neigung der Prismenkanten A, B, C veränderbar macht, verlangt, daß man ſich dann für jede neue Einſtellung des Inſtrumentchens erſt wieder davon überzeugt, ob die Ebene CA mit genügender Genauigkeit im Meridian ſteht). Das Inſtrument hat mit Recht große Verbreitung erlangt, iſt aber jetzt durch das Paſſagenprisma etwas verdrängt. Preis 40—80 ℳ (je nachdem ein Fernröhrchen vorhanden iſt oder nicht und je nach ſonſtiger Ausſtattung).



Literatur: Dent, On the Dipleidoscope, London 1844 (ſpäter oft wieder aufgelegt); Heinen, Das Dipleidoſkop, Düſſeldorf 1847; (Grunerts) Archiv der Mathematik und Phyſik, Bd. 5, S. 337 und 343 (Grunert und G. Schmidt); Jordan, Grundzüge aſtronomiſcher Zeit- und Ortsbeſtimmung, Berlin 1885, S. 142—146, u. ſ. w. *Ambronn.*

Dippel (Dübbel), in der Böttcherei kurze Holzſtifte, mit denen die einzelnen Bretter der Faßböden miteinander verbunden werden. *Dalchow.*

Dippeleiſen (Dübbeleiſen), ein zur Herſtellung von Dippeln dienendes Hohleiſen. Die Herſtellung erfolgt dadurch, daß Holzſtäbe der Länge nach durch das Eiſen hindurchgeſchlagen werden. *Dalchow.*

Dipteros (Dipteraltempel) werden griechiſche Tempel genannt, die von zwei Säulenreihen rings umgeben ſind. *Weinbrenner.*

Diptychon, ein Flügelaltar, der aus zwei Teilen beſteht. S. Altar.

Directrix heißt die Polare eines Brennpunkts eines Kegelſchnitts in bezug auf letzteren.

Es gibt zwei reelle und zwei imaginäre Directricen. Der Abſtand eines Kurvenpunktes vom zugehörigen Brennpunkt iſt proportional zu ſeinem Abſtand von der Directrix, und zwar

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

iſt der erſtere Abſtand bei der Ellipſe kleiner, bei der Hyperbel größer als der letztere; bei der Parabel ſind beide einander gleich. Die Tangenten in den Endpunkten einer durch den Brennpunkt gehenden Sehne treffen ſich auf der zugehörigen Directrix. — Der Ort des Scheitels eines rechten Winkels, deſſen beide Schenkel einen Kegelſchnitt berühren, iſt ein Kreis, der ſogenannte Directorkreis; bei der Parabel tritt an deſſen Stelle die einzige reelle Directrix.

Literatur: Salmon, G., Analytiſche Geometrie der Kegelſchnitte, deutſch von Fiedler, 4. Aufl., Leipzig 1878, S. 248, 271, 443. *Wölffing.*

Direktionswinkel, ſ. Azimut.

Direktſchwarz, Bezeichnung für Einbad-Anilinſchwarz, ſeltener für ein mit direkt ziehenden Farbſtoffen erzeugtes Schwarz.

Dirk, die Toppnant des Baumes der Gaffelſegel; ſ. Takelage.

Diſaccharide (Saccharobioſen), ſ. Bioſen.

Disazoverbindungen (Tetrazoverbindungen), organiſche Subſtanzen, die zu den Azoverbindungen (ſ. d.) gehören und die Diazogruppe — N^2 — zweimal enthalten. Zu denſelben zählen die wichtigſten Azofarbſtoffe, wie Biebricher Scharlach, Kongorot, Azoblau u.ſ.w. (ſ. Farbſtoffe, künſtliche organiſche).

Literatur: Wallach, Liebermann und Koſtanecki, Grieß, Nietzki, Berichte der deutſchen chem. Geſellſch. Bd. 15, S. 25 u. 2816; Bd. 16, S. 2028 u. 2862; Bd. 17, S. 344, 880 u. 1350. *Bujard.*

Disgregation, ein Begriff der mechaniſchen Wärmetheorie.

Wird einem Körper eine Wärmemenge dQ zugeführt, ſo kann dieſe unter den gewöhnlichen Vorausſetzungen der mechaniſchen Wärmetheorie (ſ. d.) teils zur Leiſtung äußerer Arbeit dL, teils zu einer Aenderung dU der Eigenenergie des Körpers dienen; man hat, wenn $1/A = 424$ das mechaniſche Wärmeäquivalent bedeutet:

$$dQ = A(dU + dL). \qquad 1.$$

Von AdU werde ein Teil AdJ zur Ueberwindung der inneren Kräfte (mit denen die Körperteilchen aufeinander wirken), ein andrer dH zur Erhöhung der lebendigen Kraft der Körperteilchen oder freier Körperwärme verwendet, dann iſt

$$dQ = dH + A(dJ + dL). \qquad 2.$$

Setzt man nun

$$A(dJ + dL) = TdZ, \qquad 3.$$

worin $T = 273 + t$ die abſolute Temperatur, $dJ + dL$ die behufs Aenderung der Zerteilung des Körpers aufgewendete Geſamtarbeit, ſo wird nach Clauſius Z die Disgregation und $dJ + dL$ die Disgregationsarbeit genannt. Unter der von ihm gemachten Vorausſetzung, daß Z ebenſo nur vom augenblicklichen Zuſtande des Körpers allein abhängt, wie dies nach der Wärmetheorie für die Energie U und Entropie S gilt $\left(dS = \frac{dQ}{AT}\right)$, ergibt ſich, daß in

$$dQ = dH + TdZ \qquad 4.$$

die Körperwärme H nur von der Temperatur des Körpers, alſo beiſpielsweiſe nicht von den äußeren Kräften und der Aggregatform abhängt, ſo daß allgemein:

$$dH = CdT, \qquad dQ = CdT + TdZ, \qquad 5.$$

worin C nach Rankine die wahre ſpezifiſche Wärme heißt. Da nun für ideale Gaſe der freien Beweglichkeit der Teilchen wegen nach 5., 3. mit $dJ = 0$:

$$dQ = CdT + AdL,$$

und nach den gewöhnlichen Formeln für Gaſe (ſ. d.)

$$dQ = c_v dT + AdL,$$

wenn c_v die ſpezifiſche Wärme bei konſtantem Volumen bezeichnet, ſo wäre die wahre ſpezifiſche Wärme C gleich der ſpezifiſchen Wärme bei konſtantem Volumen c_v des betreffenden Körpers in idealem Gaszuſtande, alſo konſtant, und damit die Körperwärme allgemein

$$H = CT \qquad 6.$$

Clauſius und andre ſuchten dieſe Anſichten noch weiter zu begründen und auszubilden, um eine möglichſt ungezwungene Zurückführung des zweiten Hauptſatzes der mechaniſchen Wärmetheorie (ſ. Clauſiuſſcher Grundſatz) auf die Geſetze der reinen Mechanik zu erreichen [2], [3], [5], [6], [8], doch hat der Gegenſtand bis jetzt keine techniſche Bedeutung erlangt.

Literatur: [1] Clauſius, Abhandlungen über die mechaniſche Wärmetheorie, 1. Abt., Braunſchweig 1864, S. 242 (nach Poggendorffs Annalen 1862, CXVI, S. 73). — [2] Boltzmann, Berichte der Wiener Akademie, 1866, LIII, S. 195 (auch 1871, LXIII, S. 712, und Journ. für reine und angewandte Math. 1887, C, S. 201). — [3] Clauſius, Ueber die Zurückführung des zweiten Hauptſatzes der mechaniſchen Wärmetheorie auf allgemeine mechaniſche Prinzipien, Poggendorffs Annalen 1871, CXLII, S. 433 (vgl. 1870, CXLI, S. 124; 1871, CXLIII, S. 211; 1872, CXLV, S. 295; 1873, CIL, S. 74, und CL, S. 106). — [4] Grashof, Theoretiſche Maſchinenlehre, I, Leipzig 1875, S. 246. — [5] Helmholtz, Prinzipien der Statik monocykliſcher Syſteme, Journ. für reine und angewandte Math. 1884, Bd. 97, S. 111, 317; Ueber die phyſikal. Bedeutung des Prinzips der kleinſten Wirkung, Journ. für reine und angewandte Math. 1887, Bd. 100, S. 137, 213. — [6] Poincaré, Thermodynamik, Berlin 1893, S. 277. — [7] Wüllner, Experimentalphyſik, Bd. 2: Die Lehre von der Wärme, Leipzig 1896, S. 603, 607. — [8] Helmholz, Vorleſungen über die Theorie der Wärme, Leipzig 1903, S. 338. *Weyrauch.*

Diskordanz, ſ. Lagerung.

Diskrafit, ſ. v. w. Antimonfilber (ſ. d.).

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Diskriminante. a) Ist eine binäre Form n. Ordnung $f(x, y$ (s. Form) oder eine durch Nullsetzen derselben entstehende Gleichung $f(x, y) = 0$ gegeben, so heißt Diskriminante D diejenige Koeffizientenverbindung derselben, deren Verschwinden anzeigt, daß die algebraische Gleichung zwei gleiche Wurzeln besitzt. D ist vom Grad 2 $(n-1)$ in den Koeffizienten $a_0\, a_1 \ldots a_n$ von f; sie ist eine Invariante. Man erhält D als Resultante von $\frac{\partial f}{\partial x} = 0$ und $\frac{\partial f}{\partial y} = 0$. Sind ferner $\alpha_1\, \alpha_2 \ldots \alpha_n$ die Wurzeln der algebraischen Gleichung, so ist

$$D = (a_2 - a_1)^2 (a_3 - a_1)^2 \ldots (a_n - a_1)^2 \cdot (a_3 - a_2)^2 \ldots (a_n - a_2)^2 \ldots \ldots a_n - a_{n-1})^2,$$

also gleich dem Produkt der Quadrate der Wurzeldifferenzen. Die Diskriminante von $f \cdot \varphi$ ist D von f mal D von φ mal Quadrat der Resultante von f und φ.

Für $f = d x^2 + 2 b x y + c y^2$ ist $D = a c - b^2$.

Für $f = a x^3 + 3 b x^2 y + 3 c x y^2 + d y^3$ ist $D = 4 (a c - b^2)\ (b d - c^2) - (a d - b c)^2$.

Für $f = a x^4 + 4 b x^3 y + 5 c x^2 y^2 + 4 d x y^3 + e y^4$ ist

$$D = (a e - 4 b d + 3 c^2)^3 - 27 (a c e + 2 b c d - a d^2 - b^2 e - c^3)^2.$$

b) Ist eine ternäre Form n. Ordnung $f(x, y, z)$ oder eine durch Nullsetzen derselben entstehende Gleichung einer ebenen Kurve gegeben, so heißt Diskriminante D die Koeffizientenverbindung, deren Verschwinden die Existenz eines Doppelpunktes (s. Punkte) der betreffenden Kurve anzeigt. Sie ist Resultante von $\frac{\partial f}{\partial x} = 0$, $\frac{\partial f}{\partial y} = 0$, $\frac{\partial f}{\partial z} = 0$, und vom Grad $3 (n-2)^2$.

Die Diskriminante der Kegelabschnittgleichung $a x^2 + 2 b x y + c y^2 + 2 d x z + 2 e y z + f z^2 = 0$ ist $\begin{vmatrix} a & b & d \\ b & c & e \\ d & e & f \end{vmatrix}$; sie verschwindet, wenn der Kegelschnitt in ein Geradenpaar zerfällt.

c) Bei quaternären Formen bezw. Flächengleichungen zeigt das Verschwinden der Diskriminante die Existenz eines Knotenpunktes (s. Punkte) an u. s. w.

Literatur: [1] Baltzer, Theorie und Anwendung der Determinanten, 5. Aufl., Leipzig 1881, S. 135. — [2] Salmon, G., Vorlesungen über die Algebra der linearen Transformationen, deutsch von W. Fiedler, 2. Aufl., Leipzig 1877, 11. und 16. Vorles. — [3] Gordan, P., Vorlesungen über Invariantentheorie, herausgeg. von Kerschensteiner, Bd. 1, § 14. — [4] Faà di Bruno, Einleitung in die Theorie der binären Formen, deutsch von Walter, Leipzig 1881, § 7. — [5] Hagen, J., Synopsis der höheren Mathematik, Bd. 1, Berlin 1891, S. 197 ff. *Wölffing.*

Diskusgetriebe (Reibscheiben), s. Reibungsräder.

Dislokation, s. v. w. Gebirgsstörung (s. d.).

Dismembrator, Desintegrator (Enthülser, Zerteiler). Beide unterscheiden sich nur hinsichtlich der historischen Entwicklung [1]. Heute versteht man darunter eine nur noch selten in der Getreidemüllerei, eher für andre Zerkleinerungszwecke gebrauchte Maschine, bei der sich zwei senkrechte oder auch wagerechte Scheiben gegenüberstehen, die mit runden Stiften besetzt sind, so daß die Stifte der einen Scheibe zwischen denen der andern hindurchstreichen können. Entweder läuft nur eine der beiden Scheiben um oder beide.

Das wirksame Prinzip ist hier der Schlag gegen freischwebende Teile (ein Schlag, demjenigen ähnlich, den man einem geworfenen Balle mit dem Ballholze erteilt [2]). Vielfach wird aber hiermit das Prinzip der Quetschung verbunden, indem die Stifte so gesetzt werden, daß sie dicht aneinander vorbeistreichen und zwischen sie geratene Mahlgutteilchen zerdrücken. (Die ursprünglich an die Maschine geknüpften großen Hoffnungen haben sich nicht erfüllt. Eine Hauptschwierigkeit liegt in der hohen Umdrehungszahl und dem hohen Kraftverbrauch.) Man hält teilweise Wasserkühlung der Lager und, zur Verminderung des Widerstandes im Innern, Luftverdünnung (durch Aspiration) für nützlich. In der Getreidemüllerei liefern sie das beste Ergebnis, wenn ein Vorbrechen auf Walzen stattfindet, am häufigsten aber findet die Verwendung zum letzten Ausschlagen der Schalen (Kleie) statt. Verdient um die Ausbildung des Dismembrators haben sich die Firmen Nagel & Kaemp, Hamburg, Ferd. Kraus, Neuß, und die Maschinenfabrik für Mühlenbau, vorm. C. G. W. Kapler, Berlin, gemacht (s. deren Kataloge). Die Angaben über Leistungen bei Schalenausmahlung schwanken zwischen 5000 und 15000 kg in 24 Stunden, je nach Größe der Maschine, 14000—25000 kg vorgebrochenes Weizenschrot und 12500—25000 kg Roggenschrot, ebenfalls vorgebrochen. Kraftverbrauch 2—$6\frac{1}{2}$ PS. — Vgl. a. Schleudermühlen.

Literatur: [1] Pappenheim, Gustav, Populäres Lehrbuch der Müllerei, Wien 1890, S. 256. — [2] Kick, Fr., Die Mehlfabrikation, Leipzig 1894, S. 228 u. 229. *Arndt.*

Disperſion des Lichts, s. Farben; Disperſion der Wärmestrahlen, s. Wärmestrahlung.

Disponible Arbeit von Wärmemotoren (thermodynamischen Maschinen), s. Wärmemotoren.

Dissolving views, Nebelbilder, die auf denselben Schirm entworfenen Bilder zweier Zauberlaternen (s. Laterna magica), lassen sich ineinander verwandeln, indem man das eine Bild allmählich abblendet, das andre entstehen läßt.

Dissonanz, s. Konsonanz.

Dissoziation nennt man ganz allgemein den Zerfall einer Molekel in mehrere kleinere Teilmolekeln, jedoch mit der Einschränkung, daß dieser Zerfall

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

nicht vollſtändig iſt und gewiſſen phyſikaliſchen Einflüſſen unterliegt, durch die er zurückgedrängt oder vergrößert wird (ſ. Diffoziationsiſotherme). Allgemein kennzeichnet ſich der Zuſtand der Diffoziation als der Gleichgewichtszuſtand einer umkehrbaren Reaktion zwiſchen den undiffoziierten Molekeln und ihren Diffoziationsprodukten.

Je nach der Natur der ſich diffoziierenden Körper oder ihrer Diffoziationsprodukte unterſcheidet man verſchiedene Arten, z. B. diejenige feſter Körper, kriſtallwaſſerhaltiger Salze, von Gaſen, die elektrolytiſche. Beiſpiele ſolcher in Form einer umkehrbaren Reaktionsgleichung gekleideten Diffoziationen ſind:

$$CaCO_3 \rightleftarrows CaO + CO_2 \qquad NH_4HS \rightleftarrows NH_3 + H_2S$$
$$CuSO_4\,5\,H_2O \rightleftarrows CuSO_4 + 5\,H_2O \qquad NH_4Cl \rightleftarrows NH_3 + HCl$$
$$NH_2COONH_4 \rightleftarrows CO_2 + 2\,NH_3 \qquad PCl_5 \rightleftarrows PCl_3 + Cl_2.$$
$$N_2O_4 \rightleftarrows 2\,NO_2$$

Eine Diffoziation beſonderer Art iſt diejenige elektrolytiſch leitender Stoffe in elektriſch geladene Teilmolekeln, die ſogenannten „Ionen“, wonach ſie als elektrolytiſche Diffoziation oder auch als Ionifation bezeichnet wird. Dies iſt die häufigſte aller Diffoziationserſcheinungen und, obwohl ſie erſt 1887 durch Arrhenius entdeckt iſt, auch am vielſeitigſten erforſcht.

Wenn man die Ionen entſprechend ihrer elektriſchen Ladung mit + bezw. — überzeichnet, ſo laſſen ſich derartige Diffoziationen folgendermaßen ſchreiben:

$$KCl \rightleftarrows \overset{+}{K} + \overset{-}{Cl} \qquad Na_2SO_4 \rightleftarrows 2\overset{+}{Na} + \overset{--}{SO_4}$$
$$HNO_3 \rightleftarrows \overset{+}{H} + \overset{-}{NO_3} \qquad NH_4OH \rightleftarrows \overset{+}{NH_4} + \overset{-}{OH}$$
$$H_2SO_4 \rightleftarrows \overset{+}{H} + \overset{-}{HSO_4} \qquad \overset{-}{HSO_4} \rightleftarrows \overset{+}{H} + \overset{--}{SO_4}.$$

Unter „ſtufenweiſer Diffoziation“ verſteht man die Möglichkeit, daß Teilmolekeln, alſo die Diffoziationsprodukte der urſprünglichen Molekeln, ihrerſeits noch einer weiteren Diffoziation unterliegen, die ſich der erſten ſuperponiert; Beiſpiele ſind:

$$CuSO_4\,5\,H_2O \rightleftarrows CuSO_4\,2\,H_2O + 3\,H_2O \text{ und } CuSO_4\,2\,H_2O \rightleftarrows CuSO_4 + 2\,H_2O$$
$$H_2SO_4 \rightleftarrows \overset{+}{H} + \overset{-}{HSO_4} \text{ und } \overset{-}{HSO_4} \rightleftarrows \overset{+}{H} + \overset{--}{SO_4}.$$

Der als hydrolytiſche Diffoziation bezeichnete Zerfall von Salzen ſchwacher Säuren und Baſen in wäſſeriger Löſung in Baſis und Säure iſt, ſtreng genommen, keine Diffoziation, da das Waſſer hier an der Reaktion teilnimmt, ſo daß auf keiner Seite der Reaktionsgleichung nur ein Stoff ſteht:

$$\underset{\text{(Anilinacetat)}}{C_6H_5NH_3CH_3COO} + H_2O = \underset{\text{(Anilin)}}{C_6H_5NH_3OH} + \underset{\text{(Eſſigſäure)}}{HCH_3COO}.$$

Literatur: Nernſt, Theoret. Chemie, betr. elektrolyt. Diffoziation; insbeſondere Abegg, Theorie d. elektr. Diffoziation, Stuttgart; Ahrens' Sammlung chem. Vorträge, 1903. *Abegg.*

Diffoziationsgrad iſt der echte Bruch, der das Verhältnis der Zahl der diffoziierten zur Geſamtzahl der (diffoziierten und undiffoziierten) Molekeln angibt. Seine Größe ergibt ſich aus einer der Methoden, nach denen man die Anzahl der Molekeln in einem gegebenen Volumen beſtimmen kann, die alſo auf dem Avogadroſchen Geſetz beruhen.

