



UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Lexikon der gesamten Technik und ihrer Hilfswissenschaften

Lueger, Otto

Stuttgart [u.a.], [1910]

Z

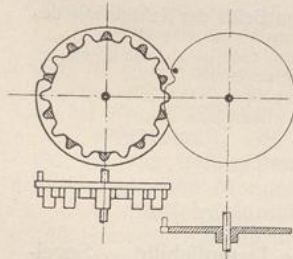
[urn:nbn:de:hbz:466:1-84161](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:466:1-84161)

Zähflüssigkeit (Fluidität, Zähigkeit, Viskosität), f. Reibung, innere, Bd. 7, S. 396.

Zähler, in der Mathematik, f. Bruch.

Zählwerke dienen zur Feststellung, wie oft eine sich immer in gleicher Weise vollziehende Bewegung wiederholt hat.

Als wesentliche Teile besitzen sie eine Anzahl von Zahlenscheiben, je mit den Ziffern 0 bis 9 bezeichnet. Von jeder Scheibe ist immer nur eine Ziffer sichtbar und die Gesamtheit der in einer Geraden angeordneten sichtbaren Ziffern bildet die Ablefungszahl. Da die Ziffern entsprechend ihrer Stellung Einer, Zehner, Hunderter u. f. w. bedeuten, so werden die betreffenden Zahlenscheiben als Einer-, Zehner- u. f. w. Scheibe bezeichnet. Bei jeder zu regulierenden Bewegung muß die Eiferscheibe um $\frac{1}{10}$ ihres Umfangs gedreht werden; sie wird zu diesem Zweck als Schaltrad ausgebildet, und ihre Verdrehung erfolgt mit Hilfe einer hin und her schwingenden Schaltklinke (f. Schaltmechanismen) oder mittels einer Schaltklinke, die an dem schwingenden Hebel auf das Schaltrad einwirken. Die Bewegung des Zehnerrads darf immer nur erfolgen, wenn das Einerrad den Wechsel der Ziffer 9 zu 0 vornimmt; daselbe ist der Fall beim Hunderter-



rad u. f. w. Diese Bewegung wird in folgender Weise hervorgerufen (vgl. die Figur): Das schaltende Rad trägt einen Stift, der zwischen die zwei Zähne eines 20zahnigen Zahnrad eintritt und dieses um $\frac{1}{10}$ seines Umfangs verdreht. Um eine Sperrung des geschalteten Rades vorzunehmen und seine Bewegung nur während des Wechsels der Ziffer 9 zu 0 beim treibenden Rad zu ermöglichen, ist jeder zweite Zahn der Zähne des zu schaltenden Rades um eine Zahnbreite verlängert; in dem Spielraum zwischen zwei aufeinander folgenden verlängerten Zähnen liegt das treibende Rad mit seinem Rand, so daß das zu schaltende Rad gesperrt ist. Seine Bewegung um $\frac{1}{10}$ seines Umfangs beim Wechsel der Ziffer 9 zu 0 beim treibenden Rad wird dadurch ermöglicht, daß die Scheibe des treibenden Rades am Rande einen Einschnitt besitzt, in dem bei der Schaltung der gegen die treibende Scheibe sich bewegende Zahn Platz findet. — Zu den Zählwerken kann man auch die Tourenzähler (vgl. Bd. 4, S. 434) rechnen. Sie bestehen gewöhnlich aus Schnecke und Schneckenrad. Die Schnecke wird in Verbindung mit der Welle gebracht, deren Umdrehungszahl gemessen werden soll. Das Schneckenrad besitzt eine Teilung, die mit Hilfe eines feststehenden Zeigers die Umdrehungszahl abzulesen gestattet. Es gibt auch Kombinationen von Arretieruhren mit Zählwerken, so daß Zeitdauer und Umdrehungszahl gleichzeitig abgelesen werden können.

A. Widmaier.

Zähnezahl wird beim Entwurf von Zahnrädern frei gewählt.

Räder mit nur einem treibenden Zahne kommen in Zählwerken vor. Zwei Zähne hat das Griffon-Getriebe (Bd. 4, S. 632). In Wagenwinden benutzt man vierzählige, aus dem Vollen gefräste Triebe von Schmiedeeisen, durch Einsetzen gehärtet. An Handwinden wählt man (10), 11 oder 12 Zähne für die Triebe. In laufenden Getrieben steigt die zulässig kleinste Zähnezahl mit der Umfangsgeschwindigkeit u , etwa als $u + 10$ bei abfäzigem, $2(u + 10)$ bei ständigem Betrieb (besonders für Uebersetzungen ins Schnelle), weil sich Zähne von größerer Anzahl und dementsprechend größerem Raddurchmesser beim Angriff weniger stemmen, weniger reiben und weniger abnutzen. An Elektromotoren hat man Räder von 12 bis 20 Zähnen, bei Transmissionen 24 Zähne, bei Wasserradvorgelegen 36–54 Zähne als Mindestzahl. Meist ist die Zähnezahl ein Vielfaches der Armzahl (f. a. Uebersetzungsverhältnis).

Lindner.

Zängen, Zänghammer, -mühlen, -presse, -walzwerk, die Bearbeitung der Schweißseifenluppen (f. Schweißseifen) nach ihrer Entnahme aus dem Frischfeuer bezw. Puddelofen, in einem Verdichten der Luppen bestehend, um

die einzelnen Eisenpartikel miteinander zu verschweißen und die zwischen ihnen befindliche Schlacke auszuquetschen. Weiteres f. Luppe.

A. Widmaier.

Zaffer, f. Kobaltfafflor.

Zahlen, Mengen von Einheiten ein und derselben Art. Die Lehre von den Zahlen (Zahlentheorie) beherrscht gegenwärtig fast die gesamte reine Mathematik und drückt verschiedenen Zweigen derselben (z. B. der Algebra, Funktionentheorie, Geometrie) ihr besonderes Gepräge auf.

Zu den zunächst gegebenen positiven ganzen Zahlen treten durch Subtraktion die negativen (die Grenze beider bildet die Null); durch Division die gebrochenen Zahlen. Zwischen diese rationalen Zahlen schieben sich, die Zwischenräume stetig erfüllend, die irrationalen Zahlen ein. Diese sind teils algebraisch (d. h. Wurzeln von Gleichungen mit rationalen Koeffizienten), z. B. $1 + \sqrt{2}$, teils transzendent, z. B. π , e . Diesen einfachen Zahlen stehen endlich die aus mehreren Haupteinheiten zusammengesetzten gegenüber, unter welchen die gewöhnlichen komplexen Zahlen von der Form $a + b\sqrt{-1}$ die wichtigsten sind.

Die Zahlentheorie beschäftigt sich zunächst mit den ganzen Zahlen, insbesondere mit der Teilbarkeit derselben. Eine Zahl, welche außer der Einheit und sich selbst keinen Teiler hat, heißt (absolute) Primzahl, z. B. 1, 2, 3, 5, 7, 11, 13, 17, 19, 23, 29...; Zahlen, welche keinen gemeinsamen Teiler haben, heißen relative Primzahlen, z. B. 35 und 48. Eine Zahl, die keine Primzahl ist, kann nur auf eine Art als Produkt von Potenzen von Primzahlen dargestellt werden, z. B. $360 = 2^3 \cdot 3^2 \cdot 5$. Es gibt unendlich viele Primzahlen. Ob eine Zahl n eine Primzahl ist, kann nur durch Versuche, d. h. durch Division mit allen Primzahlen, die kleiner als \sqrt{n} sind, entschieden werden. Die Zahl der relativen Primzahlen zu n , welche positiv und nicht größer als n sind,

ist $\varphi(n) = n \left(1 - \frac{1}{p_1}\right) \left(1 - \frac{1}{p_2}\right) \dots$, wenn $n = p_1^{\alpha} p_2^{\beta} \dots$ die Zerlegung von n in seine Primfaktoren ist. Eine Zahl heißt vollkommen, wenn sie gleich der Summe ihrer sämtlichen Teiler (die selbst natürlich ausgenommen) ist, z. B. $28 = 1 + 2 + 4 + 7 + 14$. Zwei Zahlen heißen befreundet (amikal), wenn jede gleich der Summe sämtlicher Teiler der andern (die Zahlen selbst ausgenommen) ist, z. B. 220 und 284. Es ist nämlich $220 = 1 + 2 + 4 + 5 + 10 + 11 + 20 + 22 + 44 + 55 + 110$. Zwei Zahlen, a und b , welche bei Division mit m denselben Rest geben, heißen kongruent in bezug auf den Modul m . Man schreibt dies $a \equiv b \pmod{m}$ und nennt diese Formel eine Kongruenz. Z. B. ist $22 \equiv 40 \pmod{9}$. Fermatscher Satz: Ist p eine Primzahl, a durch dieselbe nicht teilbar, so ist $a^{p-1} \equiv 1 \pmod{p}$, z. B. $2^6 \equiv 64 \equiv 1 \pmod{7}$. Wilsonscher Satz: Ist p eine Primzahl, so ist $1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot \dots \cdot (p-1) \equiv (p-1) \pmod{p}$, z. B. $1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 4 \cdot 5 \cdot 6 \equiv 720 \equiv 6 \pmod{7}$. Eine Zahl n wird in bezug auf den Modul m als quadratischer Rest oder Nichtrest bezeichnet, je nachdem die Kongruenz $x^2 \equiv n \pmod{m}$ lösbar ist oder nicht, d. h. je nachdem es eine ganze Zahl x gibt, die dieser Kongruenz genügt. Die Zahl -1 ist quadratischer Rest von jeder Primzahl von der Form $4R+1$ und Nichtrest von jeder Primzahl $4R+3$. Reziprozitätsgesetz von Legendre: Hat wenigstens eine der beiden Primzahlen p und q die Form $4R+1$, so sind entweder beide quadratische Reste (z. B. 5 und 31) oder Nichtreste (z. B. 5 und 7) voneinander. Haben aber beide die Form $4R+3$, so ist eine Rest, die andre Nichtrest der andern (z. B. 11 ist Rest von 7, 7 Nichtrest von 11).