Bei Gaſen benutzt man dazu die Dampfdichtebeſtimmung: Zerfällt der Bruchteil γ der Gasmolekeln in je n neue, ſo entſtehen aus jeder Molekel $n\gamma$ Teilmolekeln, und es verbleiben $1-\gamma$ undiffoziierte, zuſammen alſo $1+(n-1)\gamma$ Molekeln. In demſelben Verhältnis nimmt dann auch bei konſtantem Volumen des Gaſes der Druck oder bei konſtantem Druck das Volumen zu, alſo die Dampfdichte ab, ſo daß ſich die beobachtete Dampfdichte δ zur theoretiſch nach dem Avogadroſchen Geſetz berechenbaren Dampfdichte Δ wie folgt verhält: $\frac{\delta}{\Delta} = \frac{1}{1+(n-1)\gamma}$, woraus ſich der Diffoziationsgrad ergibt als: $\gamma = \frac{\Delta-\delta}{(n-1)\delta}$. Aus erſterer Gleichung ergibt ſich als Kennzeichen der Diffoziation, daß die Dampfdichten kleiner als der theoretiſch berechenbare Wert ſind. Der Diffoziationsgrad wächſt bei Gaſen mit ſteigender Temperatur und ſinkt bei ſteigendem Druck.

Für gelöſte Körper wird der Diffoziationsgrad ganz analog aus der Größe des osmotiſchen Druckes hergeleitet, den man indirekt aus der Gefrierpunktserniedrigung, Dampfdruckerniedrigung, Siedepunktserhöhung u. ſ. w. beſtimmt. Wenn ſich der Wert des osmotiſchen Druckes als der i-fache des theoretiſchen ergibt, ſo iſt dem bei Gaſen Geſagten ganz analog $i = 1+(n-1)\gamma$, und es läßt ſich daraus berechnen, daß $\gamma = \frac{i-1}{n-1}$. Für die elektrolytiſche Diffoziation ſpeziell findet ſich außerdem noch in der galvaniſchen Leitfähigkeit ein Mittel zur Beſtimmung des Diffoziationsgrads. Da nämlich bei unendlich großer Verdünnung alle Molekeln in Ionen diffoziiert ſind und deshalb an der Stromleitung teilnehmen, während bei geringeren Verdünnungen nur der als Ionen (alſo diffoziiert) vorhandene Bruchteil γ leitet, ſo ergibt das Verhältnis

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

der molekularen Leitfähigkeit bei der Verdünnung v (ſie heiße Λ_v) und bei unendlicher Verdünnung (Λ_∞) unmittelbar den Diffoziationsgrad γ, alſo: $\gamma = \frac{\Lambda_v}{\Lambda_\infty}$.

Der Diffoziationsgrad iſt außer der Verdünnung mit der er wächſt, insbeſondere noch abhängig vom Diffoziationskoeffizient (ſ. Diffoziationsifotherme). *Abegg.*

Diffoziationsifotherme iſt die Gleichung, welche die Mengenverhältniſſe der undiffoziierten Molekeln und ihrer Diffoziationsprodukte bei konſtanter Temperatur beherrſcht.

Sie ergibt ſich durch Anwendung des Maſſenwirkungsgeſetzes (ſ. Maſſenwirkung, chemiſche) auf die Diffoziation (ſ. d.): Es ſei v das Volumen, das ein Gramm-Molekulargewicht des im Diffoziationszuſtand befindlichen Körpers enthalte (d. h. ſein Verdünnungsgrad); ſein Diffoziationsgrad (ſ. d.) ſei γ und die Anzahl Teilmolekeln, in die eine Molekel zerfällt, ſei n, dann iſt $\frac{(n\gamma/v)^n}{(1-\gamma)/v} = K$, d. h. das Produkt der Konzentrationen der Diffoziationsprodukte im Verhältnis zur Konzentration der undiffoziierten Molekeln iſt konſtant (K). Daraus ergibt ſich $\frac{(n\gamma)^n}{1-\gamma} = K v^{n-1}$ oder um auf den häufigſten Fall ($n=2$) zu ſpezialiſieren: $\frac{4\gamma^2}{1-\gamma} = Kv$. Der Diffoziationsgrad wächſt alſo mit zunehmender Verdünnung. Von beſonderem Intereſſe iſt die Konſtante K, der Diffoziationskoeffizient oder die Diffoziationskonſtante, der offenbar beim Vergleich verſchiedener Stoffe in gleicher Verdünnung v das Maß für ihren Zerfall in die Diffoziationsprodukte bildet. Je größer K, um ſo ſtärker iſt bei gleicher Konzentration ein Körper diffoziiert.

Da die elektrolytiſche Diffoziation beſtimmend für die Reaktionsfähigkeit der Körper iſt, ſo iſt der Diffoziationskoeffizient gleichzeitig ein Maß für die Affinität der Körper, ſpeziell der Baſen und Säuren, und wird deshalb auch als Affinitätskonſtante bezeichnet. *Abegg.*

Diffoziationskonſtante, -koeffizient, ſ. Diffoziationsifotherme.

Diffoziationsſpannung oder Diffoziationsdruck (auch Diffoziationsteniion) heißt der Gasdruck gasförmiger Diffoziationsprodukte, die der Diffoziation eines feſten oder flüſſigen Stoffes entſtammen und mit dieſem im Gleichgewicht ſtehen.

Die Diffoziationsſpannung iſt für verſchiedene Temperaturen äußerſt veränderlich, bei konſtanter dagegen konſtant. Es rührt dies daher, daß gemäß der Gleichung der Diffoziationsifotherme (ſ. d.) das Mengenverhältnis der Diffoziationsprodukte und der undiffoziierten Molekeln konſtant iſt. Im Gasraum muß aber die Konzentration der feſten oder flüſſigen undiffoziierten Molekeln bei einer und derſelben Temperatur unveränderlich ſein; ſie muß der (wenn auch häufig unmeßbar kleinen) konſtanten Dampf- oder Sublimationsſpannung entſprechen, und demgemäß muß dann auch die Konzentration der gasförmigen Diffoziationsprodukte, alſo ihr Druck, konſtant ſein.

Folgende Verſuchsergebniſſe Le Chateliers [1] am Calciumkarbonat, das ſich nach der Gleichung $CaCO_3 \rightleftarrows CaO + CO_2$ diffoziert, mögen dies zeigen. t ſind die Temperaturen, p die Diffoziationsſpannungen in Millimetern Queckſilberdruck:

$t =$	547	610	625	740	745	810	812	865°
$p =$	27	46	56	255	289	678	753	1333 mm *Hg.*

Die Diffoziationsſpannung iſt auch für die Beſtändigkeit kriſtallwaſſerhaltiger Salze charakteriſtiſch. Die Hydrate verwittern nämlich (d. h. geben ihr Waſſer ab), wenn der Diffoziationsdruck ihres Kriſtallwaſſers größer iſt, als dem Feuchtigkeitsgehalt der Atmoſphäre entſpricht (z. B. Soda $Na_2CO_3 \cdot 10\,H_2O$); ſie ziehen umgekehrt Waſſer aus feuchter Luft an, wenn ihr Diffoziationsdruck kleiner iſt (z. B. Chlorcalcium $CaCl_2 \cdot 6\,H_2O$), als die Luftfeuchtigkeit. Zur Entwäſſerung von kriſtallwaſſerhaltigen Salzen muß man im allgemeinen ihre Temperatur und damit ihren Diffoziationsdruck ſo weit erhöhen, daß er den Feuchtigkeitsgehalt der Atmoſphäre weſentlich überſteigt.

Literatur: [1] Le Chatelier, Comptes rendus, Bd. 102, S. 1243 (1886). *Abegg.*

Diffoziationstheorie, ſ. Radikaltheorie.

Diffoziationswärme, die Wärmemenge, die bei der Diffoziation einer Molekel in ihre Teile (andre kleinere Molekeln oder Ionen) gebunden oder frei wird, oder die Differenz des Energieinhalts der undiffoziierten Molekeln gegenüber ihren Diffoziationsprodukten.

In weiterem Umfange iſt ſie nur für die elektrolytiſche Diffoziation (in Ionen) bekannt und hier analog der bekannten Clauſius-Clapeyronſchen Formel der mechaniſchen Wärmetheorie aus dem Diffoziationsgrad und dem Temperaturkoeffizienten der Leitfähigkeit von Arrhenius [1] berechnet worden, der für 35° u. a. folgende Zahlen fand:

Eſſigſäure	— 386 Cal.	Propionſäure	— 557 Cal.
Butterſäure	— 935 „	Bernſteinſäure	+ 445 „
Dichloreſſigſäure	— 2893 „	Phosphorſäure	— 2458 „
Unterphosphorige Säure	— 4301 „	Fluorwaſſerſtoff	— 3559 „
		Waſſer	— 13700 „

Die Diſſoziationswärme nimmt bei allen Elektrolyten mit ſteigender Temperatur ab, ſoweit ihre Veränderlichkeit bekannt iſt. Bei der Neutraliſation von Säuren und Baſen iſt die Diſſoziationswärme von Einfluß auf die Wärmetönung des Prozeſſes, ſobald ſchwach diſſoziierte Säuren oder Baſen zur Anwendung kommen, deren entſtehende Salze ſtark diſſoziiert ſind. Alsdann addiert ſich zu der Wärmetönung des Zuſammentretens der Ionen *H* und *OH* zu neutralem Waſſer noch die des Zerfalls der ſchwach diſſoziierten Säure oder Baſe in ihre Ionen, wodurch in ſolchen Fällen die Wärmetönung eine andre als die negative Diſſoziationswärme des Waſſers, d. h. 13700 Kalorien wird, wie ſie ſich konſtant für die Neutraliſation faſt vollſtändig diſſoziierter, d. h. ſtarker Säuren mit ebenſolchen Baſen findet. Ein Zuſammenhang zwiſchen der Größe der Diſſoziationswärme und der Natur der Elektrolyte iſt nicht erkannt.

Literatur: [1] Arrhenius, Zeitſchr. f. phyſikal. Chemie, Bd. 4, S. 349; Bd. 9, S. 339. *Abegg.*

Diſtanzbarrieren, ſ. Fernſchluß der Wegeſchranken.

Diſtanzlatte, die bei Diſtanzmeſſern mit Latte (ſ. Diſtanzmeſſer I) verwendete Ziellatte. Ihrer äußeren Anordnung nach entſpricht ſie den lotrecht aufgeſtellten Nivellierlatten (ſ. Nivellieren.) Da die Nivellierlatten aber nur für kurze Zielweiten (bis 100 auch 200 m) berechnet ſind, die Diſtanzlatten dagegen für größere Entfernungen (Max. 800 m) ausreichen ſollen, ſo iſt für dieſen Zweck eine andre Teilung und Bezifferung erforderlich.

Bis 300 m kann ohne weiteres eine Nivellierlatte mit Zentimeterteilung verwendet werden, wenn nur die vollen Meter mit geigneten Zielmarken (ſ. die Figur) verſehen werden. Für größere Zielweiten iſt eine Dezimeterteilung (mit $^1/_2$ Dezimeter-Marken) zu wählen, und zwar eine einfache Feldteilung (ſ. Nivellieren) oder eine Strichteilung mit kräftigen Strichen, wobei die vollen Meter durch große Zahlen oder durch beſondere Marken (ſ. die Figur) kenntlich gemacht (unterſchieden) ſind. Für viele Fälle iſt es zweckmäßig, beide Seiten der Latte mit verſchiedenen Teilungen zu verſehen, z. B. Vorderſeite mit Zentimeterteilung, Rückſeite mit Dezimeterteilung und Zielmarken (ſ. die Figur). Dieſe letzteren ſind dann gleichzeitig für Diſtanzmeſſer mit konſtantem Lattenwert geeignet. Die Diſtanzlatten werden lotrecht geſtellt mit Hilfe von Doſenlibellen; bei vielen tachymetriſchen Aufnahmen genügt auch die Aufſtellung nach Augenmaß. Die feſte Aufſtellung wird bei Wind ermöglicht durch Verwendung von zwei Fluchtſtäben als Streben oder durch beſonders angebrachte Streben, die namentlich erforderlich werden, falls die Latte rechtwinklig zur Ziellinie gerichtet werden ſoll. Zuweilen kommen auch wagerecht auf Stativen gelagerte Diſtanzlatten in Betracht, auch kommen ſtatt der metriſchen Einteilung beſondere Teilungen (z. B. auch logarithmiſche) zur Anwendung. Weiteres hierüber ſ. Diſtanzmeſſer und Tachymetrie. *Reinhertz.*

Diſtanzmeſſer (Entfernungsmeſſer), Inſtrumente mit denen die Länge der Ziellinie (oder deren Projektion) zwiſchen dem Standpunkte des Inſtrumentes und einem andern Punke, dem Zielpunkte, durch unmittelbare Ableſung der geſuchten Entfernung ſelbſt oder einer (einfachen) Funktion derſelben gefunden werden kann.

Damit iſt der Unterſchied zwiſchen dem Prinzip der „Diſtanz"-(„Entfernungs"-)Meſſer und den „Längenmeßinſtrumenten" (Meßſtab, Meßlatte, Meßband u. ſ. w.) gekennzeichnet. Bei der Ausbildung dieſer beiden Inſtrumentgattungen tritt ein Wettſtreit in der Leiſtungsfähigkeit derſelben hervor, bei dem im allgemeinen die Diſtanzmeſſer in bezug auf die Schnelligkeit, die Längenmeßinſtrumente in bezug auf die Genauigkeit der Meſſung den Vorrang behaupten. Dieſen beiderſeitigen Vorzügen entſpricht ihre Verwendung in der Technik. Die Größe der Entfernung, die Genauigkeit ihrer Beſtimmung und die Anordnung des Meſſungsverfahrens führen für die Diſtanzmeſſer in bezug auf ihre techniſche Verwendung zu einer Unterſcheidung in:

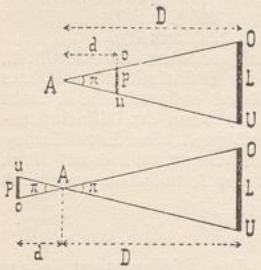


Fig. 1.

I. Diſtanzmeſſer für ſpeziell geodätiſche Zwecke (Tachymetrie) in Verbindung mit geodätiſchen Inſtrumenten (Nivellierinſtrument, Kippregel, Theodolit, Tachymeter) und

II. Diſtanzmeſſer zur allgemeinen Löſung des Problems, beſonders für militäriſche (artilleriſtiſche) Zwecke für große Entfernungen (bei geringerer Genauigkeit der Beſtimmung), Telemeter.

Das allgemeine geometriſche Prinzip der Diſtanzmeſſung iſt durch Fig. 1 ausgedrückt. Die Diſtanz *D* (bezw. *AO* oder *AU*) iſt aus der kleinen Länge *L*, der „Diſtanzbaſis", mit Hilfe der weiteren Beſtimmungsſtücke *p*, *d* bezw. π nach der Beziehung:

$$D = L\,d : p \text{ oder} = L\,\varrho : \pi \qquad 1.$$

abzuleiten (ϱ = Kreiskonſtante). Das Beſtimmungselement π, das wegen des Verhältniſſes $L : D$ ſtets einem ſehr kleinen Winkel entſpricht, wird die Parallaxe (der parallaktiſche, diaſtimometriſche, mikrometriſche, Diſtanz meſſende Winkel) genannt. Zur Gewinnung der beſtimmenden Größen *L*, *p*, *d* und π ſtehen verſchiedene Wege offen, durch deren Kombination ſich eine ganze Reihe von Konſtruktionsmöglichkeiten (Erfindungen) von Diſtanzmeſſern darbietet, die beſonders für die oben zu II. gerechneten Inſtrumente zu ſtets neuen Verſuchen führen.

Für Konſtruktion, Bedeutung und Verwendung der Inſtrumente iſt in erſter Linie entſcheidend die Anordnung der Diſtanzbaſis *L*: ob dieſelbe in den Zielpunkt oder am Standpunkt

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

in das Inſtrument verlegt wird. Dieſer Unterſchied der Anordnung iſt ſo weſentlich für Bedeutung und techniſche Verwendung der Inſtrumente, daß dieſelben danach ganz allgemein den obenerwähnten Klaſſen I und II zugeordnet werden können, und zwar zu den geodätiſchen (tachymetriſchen) Inſtrumenten I. diejenigen mit Verlegung der Baſis in den Zielpunkt, zu II. die Inſtrumente, die ſelbſt Träger der Baſis ſind. Da bei I. die Diſtanzbaſis durch eine leicht transportable, mit Teilung oder Zielmarken verſehene Ziellatte, die ſogenannte Diſtanzlatte (ſ. d.), gebildet wird, nennt man die zu dieſer Gruppe gehörenden Inſtrumente auch Diſtanzmeſſer mit Latte, während man die mit Baſis verſehenen Apparate II. als Diſtanzmeſſer ohne Latte (d. h. ohne Ziellatte) bezeichnet. Daneben kommen noch in Betracht Inſtrumente ohne Baſis und Latte, die alſo die unmittelbare Meſſung einer kurzen Standlinie L bedingen und III. Inſtrumente, die auf andern Prinzipien beruhen, wie z. B. die Bildweiten- und Schalldiſtanzmeſſer, und beſonders neuerdings der ſtereoſkopiſche Diſtanzmeſſer von Zeiß in Jena.

I. Diſtanzmeſſer mit Diſtanzlatte.

Die diſtanzmeſſende Vorrichtung iſt angebracht an geodätiſchen Inſtrumenten (Nivellierinſtrument, Kippregel, Theodolit, Tachymeter). Der diſtanzmeſſende Winkel π oder die Elemente p und d werden eingeführt: 1. durch eine einzige Einſtellung (Zielung) nach O und U oder 2. durch zwei unmittelbar aufeinander folgende Einſtellungen auf O und U, wobei dann in jedem Fall L oder π konſtant oder variabel ſein können.

1. **Diſtanzmeſſer mit einfacher Zielung.** Entſpricht p dem durch das Fernrohrobjektiv in der Bildweite d entworfenen Bild des Lattenabſchnittes L, das begrenzt wird durch den konſtanten Abſtand p zweier in der Bildebene des Objektivs angebrachten Fäden oder Striche (Diſtanzfäden), ſo haben wir den Okularfaden-Diſtanzmeſſer; entſpricht p dem Bild eines beſtimmten Lattenſtückes L und wird p in der Bildebene mikrometriſch mit Strichmikrometer oder Mikrometerſchraube gemeſſen, ſo haben wir den Okularmikrometer-Diſtanzmeſſer. Dieſe auf der Meſſung der Größen der Fernrohrbilder beruhenden Diſtanzmeſſer bezeichnet man wohl als optiſche Diſtanzmeſſer. Ihre Konſtruktion iſt bald nach der Einführung des Fernrohrs als Zielinſtrument mehrfach, vermutlich unabhängig voneinander, angegeben worden. Das älteſte Inſtrument ſcheint ein Strichmikrometer mit konſtanter Latte geweſen zu ſein, Montanari 1674; ſpäter hören wir von Verſuchen durch Käſtner (etwa 1780), der ein Schraubenmikrometer benutzte, und von Green (1778), deſſen Vorgänger aber ſchon (1771) der bekannte Dampfmaſchinenbauer J. Watt war, welche die heutige einfache Anordnung der feſten Fäden im weſentlichen hatten, die dann ſpäter durch Reichenbach in Deutſchland und durch Porro in Italien, Oeſterreich und Frankreich Eingang und raſche Verbreitung fand. Hiſtoriſche Angaben finden ſich in [6], [7], auch [1] bis [4].

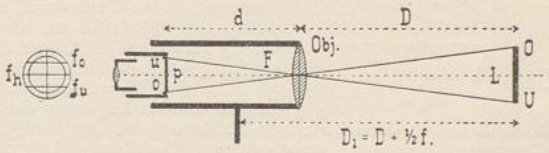


Fig. 2.

Der Okularfaden-Diſtanzmeſſer. Auf den Fadenrahmen (Fig. 2) eines aſtronomiſchen Fernrohrs F werden im Abſtand p zwei Fäden f_o und f_u parallel ausgeſpannt (in der Regel in gleichem Abſtand von dem Horizontalfaden, Mittelfaden, f_h des Fadenkreuzes, dann iſt nach der dioptriſchen Grundgleichung $\frac{1}{D}+\frac{1}{d}=\frac{1}{f}$ und wenn L parallel p, nach der Beziehung $p:d=L:D$

$$D=f+fL:p \qquad 2.$$

Nach Bauart und Gebrauch der Inſtrumente mit diſtanzmeſſenden Okularfäden im Fernrohr (Nivellierinſtrument, Kippregel, Theodolit, Tachymeter) iſt die Zielentfernung D_1 von der Dreh- bezw. Kippachſe A aus zu rechnen; demnach iſt zu D noch eine Konſtante, rund die halbe Fernrohrlänge (halbe Brennweite $= 0{,}5 \cdot f$) hinzuzulegen, ſo iſt

$$D_1 = D + 0{,}5f = 1{,}5 \cdot f + fL:p \qquad 3.$$

oder allgemein

$$D = a + kL, \qquad 4.$$

worin a und k Inſtrumentkonſtanten ſind, a die Additionskonſtante (optiſche Konſtante) und k die Multiplikationskonſtante. Bei Fernrohren mit Kollektivlinſen zwiſchen Objektiv und Bildebene (Huyghens, Porros Fernrohr) erleidet die Beziehung 2. eine gewiſſe Veränderung; in jedem Fall aber bleibt die Beziehung zwiſchen L und D linear und läßt ſich auf die allgemeine Form 4. bringen. Durch entſprechende Anordnung der Kollektivlinſen zwiſchen Objektiv und Bildebene läßt ſich die Beziehung ſo geſtalten, daß in 4. der Wert $a=0$ wird, der Scheitel des diſtanzmeſſenden Winkels alſo gewiſſermaßen in die Fernrohrmitte verlegt erſcheint (ſ. Anallaktiſcher Punkt, Bd. 1, S. 222). Die Konſtante a beträgt bei Diſtanzfernrohren mit Objektivbrennweiten von $f = 20$—40 cm (Max.) rund $a = 0{,}3$—$0{,}6$ m, im Mittel etwa 0,45 m (bei Porro $= 0$). Die Konſtante k iſt maßgebend für die Genauigkeit der Diſtanzbeſtimmung (je kleiner, je günſtiger). Zweckmäßige Verhältniſſe ſind $k = 50$, 100, 200, entſprechend der Länge der Diſtanzlatten 3—4 m, brauchbar für Zielweiten bis zu 600 m (800 m Max.). Die Additionskonſtante a wird beim gewöhnlichen Fernrohr am beſten beſtimmt durch unmittelbare Meſſung der Brennweite (Abſtand des Objektivs vom Fadenrahmen bei Einſtellung auf ein weit entferntes Ziel), wodurch $a = 1{,}5\,f$ auf etwa 1 mm genau erhalten wird. Die Multiplikationskonſtante k wird durch Ableitung aus den bei genau bekannten Entfernungen abgeleſenen Lattenabſchnitten L gewonnen. (Die unmittelbare Ableitung des Quotienten $f:p$ durch Meſſung von f und p ergibt kein genügend genaues Reſultat, und die Meſſung des parallaktiſchen Winkels mit einem vor das Objektiv geſtellten Kollimator iſt nicht immer ausführbar.) Das Verfahren iſt folgendes: In ebenem Gelände (am beſten auf einem geraden Weg oder Eiſenbahn) werden vom Inſtrument-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

ſtand aus in einer abgeſteckten Linie eine Reihe von Punkten durch Abſchreiten in ungefähr gleichen Abſtänden von etwa 50 Schritt bis zur Gebrauchs- bezw. Ableſungsgrenze ausgewählt und mit Pfählen bezeichnet, ſo daß z. B. Zielweiten von etwa 50, 100, 150, 200, 250, 300 Schritt oder Meter entſtehen. Auf dieſen Punkten wird der Reihe nach die Diſtanzlatte ſorgfältig aufgehalten und der Lattenabſchnitt abgeleſen. Dies geſchieht in der Weiſe, daß der untere Faden auf eine volle Meterzahl, z. B. 1 m, eingeſtellt und die Stellung des oberen Fadens in der Teilung der Latte (ſ. Diſtanzlatte) abgeleſen wird, oder indem man den Mittelfaden auf eine volle Meterzahl, z. B. 2 m, einſtellt und am unteren und oberen Faden abließt. Wenn der mittlere Faden genau oder faſt genau in der Mitte der äußeren Fäden angebracht iſt, ſo ſind die Abweichungen der Ableſungen genau oder faſt genau gleich und ergänzen ſich zu 1. (ſ. Tachymetrie). Sodann werden von der Inſtrumentmitte aus die Entfernungen s nach allen Lattenpunkten ſorgfältig mehrfach mit Meßlatten gemeſſen. Aus dem Mittel aller Meſſungen und Ableſungen werden dann für alle Entfernungen die Quotienten $(s - a) : L$ berechnet, deren Mittel wieder die Konſtante k ergibt. Die gemeinſame Beſtimmung von a und k durch Ableitung beider Unbekannten aus mehreren Gleichungen, wobei die Methode der kleinſten Quadrate die beſten Ergebniſſe liefert (Beiſpiele ſ. [2]) iſt für rein praktiſche Zwecke weniger empfehlenswert. Die Genauigkeit der Diſtanzmeſſung hängt im weſentlichen von der ſcharfen Ermittlung der Konſtanten k ab, ferner von der optiſchen Leiſtung des Fernrohrs (25—35fache Vergrößerung geeignet) und von der Teilung und Aufſtellung der Diſtanzlatte.

Der Gebrauch des Inſtrumentes ergibt ſich nach der Erklärung der Konſtantenbeſtimmung von ſelbſt. Hierbei, wie in 2. und 3., war vorausgeſetzt, daß die Latte rechtwinklig zur Mittelviſur ſteht (p parallel L). Bei geneigten Ziellinien müßte daher die Latte rechtwinklig zur Ziellinie und nicht lotrecht geſtellt werden, wodurch dann die geneigte Entfernung D (Fig. 3) erhalten würde. Da aber die lotrechte Aufſtellung der Latte ſicherer und leichter zu erzielen iſt, ſo iſt aus dem lotrechten Lattenabſchnitt L der rechtwinklig zur Mittelviſur ſtehende L_1 zu berechnen, was genügend genau geſchehen kann nach $L_1 = L \cos \alpha = L \sin z$ (α = Höhenwinkel, z = Zenitdiſtanz der Mittelviſur am Höhenkreis des Theodolits oder Tachymeters abzuleſen). Damit iſt $D = L_1 k + a$, und hieraus die geodätiſch gebrauchte horizontale Entfernung

$$S = D \cos \alpha = L k \cos^2 \alpha + a \cos \alpha.$$

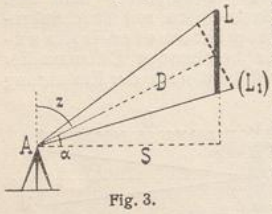


Fig. 3.

Die horizontale Lagerung der Diſtanzlatte bei vertikalen Diſtanzfäden iſt wegen der ſchwierigen Aufſtellung für den Feldgebrauch nicht bequem und daher für allgemeine Anwendung nicht geeignet (Gouliers Euthymeter [8], S. 417, Schells Diſtanzmeſſer [9]). Weiteres über den Gebrauch, die Reduktion der geneigten Ziellinie, Einfluß der Lattenſchiefe u. ſ. w. ſ. [1]—[4] und Tachymetrie.

Okularmikrometer-Diſtanzmeſſer. Wird das Bild p einer konſtanten Diſtanzbaſis L durch Schraubenmikrometer gemeſſen und durch die Anzahl σ der Umdrehungen der Schraube mit der Ganghöhe g ausgedrückt, ſo ergibt ſich für den Faktor $f : p$ der Gleichungen 2. und 3. $f : g\sigma$ und das Glied $fL : p = fL : g\sigma = k : \sigma$, worin k die entſprechende Inſtrumentenkonſtante bedeutet, die aus beſonderen Meſſungen zu beſtimmen iſt, wie oben. Durch Einſtellen auf konſtante Schraubenwerte σ und Ableſen von L an der Diſtanzlatte wird die Beziehung zurückgeführt auf die des Okularfaden-Diſtanzmeſſers. Die erſtere Verwendung iſt in theoretiſcher Beziehung dem Okularfaden-Diſtanzmeſſer wohl überlegen, in praktiſcher Hinſicht iſt die Verwendung des letzteren einfacher. Abgeſehen von dem anſcheinend wenig in Gebrauch gekommenen Meyerſteinſchen Diſtanzmeſſer [3] S. 379, 591, iſt das Prinzip neuerdings benutzt bei den Tachymetern nach Tichy Starke [10] und Schell [9]. Hierbei iſt die Schraubenmeſſung in ſehr zweckmäßiger Weiſe in Verbindung mit einer logarithmiſchen Teilung der Diſtanzlatte angeordnet. Die diſtanzmeſſende Vorrichtung beſteht aus einem anallaktiſchen (Porroſchen) Fernrohr und Okularſchraubenmikrometer mit einem feſten und einem beweglichen (Mikrometer-)Faden. Bei dieſer Einrichtung ermöglicht das Inſtrument in Verbindung mit der Diſtanzlatte die Beſtimmung der Entfernung in dreierlei Weiſe: 1. bei Einſtellung des beweglichen Fadens auf eine beſtimmte Schraubenſtellung wie beim Fadendiſtanzmeſſer; 2. durch Einſtellen des feſten und beweglichen Fadens auf feſte Lattenmarken (L konſtant, z. B. 2 m); 3. durch Benutzung der logarithmiſchen Teilung der Diſtanzlatte bei Einſtellung des feſten Fadens auf die Nullmarke der Teilung und des beweglichen Fadens (Stellung nahe $K = 100$) auf die nächſte Teilmarke die Ableſung des Logarithmus der Diſtanz log (100 L) auf zwei Dezimalſtellen unmittelbar an der Lattenteilung und von zwei weiteren Stellen an einer am Mikrometer angebrachten beſonderen Teilung. Näheres [10]. Von Strichmikrometern wird für untergeordnete Beſtimmungen zuweilen Gebrauch gemacht, z. B. Ropſini [3], S. 595.

Beſondere Methoden der optiſchen Diſtanzmeſſung. Zu den optiſchen Diſtanzmeſſern ſind auch die auf Verwendung der Doppelbildmikrometer (ſ. d.), der Doppelbrechung und Prismenablenkung beruhenden Konſtruktionen zu rechnen. Iſt die Objektivlinſe eines Fernrohrs durchſchnitten und nach Einſtellung eines Zielpunktes eine Hälfte verſchoben (Fig. 4), ſo erleidet durch dieſe Verſchiebung auch das Bild des Punktes eine entſprechende Verſchiebung. Wird eine beſtimmte Größe L durch ein ſo eingerichtetes Fernrohr betrachtet und ihre Endpunkte zur Deckung gebracht, ſo daß das eine Bild die Verlängerung des andern iſt, ſo iſt die mit einer Mikrometerſchraube zu meſſende Verſchiebung der Linſenhälften eine Funktion der Entfernung. Das Prinzip (von Dollond 1753 angegeben) findet z. B. Verwendung bei den Diſtanzmeſſern von Schaub (Handheliometer) oder Rogers Mikrometerfernrohr, beſonders zu nautiſchen Abſtandsbeſtimmungen, wo L z. B. = Maſthöhe iſt [11], S. 352, ſowie

Fig. 4.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

als Militärdiſtanzmeſſer [13]. — Auch ein von Rochon 1777 angegebenes Doppelbildmikrometer hat Verwendung gefunden, wobei die durch die doppelte Brechung bei Kriſtallen entſtehende Ablenkung zwiſchen dem ordinären und extraordinären Strahl benutzt wird. Ein Doppelprisma aus Bergkriſtall wird zwiſchen Objektiv und Okular eines Fernrohrs eingeſchaltet und in der Richtung der Achſe ſo verſchoben, daß das ordinäre und extraordinäre Bild eines Gegenſtandes L ſich berührend verlängern. Aus der mikrometriſch zu meſſenden Verſchiebung des Prismas kann auf die Entfernung geſchloſſen werden [3], S. 599, [11]. Es kann auch das parallaktiſche Prisma vor das Objektiv eines Fernrohrs, deſſen halbes Geſichtsfeld füllend, geſetzt werden, ſo daß eine konſtante parallaktiſche Verſchiebung des gebrochenen Strahles eintritt, wodurch dann z. B. der Nullpunkt einer Skala zur direkten Ableſung der Diſtanz in der Skala erſcheint; vgl. [14].

2. **Diſtanzmeſſer mit Winkelbewegung des Zielfernrohrs.** Wird der diſtanzmeſſende Winkel π durch eine Winkelbewegung des Zielfernrohrs um die Achſe A (Fig. 1), alſo durch zwei aufeinander folgende Zielungen nach O und U, gebildet, ſo kann wieder π bezw. p, d und L entweder konſtant oder variabel ſein, und die diſtanzmeſſenden Elemente können in verſchiedener Weiſe eingeführt werden; dementſprechend ſind mannigfache Konſtruktionen möglich. Zunächſt läßt ſich π mit dem Horizontal- oder Vertikalkreis des Theodolits beſtimmen, ſo daß kein beſonderes diſtanzmeſſendes Inſtrument erforderlich iſt; z. B. kann π (Fig. 1) mit dem Horizontalkreis (oder auch dem Horizontalmikrometer) eines Theodolits nach einer horizontalen Diſtanzbaſis L gemeſſen werden, wobei $D = L\varrho'' : \pi''$ iſt, oder (Fig. 5) mit dem Vertikalkreis eines Theodolits nach einer lotrechten Diſtanzbaſis die Höhenwinkel α und β, wobei die horizontale Diſtanz $S = L \cos\alpha \cos\beta : \sin(\beta - \alpha)$ iſt. In erſter Linie kommt aber zur Herſtellung und Meſſung der Fernrohrbewegung die Meßſchraube (als diſtanzmeſſende Schraube) in Betracht, und zwar allein oder mit Hinzuziehung von Skalen und Hebelbewegung, wobei dann auch π bezw. p durch feſte Anſchlagpunkte begrenzt, ihnen alſo ein konſtanter Wert erteilt werden kann. Je nach der Anordnung kann man dieſe Inſtrumente als Schrauben-, Hebel- oder Kontaktdiſtanzmeſſer bezeichnen. Von beſonderer Bedeutung für dieſe Methode der Diſtanzmeſſung iſt die Tangentenſchraube. Die Diſtanzlatte wird in der Regel in lotrechter Stellung verwendet, die horizontale kommt wegen der Schwierigkeit der Aufſtellung praktiſch auch hier kaum in Betracht. Die weſentlichſten zu dieſer Gruppe zu zählenden Konſtruktionen ſind die folgenden:

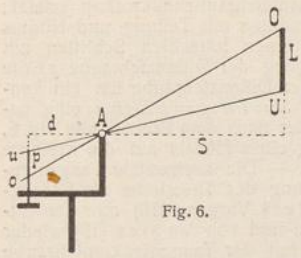


Fig. 6.

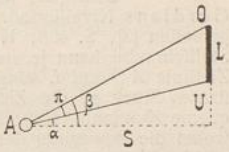


Fig. 5.

Inſtrumente mit diſtanzmeſſenden Schrauben. (Vorausgeſetzt iſt die Verwendung von lotrechten Diſtanzlatten; die Entfernung bezieht ſich auf die Achſe A; S bedeutet die horizontale Entfernung.)

a) Die Schraube ſteht lotrecht und wirkt als Tangentenſchraube. Nach Fig. 6 iſt $S = L\,d : p$. Wird p in Schraubenumdrehungen σ ausgedrückt, $p = g\sigma$ (g = Ganghöhe), ſo iſt $S = k : \sigma$, und wenn die Schraubenbewegung konſtant und L variabel iſt, $S = kL$. Hierin bedeuten k entſprechende Konſtanten, die für jedes Inſtrument zu beſtimmen und durch paſſende Größen für d und g zu möglichſt bequemen, runden Zahlen zu machen ſind. Dieſe Anordnung der Tangentenſchraube als diſtanzmeſſende Schraube wurde, ſoweit bekannt, zuerſt von Hogrewe [15] an Nivellierinſtrumenten verwendet (ſpäter von Breithaupt am Kompenſationsniveau u. a., ſ. z. B. [2], S. 676).

b) Eine annähernd lotrechte Schraube als Sehnenſchraube, die von Stampfer 1838 [5] eingeführt wurde. Die Schraube iſt durch Kugelgelenke mit den zu bewegenden Teilen verbunden, ändert demnach bei der Umdrehung um ein geringes ihre Stellung und beſtimmt die Sehnenunterſchiede der Winkel π. — Dementſprechend iſt die Beziehung zwiſchen der Schraubenangabe, dem Winkel π bezw. der Diſtanz D nicht ſo einfach wie bei der Tangentenſchraube, ſo daß für den praktiſchen Gebrauch an Stelle der theoretiſch etwas komplizierten Beziehung eine bequeme Interpolationsformel mit wenigen Gliedern in der Form $\pi'' = a''(o-u) - b''(o^2 - u^2)$ tritt, deren Konſtanten a und b (z. B. $a'' = 640''$, $b'' = 0{,}1''$) durch beſondere Beobachtungen [5] empiriſch zu beſtimmen ſind. Durch Einſetzen dieſer Winkelgleichung ergibt ſich die Diſtanzgleichung $D = \dfrac{L}{a'(o-u)} + L\left[-\dfrac{b'}{a'^2}\cdot\dfrac{o+u}{o-u} - a'\dfrac{(h-u)^2}{o-u} + a'(h-u)\right]$, worin a' und b' die Konſtanten des Inſtrumentes, h die Nullſtellung der Schraube (horizontale Viſur) bedeuten. Tritt, wie Lorber [5], S. 581, empfiehlt, an Stelle des konſtanten (durch Zielſcheiben beſtimmten) Lattenwertes L ein an einer geteilten Latte abzuleſendes variables L bei konſtantem Schraubenwert $(o-u)$, ſo wird dadurch die Berechnung erheblich vereinfacht.

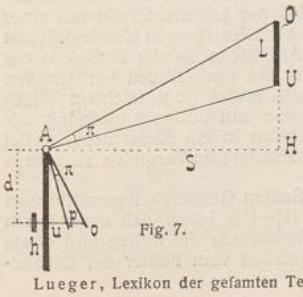


Fig. 7.

c) Die Schraube liegt horizontal und wirkt als Tangentenſchraube (Fig. 7, Ah iſt lotrecht, wenn AH horizontal). Es iſt $S = L\,d : p$. Wird p in Schraubenumdrehungen σ ausgedrückt und iſt L konſtant, ſo iſt wieder $S = k : \sigma$; wird durch die Schraubenſtellungen ein konſtantes p eingeführt, ſo iſt $S = kL$, worin k wieder entſprechend (bequem) anzuordnende und für jedes Inſtrument zu beſtimmende

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Konſtanten bedeuten. (Dieſes Prinzip hat z. B. Verwendung gefunden bei [16].) Da die bei a), b) und c) erforderlichen Schraubenbewegungen, beſonders bei feinen Schrauben und vielen Gängen umſtändlich und zeitraubend ſind (Aenderungen der Lattenſtellung in dieſer Zeit u. ſ. w.) und nur einen geringen Spielraum geſtatten, daher nur für geringe Neigungen, z. B. an Nivellierinſtrumenten ſich brauchbar erweiſen, ſo wird das Prinzip praktiſcher ausgenutzt, wenn die reine Schraubenbewegung auf den mikrometriſchen Winkel π beſchränkt und eine kombinierte Meſſungsmethode eingeführt oder das Schraubenmikrometer durch andre Mikrometer erſetzt wird. Hier ſind zu nennen als Inſtrumente mit lotrecht ſtehendem p wie in Fig. 6: Hahns Univerſal-, Höhen- und Diſtanzinſtrument (Bendeſche Konſtruktion); die bis zu 45° Neigung ausreichende Schraube wurde ſpäter durch eine prismatiſche Röhre mit Schlitten, Millimeterteilung und Ableſung durch ein Schraubenmikroſkop erſetzt; Gordians Nivellierinſtrument: p wird an einem lotrechten Schlitten mit Teilung und Nonius gemeſſen [3], S. 458; Hagers Tacheograph (Fig. 8). Durch einen lotrechten Schlitten mit Stellſchraube kann je nach der Lage von L (ohne eine Bewegung der Diſtanzſchraube p) die Ziellinie AO auf L eingeſtellt und dann durch Bewegung der Diſtanzſchraube um ein konſtantes Stück p, die Ziellinie AU gewonnen werden, ſo daß $S = Ld : p = kL$ (k = eine bequeme Konſtante, 100); Meißners Univerſaltangententachymeter nach dem Prinzip von Fig. 6, wobei die Bewegung der Tangentenſchraube durch Vermittlung eines Hebels auf die Ziellinie wirkt. Weiteres über die Anordnungen ſ. [2], § 165, und [17]. — Die horizontale Tangentenſchraube, nach dem Prinzip von Fig. 7, für die Fernrohrkippung des Theodolits als Diſtanzſchraube zu verwenden, iſt nach Hogrewes und Stampfers Vorgang [18] mit der lotrechten Schraube beſonders in Amerika in Gebrauch gekommen und von Vogler [19] wieder empfohlen [2], S. 728. Es wird (Fig. 9) z. B. AU eingeſtellt, mit der Tangentenkippſchraube ein konſtantes p (z. B. zwei Umdrehungen) hergeſtellt und L an einer geteilten Latte abgeleſen oder zu konſtantem L der Schraubenwert p ermittelt. Wird der Höhenwinkel α zur Mitte von L gemeſſen, ſo iſt $S = Ld\cos^2\alpha : p$. Wird der Höhenkreis ſtatt mit Kreisteilung mit einer Tangentenſkala verſehen, ſo kann dadurch die Beziehung umgeſtaltet, z. B. $d\cos^2\alpha : p$ konſtant werden (vgl. a. [8], S. 427, [5], Lorber, S. 584). — Bei Eckholds Omnimeter [20] wird p an einer horizontal liegenden Tangentenſkala mit Hilfe eines Mikroſkopes $Ao — Au$ (Fig. 7) abgeleſen, wobei dieſe Ableſung durch mikrometriſche Verſchiebung der Tangentenſkala verfeinert wird. Das Mikroſkop iſt feſt mit dem Fernrohr verbunden, ſeine Abſehlinie wird durch ein Prisma in die Richtung der Fernrohrachſe gebracht, ſo daß Fernrohr- und Mikroſkopokular nebeneinander liegen; p und L können konſtant oder variabel eingeführt werden. Nach dem Prinzip der Kontakt- oder Hebeldiſtanzmeſſer ſind konſtruiert die Inſtrumente von Gentilli und Sanguet, Coradi, Löwe [21]. Bei Sanguet [2], S. 700, und [19], S. 151, wird nach dem Prinzip der Fig. 7 hu an einer Skala abgeleſen, p durch ein Führungsſtück, das die Hebelſtellungen $Ao — Au$ beſtimmt, konſtant gemacht; damit wird L variabel und an einer Latte abgeleſen. Bei Coradi und Löwe [21] iſt der konſtante Hebelwinkel oAu ein zu beſtimmendes Vielfaches n von OAu, ſo daß alſo (bei horizontaler Zielung) $D = Lnd : p$ iſt. Weiteres über die Anordnung dieſer diſtanzmeſſenden Vorrichtungen bei den verſchiedenen Meßinſtrumenten ſ. Tachymetrie.