Weitere Teile der (höheren) Zahlentheorie sind die Lehre von den homogenen Formen, insbesondere von den binären quadratischen Formen $ax^2 + 2bxy + cy^2$, wobei a, b, c ganze Zahlen sind. Mit diesen Untersuchungen hängt die ganzzahlige Lösung der unbestimmten sogenannten Pellischen Gleichung $x^2 - Dy^2 = 1$ zusammen. Hieran schließt sich die Lehre von den höheren Potenzresten und den höheren Kongruenzen, von den Kreisteilungsgleichungen, von den sogenannten algebraischen Zahlkörpern (d. h. dem Inbegriff aller Zahlen, welche rationale Funktionen gegebener algebraischer Zahlen sind), von den gewöhnlichen und höheren komplexen Zahlen, endlich von den sogenannten Idealen, d. h. solchen Systemen algebraischer Zahlen $\alpha_1, \alpha_2, \dots$, bei welchen alle linearen Kombinationen derselben $\lambda_1 \alpha_1 + \lambda_2 \alpha_2 + \dots$ ($\lambda_1, \lambda_2, \dots$ ganze Zahlen) wieder dem System angehören.

Literatur. Von den angeführten Werken eignen sich [2], [6], [14] und vor allem [24] besonders zur Einführung; [12] ist streng wissenschaftlich gehalten; [18]–[21] sind Tabellenwerke; [1] Schwarz, Elemente der Zahlentheorie, Halle 1855. — [2] Wertheim, Elemente der Zahlentheorie, Leipzig 1887. — [3] Tchebycheff, Theorie der Kongruenzen, deutsch von Schapira, Berlin 1889. — [4] Lucas, Théorie des nombres, Paris 1891. — [5] Weber, Elliptische Funktionen und algebraische Zahlen, Braunschweig 1891. — [6] Bachmann, Zahlentheorie, Bd. 1, Die Elemente der Zahlentheorie, Leipzig 1892, Bd. 2, Die analytische Zahlentheorie, Leipzig 1894, Bd. 3, Die Lehre von der Kreisteilung, Leipzig 1872, Bd. 4, Die Arithmetik der quadratischen Formen I, Leipzig 1898. — [7] Scheffler, H., Beiträge zur Zahlentheorie, insbesondere zur Kreis- und Kugelteilung, Leipzig 1892. — [8] Derf., Die quadratische Zerfällung der Primzahlen, Leipzig 1892. — [9] Speckmann, Beiträge zur Zahlentheorie, Oldenburg 1893. — [10] Dedekind, Was sind und was sollen die Zahlen? 3. Aufl., Braunschweig 1893. — [11] Legendre, Zahlentheorie, deutsch von Mafer, 3. Aufl., Bd. 1 u. 2, Leipzig 1893. — [12] Lejeune-Dirichlet, Vorlesungen über Zahlentheorie, 4. Aufl., herausgegeben von Dedekind, Braunschweig 1894. — [13] Tannery, J., Introduction à l'étude de la théorie des nombres et de l'algèbre supérieure, Paris 1895. — [14] Stieltjes, Essai sur la théorie des nombres, Paris 1895. — [15] Minkowski, Geometrie der Zahlen, Bd. 1, Leipzig 1895. — [16] Hilbert, Die Theorie der algebraischen Zahlkörper, Jahresbericht der deutschen Mathematikervereinigung, Bd. 4, Berlin 1897. — [17] Kronecker, Vorlesungen über

Mathematik, Bd. 3, Vorlesungen über Zahlentheorie, herausgegeben von Henkel, Leipzig 1901. — [18] Burckhardt, Tables des diviseurs pour tous les nombres du 1., 2. et 3. million, Paris 1817. — [19] Glaisher, J., Factor table for the 4., 5. and 6. million, London 1879-83. — [20] Dafe, Faktorentafeln für alle Zahlen der 7., 8. und 9. Million mit den darin vorkommenden Primzahlen 1-III, Hamburg 1862-65. — [21] Reuschle, C. G., Tafeln komplexer Primzahlen, welche aus Wurzeln der Einheit gebildet sind, Berlin 1875. — [22] Bachmann, Niedere Zahlentheorie I, Leipzig 1902. — [23] Klein, Vorlesungen über Zahlentheorie I-II, Leipzig 1895-97. — [24] Wertheim, Anfangsgründe der Zahlentheorie, Braunschweig 1902. — [25] Bachmann, Grundlehren der neueren Zahlentheorie, Leipzig 1907. — [26] Sommer, J., Vorlesungen über Zahlentheorie, Leipzig 1907.

Zahn, 1. vorstehender, zahnähnlicher Maschinenteil: Zahn der Zahnräder, Sperräder, Klauenkupplungen (vgl. Verzahnungen); 2. schneidender Zahn, Schneidzahn oder Messer zur Erzeugung eines Gewindeganges an Schrauben und Muttern; der Schneidzahn ist entweder im Schneidzeuge (f. Bd. 7, S. 766, Fig. 2) oder wird als Drehtischel benutzt. Der Schneidzahn wird auch im Rohr- und Rundstangenabschneider (f. Bd. 7, S. 497, Fig. 6) verwendet. † E. Dalchow.

Zahnbreite, die Breite des Zahnkranzes, ist mehr durch die Rücklicht auf Abnutzung als auf Festigkeit bestimmt.

Man bezieht die Breite b auf die Teilung t (f. Zahnstärke) oder den Modul $\tau = t/\pi$ und kann im allgemeinen nach der Umfangsgeschwindigkeit u der Räder $b/t = 2\sqrt[3]{u}$ setzen. Im befondern wählt man $b = 2t$ oder 6τ für unbearbeitete Zähne in Gußeisen oder Stahlguß, die bis $u = 2$ m/sec benutzt werden; für geschnittene Zähne ebenso $b = 2t$ für langflamen Gang bis 2 m/sec, $2,5t$ bis 3 t bei 2-5 m/sec, für normale Triebwerks- und Wechselräder $b = 10\tau$, für Holz-Eisenräder 3 t bei 2,5-5 m/sec, 4 t bei 5-7,5 m/sec, und 5 t bei 7,5-10 m/sec; Bronze auf Stahl mit 4 t läuft mit 6-9 m/sec, wenn die Schmierung durch einen Ölfestral im Gehäuse erfolgt; Rohhautriebe mit 4 t bis 5 t und mehr erreichen 6-12 m/sec; Pfeilzahnrad (Bd. 7, S. 94) erhalten 3,5 t bis 4,5 t , Schneckenräder (Bd. 7, S. 756) 1,5 t , Räder in Zähl- und Uhrwerken 0,5 t bis 1 t .

Zahneisen, 1. Eisen des Zahnhebels (f. Hobeln); 2. Eisen des Böttcherzahnhebels (f. Böttcherei); 3. Werkzeug des Graveurs zur Erzeugung feiner Furchen; es besitzt auf einer Längsseite feine parallele Rinnen, so daß durch das Anschleifen am einen Ende feine Zähne entstehen; 4. Werkzeug des Bildhauers; Meißel mit sechs oder acht Spitzen oder breiten Zähnen, zum Abtrennen kleiner Teile vom Stein dienend; 5. Werkzeug der Steinhauer: scharfer, im Längsschnitt spitz zulaufender Meißel.

Zahnexzentrik ist ein in Fig. 1 schematisch dargestellter Mechanismus, der zwei in einem Gliede 1 gelagerte und im Eingriff befindliche Zahnräder 2, 5 enthält, von denen das Zahnrad 2 durch eine Achse 23 mit dem stangenförmigen Gliede 3 drehbar verbunden und das Zahnrad 5 durch die Achse 45 an eine auf 3 gleitende Hülse 4 drehbar angegeschlossen ist [1]. Wird das stangenförmige Glied 3 als fest betrachtet, dann heißt dieser Mechanismus ein Zahnexzentrikgetriebe.

Das Zahnrad 2 dreht sich bei diesem Getriebe in dem festen Gliede 3 um die feste, exzentrische Achse 23; dadurch wird das Glied 1, in welchem sich die Räderachsen 12, 15 befinden, und das Zahnrad 5 nebst der mit demselben einstückig verbundenen Stange 15-A in Bewegung versetzt, durch welche eine schwingende Bewegung der auf 3 gleitenden Hülse 4 bewirkt wird. Bei der in Fig. 2 dargestellten Anordnung ist das um die feste, exzentrische Achse 23 rotierende Zahnrad 2 ein Hohlrad, in welchem das Zahnrad 5 läuft.

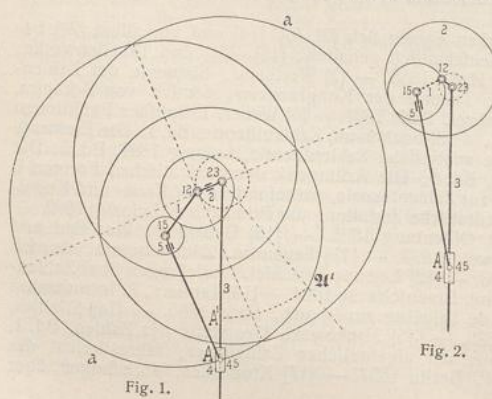


Fig. 1.

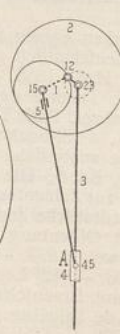


Fig. 2.

Um in Fig. 1 die komplizierte schwingende Bewegung des Gliedes 4 auf der Stange 3 zu veranschaulichen, betrachten wir einstweilen das Zahnrad 2 als fest und denken uns das Glied 1 um die jetzt feste Achse 12 gedreht; dann beschreibt der mit dem umlaufenden Rade 5 verbundene Punkt A, der mit dem Achsenpunkt 45 identisch ist, eine zyklische Kurve (f. Bd. 6, S. 17), die im betrachteten Falle eine verschlungene Epizykloide a ist und von zwei rechtwinkligen Geraden symmetrisch geteilt wird. Die Stange 3 rotiert hierbei um die feste Achse 23. Stellen wir jetzt wieder das Glied 3 fest und denken wir uns die Epizykloide a mit dem um die feste, exzentrische Achse 23 rotierenden Zahnrad 2 verbunden, dann bewegt sich der Schnittpunkt A, welchen die

bewegte Epizykloide a mit der festen Geraden 3 bildet, ebenso wie die Hülse 4 auf der Stange 3. Dreht sich z. B. das Zahnrad 2 mit der Epizykloide a in dem Sinne $\mathcal{A}^1 A^1$ um den Winkel $\mathcal{A}^1 23-A^1$, so wird, wenn $23-A^1 = 23-\mathcal{A}^1$ gemacht ist, der Punkt A während dieser Drehung nach A^1 bewegt. So vielmal wie der mit dem Radius $23-A^1$ um 23 beschriebene Kreis die Epizykloide a schneidet, so oft wird der Punkt A während einer Umdrehung des Rades 2 an die Stelle A^1 gelangen [2]. In Fig. 1 ist beispielsweise für das Verhältnis der Rollkreisradien der Zahnräder 5, 2 das einfache Verhältnis 1:2 gewählt. Wenn dieses Verhältnis weniger einfach ist, dann wird der Schwingungsvorgang der Hülse 4 noch viel komplizierter. In Fig. 2 ist ebenfalls das Verhältnis der Rollkreisradien des Vollrades 5 und des Hohlrades 2 gleich 1:2 angenommen. Denken wir uns auch in diesem Falle einseitigen das Zahnrad 2 festgestellt, dann würde der mit dem Rade 5 verbundene Punkt A eine Hypozykloide beschreiben, die bei diesem Verhältnis eine Ellipse mit dem Mittelpunkt 12 ist (vgl. Cardanische Kreise). Wenn wir dann wieder das Glied 3 als fest betrachten und uns diese Ellipse mit dem rotierenden Rade 2 verbunden denken, dann wird durch dieselbe in gleicher Weise wie durch jene Epizykloide a in Fig. 1 der Schwingungsvorgang der Hülse 4 veranschaulicht [3].

Literatur: [1] Reuleaux, Zahnexzentrik, Zivilingenieur, Bd. 4, S. 4, 1858. — [2] Burmeister, Lehrbuch der Kinematik, Bd. 1, S. 524, Leipzig 1888. — [3] Rittershaus, Untersuchung dieses in anderer Gestaltung bei der Wanzenförmigen Nähmaschine angewandten Mechanismus, Zivilingenieur, Bd. 26, S. 27, 1880.

Burmeister.

Zahnformen, Zahnprofile, f. Verzahnungen.

Zahnkränze werden auf Radsternen, an Wasserrädern, in Drehscheiben u. f. w. angebracht, bei großen Abmessungen mehrteilig zusammengesetzt.

Zahnkupplung, f. v. w. Klauenkupplung (f. d.).

Zahnleisten, fägelartig angeordnete Teile der inneren Einrichtung von Schränken zur Aufbewahrung von Hausrat, Wäpche, Büchern u. dergl.

Zahnradbahn, f. Zahnstangenbahn.

Zahnräder unterscheidet man nach Form, Verzahnung und Material.

Stirnräder sind als Vollräder (Fig. 1—3) außen, als Hohlräder (f. d.) innen verzahnt. Etagenräder (Fig. 4) mit zwei um die halbe Teilung versetzten Zahnkränzen und dazwischengelegtem halbhochem Bordring ersetzt man lieber durch Pfeilzahnrad (f. d.). Besonders behandelt sind

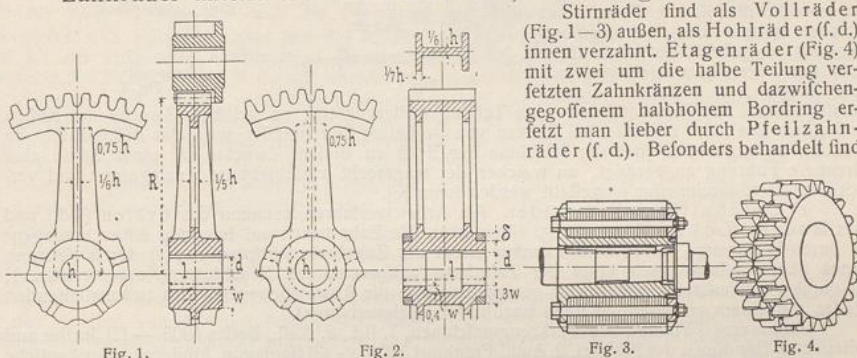


Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 3.

Fig. 4.

Kegel- und Hyperbelräder, Schrauben- und Schneckenräder sowie Holz-Eisenräder und Holzzähne mit Kranzform (Bd. 5, S. 128). S. a. Verzahnungen, Zahnstärke.

An gewöhnlichen gußeisernen Rädern (Fig. 1) erhält der Radboden die Stärke $0,5 t$ bis $0,6 t$ oder 2τ . Die Nabenwandstärke w beträgt, wenn die Wellenstärke d dem Moment M , entsprechend $d = \sqrt[3]{M/40}$, angepaßt ist, $w = \frac{3}{8} d + 1$ cm, bei erweiterter Bohrung D aber $w = \frac{1}{8} D + \frac{1}{4} d + 1$ cm. Die Nabenlänge $l = b + 0,05 R$ wird bei großen Abmessungen nach Fig. 2 ausgepart. Schwindringe an der Nabe werden etwa $\delta = 0,2 d + 1$ cm dick und breit. Die Armzahl sei $i = \sqrt[4]{0,12 Z D}$ für Z Zähne und D cm Raddurchmesser. Unter der Annahme, daß ein Viertel der Radarme (f. Bd. 7, S. 335) das Moment übertrage, berechnet man die Armhöhe h und Armbreite b für den bis ins Zentrum verlängerten Arm aus der Biegeformel $M = \frac{1}{4} i \cdot \frac{1}{6} b h^2 s$, für kreuzförmigen Querschnitt. Mit $b = 0,2 h$ und $s = 300$ folgt $h = \sqrt[3]{M/2,5 i} = \sqrt[3]{80 Z i}$. Die Nebenrippe erhält $\frac{1}{6} h$ als Stärke und eine der Nabenlänge und Kranzbreite angemessene Höhe. Bei τ -förmigem Querschnitt, dessen Steg in der Achsenrichtung liegt, tragen die beiden Flanschen, wobei $b = 2$ mal $\frac{1}{7} h$ ist, und daher h nur $\frac{8}{9}$ so groß wird wie nach voriger Berechnung. Elliptischer Querschnitt an schwachen Rädern erhält für $M = \frac{1}{4} i \cdot \frac{1}{10} b h^2 s$ mit $b = 0,5 h$ die Höhe $h = \sqrt[3]{50 Z i}$. Nach außen verjüngt sich der Arm auf $0,75-0,80$ der für die Mitte berechneten Armhöhe. Innen am Kranz setzen sich die Hauptrippen mit $0,3 h$ Höhe fort. Das Gewicht eines gußeisernen Stirnrades gibt die aus Tabellen abgeleitete Formel $G = 0,01 D b \tau^2 (8 + i - 15 i : Z)$; hierin ist Z die Zahnzahl, i die Armzahl, D der Teilkreisdurchmesser, alle Maße in Zentimeter. Kegelräder wiegen $0,9 G$; Holzkammräder $1,0 G$; Eisenräder in Holz-Eisengetrieben $0,8 G$; Stahlräder $1,13 G$.

Der Preis für Rohguß beträgt $70-27 \mathcal{M}/dz$, und zwar $70 \mathcal{M}/dz$ für Stücke von $10-20$ kg, $33 \mathcal{M}/dz$ bei 100 kg. Kegel- und Schneckenräder $5 \mathcal{M}/dz$ mehr; geteilte Räder 10% mehr, ebenso Triebe mit beiderseitigen Bordförmigen. Das Einschneiden von Zähnen in vollgeoffene Kränze (oder mit eingegoffenen Lücken bei Teilungen über 45 mm) kostet $0,07 Z b \tau + 1 \mathcal{M}$.

Fertig bearbeitete Stirnräder haben einen Einheitspreis von $300/\sqrt{r} \sqrt{Z} \text{ M./dz}$, etwa 125 für kleinere, 75 für große Räder. Kegel-, Schnecken- und geteilte Räder kosten 10–15% mehr.

Rohhauträder (Fig. 3) bestehen aus vielen runden Scheiben von Rohhaut, die auf einer Nabenhülse zwischen tiefer gezahnten Stirnplatten fest zusammengepresst und am Umfang ausgefräst sind. Sie vertragen weder Hitze noch Nässe und sind mit Leinöl zu tränken, im Betriebe nicht zu schmieren. Ähnlich gebaut sind Räder aus Vulkanfaser und die von Otto Zedlitz in Hannover vertriebenen Räder aus Unicapapierstoff.

Lindner.