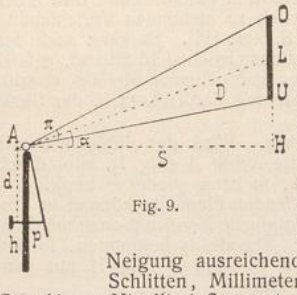


Fig. 9.

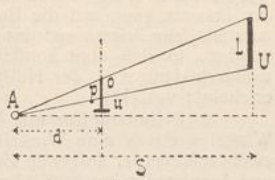


Fig. 8.

Genauigkeit und praktiſche Bedeutung der unter I. beſprochenen Diſtanzmeſſer. Die aufgezählten Inſtrumente: Okularfaden, Okularmikrometer, Meßſchrauben und Tangentenmikrometer ſind in bezug auf die Genauigkeit der Entfernungsbeſtimmung im allgemeinen als einander gleichwertig zu bezeichnen. Nach der einfachen Beziehung $D = kL$ wird, abgeſehen vom Fehler der Konſtanten k, der Entfernungsfehler zunächſt durch den numeriſchen Wert von k beſtimmt; je kleiner k, je günſtiger. Die Genauigkeit der Beſtimmung des Lattenwertes L hängt bei veränderlichem L vom Fehler der Ableſung in geteilten Skalen ab [34], bei konſtantem L vom Fehler der Einſtellung auf die Zielmarken. Dieſe letztere iſt im allgemeinen genauer als die Ableſung; zudem iſt die Schraubenmeſſung an ſich einer hohen Genauigkeit fähig, ſo daß theoretiſch die Einſtellung auf feſte Zielmarken und Ableſung an Mikrometern als die günſtigere Methode zu bezeichnen wäre. Praktiſch aber hat der Okularfadendiſtanzmeſſer vor allen andern den bedeutenden Vorzug, daß der Lattenabſchnitt mit einer einzigen Zielung überblickt und beſtimmt werden kann, während bei allen übrigen Konſtruktionen zwei getrennte Zielungen erforderlich ſind, wodurch größere Anſprüche an die Feſtigkeit der Lattenaufſtellung erhoben werden müſſen. Die letztere macht bei den wechſelnden Verhältniſſen der tachymetriſchen Feldarbeit ſelbſt bei günſtigen Witterungsverhältniſſen (z. B. leichtem Wind) unter Umſtänden Schwierigkeiten. Dieſer Vorzug und die einfache und billige Anordnung der diſtanzmeſſenden Vorrichtung (das Einſpannen von zwei Diſtanzfäden in ein Meßfernrohr koſtet ca. 10 ℳ) bedingen die große Verbreitung des Okularfaden-Diſtanzmeſſers im Vergleich zu andern Konſtruktionen.

Die zahlreichen, für die verſchiedenſten Inſtrumente angeſtellten Genauigkeitsermittlungen (wegen der Literatur hierzu ſei verwieſen auf die Angaben in [1]—[5]) laſſen ſich etwa durch nachſtehende kleine Tabelle ausdrücken, worin für günſtige Verhältniſſe die untere und obere Grenze der mittleren Entfernungsfehler m_D angegeben iſt. Abgeſehen vom Fehler der Diſtanz-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

D	m_D
100 m	0,05—0,20 m
200 „	0,1—0,3 „
500 „	0,5—1,0 „

latte, kommt beim Okularfaden-Diſtanzmeſſer neben dem Betrag der Konſtanten k beſonders die optiſche Güte des Fernrohrs (Okular) in Betracht, bei den andern Konſtruktionen die Leiſtung der Schrauben und ſonſtigen Mikrometer. — Eine allgemeine Beziehung für den Fehler und ſein Wachſen mit der Diſtanz läßt ſich nicht ohne weiteres angeben. Aus der Tabelle (und den zahlreichen Verſuchen) geht hervor, daß es möglich iſt, für kleine Entfernungen bei günſtigen Verhältniſſen, guten Inſtrumenten und ſorgfältigem Verfahren die Genauigkeit der Diſtanzmeſſung bis zu derjenigen einer mäßig genauen unmittelbaren Meſſung mit Längenmeßinſtrumenten (ſ. Längenmeſſung) zu ſteigern. Damit erklären ſich die Verſuche, durch die Diſtanzmeſſung die unmittelbare Längenmeſſung zu erſetzen. Dahin ſtreben z. B. beſonders die Inſtrumente Tichy-Starke, Schell, Löwe u. a., welche die Streckenmeſſung im Polygonnetz (ſ. Polygoniſieren) durch Diſtanzmeſſung erſetzen ſollen. Dieſe Verſuche, die für gewiſſe Aufnahmen Bedeutung haben können, ſtehen aber im Widerſpruch zu der Bedeutung derjenigen Polygonnetze, die als Grundlage für lediglich durch Linienmeſſung ausgeführte Kleinmeſſungen, z. B. bei Kataſter-, Stadtvermeſſungen u. ſ. w., zu dienen haben (ſ. Stückvermeſſung). Die große techniſche Bedeutung der Diſtanzmeſſung liegt weſentlich auf dem Gebiete der ſogenannten Tachymetrie, insbeſondere der techniſchen Topographie (ſ. Tachymetrie und Topographie).

II. Diſtanzmeſſer mit Baſisſchiene (Baſislineal).

Das Inſtrument iſt Träger der Baſis und mißt den parallaktiſchen Winkel π. Die Anordnung kann verſchieden ſein.

1. Baſis L konſtant. Am Ende der feſt (in der Regel horizontal) aufgeſtellten Baſis L (Fig. 10) werden die Ziellinien F_1P und F_2P durch Fernrohre F_1 und F_2 gebildet, deren Abſehlinien in der Nullſtellung parallel ſind, ſo daß der parallaktiſche Winkel π, bei F_2 gemeſſen, für die Entfernung die Beziehung $D = L\varrho'' : \pi''$ ergibt. Die Meſſung von π kann erfolgen an einem geteilten Kreisbogen oder beſſer mikrometriſch mit Okularmikrometer (z. B. Roskiewicz [23]) oder nach dem Prinzip der Tangentenſchraube (mit den Elementen p und d) oder wie beim Diſtanzmeſſer von Cerebotani [24] durch ein beſonderes Hebelwerk. Butenſchön [25] führt bei vertikaler Baſis Parallelrichtung des Fernrohrs in beiden Lagen (unten, oben) mittels Geſichtsfeldlibelle ein und Ableſung der Parallaxe mittels Okularſtrichmikrometer. Hierher gehört auch die in der Nautik verwendete Kimmtiefendiſtanzmeſſung, bei der (z. B. mittels Mikrometerſchraube, entſprechend Fig. 6 oben) der Depreſſionswinkel etwa nach der Waſſerlinie eines Schiffes von einer als Baſis eingeführten bekannten Höhe über dem Meeresſpiegel aus gemeſſen wird [2], S. 571 und 686, vgl. a. Kimm. Das Prinzip dieſer Inſtrumente mit Baſisſchiene iſt ſchon lange bekannt, wie der Diſtanzmeſſer von Pacecco ob Ucedos [7], S. 322, beweiſt, vgl. a. [26] und [2], S. 678.

2. Parallaxe konſtant; Baſis variabel. Eine Baſisſchiene (Fig. 10) trägt ein feſtes Fernrohr F_1 und auf einem Schlitten ein Schiebefernrohr F_2, deſſen Abſehlinie eine ſtets konſtante Neigung π zur Abſehlinie des feſten Fernrohrs F_1 hat. Nach Einſtellung von F_1 wird durch Verſchieben F_2 auf P eingeſtellt und D nach $D = L\varrho : \pi$ unmittelbar an der Teilung der Schiene abgeleſen, z. B. [27]. Bedingung für beide Inſtrumentgattungen iſt unbedingt feſte Aufſtellung oder gleichzeitige Viſur durch zwei Beobachter. Dies wird günſtiger durch

3. Reflexionsdiſtanzmeſſer, beruhend auf dem Prinzip des Spiegelſextanten (ſ. Spiegel- und Prismeninſtrumente), wodurch die beiden Zielungen zu einer einzigen zuſammengefaßt werden (Fig. 11). F iſt ein Fernrohr, S_1 und S_2 zwei an der Diſtanzbaſis angebrachte Spiegel, S_1 iſt feſt, S_2 beweglich und, wenn P unendlich weit entfernt iſt, parallel zu S_1. Wird P und F eingeſtellt und deckt ſich dann das Bild des Strahles PS_2S_1F mit dem direkt geſehenen, was durch Drehung von S_2 erreicht wird, ſo iſt nach dem Prinzip des Spiegelſextanten der zu meſſende Drehwinkel des Spiegels $S_2 = \pi : 2$. Der Drehwinkel kann mit Hilfe einer Alhidade wie beim Spiegelſextanten oder mikrometriſch mit Hilfe einer Schraube gemeſſen werden. Das dem Spiegelſextanten entlehnte Reflexionsprinzip iſt für die Diſtanzmeſſung anſcheinend zuerſt von Fallon [28], ſpäter von Klinkerfueß, Le Cyre, Chrieſtie [29] u. a. verwertet worden [2], S. 682.

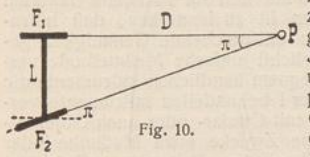


Fig. 10.

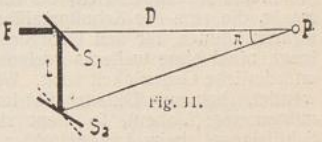


Fig. 11.

Nach den angedeuteten Prinzipien ſind ſchon ſeit einem Jahrhundert eine große Anzahl von Inſtrumenten mit Baſislineal konſtruiert worden (vgl. die angegebene Literatur), und alljährlich werden neue Verſuche (vgl. die Zeitſchr. für Inſtrumentenkunde, für Vermeſſungsweſen und andre techniſche Fachzeitſchriften) unternommen, wobei für die Art der Parallaxen- bezw. Diſtanzableſung, Uebertragung oder Regiſtrierung verſchiedenartige Anordnungen in Betracht kommen, worin das Weſen der „neuen Erfindungen“ beruht. Dabei laſſen ſich trotz der teilweiſe ſehr weitgehenden Hoffnungen, welche die „Erfinder“ in die praktiſche Bedeutung und Leiſtung ihrer Inſtrumente ſetzen, Enttäuſchungen nicht vermeiden. — Aus $D = L\varrho'' : \pi''$ folgt, daß, wenn L fehlerfrei iſt, der mittlere zu fürchtende, vom Fehler m_π des parallaktiſchen Winkels π herrührende Diſtanzfehler iſt: $m_D = D^2 m_\pi'' : L\varrho''$. Es iſt möglich, unter günſtigen Verhältniſſen (gute Beleuchtung, kein Flimmern) bei ſcharf bezeichneten Zielpunkten, bei abſolut feſt aufgeſtelltem (unveränderlichem, von der Temperatur nicht beeinflußtem u. ſ. w.) Inſtrument, die Meſſungsgenauigkeit für einen Winkel wie π bei der Verwendung guter Fernrohre und geeigneter

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Mikrometer innerhalb 1″ (a. T.) zu halten (Zielfehler und Mikrometerfehler). Dieſe Grenze iſt aber nicht innezuhalten, ſobald die Ziele nicht abſolut ſcharf bezeichnet ſind, wie es bei der praktiſchen Verwendung derartiger Inſtrumente ſehr häufig (vielleicht immer) der Fall iſt (ganz abgeſehen von unſicheren und ſich bewegenden Zielen), und wenn nicht die günſtigſten Einſtellungsbedingungen vorliegen. Es iſt häufig $\pm 10''$ ſchon als ein ſehr gutes Ergebnis zu betrachten. Die Länge der Baſis an derartigen Inſtrumenten beträgt in der Regel 1—3 m. Nehmen wir zum Vergleich $L = 2\,m$, ſo iſt der bei 1″ Winkelfehler theoretiſch (nach obiger Formel) zu erwartende Fehler der in der nebenſtehenden Tabelle mit m_D bezeichnete. Unter günſtigen Verhältniſſen, mit guten Inſtrumenten, bei ſcharfer Bezeichnung der Zielpunkte unternommene Genauigkeitsbeſtimmungen [23], [24] haben etwa drei- bis fünfmal ſo große Fehler ergeben, als dieſe mit dem Maximum der Zielgenauigkeit theoretiſch berechneten, ſo daß bei der praktiſchen Verwendung „mindeſtens“ Fehler vom Betrage M zu fürchten ſind. Das trifft aber auch nur zu für große Inſtrumente (Baſis 2 m), die entſprechend ſtabil gebaut ſein müſſen, daher ſich weniger für bequemen Transport, ſondern mehr als Stationsinſtrumente (z. B. für Küſtenbatterien) eignen. Die Inſtrumente der Gruppen I und II, d. h. „mit Diſtanzlatte“ und „ohne Diſtanzlatte“ (aber mit Inſtrumentbaſis) ſind daher in bezug auf die Genauigkeit der Entfernungsbeſtimmung bei derſelben Länge von L und D (alſo bei kleinen Entfernungen bis etwa 500 m) annähernd einander gleichwertig; die Inſtrumente der Gruppe II ſind aber für geodätiſche Feldarbeiten unbrauchbar. Ihre Anwendung iſt auf vereinzelte Fälle beſchränkt; der Genauigkeit ihrer Beſtimmungen iſt durch den Zielfehler eine nicht zu überſchreitende Grenze geſteckt.

D	m_D	M
500 m	0,6 m	2 m
1 000 „	2,4 „	7 „
5 000 „	60 „	200 „
10 000 „	240 „	700 „

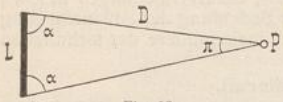


Fig. 12.

Zu den vorſtehenden Inſtrumenten können auch die auf demſelben Prinzip beruhenden (oft als Telemeter bezeichneten) gezählt werden, bei denen jedoch die Baſis vom Inſtrument getrennt iſt und durch direkte Meſſung beſtimmt werden muß. Hier iſt zu nennen das Diſtanzprisma von Bauernfeind [1], I, S. 416. Das Prisma (ſ. Winkelinſtrumente) geſtattet, einen Winkel α abzuſtecken, der um einen geringen Betrag von 90^0 abweicht, ſo daß nach Fig. 12 ein langgeſtrecktes, gleichſchenkeliges Dreieck entſteht, in dem die Diſtanz D ein Vielfaches (z. B. 50, 100) von L iſt, das abgeſchritten oder mit Meßband, Meßdraht u. ſ. w. (10, 20, 25 m) gemeſſen wird. Auf ähnlichem Prinzip beruhen eine Anzahl andrer Konſtruktionen, wie z. B. der Winkelſpiegeldiſtanzmeſſer von Borkowsky [30], Grimfehl [30] u. a. m., wie das Diſtanzprisma Henſoldt von v. Souchier [2], S. 683, das einen Winkel von 90^0 und einen Winkel von $(90^0 - \pi)$ abzuſtecken geſtattet, und der Telemeter von E. v. Pafchwitz [2], S. 685, bei dem mittels rechter Winkel an der Baſis ein dem großen Diſtanzdreieck ähnliches kleines abgeſteckt wird, deſſen kleiner Kathete die Diſtanz entſpricht. Der Abſteckfehler mit dieſen Prismen- und Spiegelinſtrumenten iſt bei Freihandgebrauch und unbewaffnetem Auge zu rund etwa $\pm 1'$ anzunehmen, bei Verwendung von Fernrohren geringer, unter $\pm 10''$ jedoch nur bei ſcharfen Zielpunkten.

Dieſe zuletzt genannten Inſtrumente ſowie die übrigen vorſtehend unter II behandelten haben beſondere Bedeutung als

Militärdiſtanzmeſſer (Telemeter). Es handelt ſich hierbei einerſeits um Beſtimmung der nahen Entfernungen des Infanteriegefechtes (erſte Feuerzone) und um die weiteren bis etwa 1500 m, für das Artilleriegefecht im Felde bis etwa 5 km und für ſtationäre Batterien (beſonders Küſtenbatterien) bis rund 10 km. — Im allgemeinen iſt zu bemerken, daß Inſtrumente, die eine der Schußpräziſion der modernen Feuerwaffen entſprechende Genauigkeit gewähren können, für den Gebrauch im Gefecht, das eine möglichſt einfache Meßmethode verlangt, nicht ohne weiteres geeignet ſind, und anderſeits dem bequem handlichen Inſtrumente die erforderliche Genauigkeit fehlt. Wird z. B. das Prinzip der unter I behandelten Inſtrumente verwendet, „bekannte Diſtanzbaſis“ im Ziel und Parallaxenmeſſung mit Okular- oder auch Objektivmikrometer (ſ. oben), ſo dient als „Diſtanzbaſis“ für nautiſche Zwecke etwa Maßhöhe oder Schiffslänge, beim Landgefecht z. B. die Zielfigur (ganze, halbe Figur, Reiterfigur, Geſchütz) oder auch andre in der Nähe des Zieles vorhandene, annähernd bekannte Objekte, wie Bäume, Gebäude u. ſ. w. Da nun der Fehler in der Annahme der Diſtanzbaſis unmittelbar in die Entfernung eingeht und bei derartigen Objekten der Fehler in der Annahme ganz erheblich ſein kann (z. B. iſt ein mittlerer Fehler der Annahme mit $\pm \frac{1}{20}$ als gering zu betrachten), ſo muß dementſprechend auch der Entfernungsfehler bedeutende Beträge erreichen, ſelbſt bei fehlerfreier Meſſung durch das Inſtrument.

Die unter II behandelten Inſtrumente mit Baſisſchiene kommen beſonders in Betracht für feſte Batterieſtände; die leichteren, mit Reflexion zur gleichzeitigen Zielung eingerichteten (Reflexions-)Diſtanzmeſſer erleichtern den Transport und Gebrauch. Einen Vorſchlag zu einem in der Feldbatterie auf einem Artilleriefahrzeug fahrbaren Diſtanzmeſſer ſ. in [31].