Zahnräderherstellung. Die Herstellung der Zahnformen kann entweder durch Gießen oder durch Spanabnahme geschehen. Bei den durch Spanabnahme gebildeten Zahnformen wird bei gießbaren Metallen bisweilen die Zahnform annähernd vorgebildet.

a) Gegoffene Zahnräder. Zur Herstellung der Form (f. Eisengießerei) verwendet man bei kleineren Rädern ganze Modelle und bei Massenfabrikation Formmaschinen mit Durchzugsplatte. Das Modell wird nach dem Aufstampfen des Formmaterials durch eine den Zahn-
umrissen entsprechend ausgechnittene (Durchzugs-) Platte mittels einer mechanischen Vorrichtung hindurchgezogen; da das Formmaterial sich hierbei auf die Durchziehplatte aufstützt, so kann es nicht zwischen den Zähnen des Modells hängen bleiben, die Form wird also beim Ausziehen des Modells nicht beschädigt.

Für mittelgroße und sehr große Zahnräder benutzt man wegen der großen Kosten und der Ungenauigkeit der Modelle nur ein aus einem oder mehreren Zähnen bestehendes Segment in Verbindung mit einer Räderformmaschine nach Fig. 1 und 2. Das Zahnsegment befindet sich an einem senkrecht verschiebbaren Schlitten, dessen Führung an einem Ausleger angebracht ist. Ist die Form eines Zahns mittels des Zahnsegmentmodells hergestellt, so wird dieser aus der Form herausgehoben und bei Rädern von kleinerem Durchmesser hierauf der Formkasten um eine Teilung weitergedreht, zu welchem Zwecke der Kasten auf einem Drehtisch aufricht; bei Rädern von größerem Durchmesser wird das Modell um die Teilung weitergedreht. Bei der Maschine Fig. 2 ist zu diesem Zwecke auf einer Säule eine drehbare Führung angeordnet, an welcher der wagerecht verschiebbare Auslegerarm auf verschiedene Raddurchmesser eingestellt werden kann [3].

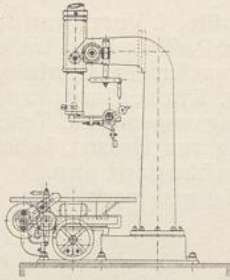


Fig. 1.

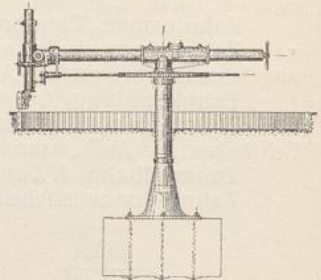


Fig. 2.

b) Gefchnittene Zahnräder. Als Arbeitsverfahren kommen das Fräsen (f. d.) und das Hobeln (f. d.) zur Anwendung. Man kann die Zahnflanken auf folgende Arten erzeugen: a) durch Werkzeuge, deren Schnittkanten direkt der Zahnflanke entsprechen; b) durch Führung eines Schneidstahls nach einer der Zahnform entsprechenden Schablone (Kopierverfahren); c) durch ein Werkzeug, welches in geeigneter Weise die Abwälzbewegung des zu bearbeitenden Rades mit einem erzeugenden Rade nachbildet (Wälzverfahren).

Literatur: [1] Fischer, Die Werkzeugmaschinen, 1. Bd., 2. Aufl., Berlin 1905. — [2] Jurthe und Mieltsche, Handbuch der Fräselei, 2. Aufl., Frankfurt 1903. — [3] Benjamin, Moderne amerikanische Werkzeugmaschinen, Leipzig 1908. — [4] The Fellows Gear Shaper Comp., Springfield, Vermont.

Zahnreibung entsteht durch das Gleiten zweier Zahnflanken aneinander, und wird als Bruchteil der übertragenen Umfangskraft berechnet.

Für eine Verzahnung, welche durch die Eingriffslinie [5] oder die Zahnkurven [6] gegeben ist, läßt sich die Reibungsarbeit für eine beliebige Stellung eines Zahnpaars für eine unendlich kleine Bewegung berechnen aus dem wirklichen Zahndruck und dem Unterschied der dabei zur Berührung kommenden Flankenstrecken beider Zähne mit dem Reibungskoeffizienten $\mu = 0,1-0,3$. Die auf den Teilkreisweg bezogene Reibungskraft R wächst bei Evolventen proportional der Entfernung von der Zentralen, bei Cykloiden ein wenig mehr. Für die Bogenlänge e ist $R = P \mu \pi (1 : Z_1 + 1 : Z_2) 2e : t$. Nimmt man e als das Eingriffsbogenstück vor der Zentralen und zugleich als das hinter der Zentralen an, so ist $2e : t = \varepsilon$ die Eingriffdauer. Für den Fall $\varepsilon = 2$ findet sich in [2] eine tabellarische Ausrechnung, nach der ein Reibungsverlust von etwa 2–5% zu gewärtigen ist. Liegt ε zwischen 1 und 2, so findet sich der Mittelwert der Reibung [3] zu $R_{1-2} = P \mu \pi (1 : Z_1 + 1 : Z_2) (\varepsilon^2 : 2 - \varepsilon + 1)$. Je weniger ε über 1–1,5 hinausgeht, um so günstiger sind die Reibungsverhältnisse. Für Zahnstangen ist $Z = \infty$, bei Hohlradverzahnung $(1 : Z_1 - 1 : Z_2)$ statt + zu setzen, wobei $Z_1 < Z_2$ ist. Die Abnutzung der Zahnflanken kann durch die auf jeden Punkt der Flankenstrecke entfallende Reibungsarbeit beurteilt werden ([5] und [6]). Sie ist am Teilkreise am geringsten und wächst nach außen, besonders aber nach innen, so daß sie z. B. am Grundkreise der Evolventen unendlich groß wird. Bei der Abnutzung des Fußes kommt der Kopf des Gegenzahn auch mit den tiefer liegenden Teilen der Fußflanke in Berührung, wobei sich die Abnutzungsstrecke weiter ausdehnt. S. a. Verzahnungen und Zahnstärke.

Literatur: [1] Grashof, Theoret. Maschinenlehre, Bd. 2, S. 277 f., Hamburg u. Leipzig 1883. — [2] Ernst, Hebezeuge, Berlin 1903. — [3] Hütte, S. 243, Berlin 1908. — [4] Zeitfchr. des Ver. deutsch. Ing. 1894, S. 168–170; f. a. 1182–87. — [5] Ebend. 1895, S. 1114–16. — [6] Ebend. 1896, S. 459–465 u. 1516. — [7] Ebend. 1902, S. 159–284.

Lindner.

Zahnschnitt ist ein tragender Teil des ionischen und korinthischen Kranzgesimses, bestehend aus vierkantigen, stark vortretenden Köpfen mit ebenfalls rechtwinkligen, etwas kleineren Zwischenräumen.

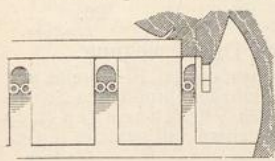


Fig. 2. Vom Tempel des Jupiter Tonans.

Der Zahnschnitt befindet sich als Zwischenglied zwischen dem Fries und unterhalb der Tragflanke und der Hängeplatte und wird durch einen Eierstab oder ein lesbisches Kymation begrenzt (f. Hauptgesims, Bd. 4, S. 788, Fig. 1). Die Unterlicht der Zwischenräume zeigt zumeist eine breite vortretende Leiste; die kräftige Schattenwirkung des Zahnschnitts wird an den Gesimsen der römischen Kaiserzeit durch eine raffinierte tiefe Unter-

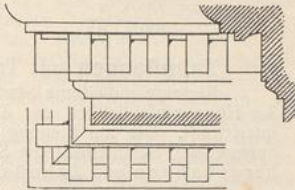


Fig. 1. Vom Forum Trajanum.

schnitts wird an den Gesimsen der römischen Kaiserzeit durch eine raffinierte tiefe Unter-

Weinbrenner.

Zahnstärke, im Teilkreis gemessen, wird unter Rücksicht auf Festigkeit und Abnutzung nach dem Zahndruck berechnet.

Die Stärke a eines Zahnes beträgt für geschnittene (gefräste oder gehobelte) Zähne nahezu $0,5 t$, für rohe Zähne $19/40 t = 0,475 t$, für Holzseifenräder (Bd. 5, S. 113) $0,56 t$ und $0,41 t$, für Einzelräder mit starker Ueberfetzung $0,6 t$ und $0,4 t$ (f. Verzahnungen, Fig. 6).

Zur Berechnung der Teilung denkt man sich den zu übertragenden Zahndruck P am äußersten Kopfe des Zahnes in tangentialer Richtung wirken, im Abstände h von der Zahnwurzel am Fußkreis, wo der Zahn die Stärke a_1 und die Breite b hat. Dafür gilt mit der Spannung s die Formel $P h = \frac{1}{6} b a_1^2 s$. Indem man die Abmessungen auf die Teilung t oder die Stizzahl $\tau = t/\pi$ bezieht, kann man $\frac{1}{6} (a_1/t)^2 s (h/t) = k$ setzen und erhält unter mittleren Verhältnissen mit $h = 2\frac{1}{6} \tau = 0,68 t$ und $a_1 = 0,52 t$ die Zahl $k = s/15$, sonst auch $s/10$ bis $s/20$. Damit läßt sich die Gleichung umformen in $P = k b t = k (b/t) t^2$ neben $P = (b/t) t^2 s/15$. Hieraus ergibt sich der Modul $\tau = t/\pi = \sqrt{1,5 P s (b/t)}$. Man hat zunächst s und b/t der Erfahrung entsprechend je nach der Umfangsgeschwindigkeit u anzunehmen. Während die Zahnbreite (f. d.) mit wachsender Geschwindigkeit größer zu wählen ist, passend im Verhältnis $b/t = 2 \sqrt[3]{u}$, muß die Spannung wegen der Abnutzung und in Rücksicht auf die stärkeren Stöße der schnelllaufenden Massen abnehmen. Die Zahnradfabrik von Friedrich Stolzenberg & Co. legt ihren Berechnungen Spannungen zugrunde, die sich durch $s = 450 - 75 \sqrt{u}$ oder $k = 30 - 5 \sqrt{u}$ ausdrücken lassen, wogegen die Angabe $k = 20 - \sqrt{n}$ für Gußeisen, gültig bis $n = \text{rund } 250 \text{ U/Min.}$ für dasjenige Rad, das hinsichtlich Abnutzung und Erwärmung als maßgebend angesehen wird, sehr sichere Werte liefert. Mittlere Werte gibt die Beziehung $s = s_1/\sqrt[3]{u}$, worin s_1 den normalen, für $u = 1 \text{ m/sec}$ zulässigen Wert bedeutet; sie ist von Reuleaux angegeben und z. B. in einer von der Eisen- und Stahlgießerei von Otto Gufon in Magdeburg-Buckau herausgegebenen Tafel zur Zahnradbemessung benutzt. In Verbindung mit $b/t = 2 \sqrt[3]{u}$ führt sie auf die einfache Formel $\tau = \sqrt[3]{0,75 P/s_1}$ oder $\tau = \sqrt[3]{1,5 M/z s_1}$ für das Moment M cmkg oder $\tau = \sqrt[3]{108000 N/n z s_1}$ für N PS. Sie gilt für die gewöhnlichen Betriebsverhältnisse mit mäßigen Geschwindigkeiten, insbesondere für die Räder von Gußeisen und Stahlguß, deren Anwendungsgebiet nur gelegentlich über 5 m/sec hinausgeht. Nebenbei genügt die Rechnung mit dieser Formel auch für den Fall, daß der Druck nicht über die ganze Breite gleichmäßig verteilt ist, sondern nur nahe an einer Stirnseite wirkt, wobei der Zahn über Eck in einer schrägen Bruchfläche von etwa $2 t$ Breite abbrechen könnte.

Die zulässige Spannung beträgt für Gußeisen 300 kg/qcm , Holz 150 , Messing 240 , Rotguß 400 , Phosphorbronze 500 , Stahlguß 600 , Deltametall gegossen 750 , geschmiedet 800 , Maschinenstahl 900 , Gußstahl 1000 . Bei ständigem Betrieb geht man, zur Erhöhung der Lebensdauer, auf zwei Drittel bis drei Viertel der Werte herab. Bei den schräggestellten Zähnen der Schnecken- und Pfeilzahnäder rechnet man mit 450 statt 300 , bei Getrieben mit stoßendem Gang oder großen Schwungmassen mit 100 bis 50 . Bei mehrfachen Vorgelegen setzt man die Spannung verschieden, z. B. an Winden für die Räder an der Trommelwelle $400-500$, für das vorliegende Paar $300-400$, für das Ritzel der Handkurbelwelle $200-300$, so daß keine Teilung $8\pi-10\pi \text{ mm}$ wird; ähnliche Werte finden sich an den Vorgelegen der Drehbänke.

Bei hohen Geschwindigkeiten ist es ratsam, die Spannung in stärkerem Maße abfallen zu lassen, etwa $s = s_1 \sqrt[3]{u^2}$ zu setzen und $\tau = \sqrt[3]{0,75 P \sqrt[3]{u/s_1}}$, weil hier die Abnutzung mehr in Betracht kommt. Diese ist proportional dem bei der Eingriffdauer e durchschnittlich wirkenden Druck $P e$ und der Umlaufzahl n , die für die Häufigkeit des Zahnangriffs maßgebend ist, im Verhältnis zur Breite b und der Zahnhöhe oder der Teilung t , so daß $A = P n / e b t$ wird. Mit Rücksicht darauf, daß für höhere Geschwindigkeiten größere Zahnzahlen gewählt werden, kann man $e = 1,3 \sqrt[3]{u}$ schätzen; setzt man dabei $b/t = 2 \sqrt[3]{u}$, $s = s_1 \sqrt[3]{u^2}$ und $u = \pi D n / 60$ für D m Raddurchmesser, so ergibt sich $A = s_1 / D$. In einem hiernach berechneten Getriebe werden sich alle Triebe und Räder gleichen Durchmessers in einer bestimmten Zeit um gleich viel an den Flanken abnutzen. Wenn die Holz- oder Rohhautzähne stärker als die eingreifenden Gußzähne angenommen werden, kann man die Teilung mit $s_1 = 300$ berechnen, für Bronze mit Stahl 500 kg/qcm , so daß z. B. für $u = 8 \text{ m/sec}$ $s = 15 k = 75$ bzw. 125 wird.

Lueger, Lexikon der gesamten Technik. 2. Aufl. VIII.

Umfangsgechwindigkeit $u = 0 \sim 1\frac{1}{2}$	1	2	3	5	8	12 m sec
$b/t = 2 \sqrt[3]{u}$	≤ 2	2	2,5	3	3,5	4
$s = 300 \sqrt[3]{u}$	$= 400$	300	240	210	175	150
$s = 300 \sqrt[3]{u^2}$	$= 450$	300	200	150	100	75
						60.

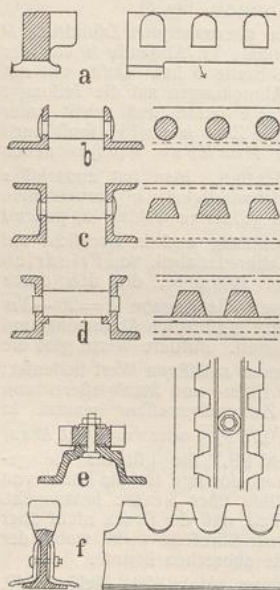
Lindner.

Zahnstangen mit Trieb vermitteln eine gerade und Drehbewegung.

Kleinere gußeiserne Stangen für Werkzeugmaschinen u. a. haben normal 10τ Breite und 9τ Höhe einschließlich der Zahnhöhe für π -Teilung; größere erhalten profilierten Schaftquerschnitt. Die auf Biegung wirkenden Seitendrucke sind bei den Verzahnungen (f. d.) angegeben. Schmiedeeiserne Stangen werden gefräst oder als Zahnleitern kalt genietet (f. Gebirgsbahnen und Zahnstangenbahnen).

Lindner.

Zahnstangenbahnen (Zahnradbahnen) suchen mit möglichst geringen Anlagekosten bei Anwendung leichter Dampflokotiven und geringer Fahrgechwindigkeit sehr starke Steigungen auf einem leichten Oberbau zu überwinden, wobei die Fortbewegung eines Zuges durch Eingreifen eines von der Lokomotive bewegten Zahnrades in eine in der Mitte des Gleises liegende und mit demselben verbundene Zahnstange bewirkt werden muß, da hierzu die gewöhnliche Reibung zwischen Rad und Schiene nicht mehr ausreicht.



a System Blenkinfop, 1812 (Gußeisen).
 b " Marth 1858
 c " Riggbach 1871
 d " Biffinger & Klose 1887 (Fluß- oder Gußstahl).
 e " Locher 1885
 f " Strub 1896

erreichter Einfachheit, hat einen konischen Kopf, wodurch es ermöglicht wird, Sicherheitsvorrichtungen anzuwenden, die den Auftrieb des Fahrzeuges und seitliches Abgleiten des Zahnrades verhindern und jedem Krümmungshalbmesser leicht angepaßt werden können [6].

Die Zahnstangenbahnen können entweder normal- oder schmalspurig, ein- oder zweigleisig hergestellt werden; ihre **Bahnanlage** unterscheidet sich grundsätzlich nicht von den ökonomisch hergestellten Reibungsbahnen mit möglichstster Anschmiebung an das Gelände. Bisher wurde größtenteils die Meterspur angewendet; die geringste in Verwendung gelangte Spurweite war 0,60 m. Die Steigungen variieren von 45% bis 377% bei stehenden Verzahnungen und bis 480% bei liegenden; allgemein dürfen $200\text{--}300\%$ bei stehenden Verzahnungen als Sicherheitsgrenze für den Zahneingriff angenommen werden. Die zulässigen Krümmungshalbmesser schwanken von 30 m bis 120 m; Bahnkrümmungen mit großen Halbmessern sind jedoch ebenso vorteilhaft wie bei gewöhnlichen Bahnen. — Der Stahlüberbau besteht aus den beiden Fahrchienen, zwischen welchen in der Mitte des Gleises die Zahnstange liegt; die Fahrchienen sind mittels Klemmplatten und Fußschrauben auf eisernen Querschwellen befestigt und an den Stößen mit Winkelfaschen verbunden. Die flußeiserne oder stählerne Leiterstange, die durch-