Das die einfachſte Beſtimmungsmethode darbietende Prinzip der optiſchen Bildweitendiſtanzmeſſung (alſo ohne L), das aus der mikrometriſchen Meſſung der Bildweite d (vgl. z. B. [32], bei ſcharfer Einſtellung eines Gegenſtandes durch ein Fernrohr mit der Brennweite f die Gegenſtandweite $D = fd : (d - f)$ ergibt, verſagt beim gewöhnlichen Fernrohr wegen der geringen Aenderung von d ſchon von etwa 100 m ab [2], S. 687. Durch Einſchaltung von Kollektivlinſen und mikrometiſcher Meſſung des Abſtandes derſelben bei ſcharfer Einſtellung des Bildes von der Stellung ohne Kollektiv auf ∞ ergibt ſich eine etwas genauere Beſtimmungsmethode, die z. B. bei den Diſtanzmeſſern von Erſmann und Merz [33] benutzt iſt.

Der ſtereoſkopiſche Diſtanzmeſſer. An Einfachheit dieſem Prinzip gleich, aber

erheblich leiſtungsfähiger iſt ein durch ein neues Inſtrument, den ſtereoſkopiſchen Diſtanzmeſſer von Zeiß in Jena gegebenes Meßverfahren. Das Inſtrument beruht auf dem durch das binokulare, ſtereoſkopiſche Sehen ermöglichten Entfernungs- oder Tiefenwahrnehmungsvermögen. Zum Beiſpiel iſt es möglich, wie ſchon Helmholtz zeigte, bei einer Reihe von Stäbchen oder Nadeln, die in einer Linie rechtwinklig zur Sehlinie aufgeſtellt ſind, kleine Entfernungsunterſchiede mit einer in Winkelmaß ausgedrückten Genauigkeit von mindeſtens 1′ zu erkennen. Dieſes Vermögen wird durch Vergrößerung des Augenabſtandes A (Fig. 13) zu B (Objektivabſtand OO') mittels eines Prismenſyſtems und die damit verbundene Fernrohrvergrößerung V geſteigert um $V\frac{B}{A}$. Bei unendlich entfernten Zielpunkten fallen die Strahlen beiderſeits parallel ein; in den Bildebenen koinzidieren die Marken M und M'. Bei endlich entfernten Zielen ergibt ſich eine Parallaxe, die, wenn der linke Strahl als Ausgangsrichtung genommen wird, in der Bildebene des Okulars o' von M' aus als p erkennbar iſt und für welche die Beziehung gilt $p=\frac{BF}{E}$ (F = Objektivbrennweite, E = Entfernung). Dieſer Beziehung entſprechend ſind nun in den Bildebenen zu beſtimmten Entfernungen (von 1000 : 1000 m mit paſſenden Unterteilen) Marken angebracht, die bei ſtereoſkopiſchem Sehen im Raume, d. h. in der im Fernrohr betrachteten Landſchaft wie eine ſtationierte, in die Tiefe führende Linie zu ſchweben ſcheinen, nach denen die Tiefenſchätzung unmittelbar erfolgen kann. Statt einer Reihe von Marken wird auch eine mikrometriſch verſtellbare Marke, die mit dem zu beſtimmenden Punkte in gleiche „Tiefe“ einzuſtellen iſt, verwendet, wobei dann am Mikrometer die Markeneinſtellung abgeleſen wird. Das Inſtrument wird in drei Größen hergeſtellt, Objektivabſtand und Vergrößerung entſprechend 51, 87, 144 cm, bezw. 8-, 14-, 23fach. Nach [34] iſt für eines der mittleren Inſtrumente die Genauigkeit wie folgt gefunden:

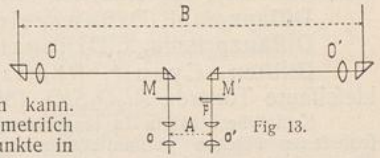


Fig 13.

	Entfernung	500 m	1000 m	2000 m	3000 m	4000 m	8000 m
Fehler	in Metern	3	12	50	110	200	800
	in Prozenten	0,6	1,2	2,5	3,7	5,0	10,0

Zur Prüfung und Berichtigung des Inſtrumentes dient ein beſonderes, vor die Objektive zu ſetzendes Prismenſyſtem, das in kurzer Zeit die Richtigſtellung ermöglicht. — Weiteres ſ. [35], auch [2], § 168 ſowie die den Inſtrumenten beigegebenen Gebrauchsanweiſungen.

Endlich bleiben noch zu erwähnen die Schalldiſtanzmeſſer, die auf der Meſſung der Zeit zwiſchen Blitz und Knall eines Schuſſes beruhen. Sie geben (abgeſehen von der Beſchränktheit der Verwendung) nur rohe Beſtimmungen, da die Schallgeſchwindigkeit in hohem Grade abhängig iſt (abgeſehen von Temperatur und Feuchtigkeit der Luft) von Stärke und Richtung des Windes ſowie der Anfangsgeſchwindigkeit des zur Beobachtung dienenden Geſchoſſes. In der Regel gilt als Konſtante 1 Sekunde = 340 m (oder auch wohl 1 Schritt im Laufſchritttempo = 100 m). Zur Zeitmeſſung ſind (abgeſehen von den ſonſtigen Zeitregiſtrierhilfsmitteln, ſ. Chronograph bezw. Chronoſkop) einige Inſtrumentchen konſtruiert, deren Prinzip darauf beruht, daß in einer mit Flüſſigkeit gefüllten graduierten Glasröhre ein Läufer im Moment des Blitzes ausgelöſt wird und niederſinkt oder auch eine Flüſſigkeitsſäule aus einem Gefäß in ein Röhrchen unter dem Einfluß des beim Blitz eingelaſſenen äußeren Luftdrucks auffteigt. Die Bewegung wird an der Diſtanzſkala der Glasröhre abgeleſen und gibt unmittelbar die Entfernung (Boulengé [36], Klinkerfueß [37]). Nach [11], S. 414 iſt bei nautiſchen Vermeſſungen die für die Schallgeſchwindigkeit V bei Entfernungsbeſtimmungen anzuwendende Formel $V = 341{,}3\text{ m} + 0{,}60t$ (t — 15), worin t die mittlere Temperatur bedeutet, nach [12], S. 251 die Entfernung für s Sekunden = $333\,s : (1 - 0{,}00183\,t)$. Die Entfernung muß dabei mindeſtens einige Kilometer betragen. Eine Ueberſicht über Militärdiſtanzmeſſer geben [38]—[40].

Literatur: Die betreffenden Abſchnitte in den bei dem Artikel „Geodäſie“ genannten Lehrbüchern der Vermeſſungskunde geben ausführliche Auskunft. Beſondere Verweiſe ſind gegeben auf [1] Bauernfeind, Vermeſſungskunde, Stuttgart 1890. — [2] Jordan, Handbuch der Vermeſſungskunde, Stuttgart 1904, Bd. 2, 6. Aufl. — [3] Hunäus, Geometriſche Inſtrumente, Hannover 1864. — [4] Vogler, Praktiſche Geometrie, Braunſchweig 1894, Bd. 2. — [5a] Stampfer, Nivellieren, Wien 1845; [5b] Lorber (Stampfer), ebend. 1894; [5c] Dolezal (Stampfer), ebend. 1902. — [6] Hammer, Zeitſchr. f. Verm. 1891, S. 295; 1889, S. 425; Zeitſchr. f. Inſtrumentenkunde 1892, S. 155; 1897, S. 278; Schmidt, Zeitſchr. f. Verm. 1893, S. 271. — [7] Mayer, J. T., Prakt. Geom., Göttingen 1802, 2. Teil, S. 317; Käſtner, Geom. Abhandlungen, 1. Samml., 48. Abhandl. — [8] Goulier, Etudes sur la Tachéométrie, Paris 1892, p. 417. — [9] Dolezal, Zeitſchr. des öſterr. Ingen.- u. Arch.-Vereins, Wien 1901, Heft 47, 49, 50. — [10] Tichy-Starke, Wochenbl. des öſterr. Ingen.- u. Arch.-Vereins, Bd. 3, S. 44; Schell, Die Methoden der Tachymetrie bei Anwendung eines Okularſchraubenmeſſers, Wien 1883; Starke, G., Logar.-tachym. Tafeln f. d. Tachymeter Tichy-Starke, Wien 1885. — [11] Handbuch der nautiſchen Inſtrumente, Berlin 1890. — [12] Lehrbuch der Navigation, Berlin 1901. — [13] Drude, Zeitſchr. für Inſtrumentenkunde 1890, S. 323; Nordenfeld, ebend. 1887, S. 293. — [14] Zeitſchr. f. Verm. 1899, S. 311. — [15] Hogrewe, Prakt. Anleitung zum Nivellieren oder Waſſerwägen, Hannover 1800. — [16] Decher, Neues Nivellierinſtrument, München 1890. — [17] Zeitſchr. f. Verm. 1875, S. 285, 362; Zeitſchr. f. Inſtrumentenkunde 1894, S. 103, 242, 250; Zentralbl. der Bauverw. 1893, S. 152. — [18] Buff and Berger, Handbook and illustr. Catalogue, Boſton 1889, p. 7. — [19] Zeitſchr. f. Verm. 1891, S. 145. — [20] Hammer, Zeitſchr. f. Inſtrumentenkunde 1895, S. 233. — [21] Gentilli, Zeitſchr. des öſterr. Ingen.- u. Arch.-Vereins 1868, 2. Heft; 1869, 4. Heft; Löwe, Zeitſchr. f. Verm. 1895, S. 289; Brönnimann, ebend. 1895, S. 563. — [22] Zeitſchr. f. Verm.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

1894, S. 593 ff. (Ableſegenauigkeit an Maßſtäben). — [23] Schell, Carls Repert. 1878, S. 455. — [24] Börſch, Zeitſchr. f. Inſtrumentenkunde 1886, S. 77. — [25] Ebend. 1905, S. 14. — [26] Zeitſchr. f. Verm. 1889, S. 473; 1898, S. 339. — [27] Zeitſchr. f. Inſtrumentenkunde 1883, S. 297. — [28] Zach, Monatl. Korreſpondenz 1802, Bd. 6, S. 246; Zeitſchr. f. Verm. 1887, S. 217. — [29] Zeitſchr. für Inſtrumentenkunde, Bd. 1, S. 308, 411; Bd. 4, S. 72; Bd. 8, S. 333. — [30] Ebend. 1883, S. 113; 1888, S. 258. — [31] Roskiewicz, Ueber Kriegsdiſtanzmeſſer, Graz 1888. — [32] Zeitſchr. f. Verm. 1890, S. 604. — [33] Carls Repert., Bd. 1, S. 242, 248. — [34] Hecker, Zeitſchr. f. Verm. 1901, S. 76. — [35] Zeiß, K., Stereoſkopiſcher Entfernungsmeſſer; Patentſchrift Nr. 82571 (27. Juni 1895); Nr. 73568 (28. Februar 1894); Pulfrich, Zeitſchr. f. Inſtrumentenkunde 1895, S. 269; 1901, S. 221, 250. — [36] Zeitſchr. f. Verm. 1876, S. 401; Dingl. Polyt. Journal 1875, S. 195. — [37] Zeitſchr. f. Inſtrumentenkunde 1884, S. 221. — [38] Marre, M. J. de, Les instruments pour la mesure des distances. Extraits du Mémorial de l'artillerie de la marine, Paris 1880, ſ. Zeitſchr. f. Verm. 1898, S. 232. — [39] Schröder, Archiv für Artillerie- und Ingenieuroffiziere des deutſchen Reichsheeres 1895, S. 433 und 508, Ermittlung von Entfernungen als Grundlage des Schießens und Treffens. — [40] Nieſiolowski-Gawin, Mitteilungen über Gegenſtände des Artillerie- und Geniewеſens, Wien 1898, S. 827—880, Das Meſſen von Entfernungen für Kriegszwecke. *Reinhertz.*

Diſtanzpfahl (Diſtanzzeichen), ſ. Sperrzeichen.

Diſtanzprisma, ſ. Diſtanzmeſſer, S. 788.

Diſthen, Cyanit, Rhätizit, Saphirſpat, blauer Schörl, Mineral, kieſelſaure Tonerde $Al_2O_3SiO_2$ (36,90% SiO_2, 63,10 Al_2O_3).

Kriſtalliſiert triklin in langprismatiſch ausgebildeten Kriſtallen; glas- und auf den verſchiedenen Flächen perlmutterglänzend, durchſichtig bis durchſcheinend, farblos bis blau (Berlinerblau) und blaugrün, ſeltener grau, gelb oder rot, zuweilen geſtreift oder gefleckt, meiſt ſehr rein; ziemlich vollkommen ſpaltbar; ſpröd, lange Kriſtalle in der Richtung der Prismenkante etwas biegſam. Die Härte wechſelt auf den breiten Seitenflächen des Prismas der Länge desſelben nach 4,5, der Quere nach 7. Spez. Gew. 3,48—3,68. Der Diſthen wird von Säuren nicht angegriffen und gilt bis jetzt als unſchmelzbar. Vorwiegend im Glimmer- und Tonſchiefer eingewachſen (Gotthard, Schweiz, Tirol u. ſ. w.). Man unterſcheidet breite, ſtengelige Kriſtalle von blauer Farbe als Cyanit, ſchmalſtengelige von grauer Farbe als Rhätizit. Dunkelblaue Cyanite wurden und werden noch (in Frankreich und Spanien) zu Ring- und Nadelſteinen, meiſt als Erſatz für Saphir, geſchliffen (Sappar oder Sapparé der Schleifer). Der geringen Härte und ſtarken Spaltung und dadurch bedingten Sprünge und Riſſe wegen hat der Cyanit wenig Anklang gefunden. Er wird mit Schmirgel auf einer Bleiſcheibe geſchliffen, auf Holz mit Bimsſtein poliert und erhält mit Tripel Glanz. *Leppla.*

Ditriglyph heißt die Anordnung eines doriſchen Baues dann, wenn zwiſchen zwei Säulen zwei Triglyphen angebracht erſcheinen. *Weinbrenner.*

Divergenz, ſ. Reihen.

Dividivi, ſ. Gerbſtoffe (Früchte) und Leder.

Diviſion (Teilung), umgekehrte Operation der Multiplikation.

Iſt $a \cdot b = c$, ſo iſt umgekehrt $\frac{c}{b} = c : b = a$; dabei heißt c Dividend, b Diviſor, a Quotient. Die beiden letzteren ſind vertauſchbar: $\frac{c}{a} = b$. Wenn aber c kein Vielfaches von b iſt, ſo geht die Diviſion nicht auf; es bleibt ein Reſt r; es iſt $\frac{c}{b} = a + \frac{r}{b}$. Abgekürzte Diviſion heißt ein Verfahren, bei dem von einer beſtimmten Dezimale an alle folgenden abgeworfen werden. *Wölffing.*

Diviſionsboot, ſ. Torpedoboote.

Diviſorium, ſ. Buchdruckerkunſt, S. 380.

Diwan, der Empfangſaal der türkiſchen oder perſiſchen Großwürdenträger.

Djezla, Hohlmaß in Sanſibar = 257,4 l.

Djidjim, farbiges grobwollenes Gewebe in fortlaufenden Ornamenten mit Wolle beſtickt und aus 3, 5, 6 Längsſtreifen verſchiedener Färbung zuſammengeſetzt (aus Perſien). — Moſchee-Djidjimen ſind in der Regel zweiteilig (alſo aus zwei Längsſtreiten hergeſtellt) und haben ein Bild als Grundlage des Muſters, alſo kein fortlaufendes Ornamentenmuſter. *Ernſt Müller.*

D-Linie, des Sonnenſpektrums, ſ. Spektralanalyſe.

Dobby (Ratière), ſ. v. w. Schaftmaſchine, ſ. Weberei.

Doblon, ſeit 1862 in Uruguay geſetzlich eingeführte Münzeinheit. Ein Golddoblon = 10 Silberpeſos zu je 100 Centeſimos = 43,48 *M.* *Plato.*

Docht, lockeres Gewebe zum Anſaugen von Brennöl.

Dochte beſtehen gewöhnlich aus Baumwolle, durch die bei Lichtern, Lampen, Kochvorrichtungen der flüſſige Brennſtoff infolge der Kapillarkraft zur Flamme aufſteigt. Man unterſcheidet ſchnurförmige Kerzendochte, bandförmige Dochte für Flachbrenner und bandförmige Doppelgewebe, Hohlgewebe, für Rundbrenner. Unverbrennbare Dochte werden aus Glaswolle, Aſbeſt, gebranntem Ton u. a. hergeſtellt. *Dalchow.*

Dochtkohle, ſ. Beleuchtung, elektriſche, Bogenlampen.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Dock. Unter Docks oder Dockanlagen verſteht man die Einrichtungen einer Schiffswerft oder eines Seehafens, die dazu dienen, Schiffe für Reparatur- und Anſtrichsarbeiten des Schiffsrumpfes trocken zu ſtellen. Dieſelben gliedern ſich nach der Art der Konſtruktion in Trockengrätings, Trockendocks, Hellinge, Schleppen oder Slips, mechaniſche Hebedocks und Schwimmdocks.

Die urſprünglichſte und einfachſte Art, einzelne Teile des Schiffsrumpfes trocken zu legen, beſtand in dem Kielholen, d. h. man krängte das Schiff an ſogenannten Kielholplätzen durch Giens, die am Maſt einerſeits und an Land oder beſonderen Prähmen anderſeits angeſchlagen waren. Zurzeit findet dieſe Arbeit nur für kleinere Segelſchiffe Anwendung, da die Schiffsverbände durch das Kielholen ſehr leiden. Die Trockengrätings, Plattformen aus eingerammten Pfählen mit Querhölzern nach Art eines Roſtes, finden in Häfen mit Ebbe und Flut für kurze Dockungen Verwendung, und zwar meiſt für kleinere Schiffe. Die Schiffe legen ſich bei Hochwaſſer an die Dockſtelle und ſetzen ſich bei der Ebbe auf die Gräting, wobei ſie durch Taue an der Kaimauer gehalten werden. Die übrigen Dockeinrichtungen dienen für längere Dockungen.