Die Fortbewegung des Zuges wird unter Fortfall des Hebens eines großen Teiles der Motorlast ermöglicht, während bei der Talfahrt die **Zahnstange** als Stütze zum Anhalten des Zuggewichtes dient. Diese Verhältnisse gestalten sich noch günstiger, wenn statt der Lokomotive ein leichter elektrischer Motorwagen verwendet wird, welcher keine Betriebsvorräte mitzuführen hat und gleichzeitig zur Beförderung der Nutzlast eingerichtet werden kann. Nachdem sich die ursprünglich für den Touristen- und Industrieverkehr hergestellten Zahnstangenbahnen bewährt hatten, ging man daran, die Zahnstange auch für den durchgehenden Personen- und Güterverkehr zu benutzen, und so entstanden die Eisenbahnen des sogenannten gemischten Systems, bei denen Reibungsstrecken mit Zahnstangenstrecken, je nach den Steigungsverhältnissen, abwechseln und die Zugkraft von ein und derselben Maschine ausgeübt wird (vgl. a. Gebirgsbahnen). Die allmähliche Entwicklung des Oberbaues ist in a—d (f. die Figur) dargestellt; vgl. a. [1] und [2]. Abt [3] ist 1882, von der Leiterstange ganz abweichend, zur ursprünglichen Form der Zahnstange, nämlich Zahn und Steg aus einem Stück bestehend, zurückgekehrt. Als Abänderung der Abt'schen Zahnstange ist die vereinzelt auf der San Elloro-Saltino-Bahn bei Florenz verwendete Zahnstange von Telfne, zu erwähnen, bei welcher zwei mit dem Rücken verbundene verstärkte Winkelleisen, eventuell noch durch dazwischen geschobene Flacheisen in ihren aufrecht stehenden Teilen nach der Abt'schen Weise gezahnt sind, während die horizontalen Schenkel zur Befestigung auf dem Sattel bzw. direkt auf der Querschwellen dienen [4]. — Für ganz außerordentliche Steigungen bis 48% hat Locher bei der Pilatusbahn eine weitere, aus einer Lamelle bestehende Form (f. e in der Figur) angewendet; diese ist jedoch liegend angeordnet und beiderseits verzahnt zum Eingriff von zwei wagerechten, einander gegenüberliegenden Zahnradern. Das System wurde aber nur einmal angewendet, da so bedeutende Steigungen nur äußerst selten beansprucht werden [5]. — Das neueste System ist jenes von Strub, das bei der Jungfraubahn zur Anwendung gelangen wird; dessen Zahnstange (f. f in der Figur) ist von bisher un-

schnittlich aus 2–3 m langen Segmenten besteht, wird entweder unmittelbar auf eiserne Querschwellen, oder, wenn eine große Höhenlage erforderlich, auf Sattel gebracht und an den Stößen verlastet; das Gewicht einer eisernen Querschwelle beträgt 35 kg, und jenes eines kompletten Oberbaugesänges 150 kg pro Meter. Die aus Flußstahl hergestellten Zahnstangen haben je nach der Steigung verschiedene Lamellenlängen. Das Gewicht einer zweiteiligen Stange beträgt 30–50 kg pro Meter. Die Zusammenfassung der einzelnen, auf Stühlen ruhenden Zahnstangenelemente erfolgt erst bei Verlegung auf den Schwellen. Die Fahrstienen sind gewöhnlich Vignolesstienen von 20–23 kg Gewicht pro Meter. Zur Verhinderung des Wanderns des Oberbaues ist derselbe bei den meisten Bahnen derart verankert, daß vor den Schwellen Winkel-eisen in Abständen von etwa 100 m im Unterbau befestigt sind. — Spurerweiterungen und Uebergangskurven können wegen der geringen Fahrgewindigkeit entweder ganz entbehrt oder wesentlich beschränkt werden; dagegen ist die Ueberhöhung des äußeren Schienens auf die Hälfte der sonst üblichen zulässig. Von großer Wichtigkeit ist zur Vermeidung von Entgleisungen die Ausrundung der Gefällwechsel, und zwar mit Bögen von 500 m Halbmesser bei den konkaven und mit 100 m Halbmesser bei den konvexen Gefällwechseln. — Der Uebergang der Züge von einem Gleise auf das andre wird mit Schiebebühnen, beweglichen und festen Zahnstangenweichen bewirkt. Die Zahnstangeneinfahrten bei dem gemischten System, Zahnstangen und Reibungsbahnen, bestehen aus einem elastisch gelagerten, eigentlichen Einfahrtsstück von etwa 3 m Länge, das mit seinem rückwärtigen Teile an die feste Zahnstange anschließt [7].

Die allgemein gültigen und bewährten Regeln werden auch bei den **Zahnradlokomotiven** angewendet, bei welchen aber mit wenig Gewicht eine sehr hohe Zugkraft zu erreichen gesucht wird. Bei den neueren Zahnstangenbahnen wird in der Regel die Reibungswirkung der Maschine nicht ausgenutzt. Die Lokomotiven Abt'schen Systems sind in der Schweizerischen Bauztg. 1898 beschrieben. Andre neuerer Lokomotiven f. [15].

Zahnstangenbahnen System R. Abt.

Bezeichnung	Spurweite	Länge		Steigung		Minimaler Radius		Gebaut	Lokomotiven					
		Zahn- stange	Total	Ad- hän- gung	Zahn- stange	Ad- hän- gung	Zahn- stange		Konstruktion	Anzahl	Gewicht	Zugkraft	Zuggewicht	
														mm
Harzbahn, Braunschweig	1435	7,5	30,5	25	60	180	200	1884/86	—	A. und Z.	11	56	13	135
Leheften, Thüringen	1435	1,3	2,7	35	80	150	150	1885	—	„ „ „	2	23	6	50
Oertelsbruch, Thüringen	690	0,7	5,0	50	135	35	100	1885	—	„ „ „	2	6	2	7
Puerto Cabello—Valenzia, Venezuela	1067	3,8	3,8	—	80	—	125	1886	Z.	„ „ „	3	42	9	60
Bolan-Paß, Indien	1676	11,2	20,0	20	60	300	300	1887	—	A. und Z.	2	56	12,5	130
Vilp—Zermatt, Schweiz	1000	7,5	35,0	28	125	80	100	1889/90	—	„ „ „	8	29	9	45
Generofo, Schweiz	800	9,0	9,0	—	220	—	60	1889/90	Z.	„ „ „	6	15	5,4	10
Sarajevo—Konjica, Bosnien	760	19,5	56,0	15	60	125	125	1890	—	A. und Z.	23	37	8,5	100
Elfenzer—Vorderberg, Steiermark	1435	14,5	20,0	25	71	150	180	1890	—	„ „ „	18	56	12	120
Manitou—Pike's Peak, Colorado	1435	15,0	15,0	—	250	—	115	1890	Z.	„ „ „	7	23	10	18
Transandino, Südamerika	1000	28,0	75,0	25	80	115	200	1890/95	—	A. und Z.	5	42	9	60
Diakophto—Kalavryta, Griechenland	750	3,6	23,0	35	145	30	50	1890/91	—	„ „ „	4	16	5	16
Rothorn, Schweiz	800	8,0	8,0	—	250	—	60	1891	Z.	„ „ „	4	17	7	9
Gilon—Naye, Schweiz	800	8,0	8,0	—	220	—	80	1891	Z.	„ „ „	8	17	7	10
San Domingo, Zentralamerika	765	6,4	36,0	40	90	50	100	1891	—	A. und Z.	6	25	7	50
Mont Salève, Savoyen (elektrisch)	1000	9,0	9,0	—	250	—	35	1891	Z.	„ „ „	14	7	2,5	10
Ufni, Toge, Japan	1067	8,5	11,0	25	67	—	260	1891/92	—	A. und Z.	19	36	10	100
Aix-les-Bains—Revard, Savoyen	1000	9,2	9,2	—	210	—	75	1891/92	Z.	„ „ „	7	18	7	10
Montferrat, Spanien	1000	8,0	8,0	—	150	—	80	1891/92	Z.	„ „ „	5	17	6	20
Schafberg, Oesterreich	1000	6,0	6,0	—	255	—	100	1892/93	Z.	„ „ „	6	17	7	9
Beyrut—Damaskus, Syrien	1050	32,0	140,0	25	70	100	120	1893/94	—	A. und Z.	10	43	10	100
Travnik—Bugojno, Bosnien	760	6,3	42,0	15	45	125	125	1893/94	—	„ „ „	8	36	8	90
Rimamurany—Ságo Tarján, Ungarn	635	0,2	3,2	35	146	8	80	1895	—	„ „ „	3	3	2,5	12
Snowdon, England	800	7,3	7,3	—	183	—	80	1895	Z.	„ „ „	5	18	7	16
Tiszolcz—Zólyom brézo, Ungarn	1435	6,0	42,0	22	50	180	200	1895	—	A. und Z.	4	71	14	175
Mount Lyell, Australien	1067	7,6	23,3	21	63	150	200	1896	—	„ „ „	4	24	5	50
Schneeberg, Oesterreich	1000	10,0	10,0	—	200	80	—	1896	Z.	„ „ „	6	17	7	15
Gornergrat, Schweiz	1000	10,0	10,0	—	200	80	—	1896/97	Z.	„ „ „	5	10	6	14
Hernadial, Ungarn	1435	0,3	1,3	20	100	120	150	1896	—	A. und Z.	2	15	5	32
Silberminen, Peñoles, Mexiko	760	3,0	10,0	30	150	50	60	1897	—	„ „ „	4	20	6	15
Goldminen, Mount Morgan, Austral.	1067	2,3	2,3	—	60	75	75	1897/98	—	„ „ „	3	24	5	50
Ville de Laon, Frankreich	1000	1,0	3,0	40	125	50	80	1898	—	„ „ „	5	30	7	100
Brohltal, Preußen	1000	4,0	24,0	25	50	70	120	1898	—	„ „ „	3	24	5	50
Nilgiri, Indien	1000	19,3	45,5	25	80	100	100	1897/99	—	„ „ „	12	33	7,5	50
Lyon—St. Just, Frankreich	1000	1,0	3,5	35	195	50	50	1899	—	„ „ „	6	10	2,5	20
Bex—Gryon—Villars, Schweiz	1000	5,5	12,5	—	200	—	60	1899	Z.	„ „ „	4	14,5	6,8	18
Aigle—Leyfin, Schweiz	1000	6,8	6,8	—	230	—	60	1899/1900	Z.	„ „ „	4	14,5	6,8	15
Santiago, Chile	800	0,7	0,5	—	110	—	50	1899	—	„ „ „	2	9	1,5	12
Wilanower Bahn, Rußland	1435	5,0	18,8	25	60	180	180	1899/1900	—	A. und Z.	1	22	6	100
Eulengebirgsbahn, Preußen	600	0,5	2,0	40	100	25	50	1900	—	„ „ „	3	36	12,5	135
Schulau, Hamburg	1435	5,5	7,5	22	56	180	200	1901/02	—	„ „ „	3	66	14	160
Tannwald—Grüntal, Oesterreich	1435	6,3	31,4	25	60	180	200	1903	—	„ „ „	5	36	12,5	125
Schleufingen—Ilmenau, Preußen	1435	1,6	22,4	25	46	180	180	1904	—	„ „ „	3	33	7,5	100
Görlitz—Krißha, Preußen	1000	10,1	16,5	14	60	150	250	1904	—	„ „ „	3	60	14,5	150
Central Nordbahn, Argentinien	1435	0,4	2,0	15	70	100	100	1905	—	„ „ „	2	16	5	40
Albruck, Baden	1435	5,6	37,0	20	60	180	200	1905/07	—	„ „ „	2	56	12,5	125
Boppaw—Castellaun, Preußen	1000	18,0	43,0	25	80	65	120	1905/07	—	„ „ „	7	83	20	140
Chilian—Tianfandine, Chili	1435	0,7	3,0	20	105	90	300	1906	—	„ „ „	3	32	9	50
Ozd, Eisenwerk, Ungarn	600	1,4	5,0	25	130	20	50	1907	—	„ „ „	2	8	1,6	8
Sawah—Loen Pandjang, Sumatra	800	2,5	2,5	—	130	—	60	1907/08	Z.	„ „ „	2	14	6	40
Montreux—Gilon, Schweiz	1435	5,4	76,0	25	50	200	250	1908	—	A. und Z.	7	72	14	160
Karánfeber—Habszeg, Ungarn	1000	36,0	425,0	30	60	100	120	1909	—	„ „ „	5	64	14,5	150
Arica—La Paz, Chile	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Die **Personenwagen** bei Touristenbahnen sind in der Regel Aussichtswagen mit halboffenem Oberteil des Wagenkastens und von möglichst leichter Bauart, was nur bei einer Wagenklasse und mit einfacher Ausstattung vollkommener erreicht wird. Dieselben sind teils zwei- oder vierachsig auf Drehgestellen und unterscheiden sich von den gewöhnlichen Wagen nur durch die Bremsanordnung, welche aus einem Bremszahnrad und zugehörigem Hebelwerk besteht; sie haben je nach Größe 48–60 Sitzplätze. Das Eigengewicht des leichtesten Wagens beträgt 75 kg pro Sitzplatz.