Ein **Trockendock** iſt ein Baſſin mit Schleuſentor, d. h. Verſchlußvorrichtung am ſogenannten Dockhaupt, das man auspumpen und trockenlegen kann, nachdem man das zu dockende Schiff in dasſelbe eingefahren und die Schleuſe geſchloſſen hat. Es beſteht daher in ſeinen Hauptteilen aus dem Baſſin oder der Dockkammer mit dem Dockhaupt, der Verſchlußvorrichtung und der maſchinellen Einrichtung zum Lenzpumpen des Docks. Die Abmeſſungen des Baſſins richten ſich nach den größten zu dockenden Schiffen. Bei einer Anlage von mehreren Docks ſtuft man ihre Größe ab, um die Koſten des Trockenlegens und der Unterhaltung möglichſt zu verringern. Die Tiefe der Dockſohle unter dem niedrigſten Waſſerſtand iſt ſo anzuordnen, daß zwiſchen dem Kiel des größten Schiffes im beladenen Zuſtande und der Kielſtapelung ein Raum von 30—40 cm bleibt. Für die Länge des Docks ſind die Formen der ausfallenden Steven zu berückſichtigen; auch pflegt man zum Herausnehmen des Ruders eine Vertiefung in der Dockſohle vorzuſehen (Fig. 1) [1], ſo daß die Kielſtapel erſt von dieſem Brunnen an beginnen. Für außergewöhnliche Fälle ſucht man ſich auch, wenn das Dock durch ein Ponton geſchloſſen wird, dadurch zu helfen, daß man letzteres vor das Dockhaupt verſetzt und ſo die Länge des Baſſins vergrößert. — Für die Wahl des Querprofils und ſomit der Breite des Docks ſind verſchiedene Geſichtspunkte maßgebend. Die Reparatur der Schiffe im Dock erfordert möglichſt viel Licht und Luft nach den unteren Teilen und zwiſchen Schiffsrumpf und Dockwand einen Raum, in dem man bequem arbeiten kann. Anderſeits bedingen dieſe Anſprüche einen großen Kubikinhalt an Mauerwerk für die Dockwände und desgleichen einen großen Kubikinhalt zum Lenzpumpen des Docks. Auch wird das Docken bei großer Dockbreite ſchwierig. Man wählt daher als Maß der Höhe der Kielſtapelung 0,8—1,2 m und als Zwiſchenraum zwiſchen Schiffswand, wenn das Schiff auf den Stapeln aufſteht, und den am meiſten vorſpringenden Teilen der Dockwände 1,5—2 m [1], [10]. Da das Schiff beim Auspumpen des Docks, ſobald der Kiel ſich auf die Stapelung ſetzt, das Beſtreben hat, ſich auf die Seite zu legen, ſo muß es in ſeinen oberen Teilen durch Taljen und Stützen gegen die Dockwände gehalten werden. Man ſetzt die Stützen in faſt horizontaler Lage in Höhe der Decks, da hier der Schiffsrumpf am widerſtandsfähigſten iſt, und die Stützen ruhen an den ſeitlichen Dockwänden auf beſonderen Stufen von 600—1000 mm Breite, ſo daß man, auf denſelben ſtehend, die Holzkeile zum Feſtſetzen der Stützen antreiben kann. Müſſen in einem Dock verſchiedene Schiffstypen gedockt werden, ſo iſt die Zahl dieſer Stufen eine größere. Bei den älteren Docks lag Stufe an Stufe, doch bedingt dies wiederum eine größere obere Dockbreite, wodurch die oberen Stützen ſehr lang und unhandlich werden. Man beſchränkt ſich daher meiſt auf 2—3 Stufen. An der Kante der Dockſohle werden meiſt kleinere Stufen vorgeſehen, um die Kimmſtützen beſſer ſetzen zu können. — Das Profil der Dockſohle wird entweder konkav aus-

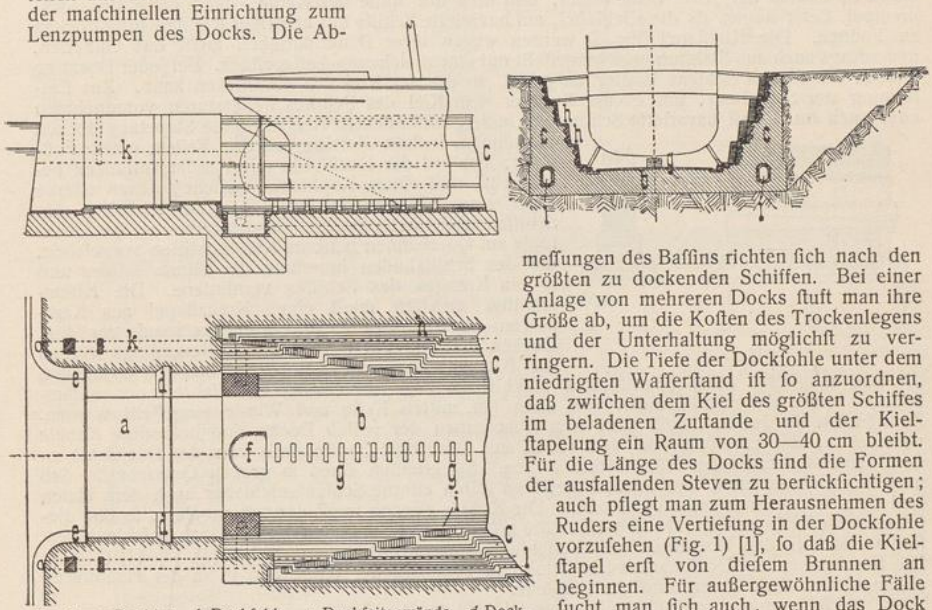


Fig. 1. *a* Docktor. *b* Dockſohle. *c* Dockſeitenwände. *d* Dockfalz. *e* Anſchlag für Ponton. *f* Brunnen für Heckruder. *g* Kielſtapel. *h* Dockſtufen. *i* Treppen. *k* Kanal zum Füllen. *l* Kanal zum Lenzen der Docks.

geführt mit einer Wafferrinne in der Mitte oder konvex mit je einer Wafferrinne zur Seite. Letztere Konftruktion bietet für die Arbeiten im Dock und für die Konftruktion der Dockfohle mehr Vorteile und ift daher die gebräuchliche geworden [1]. Die Dockfohle erhält meift einen Fall nach dem Docktor zu und befinden fich dann die Schöpfbrunnen dortfelbft. Die Kielftapelung erhält dann denfelben Fall, da die Schiffe meift achterlaftig find und fo das Auffetzen des Kieles auf die Stapelung fich vereinfacht. Man dockt daher die Schiffe immer mit dem Heck nach dem Docktor zu und befindet fich dann auch der Brunnen zum Herausnehmen des Ruders am Docktor. Zur Verbindung der Dockfohle mit dem Werftgebiet dienen fteinerne Treppen, die fo angeordnet find, daß die Dockftufen nicht unterbrochen werden. Zum Transport der Materialien benutzt man Gleitbahnen oder Rutfchen, die am beften im Tunnel zur Dockfohle geführt werden; auch findet man fahrbare Krane zur Materialbeförderung. Zum Einhieven fowie Belegen von Troffen find zu beiden Seiten der Dockkehle fowie am Dockfcheitel Spille und Poller vorgefehen; die Spille erhalten vielfach Antrieb durch Elektrizität oder Druckwaffer. — Die Form des Docktores richtet fich nach der Art des Verfchluffes. Bei Verwendung von Stemmtoren find die Dockwände vertikal und muß die Kehle, d. h. der engfte Teil des Dockhauptes, fo lang fein, daß die Tore, wenn geöffnet, in derfelben Platz haben. Für Verfchlußpontons genügt eine geringere Länge; diefelben werden in einen Falz oder eine Nute gefetzt, und hängt dann das Querprofil des Dockeingangs oder der Dockkehle von der Form des Pontons ab [10]. Die Breite des Eingangs ift fo zu bemeffen, daß für das größte Schiff mindeftens 0,5 m Spielraum auf jeder Seite bleibt, und muß die Sohle der Kehle, der fogenannte Dockdrempel, tiefer liegen als die Kielftapel, um havarierte Schiffe mit niedriger Kielftapelung docken zu können. Die Kielftapel (Fig. 2) werden wegen ihrer Dauerhaftigkeit meift aus Gußeifen, neuerdings auch aus Stahlformguß hergeftellt mit einem eichenen Auflageftück. Bei jeder Dockung werden dann noch fichtene Bretter aufgelegt, in die der Kiel fich eindrücken kann. Zur Entfernung der Stapelung, um eventuell unter dem Kiel des Schiffes Reparaturen vorzunehmen oder auch im Notfall havarierte Schiffe von außergewöhnlichem Tiefgang ohne Stapelung docken zu können, befteht diefelbe aus drei Teilen, einem Fußftück, das auf der Dockfohle mit Fundamentbolzen befeftigt ift, und einem Kopfftück, zwifchen denen eiferne Keile eingepaßt werden [1], [2]. Zum Abfteifen des Schiffsrumpfes beim Docken werden ferner auf der Dockfohle auf Querbahnen fahrbare Kimmfchlitten vorgefehen, die den Schiffsboden innerhalb der Kimm ftützen und fo ein Krängen des Schiffes verhindern. Die Kimmfchlitten erhalten meift einen Kreuzftapel aus Kanthölzern, welcher der Spantform entfprechend vor dem Docken ausgearbeitet werden muß. Neuerdings werden die Kimmfchlitten mit kippbarem Stapel eingerichtet, die fich möglichft allen Spantformen anfchließen und nach dem Unterfahren der Kimmfchlitten unter den Schiffsboden von oben her mittels Kette und Winde eingeftellt werden. Zum Füllen der leeren Docks und zum Auspumpen der vollen Docks find befondere Kanäle vorzufehen, die einesteils von dem Hafen zur Dockfohle, andernteils von der Dockfohle zu dem Sammelbrunnen des Pumpwerkes führen. Sie erhalten einen fo großen Querfchnitt, daß man fie befahren kann, und werden diefelben durch eiferne Schleufenfchieber nach dem Hafen und dem Sammelbrunnen abgefchloffen. Die Kanäle werden meift doppelt angelegt, fo daß diefelben auf jeder Dockfeite nahe dem Docktore münden. Um das Füllen der Docks zu befchleunigen, find vielfach in den Docktoren oder Verfchlußpontons Schleufen vorgefehen [1], [3], [4] (Fig. 3). Die Fundierung des Dockmauerwerks erfolgt in verfchiedener Weife und ift in der Hauptfache abhängig von dem Untergrund der Bauftelle.

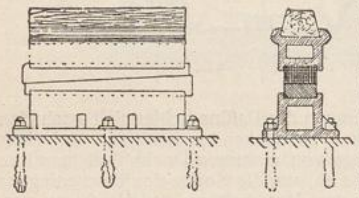


Fig. 2.

Bei felfigem undurchläffigem Untergrund wird das Dockbaffin aus dem Felfen ausgebrochen, und find dann nach Entfernung der Schlammfchicht für die Sohle und die Dockwände nur Bekleidungsmauern nötig. Ift der Felfen durchläffig, fo muß man für den Durchtritt des Waffers Drainageröhren vorfehen. Bei lockerem, zufammendrückbarem Boden finden verfchiedene Bauweifen Verwendung; man arbeitet entweder in einer trockengelegten Baugrube [8], oder man fundiert unter Waffer. Im erfteren Fall wird das Mauerwerk entweder auf Pfahlroften (Dock zu Havre) [1] gelagert, oder man baut Senkbrunnen mit Verbindungsbögen (Dock zu Bordeaux) [1], (Dock zu Glasgow) [10]. Die Dockfohle wird durch Betonfchüttung hergeftellt. Die Gründung unter Waffer wird notwendig, wenn der Baugrund fo durchläffig ift, daß man die Baugrube nicht trockenhalten kann. Sie hat neuerdings durch Verwendung von Preßluft große Fortfchritte gemacht [2], [12]. Diefelbe wurde zuerft von Herfent bei dem Bau der neuen Docks in Toulon angewendet, bei dem jedes der beiden Docks innerhalb eines einzigen großen, wie ein Schwimmdock konftruierten Senkkaftens, deffen eifernes Gerippe im Dockmauerwerk ftecken blieb, hergeftellt wurde. Der Raum zwifchen dem eifernen Dockboden und dem Untergrund diente als Arbeitskammer für das Ebnen des Bodens und Verfenken des Kaftens, wobei derfelbe durch das Aufmauern der Dockfohle und der Seitenwände belaftet wurde. Zum Bau der beiden Trockendocks in Genua [2], [10] hat Zfchokke Taucherfchächte oder Taucherglocken, die an fchwimmenden Gerüften hängen oder als felbftändige fchwimmende Körper eingerichtet find, verwendet, die nicht ftändig verfenkt werden, fondern nur als Fangdämme dienen, um in deren Schutz das Bauwerk ganz im Trockenen auszuführen. Für diefe Bauausführung eignet fich Stampfbeton am beften, aus dem man nicht allein die Dockfohle, fondern auch die Seitenmauern ausführen kann. Auf diefe Weife find in Genua die Dockwände und der das Dock proviforifch abfchließende Damm, ferner die neuen Trockendocks der Kaiferlichen Werften in Kiel und Wilhelmshaven [12] ausgeführt; die Ausmauerung des Docks erfolgt im Trockenen. Bei den ftetig wachfenden Dock-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

tiefen und -weiten werden die Betonfohlen etwa 0,5 m unter der Oberfläche mit Eifeneinlagen verfehen, deren Stöße verfchraubt und die am Dockhaupt verftärkt werden. Durch die Einlagen wird erheblich an Beton gefpart [12].

Zum Verfchluß der Trockendocks dienen Stemmtore, Verfchlußpontons und Roll- oder Schiebetore. Die Stemmtore, von den Kanalfchleufen entlehnt, find fchnell und leicht zu bedienen, bieten jedoch keinen zuverläffigen Verfchluß, da die Flächen genau aneinander paffen müffen und fich leicht Schlick oder Schlamm an den Anlageflächen zwifchenfetzen kann; die

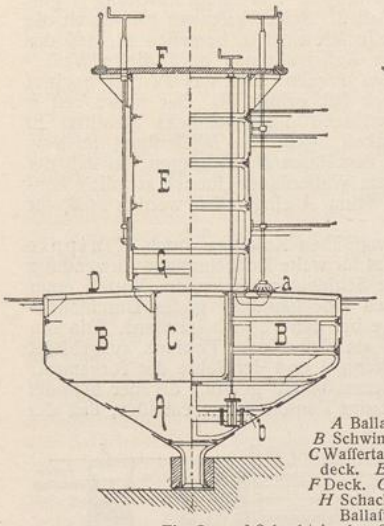


Fig. 3.

A Ballaftraum. *B* Schwimmkörper. *C* Waffertank. *D* Flutdeck. *E* Aufbau. *F* Deck. *G* Schleufe. *H* Schacht in den Ballaftraum. *I* Schacht in den Schwimmkörper. *K* Dockfalz.

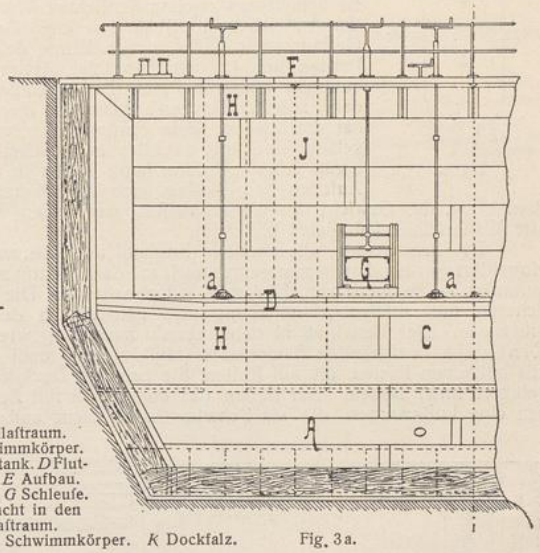


Fig. 3a.

Konfervierung derfelben ift eine fchwierige, und find diefelben beim Verholen der Schiffe leicht Befchädigungen ausgefetzt. Die Tore, die früher aus Holz mit Verwendung eiferner Befchläge angefertigt wurden, werden zurzeit nur aus Stahl gebaut. Größere Tore erhalten eine doppelte Blechwand, zwifchen denen Träger eingebaut find. Der Hohlraum erzeugt dann einen Auftrieb und entlaftet die Tore. Um jedoch die vertikaler Bewegungen möglichft einzufchränken, werden die großen Tore mit einem Waffer ballaftraum verfehen, der in der Nähe der Wendefäule angeordnet wird, während die Luftkammer am freien Ende des Tores zur Entlaftung desfelben beiträgt. Die eifernen Tore erhalten an den Anlageflächen hölzerne Anfchlagleiften, die zur befferen Dichtung mit Hanfmatten benagelt werden. Neuerdings find auch einflügelige Tore in Anwendung gekommen, die eine beffere Dichtung geben, aber eine längere Nifche in der Dockkehle erfordern [1], [9]. — Einen befferen Verfchluß geben die Verfchlußpontons, die bei den Trockendocks die weiteffe Verbreitung gefunden haben. Wenngleich ihre Bedienung umftändlich ift und ein größeres gefchultes Perfonal erfordert, fo find die Vorteile desfelben: guter Verfchluß, leichte Art der Reparatur, einfache Konftruktion des Dockhauptes, Möglichkeit, die Docklänge durch Verfetzen des Pontons vor das Dockhaupt für Ausnahmefälle zu vergrößern, doch überwiegend. Die Verfchlußpontons werden zurzeit nur aus Stahl gefertigt nach Art der Schiffskörper. Ihre Form längsfchiffs richtet fich nach dem Profil des Docktores, querfchiffs nach der erforderlichen Stabilität und der Arbeitsweife des Pontons. Es haben fich in der Hauptfache zwei Typen ausgebildet.

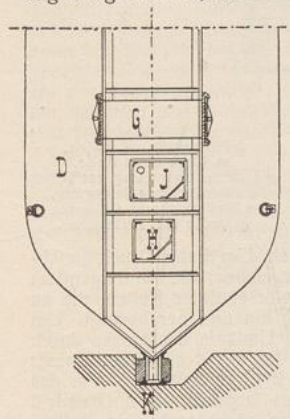


Fig. 3b.

Die Fig. 3, 3a und 3b zeigen die Anordnung von de Coppier, in Frankreich vielfach ausgeführt [1], [4]. Diefes Ponton arbeitet ohne Hilfe von Pumpen und betätigt fich wie folgt. Das Verfchlußponton fchwimmt, das Dock ift gefüllt. Man bringt das Ponton in den Falz, öffnet die Ventile *a*, dann die Rohre *b*. Das Waffer dringt in die Kaften *C*, das Ponton fenkt fich. Sobald das Flutdeck unter Waffer kommt, füllen fich auch die oberen Räume, und das Ponton fetzt fich auf den Falz feft. Hierauf fchließt man die Ventile *a* nach dem Dock zu, während die nach dem Hafen mündenden offen bleiben, und das Auspumpen des Docks kann beginnen. Fällt das Waffer unter die Oberkante der Kaften, fo muß das Ventil *b*, das ins Dock mündet, gefchloffen werden, dann kann man das Dock trockenlegen. Beim Ausdocken ergibt fich folgendes Manöver. Man fchließt auch die nach dem Hafen mündenden Ventile *a*, läßt etwaiges Leckwaffer durch ein Kingftonventil ins Dock und fchließt dasfelbe. Dann läßt man das Waffer aus dem Kaften *C* ins Dock laufen und fchließt das Ventil *b*. Hierauf läßt man Waffer ins Dock durch die feitlichen Kanäle und bei fchnellem Ausdocken durch die Schleufen

im Verſchlußponton. Iſt der Waſſerſpiegel im Dock beinahe ſo hoch wie im Vorhafen, dann beginnt das Ponton ſich zu bewegen. Das Waſſer in den oberen Räumen verhindert jedoch ein plötzliches Auffchwimmen. Hierauf öffnet man die Ventile *a*, ſo daß die oberen Räume ſich mit dem Auffchwimmen entleeren. Dieſes Verſchlußponton eignet ſich beſonders für Häfen ohne Ebbe und Flut; bei wechſelndem Waſſerſtande muß das Ponton höher und demnach, um die Stabilität zu erhalten, im unteren Teile breiter ſein. Für dieſe Fälle findet vielfach auch das Verſchlußponton (Fig. 4) Verwendung. Es beſteht aus zwei waſſerdichten Abteilungen. Die untere Abteilung *A* gibt den Auftrieb und enthält den feſten Ballaſt. Beim Verſenken tritt durch die Oeffnungen *a* Waſſer in den Raum, deſſen Gewicht ſo bemeſſen iſt, daß das Ponton ſich in den Falz ſetzt. Beim Auffchwimmen muß dieſes Waſſerquantum wieder ins leere Dock gelaſſen werden, und das Ponton beginnt dann aufzuſchwimmen, wenn das Dock faſt gefüllt iſt. Der obere Teil *B* hat den Zweck, dem Ponton auch während des Verſenkens Stabilität zu geben, und tritt überdies in Wirkſamkeit, wenn der Waſſerſtand im Vorhafen ſteigt. Alsdann kann Waſſer in den Raum *B* eindringen, ſo daß der Auftrieb des Pontons auch bei höherem Waſſerſtande immer ziemlich konſtant bezw. das Gewicht des Waſſerballaſtes, das in den Raum *A* eingelaſſen werden muß, für alle Waſſerſtände faſt gleich bleibt [1].

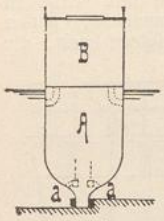


Fig. 4.

Die Schiebetore, die zuerſt in England und den engliſchen Kolonien durch Kinipple eingeführt wurden, haben neuerdings auch auf dem Kontinent für weite Dockeingänge Anwendung gefunden — Bremerhaven, Kiel und Wilhelmshaven. Die Schiebetore bieten den Vorteil einer ſicheren und raſchen Handhabung und geſtatten in den Dockhäuptern große Durchfahrtsöffnungen. Der Verſchluß iſt dabei ebenſo zuverläſſig wie bei den Verſchlußpontons. Die von Kinipple konſtruierten Schiebetore (Fig. 4a) ſind meiſt als Kaſten oder Pontons ausgebildet mit hölzernen Kielen, die auf Rollen, die auf dem Dockdrempel und der Sohle der Torkammer gelagert ſind, fahren. Der Boden des Pontons iſt mit Zementballaſt gefüllt, darüber befindet ſich eine Luftkammer, die als Schwimmkaſten dient und das Ponton derart entlaſtet, daß der

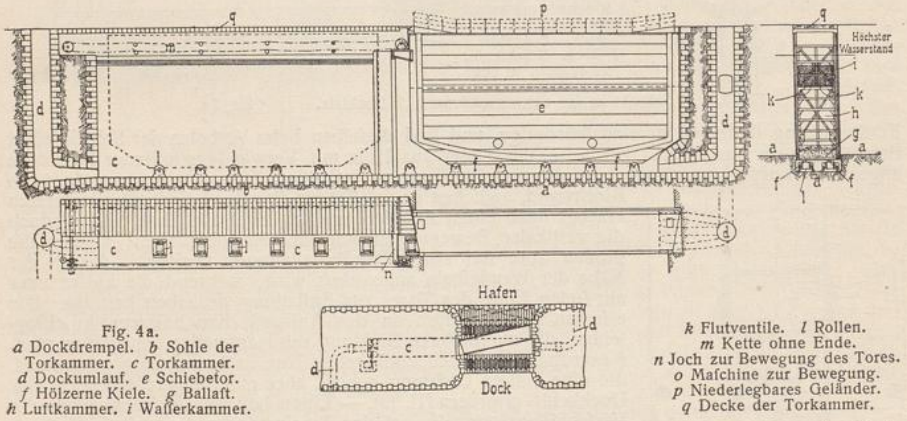


Fig. 4a.
a Dockdrempel. *b* Sohle der Torkammer. *c* Torkammer. *d* Dockumlauf. *e* Schiebetor. *f* Hölzerne Kiele. *g* Ballaſt. *h* Luftkammer. *i* Waſſerkammer. *k* Flutventile. *l* Rollen. *m* Kette ohne Ende. *n* Joch zur Bewegung des Tores. *o* Maſchine zur Bewegung. *p* Niederlegbares Geländer. *q* Decke der Torkammer.

Druck auf die Rollen 5 t bei niedrigem Waſſerſtand nicht überſchreitet. Um dieſen Druck gleichmäßig zu erhalten, iſt oberhalb der Luftkammer eine Waſſerkammer vorgeſehen, die bei ſteigendem Waſſerſtand ſich ſelbſttätig füllt. Das Schiebetor wird mit Hilfe zweier endloſer Ketten, die an den Enden eines mit dem Ponton verbundenen Joches befeſtigt ſind, hin und her bewegt. Um die Sohle der Torkammer von Schlamm frei zu halten, werden die Umläufe des Docks durch die Torkammer geleitet, auch verurſacht beim Bewegen des Tores das aus der Pontonkammer verdrängte Waſſer, das nur unter dem Tor entweichen kann, eine kräftige Spülung. Um das Tor bequem ausflößen zu können, hat Kinipple demſelben einen trapezförmigen Grundriß gegeben (Fig. 4a) [10], [12]. Neuerdings baut man die Schiebetore nicht mehr als Kaſten, ſondern läßt die Querwände fort, um beim Bewegen der Tore geringere Waſſerwiderſtände zu erhalten. Die Tore werden dann nach Art der Ständertore meiſt mit einer doppelten Haut und mit Schwimmkaſten gebaut, um dieſelben zum Auffchwimmen bringen zu können. Zwecks Standſicherheit müſſen dieſe Tore ſehr breit gehalten werden und wird der Schwimmkaſten möglichſt hoch angeordnet, um beim Auffchwimmen den Schwerpunkt des Tores unter dem Schwerpunkt des Auftriebs zu haben. Sie erhalten zuweilen unterhalb eines waſſerdichten Bodens und innerhalb der Längswände Rollen, deren Radkränze ein wenig über erſtere hinwegragen. Durch Einführung von Preßluft unter den Boden können dann die Rollen und ihre Lager trockengelegt und nachgeſehen werden [12].

Da die Rollen durch Schmutzablagerungen ſich feſtſetzen können und äußeren Beſchädigungen ausgeſetzt ſind, verwendet man in Häfen ohne Sandablagerung auch einfache Gleitbahnen. Die ſogenannten Gleitpontons — Docks in Kiel und Portsmouth — erhalten glatte Eiſenſchienen, die direkt auf dem polierten Granitmauerwerk gleiten. Die meiſten Schiebetore ſind mit auf Doppelhebeln gelagerten Brücken verſehen, die beim Bewegen der Tore in die

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Kammern von selbst sich umlegen. Sie werden mittels Winden oder Flaschenzügen, die durch Dampf, Wasserdruck, Elektrizität oder Preßluft angetrieben werden, bewegt und beim Oeffnen des Dockeinganges in eine gemauerte Torkammer geführt, so daß die Durchfahrtsöffnung ganz frei wird. Diese Torkammern, welche die Anlage etwas verteuern, wählt man so breit, daß das Tor für Reparaturzwecke nach entsprechendem Abschluß der Kammer in derselben gleichsam gedockt werden kann. Ein Versetzen des Schiebetores zur Verlängerung des Docks ist nur vereinzelt ausgeführt (Dock zu Montevideo) [2], [10].

Zum Trockenlegen der Docks sind zurzeit nur noch Zentrifugalpumpen in Anwendung, da diese Pumpen allein imstande sind, durch Schlamm oder animalische Bestandteile durchsetztes Wasser zu fördern. Kolbenpumpen sind nur noch für die Hilfspumpen in Anwendung, die das ziemlich reine Sick- und Leckwasser beseitigen und fast ständig im Betrieb sind.

Die Aufstellung der Zentrifugalpumpen erfolgt in einer Höhe bis höchstens 4—5 m über dem Wasserspiegel des Sammelbrunnens, in den die Kanäle der einzelnen Docks münden, und zwar auf einer wasserdichten Decke, durch die das Saugerohr hindurch reicht. Bei Lagerung der Pumpen mit horizontaler Achse erfolgt der Antrieb von der Dampfmaschine meist durch Riemenbetrieb, welche Anordnung wegen des Rutschens der Riemen in feuchter Luft nicht vorteilhaft ist; seltener ist die Pumpe mit der Betriebsmaschine direkt gekuppelt und im Brunnen aufgestellt. Bei Lagerung der Pumpe mit vertikaler Welle kann die Betriebsmaschine auf dem Werftniveau stehen und die Pumpe durch eine vertikale Welle direkt angetrieben werden [1], [10]. Die Maschinen müssen mit veränderlicher Expansion eingerichtet sein, um eine möglichst gleiche Wasserförderung zu erhalten, da die Kraft zum Schöpfen mit dem Sinken des Wasserstandes im Dock wächst. Bei größeren Dockanlagen sowie bei elektrischem Antrieb stellt man daher allmählich mehr Pumpen an [1].

Die **Hellinge, Schleppen oder Slips** bestehen in einer geneigten Bahn, die bis zu einer entsprechenden Tiefe unter Wasser reicht und auf die das trockenzustellende Schiff mittels Schlitten aufgezogen wird. Je nachdem man die Schiffe in der Längsrichtung oder Querrichtung auf Land zieht, unterscheidet man Längs- und Querschleppen. Die einfachste und ursprünglichste Längsschleppe bildet jede Bauhelling, da das Aufschleppen eine dem Stapellauf entgegengesetzte Arbeit bildet. Der Bau einer Helling bildet daher auch die Grundlage für alle Schleppen. Die Neigung der Helling sowie der Längsschleppe wählt man zu 1 : 12 bis 1 : 14 bei Verwendung eines gleitenden Schlittens und zu 1 : 16—1 : 20 bei Benutzung eines rollenden Schlittens. Geringere Neigungen erfordern eine zu lange Vorhelling und verteuern daher die Anlage; größere Neigungen vermehren die Aufzugskraft und erschweren ein sicheres Aufbringen auf den Schlitten. Der Bau der Helling hängt in der Hauptsache von dem Gewicht des größten aufzuschleppenden Schiffes ab, und rechnet man nicht über 30—50 t für den laufenden Meter der Helling. Die Fundierung einer Helling erfolgt, falls nicht felsiger Boden vorhanden ist, entweder direkt auf Pfahlrosten oder durch Zwischenschaltung von Betonklötzen, damit die Pfähle im Grundwasser verbleiben. Die Vorhelling, d. h. der unter dem Wasserspiegel gelegene Teil einer Helling, erfordert meist eine sorgfältige Fundierung mittels Stein- und Betonschüttung [10]. Bei Schleppen werden die Schienen fest auf der Vorhelling verlegt, während bei den Bauhellingen die Gleitbahnen der Vorhelling für das Ablaufsgerüst bezw. den Schlitten so eingerichtet sind, daß sie kurz vor dem Ablauf bezw. dem Aufschleppen vorgerichtet und dann auf der Vorhelling mittels Ballast versenkt werden [1]. Beim Aufschleppen eines Schiffes bildet der Schlitten den wichtigsten Bestandteil; er muß so eingerichtet sein, daß die Arbeit des Aufschleppens möglichst einfach und leicht erfolgen kann und daß er das aufzuschleppende Schiff sicher trägt und stützt. Die Schlitten der Patentschleppen werden entweder als Ganzes aus Längs- und Querverbänden hergestellt, oder sie bestehen aus einzelnen Wagen, die je nach der Länge des aufzuschleppenden Schiffes miteinander verbunden werden können. Zum Stützen des Schiffes gegen seitliches Umfallen dienen sogenannte Kimmschlitten, die vor dem Aufschleppen der Schiffsform entsprechend hergerichtet werden und mittels Taljen meist vom Deck des Schiffes aus unter den Schiffsrumpf geholt werden.

Da die Vorhelling den kostspieligsten Teil einer Schleppanlage bildet, so hat man Schleppen in großen Längen angelegt, um mehrere Schiffe hintereinander aufschleppen zu können. Die Wallsend Slipway Company besitzt eine Schleppe von 1000 Fuß Länge [5]. Um den Wagen von dem zuerst aufgeschleppten Schiff freimachen zu können, sind die seitlichen Wagen von dem Mittelwagen loszukuppeln. Zu diesem Zweck werden die beide Wagen verbindenden Gitterträger, die zugleich die Kimmschlitten tragen, um vertikale Zapfen, die auf den seitlichen Wagen gelagert sind, längsschiffs gedreht, so daß sie mit letzteren vom Schiffsrumpf frei heruntergelassen werden können, und folgt der mittlere Wagen nach dem Aufkeilen des Schiffes auf Kimmstapel nach, um dann für ein weiteres Aufschleppen mit den Seitenwagen wieder vereinigt zu werden (Fig. 5). Der zum Aufholen eines Schiffes von dem Gewicht D auf einer Patentschleppe erforderliche Zug setzt sich zusammen aus der Kraft zur Ueberwindung des Gewichtes $= A =$, zur Ueberwindung der rollenden Reibung B und zur Ueberwindung der Reibung des Preßkolbens in seiner Dichtung C. Bei einer Neigung der Schleppe von 1 : 20 ist $A = {}^1/_{20}\,(D + S + K)$, $B = 0{,}2\,\frac{r}{R}\,(D + S)$, $C = 0{,}56 \cdot p\,u\,h$, worin S und K die Gewichte des Schlittens und der Aufzugkette, R und r den Radius der Schlittenrollen und den ihrer Achsen, p den Druck im Preßzylinder, u den Umfang des Kolbens und h die Höhe der Lederdichtung angeben [5].

Die Zugkraft zum Aufschleppen liefert entweder unter Verwendung einer gewöhnlichen Kette eine Dampfwinde oder bei größeren Schleppen unter Benutzung von Stangenketten ein hydraulischer Zylinder. Man verwendet meist mehrere Zylinder, die entsprechend der Aufschleppkraft einzeln oder zusammen in Betrieb genommen werden. Dieselben haben 2,5—3,5 m Hub und die Kettenstangen eine entsprechende Länge. Nach jedem Hub wird ein Stangenpaar aus-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

geſchaltet, wobei der Schlitten durch Pallen gehalten wird. Die Pallſchienen ſind meiſt mit den Schienen für die Laufräder des mittleren Wagens aus einem Stück gegoſſen. Bei einigen Schleppen macht die Stangenkette mit den Pumpenkolben eine Vor- und Rückbewegung und

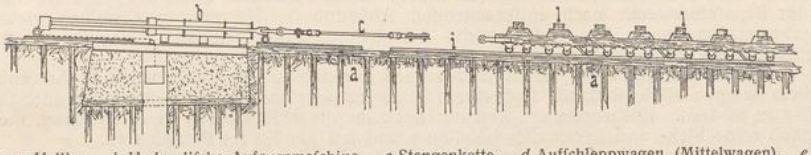


Fig. 5. *a* Helling. *b* Hydrauliſche Aufzugsmaſchine. *c* Stangenkette. *d* Auffchleppwagen (Mittelwagen). *e* Auffchleppwagen (Seitenwagen). *f* Verbindungsträger. *g* Verbindungsſtangen. *h* Bock zum Bedienen des Kimmſchlittens. *i* Schiene mit Pallſchiene. *k* Schiene ohne Pallſchiene. *l* Stapelung.

wird dann entſprechend mit dem Schlitten ein- und ausgeſchaltet [5], [10]. Die Querſchleppen bieten den Vorteil, daß die Schleppe bedeutend kürzer ſein kann und Schiffe von großem Tiefgang bezw. großer Länge bequemer und ſicherer aufgezogen werden können ohne Beengung des Fahrwaſſers und Benachteiligung durch Strömung. Die Neigung beträgt 1 : 4—1 : 6. Die Konſtruktion des Schlittens mit den Kimmſchlitten und im beſonderen die gleichmäßige

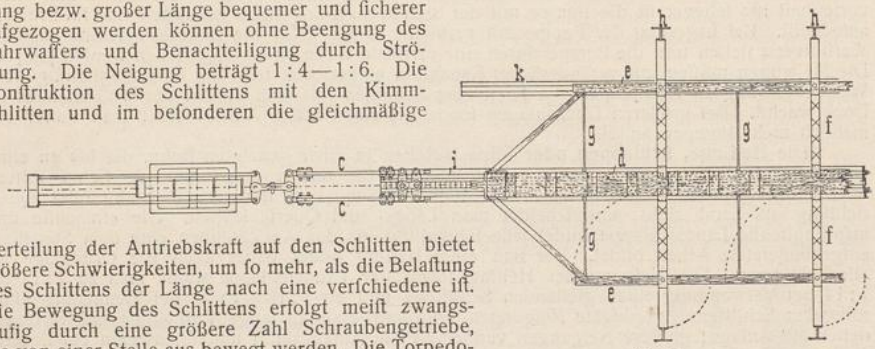


Fig. 5a.

Verteilung der Antriebskraft auf den Schlitten bietet größere Schwierigkeiten, um ſo mehr, als die Belaſtung des Schlittens der Länge nach eine verſchiedene iſt. Die Bewegung des Schlittens erfolgt meiſt zwangsläufig durch eine größere Zahl Schraubengetriebe, die von einer Stelle aus bewegt werden. Die Torpedobootsſchleppe der Kaiſerlichen Werft Kiel beſteht aus fünf Wagen, die durch je eine Gallſche Kette von einer gemeinſamen Welle mittels Dampfmaſchine aufgeholt werden. Die Wagen laufen auf zwei Schienenpaaren, von denen die beiden äußeren auf eiſernen Stühlen höher gelagert ſind, derart, daß ihre Plattformen horizontal bleiben. Beim Uebergang von der geneigten Ebene zur Horizontalebene kommen zwei weitere hintere Räder zum Tragen [7].

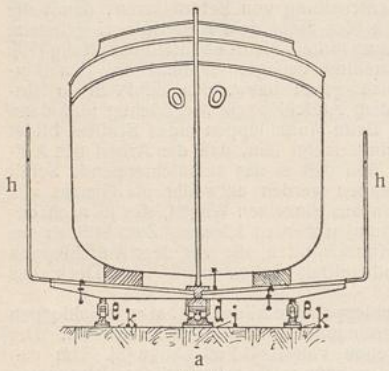


Fig. 5b.

Die mechaniſchen Hebedocks heben die zu dockenden Schiffe mit Hilfe hydrauliſcher Zylinder oder Hebeſchrauben vertikal um die Höhe des Tiefgangs des Schiffes. Sie haben ſich in ihrer Anlage nicht bewährt und bieten daher nur hiſtoriſches Intereſſe. Das hydrauliſche Dock im Viktoriadock zu London aus dem Jahre 1862, von Edwin Clark konſtruiert, iſt zwar noch im Betrieb, doch hat ſich dasſelbe wegen der häufig auftretenden Reparaturen nicht rentiert. Selbſt die ſpätere Erbauung eiſerner Pontons, auf denen die Schiffe im Heberahmen der hydrauliſchen Docks gehoben wurden und die dann mit dem trockengeſtellten Schiff ausgefahren werden können, ſo daß das Hebewerk für weitere Schiffe verwendbar wird, hat die Rentabilität nicht geſichert [3], [7]. Die Schraubenhebedocks ſind vereinzelt in Amerika zur Ausführung gekommen und zurzeit veraltet.

Schwimmdocks. Da die vorſtehend erwähnten Anlagen zum Docken von Schiffen mehr oder weniger ſchwierige oder koſtſpielige Fundierungsarbeiten erfordern, ſo hat man in Häfen mit ſchlammigem Untergrund Schwimmdocks vorgezogen. Dieſelben bedürfen keiner Fundierung; ſie werden neuerdings aus Stahl hergeſtellt und bieten den Vorteil, daß die Arbeit zum Trockenſtellen des Schiffes eine verhältnismäßig geringe iſt; auch können die Schwimmdocks durch Teilung für verſchiedene Schiffsgrößen eingerichtet und nötigenfalls ohne Schwierigkeit an andre Plätze geſchleppt werden. Dagegen bieten die größeren Unterhaltungskoſten, die Verankerung des Schwimmdocks und eine große Waſſertiefe an der Verſenkſtelle beſondere Nachteile. Die Schwimmdocks beſtehen entweder aus einem Bodenponton und zwei feſten Seitenpontons, die dazu dienen, die Stabilität des Docks mit Schiff im verſenkten Zuſtande aufrechtzuerhalten, oder aus einem Bodenponton mit nur einem feſten Seitenponton; alsdann muß jedoch das Dock zur Sicherung der Stabilität am Ufer durch Lenkſtangen oder durch einen am ſeitlichen Ponton befindlichen Schwimmer geführt werden. Das Schwimmdock arbeitet nach folgendem Prinzip: Durch Einlaſſen von Waſſer in die Zellen des Bodenpontons und in die unteren Zellen des Seitenpontons wird das Dock ſo weit geſenkt, daß die Kielſtapelung etwa 0,3 m unter den tiefſten

Punkt des Kieles des zu dockenden Schiffes zu liegen kommt, wobei die Seitenpontons noch über Waſſer verbleiben müſſen. Iſt das Schiff im Dock mittels Kimmſchlitten und Seitenſtützen feſtgemacht, ſo wird das Waſſer aus den Zellen mittels Zentrifugalpumpen gelenzt, bis das Schiff ſich ſo weit hebt, daß der obere Dockboden freiliegt. Das Feſtſetzen des Schiffes geſchieht in gleicher Weiſe wie im Trockendock durch ſeitliche Stützen gegen Stufen der Seiten-

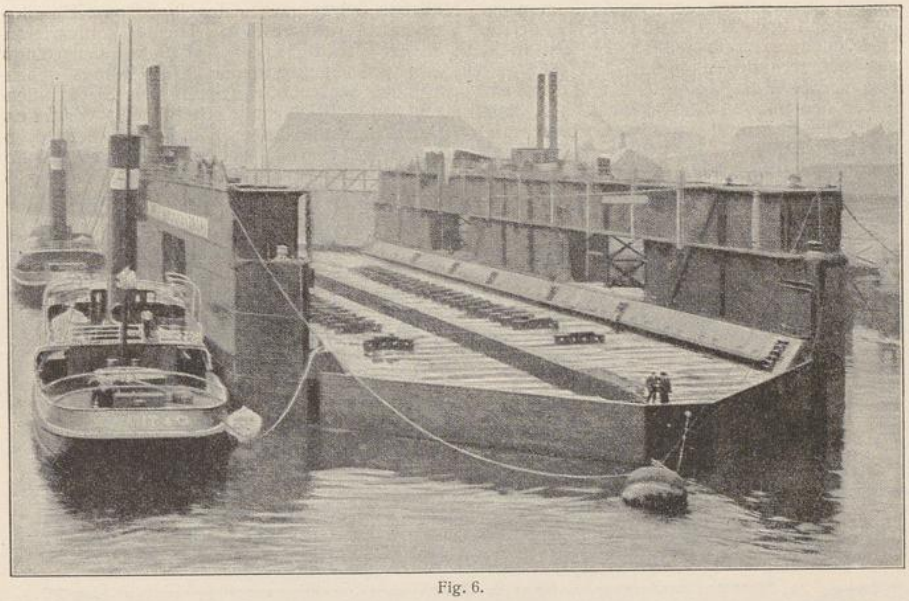


Fig. 6.