Die **Güterwagen** haben 6 t Tragkraft bei 2–5 t Eigengewicht. Die Wagen für Reibungs- und Zahnradbetrieb sind den vorerwähnten Wagen ähnlich, nur ist wegen des durch die beweglichen Weichen veranlaßten kontinuierlichen Zahneingriffes nur ein Zahnrad erforderlich, welches unter dem Drehzapfen eines Drehgestelles liegt und die zusammengehörigen Bremszahnräder mit Bremsrollen trägt. Zeichnungen und Beschreibungen von Wagen, sowohl für reine Zahnstangenbahnen als auch für das gemischte System finden sich in [15].

Die **Fahrgeschwindigkeit** bei Touristenbahnen mit großen Steigungen beträgt 5–7 km, bei mittlerer Steigung 8–10 km; auf Bahnen für den allgemeinen Verkehr mit gut konstruierter Zahnstange 12–15 km und auf den zugehörigen Reibungsstellen bis 18 km pro Stunde, während jene mit getrennten Mechanismen sich wie gewöhnliche Lokomotiven von gleichem Raddurchmesser bewegen. — Aus Betriebs sicherheitsrücksichten wird der Zug in der Bergfahrt von der Maschine geschoben, in der Talfahrt befindet sich dieselbe an der Spitze des Zuges; die Wagen werden bei der Fahrt mit der Maschine nicht zusammengekuppelt. Das Einfahren in die Zahnstange beim gemischten System geschieht ohne jedes Anhalten.

Touristenbahnen haben gewöhnlich nur Sommerbetrieb. Bei den gemischten Bahnen, die während des ganzen Jahres regelmäßig verkehren, ergaben sich erfahrungsgemäß zur Winterzeit keine ernstlichen Schwierigkeiten. Bei reinen Zahnstangenbahnen, die gewöhnlich kurz sind, können die Fahrbetriebsmittel bei geringer Fahrgeschwindigkeit nicht genügend ausgenutzt werden, wodurch die Betriebskosten, auf das Kilometer reduziert, ziemlich hoch sind; ebenso sind die Bahnerhaltungskosten pro Bahnkilometer, insbesondere wegen Schmierung der Zahnstange, höher als bei gewöhnlichen Reibungsbahnen. — Zahnstangenbahnen können auch mit Benutzung von Fahrstraßen ausgeführt werden (St. Gallen—Gais), f. [8]. Zahnstangenbahnen werden auch elektrisch betrieben, z. B. die doppelgleisige Barmener Bergbahn [9], die Bahn auf den Mont Salève [10], Salgo-Tarjan [11], Gornegratbahn [12].

Die Anlagekosten der Zahnstangenbahnen bewegen sich zwischen 64000 und 640000 M. pro Kilometer; dieselben werden nur zum geringsten Teil von dem System beeinflusst. Die von der Zahnstangeneinrichtung der Lokomotiven herrührenden Mehrkosten betragen 48000 bis 56000 M. pro Kilometer; die übrigen Kosten stehen mit dem System in keinerlei unmittelbarem Zusammenhang [13]. — Mit Ende 1897 waren auf der gesamten Erde 71 Zahnstangenbahnen in der Gesamtlänge von 887,8 km im Betriebe, darunter 32 reine Zahnstangenbahnen. Von den Bahnen hatten je 1 die Zahnstangen von Biffinger, Locher und Telfner, je 2 Bahnen das System Marth und Klose, 53 Bahnen das System Abt, wie aus der Zusammenstellung S. 963 zu entnehmen ist, ferner 35 Bahnen das System Riggenbach und für Touristenbahnen das System Strub bei der Jungfraubahn, der Triest—Opicina, der Mendelbahn in Tirol und der Fesuvbahn angewendet [14], [15].

Literatur: [1] Chemins de fer à fortes pentes et à crémaillère, système Riggenbach, Zürich 1889; Zwick, H., Die Riggenbachbahn mit Zahnradbetrieb, Leipzig 1873; Abt, R., Die drei Riggenbachbahnen und das Zahnradsystem, Zürich 1871; Kronauer, J. H., Schweizerische polytechnische Zeitschr., Zürich 1870; Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens, Wiesbaden 1870 u. 1871; Deutsche Bauztg., Berlin 1872; Schweizerische Bauztg. 1891 u. 1893; Müller, Grundzüge des Kleinbahnwesens, Berlin 1895. — [2] Biffinger, Die Zahnstange und Zahnstangenoberbau der Höllentalbahn, Archiv für das Eisenbahnwesen, Berlin 1887; Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens 1887. — [3] Abt, Betriebsergebnisse auf Adhäsion und Zahnstange, Luzern 1896; Abts Zahnradbetrieb, Zahnstange und Zahnradlokomotive, Wiesbaden 1888; Abt, Ein neues Zahnradsystem, Zeitschr. f. Eisenbahnen und Dampfschiffahrt, Wien 1888; Ders., Mitteilungen über neuere Zahnradbahnen, ebend. 1891; Zwei neue elektrische Bergbahnen mit Abtscher Zahnstangen- und Reibungstrecke, Schweizerische Bauztg., Bd. 39, 1896; Die Entwicklung des Zahnradsystems Abt während der letzten 10 Jahre in Oesterreich-Ungarn, Zeitschr. des Oesterr. Ing.- u. Arch.-Ver., Wien 1898, Nr. 19 u. 20. — [4] Walloth, K., Zahnradbahnen, Kalender für Eisenbahntechniker, Wiesbaden 1898. — [5] Pilatusbahn, Rölls Enzyklopädie, Bd. 6, Wien 1894; Die Pilatusbahn, Zentralbl. der Bauverwaltung, Berlin 1890. — [6] La voie et la crémaillère du chemin de fer de la Jungfrau, Revue générale des chemins de fer, Paris 1897; Strub, E., Der Oberbau der Jungfraubahn, Schweizerische Bauztg., Zürich 1897, Bd. XXIX, Nr. 13; Ueber die Jungfraubahn im Berner Oberland und die Eisenbahnprojekte auf den Montblanc, Mitteil. des Ver. für die Förderung des Lokal- und Straßenbahnwesens, 12. Heft, 1903. — [7] Abts Zahnradsystem, Rölls Enzyklopädie, Bd. 1, Wien 1890; Rackrail, Locomotives for the Sumatra State Railway, Engineering, London 1897, S. 281; Snowdon Mountain Railway, ebend. 1896, S. 427; Seligmann, Die Erzbergbahn, Zeitschr. für Eisenbahnen und Dampfschiffahrt, Wien 1892, Nr. 19 u. 20; Ingoviz, A., Eisenbahn Eifenerz—Vorderberg, Zahnradbahn kombiniert mit Adhäsionsbahn, Wien 1892; Reibungsbahnen und Bahnen gemischten Systems, ein Vergleich ihrer wirtschaftlichen Verhältnisse, Zeitschr. für Bauwesen 1903; Schneider, Die Zahnradbahnen und ihre Anwendung auf den Harz, Berlin 1889; Ders., Erfahrungen im Bau und Betrieb von Zahnradbahnen, Berlin 1894; Kuntze, A., Die schmalspurige Eisenbahn von der Lahn nach der Grube bei Oberlahnstein; Gemischte Adhäsion und Zahnradbahn, Leipzig 1883; Pfeuffer, Ueber den Bau und Betrieb der bosnisch-herzegowinischen Staatsbahnen, insbesondere der Zahnradbahn zwischen Serajewo und Konyica, Zeitschr. des Oesterr. Ing.- u. Arch.-Ver., Wien 1892

Kombinierte Adhäsion und Zahnradbahn von Blankenberg nach Tanne, Deutsche Straßen- und Kleinbahnztg., Berlin 1896, Nr. 40; Mayer, M. J., Le chemin de fer de Viège à Zermatt à voie de 1 m et à système mixte adhérence et crémaillère, Paris 1891; Böck, F., und Abt, Das System Abt für kombinierte Adhäsions- und Zahnradbahnen, Wien 1888. — [8] Goering, A., Eine Straßenbahn mit Zahnstrecken (St. Gallen—Gais), Berlin 1892; Martin, F., et Clarard, L., Monographie d'un chemin de fer routier à voie de 1 m à adhérence et à crémaillère avec déclivités maxima de 92 m et rayons minima de 30 m; Port, M., Le chemin de fer à crémaillère à Sumatra, Hays 1892; Chemin de fer de Saint Gall à Gais, Paris 1891. — [9] Die elektrische Zahnradbahn in Barmen, Oesterr. Eisenbahnztg., Wien 1898, XXI. Jahrg.; Die elektrische Bergbahn in Barmen, Zeitschr. des Oesterr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1895; Daubner, Die Barmer Bergbahn, Zeitschr. Deutsch. Ing. 1902. — [10] Chemin de fer électrique du Salève, La Revue technique, Paris 1897. — [11] Wilczek, Graf Ed., Die Bergbahn Tiszolcz—Erdököz in Ungarn, Zeitschr. für Eisenbahnen und Dampfschiffahrt, Wien 1897, 7. Heft, S. 109; Kritische Beschreibung der bis jetzt gebauten Zahnradlokomotiven für gemischten Betrieb, Glasers Ann. 1903. — [12] Dreiphasenwechselstrombahn Zermatt—Gornergrat, Zeitschr. für Elektrotechnik, Wien 1898; Chemin de fer électrique à courant triphasé de Zermatt au Gornergrat (Suisse), Le Génie Civil, Paris 1898; Die elektrische Zahnradbahn auf den Gornergrat, Schweizerische Bauztg., Bd. XXXI, Nr. 16 u. 18, Zürich 1898; Gornergratbergbahn in der Schweiz, Zeitschr. des Oesterr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1898 u. 1899. — [13] Birk, F. A., Die Zahnradbahnen und ihre Lokomotiven, Wien 1881; Ziffer, E. A., Die Zahnradbahn von Monte Carlo nach La Turbie, Mitteil. des Ver. für die Förderung des Lokal- und Straßenbahnwesens, Wien 1896; Le chemin de fer de Beyrouth à Damas, à voie de 1,05 m et à système mixte (adhérence et crémaillère), La Revue technique, Paris 1896, Bd. XVII, Nr. 15; Berg, S. J., The St. Gotthard Mountain Railway and the Stanzerhorn Cable-Railway; Collett, Alf, The Monistrol-Montserrat Rack Railway; Pownall, Ch. Assheton Whately, The Usni Mountain Railway, Japan, Minutes of Proceedings of the Institution of Civil Engineers, London 1895, Bd. CXX, mit einer Zusammenstellung über die verschiedenen Zahnstangenbahnen und deren Konstruktion, sowie vielen Literaturangaben; Von der Eifenerz—Vordernberger Lokalbahn, Oesterr. Eisenbahnztg., Wien 1894; Die Straßen- und Zahnradbahnen, Supplementband VIII zum Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens, Wiesbaden 1882; Der Eisenbahnbau der Gegenwart, 2. Abschnitt, Wiesbaden 1897; Strub, Emil, Bergbahnen der Schweiz, Reine Zahnradbahnen, Wiesbaden 1901; Die Nilgiri-Bergbahn, The Railway Engineer Nr. 4, 1901; Die mechanische Ausstattung der Snowdon Bergbahn, ebend., Nr. 5, 1901; Die Jungfraubahn, Mitteil. des Ver. für die Förderung des Lokal- und Straßenbahnwesens, Heft 12, 1903; Eröffnung der 3. Teilstrecke der Jungfraubahn Rotflock—Eigerwand, Schweizerische Bauztg. 1903; Die Vefuvbahn, ebend. 1903; Strub, Emil, Die Mendelbahn, ebend. 1903; Jordan, Karl, Die Mendelbahn, Zeitschr. für Elektrotechnik 1903; Die elektrische Bahn von Triest nach Opicina, Oesterr. Wochenschrift für den öffentl. Baudienst 1903. — [14] Roth, M., Die Schneebergbahn, Oesterr. Eisenbahnztg., XXI. Jahrg., Wien 1898, mit einer Zusammenstellung der ausgeführten Zahnradbahnen und deren Hauptverhältnisse. Ueber Zahnradbahnen f. Mémoires de la Société des Ingénieurs Civils, Paris 1906, Nr. 3; Urbach, Die Reibungs- und Zahnstangenbahn von Ilmenau nach Schleusingen, Zeitschr. f. Bauwesen 1906, Heft 4—6; Lévy-Lambert, A., Les chemins de fer à crémaillère, Mémoire et compte rendu de la Société des Ingénieurs Civils de France, Paris 1906; Dolezalek, C., Zahnradbahnen, in Eisenbahntechnik der Gegenwart, herausg. von Blum, v. Borries und Barkhausen, Bd. 4, 1. Abt., Wiesbaden 1905. — [15] Brückmann, Eugen, Neuere Zahnradbahnen, Zeitschr. des Ver. deutsch. Ing., Bd. XLII, Nr. 7—18, Berlin 1898; Mitteilungen über einige indische, australische und schweizerische Zahnstangenbahnen und deren Betriebsysteme und Vergleich mit Reibungsbahnen, The Railway Engineer 1901; Kritische Beschreibung der bis jetzt gebauten Zahnradlokomotiven für gemischten Betrieb, Glasers Ann. 1903, Nr. 632; Zwei elektrisch betriebene westschweizerische Bergbahnen mit Abtseher Zahnstange, Schweizerische Bauztg. 1902; Les chemins de fer montagne, Paris 1900; Zahnstangenbahn von Vayot—Saint Gervais 1901, Mitteil. des Ver. für die Förderung des Lokal- und Straßenbahnwesens 1901; The Nilgiri Mountain Railway, Engineering 1901; Elektrische Bergbahnlokomotive der Ouest—Lyonnaiseisenbahn, Zeitschr. für Elektrotechnik Heft 18, 1901; Die elektrische Bergbahn Triest—Opicina, Zeitschr. des Oesterr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1903; Zahnradlokomotive über die Anden, Organ f. d. Fortschr. d. Eisenbahnw. 1907, Heft 12. Ziffer.

Zain, 1. in Formen gegossene flache Metallstäbe; 2. bei der Münzenherstellung, f. d., Bd. 6, S. 527; 3. die für die Senfenfabrikation vorgeschneittenen Stahlstäbe.

Zak, altes holländisches Getreidemaß, das aber heute noch in Holland und zum Teil auch in den deutschen Ostseehäfen zur Qualitätsbestimmung des Getreides dient, die nach holländischen Troypfund im Zak geschieht = 27,874 l.

Zampelfstuhl, f. Weberei.

Zange, in der Zimmerung, auf Zug beanspruchte Hölzer, die dem Schube der Sparren oder Streben eines Dachstuhls entgegenwirken sollen.

Es sind einfache, oft auch Doppelzangen, die an den betreffenden Dachhölzern angeblattet oder eingekämmt oder durch Schraubenbolzen verbunden werden (vgl. Dachstuhl, Bd. 2, S. 513, Holzdachstühle, 10. Zangen, Fig. 4, 5, 7—14). Weinbrenner.

Zangen, Werkzeuge zum Erfassen und Festhalten sowie zum Durchtrennen von Materialien.

Die verschiedenen Arten von Zangen kann man einteilen in a) Zangen zum Festhalten von Materialien, um sie transportieren, drehen, biegen u. f. w. zu können. Hierher

gehören: 1 Blockzangen zum Transport der Blöcke in Hüttenwerken u. f. w. Fig. 1 selbstschließende Zange für hängende Blöcke. Fig. 2 Blockzangen für liegende Blöcke besitzen eine mechanische Vorrichtung, um die Zangenchenkel gegeneinander zu pressen. 2. Blechzangen oder -zwingen (Fig. 3). Das Blech klemmt beim Anheben sich durch sein eigenes Gewicht mittels der beiden auf schrägen Bahnen verschiebbaren Klemmböcken fest. 3. Schmiedezangen. Die gebräuchlichen sind in den Fig. 4—6 dargestellt. Fig. 7 zeigt eine Zange mit Wolfsmaul, die ein gutes Erfassen der Arbeitsstücke gestattet. 4. Rohr- zangen (f. d.). 5. Drahtzangen zum Biegen von Draht; Fig. 8



Fig. 1.



Fig. 3.

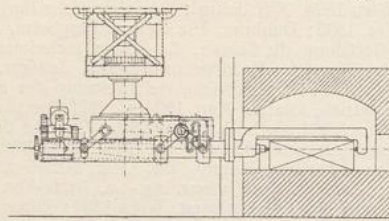


Fig. 2.

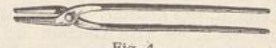


Fig. 4.

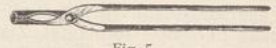


Fig. 5.

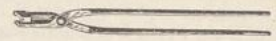


Fig. 6.

Flachzange, Fig. 9 Rundzange, Fig. 10 Parallelrundzange. 6. Nagelzangen zum Ausziehen von Nägeln. Diese Zangen sind entweder gewöhnliche Beißzangen (f. d.) oder nur für Nagel-



Fig. 7.

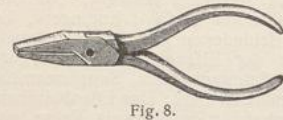


Fig. 8.

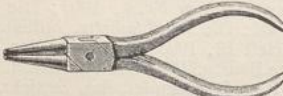


Fig. 9.



Fig. 10.

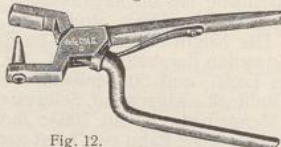