pontons, bei den einſeitigen Schwimmdocks mittels Stützen und Taljen gegen das Seitenponton; zugleich verwendet man eine größere Zahl von Kimmſchlitten wie bei den Schleppen, die von den Decks der Seitenpontons aus bedient werden. Die Größe eines Schwimmdocks muß ſo bemeſſen ſein, daß es bei freigelegter Kielſtapelung das Gewicht des zu dockenden Schiffes ſicher tragen kann, und müſſen die Seitenpontons ſo hoch geführt ſein, daß das Dock auf den

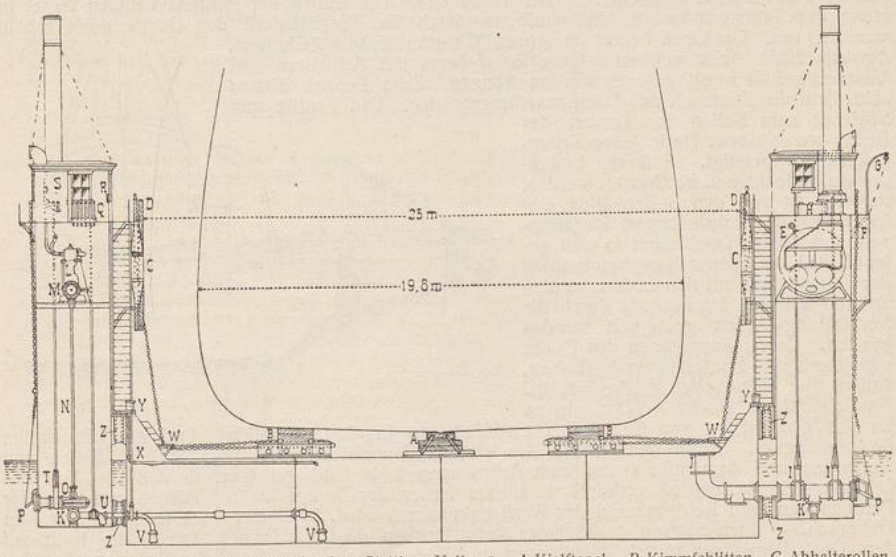


Fig. 6a. Querſchnitt des Schwimmdocks des „Stettiner Vulkan". *A* Kielſtapel. *B* Kimmſchlitten. *C* Abhalterollen. *D* Reibhölzer. *E* Einer der Keſſel. *F* Kohlenbunker. *G* Kohlendavit. *H* Deckslicht für den Heizraum. *I* Flutſchieber. *J* Flutrohr für die Pontondecke. *K* Hauptlenzrohr. *L* Eine der Maſchinen. *M* Getriebe. *N* Vertikale Pumpenwelle. *O* Pumpe. *P* Kingſtonklappe. *Q* Ventilhebel. *R* Hebel für Abſperrſchieber. *S* Kurbel zum Bewegen der Kingſtonklappe. *T* Ausgußſchieber. *U* Zweiglenzrohr. *V* Saugeſtutzen. *W* Ketten für Kimmſchlitten. *X* Luftrohre. *Y* Poller. *Z* Verbindungsplatten.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

erforderlichen Tiefgang des Schiffes, von den Stapelklötzen an gerechnet, verfenkt werden kann. Auch muß das Dock in allen Lagen und Belaftungen genügende Stabilität befitzen [14]. Die zweifeitigen Schwimmdocks bieten den Nachteil, daß die Konfervierung des Außenbodens nur durch Trockenftellen auf Land oder in einem befonderen Trockendock erfolgen kann. Diefen Uebelftand hat man dadurch zu heben gewußt, daß man das Dock der Länge nach in einzelne Sektionen trennte (Sektionsdock), deren Länge fo bemeffen ift, daß man eine Sektion in der andern docken kann oder in ein Ponton mit feitlichen Schwimmern, das fogenannte Doublepowerdock von Clark & Standfield [10]. Um die zweifeitigen Docks leichter konfervieren zu können und zum Selbftdocken einzurichten, haben Clark & Standfield diefelben neuerdings aus mehreren Bodenpontons und zwei Seitenkaften zufammengekuppelt. Die Pontons geben den Hauptteil des Auftriebs her und tragen vornehmlich das gehobene Schiff. Die Seitenkaften ftellen den nötigen Längsverband her, unterftützen den Auftrieb und ficherm beim Verfenken die nötige Stabilität; fie enthalten ferner die mafchinellen Einrichtungen zum Betrieb des Docks und zum Feftfetzen des Schiffes [13]. Das von Swan & Hunter, Wallsend on Tyne, für die Stettiner Mafchinenbau-Akt.-Gef. „Vulkan“ nach diefem Grundfatz erbaute Schwimmdock (Fig. 6 und 6a) befitzt eine Hebekraft von 12000 t und befteht aus drei Pontons. Die Seitenwände

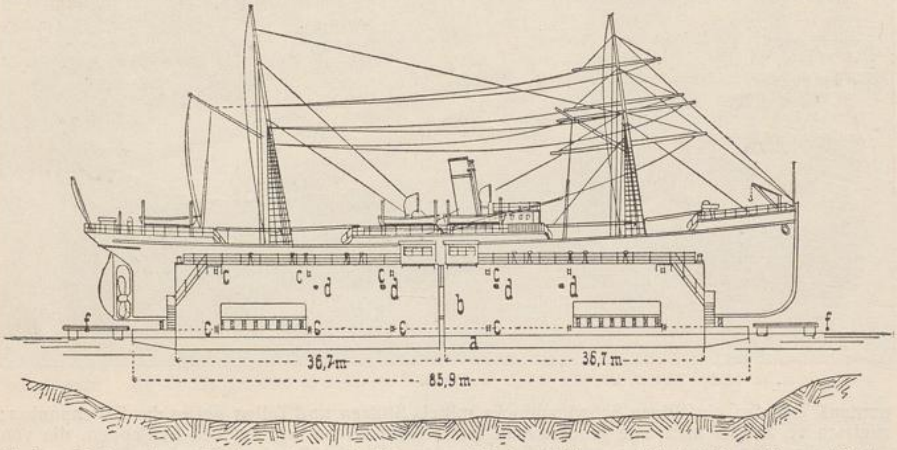


Fig. 7. *a* Bodenponton. *b* Seitenponton. *c* Lenkftangen. *d* Horizontalftützen. *e* (Fig. 7a) Kimmftützen. *f* Prahm.

derfelben find dammartig erhöht und werden mit den Seitenkaften durch doppelte Verbindungsplatten mit fchwach konifchen Bolzen verbunden. Die Enden der Pontons befitzen ferner in Höhe der Seitenwände Abfchlußwände, wodurch die Tragfähigkeit des Docks noch erhöht werden kann. Das Dock befitzt im ganzen 38 waffердichte Abteilungen, die mit Hilfe eines weitverzweigten Rohrfyftems mit Schiebern und Ventilen gefüllt bezw. gelenzt werden können. Zum Lenzen dienen acht Zentrifugalpumpen mit Dampfmafchinenantrieb. Die Ventile und Schieber zum Füllen und Lenzen des Docks werden vom Deck jedes Seitenkaftens aus betätigt. Soll ein Bodenponton gedockt und konferviert werden, fo wird es von den Seitenkaften einfchließlich der Rohrleitungen losgekuppelt, das übrige Dock dann fo weit gefenkt, daß die oberen Kupplungswinkel der Seitenkaften mit den entfprechenden unteren Winkeln des Pontons durch die Verbindungsplatten gekuppelt werden können. Durch Auspumpen des Docks wird dann das Ponton fo weit gehoben, daß es von allen Seiten zugänglich ift. Die einfeitigen Docks — Off shore Docks genannt —, von Clark & Standfield in London ausgeführt, find die bequemften Schwimmdocks. Durch den Fortfall des einen Seitenpontons wird das Quantum Waffer zum Verfenken und dementfprechend zum Auspumpen bedeutend geringer, fo daß die Zeit des Dockens fehr bedeutend verkürzt wird. Da ferner der Dampf für die Betriebsmafchine der Pumpen von dem Betriebskeffel der Werft entnommen wird, fo ift das Dock jederzeit klar zum Gebrauch. — Zum Stützen des Schiffes beim Docken dienen Kimmftützen, die flach auf dem Dock liegen und mittels Zahnftangen und Rädergetriebe vom Deck des Seitenpontons aus unter die Kimme des Schiffes gehoben werden können. Zum Einrichten des Schiffes auf den Kielftapeln dienen telefkopartig verfchiebbare Horizontalftützen, die von der Seitenwand des Docks gegen die Schiffsfeite hinausgefchraubt werden können. In dem Seitenponton des Docks find meift große Oeffnungen vorhanden, von denen aus Brücken nach dem Ufer führen zur

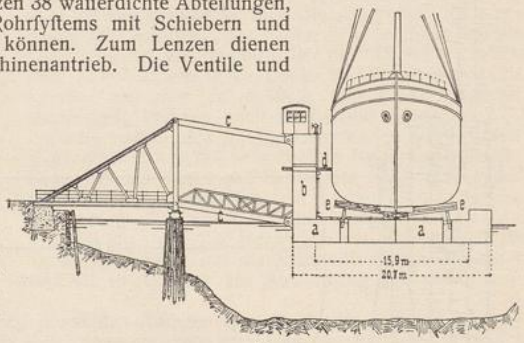


Fig. 7a.

Verbindung zwiſchen Dock und Werft. Die Fig. 7 und 7a ſtellen das Dock zu Flensburg dar [1], [2], [3], [10]. Zur beſſeren Ausnutzung des Schwimmdocks hat man dasſelbe mehrfach mit andern Einrichtungen zum Trockenſtellen der Schiffe in Verbindung gebracht, auf die das mit dem Schwimmdock gehobene Schiff überführt wird. Das Torpedobootsdock in Kiel und Wilhelmshaven beſteht aus einem Heberahmen aus eiſernen Gitterträgern mit vier Schwimmkaſten an den Ecken, auf denen das Ponton ſich aufſetzt. Durch Lenzpumpen der Schwimmkaſten und des Pontons, das durch einen Spiralſchlauch mit der Zentrifugalpumpe in dem einen Schwimmkaſten verbunden wird, wird das Torpedoboot auf dem Ponton gehoben und kann dann nach dem Senken des Heberahmens mit dem Ponton herausſchwimmen, um mit Hilfe des Heberahmens und eines zweiten Pontons ein andres Boot docken zu können, ähnlich dem hydrauliſchen Dock von Clark. Das Abſetzdock (depositing dock) von Clark & Standfield verbindet das Schwimmdock mit einer Trockengräting. Es beſteht aus einem einſeitigen Schwimmdock, deſſen Stabilität durch einen mit dem Seitenponton verbundenen Schwimmer geſichert wird. Das Bodenponton erhält querſchiffs Einſchnitte in beſtimmten Abſtänden, die mit einem Roſtwerk von Pfählen, einer Art Trockengräting, übereinſtimmen. Iſt das Schiff im Dock gehoben, ſo wird letzteres ſo in die Trockengräting hineingeſchoben, daß die Pfahlroſte in die Einſchnitte des Bodenpontons paſſen. Das Schiff wird dann durch Senken des Docks auf die Trockengräting abgeſetzt. Auf dieſe Weiſe können mit demſelben Dock bei entſprechender Zahl von Trockengrätings mehrere Schiffe nacheinander trocken geſtellt oder in umgekehrter Weiſe wieder zu Waſſer gebracht werden [6], [3], [7]. Die Horizontalſchleppen in Danzig, Pola und Carthagena bringen das Schwimmdock mit einer Schleppe auf dem Lande in Verbindung. Die Schiffe werden mittels eines Schwimmdocks gehoben und dann aus dem Dock auf Land horizontal aufgeſchleppt. Das Schwimmdock wird während des Aufſchleppens auf eine feſte Dockſohle verſenkt, da ſonſt ein Trimmen desſelben bei Verſchiebung des Schiffsgewichtes eintritt. Es muß daher für das Schwimmdock ein beſonderes Trockendock, wenn auch nur von geringer Tiefe, hergeſtellt werden. Auch müſſen im Schwimmdock beſondere Längsverbände vorgeſehen werden, um die beim Schleppen auftretenden Schubkräfte von der Nietung des Dockrumpfes zu entlaſten. Dieſe Anlagen erfordern daher erhebliche Anlagekoſten und ſind bisher nur für Kriegsſchiffswerften erbaut [1], [7], [10]. — Die Trockendocks ſowie die einſeitigen Schwimmdocks nach Clark & Standfield müſſen zurzeit als die praktiſchſten Vorrichtungen zum Trockenſtellen von Schiffen hingeſtellt werden ſowohl in bezug auf die Rentabilität der Dockanlage als auch mit Bezug auf die Schonung des Schiffsrumpfes beim Docken. Das einſeitige Schwimmdock ſteht außerdem mit Bezug auf die zum Docken erforderliche Zeit allen Einrichtungen voran, da Dockungen mit denſelben in 15 Minuten bewerkſtelligt ſind, während Trockendocks zum Schließen des Tores und Lenzen 2—4 Stunden erfordern.

Literatur: [1] Laroche, Ports maritimes, Paris 1893. — [2] Franzius, L. und G., und Rudloff, Seekanäle, Strommündungen, Seehäfen, Leipzig 1894. — [3] Hauſer, Cours de construction navale, Paris 1886. — [4] Mitteilungen aus dem Gebiete des Seeweſens 1882, S. 1. — [5] Ebend. 1882, S. 55. — [6] Engineering 1881. — [7] Dick und Kretſchmer, Handb. d. Seemannſchaft, Berlin 1902. — [8] Heider, Der Bau der vereinigten Schlepp- und Trockendocks in Trieſt und Pola. — [9] Landsberg, Die eiſernen Stemmtore der Schiffsſchleuſen, Leipzig 1894. — [10] Colſon, C., Notes on docks and dock construction, London 1894. — [11] Vernon-Harcourt, L. F., Harbours and docks, Oxford 1886. — [12] Brennecke, L., Handb. der Ingenieurwiſſenſch., 3. Teil: Der Waſſerbau, Leipzig 1904, Bd. 8. — [13] Engineering, The new Bermuda Floating Dock, 1902, I, S. 212. — [14] Wiking, Der Bau von Schwimmdocks, Jahrbuch der Schiffbautechn. Geſellſch., Berlin 1905. *T. Schwarz.*

Docke, auch Tocke oder Baluſter genannt, ſ. Baluſter.

Docken, die Stützen für die Spindellager eines Drehſtuhls (ſ. d.) oder einer Drehbank.

Bei letzterer werden die Docken als Hinterdocken und Vorderdocken, erſtere am weiteſten links, unterſchieden. Auch der Reitſtock führt den Namen Spitzdocke oder fahrende Docke. Die Bezeichnungen werden heute nur ſelten gebraucht. *Dalchow.*

Dockenhöhe, ſ. v. w. Spitzenhöhe, ſ. Drehbank.

Dockponton, ſ. Dock.

Dodekaeder, ein von zwölf ebenen Flächen begrenzter Körper.

Geometriſch intereſſant iſt das reguläre Pentagondodekaeder; es iſt von zwölf regelmäßigen Fünfecken begrenzt, von denen an jeder Ecke drei aneinander ſtoßen, beſitzt 20 Ecken, 32 Kanten und 12 Flächen. Seine Ecken liegen ſämtlich auf einer Kugelfläche, desgleichen berühren ſeine ſämtlichen Flächen und Kanten je eine Kugelfläche. Außer dem Pentagondodekaeder iſt geometriſch von Bedeutung das Rhombendodekaeder, das von zwölf Rhomben begrenzt iſt. Sowohl das Pentagon- wie das Rhombendodekaeder tritt als Kriſtallform auf; ſ. a. Polyeder. *Vonderlinn.*

Döbeleiſen, ſ. v. w. Dippeleiſen (ſ. d.).

Dörre, ſ. Darre.

Dörrpfiefel, ſ. Salz.

Döskin (Winterbuckskin), ein mit Satinbindung aus Streichwolle gewebtes, tuchartiges Gewebe; ſ. Tuchfabrikation.

Dötſch-Prozeß, ſ. Kupfer.

Doffer, ſ. Wergſpinnerei.

Dogger, ſ. Juraformation.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Dohlen, f. v. w. Durchläffe (f. d.), an manchen Orten auch eine für die ſtädtiſchen Entwäſſerungskanäle gebräuchliche Bezeichnung; f. Kanaliſation der Städte und Ortſchaften.

Dokumentenpapier, f. Papierſorten.

Dolerit, f. Baſalte.

Dolinen, f. Karren.

Dollar, ſeit 1792 in den Vereinigten Staaten von Nordamerika geſetzlich eingeführte, in 100 Cents geteilte Münzeinheit. Abkürzung (Zeichen) für dieſelbe: $

Der Golddollar iſt nach dem Geſetz von 1837 = 23,22 engl. Troygrains oder 1,505 g Feingold = 4,198 ℳ. Geprägt werden in Gold 0,900 fein: Double-Eagles = 20 $, Eagle = 10 $, Half-Eagles = 5 $ und 3-, $2\frac{1}{2}$- und 1-Dollar-Stücke, für Kalifornien auch 50- und 100-Dollar-Stücke. Der Silberdollar iſt nach dem Geſetz von 1878 = 371,25 Troygrains oder 24,0566 g Feinſilber und 0,900 fein; er bildet das Silberkurant. Als Scheidemünzen werden 50-, 25- und 10-Cent-Stücke geprägt. Dies iſt der ſogenannte Standard-Silber-Dollar. Von 1873—78 prägte man als Handelsmünze den, zunächſt allgemein, ſeit 1876 nur für den Handel mit dem Auslande zugelaſſenen Trade-Dollar zu 24,494 g Feinſilber. Seit 1887 wird dieſer Trade-Dollar eingezogen. Die Papierdollars (Schatzſcheine) wurden 1861 mit Zwangskurs aufgegeben und werden wegen ihrer dunkelgrünen Farbe auch „Greenbacks“ genannt. Neben dem Dollar der Vereinigten Staaten iſt noch weit verbreitet der mexikaniſche Dollar (Piaſter, Peſo) = 100 Centavos, er enthält 24,433 g Feinſilber und wird $902\frac{7}{9}$ fein geprägt. Dieſer Dollar iſt, außer in Mexiko, noch in Oſtaſien, Afrika und einzelnen Ländern Amerikas gebräuchlich. Der ſpaniſche Dollar kurſiert hauptſächlich in Kuba. Auf den Philippinen iſt der Golddollar (Peſo), 1,6915 g ſchwer und 0,875 fein die Geldeinheit. *Plato.*

Dollbord oder Schandeckel, die den oberen Abſchluß eines Bootes bildende Planke, die zugleich für die Lagerung der Dollen dient. S. Bootsbau.

Dollen, metallene Dübel, f. Dübelverbindung.

Dollieren, der Fleiſchſeite der Weißgarleder und Sämiſchleder ein ſchönes, gleichmäßiges Ausſehen mit dem Dolliermeſſer oder mit der Dolliermaſchine erteilen.

Die letztere beſteht im weſentlichen aus einer um eine horizontale Achſe drehbaren Trommel, die mit einer ſchmirgelhaltigen Maſſe belegt iſt und in ſchnelle Bewegung verſetzt werden kann. Durch Anlegen des Felles an die in Bewegung geſetzte Trommel wird das Fell auf der Fleiſchſeite abgeſchliffen und dadurch egaliſiert. *Päßler.*

Berichtigungen.

Band I: S. 44, Zeile 20 von oben: *E. Schmitt* gehört unter den vorhergehenden Artikel.

S. 46. In der Formel, Zeile 17 von unten, an Stelle von $\ldots\left(\frac{\partial U^2}{\partial y}+\left(\frac{\partial U}{\partial z}\right)^2\right.$, ſoll es heißen: $\ldots\left(\frac{\partial U}{\partial y}\right)^2+\left(\frac{\partial U}{\partial z}\right)^2$.

Band II: S. 270, Zeile 15 von oben:

ſtatt $V_0=\frac{V_0}{3{,}6}$ ſoll es heißen: $v_0=\frac{V_0}{3{,}6}$.

S. 270, Zeile 21 von oben:

ſtatt $W=2{,}5+0{,}00945\,F:Q\,V^2$ ſoll es heißen: $W=2{,}5+0{,}00945\,F\,V^2:Q$.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

GHP: 03 M24131

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

P
03

LUEGER

LEXIKON
DER
GESAMTEN
TECHNIK

II

Biegungsachse
bis
Dollieren

M
24 131

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN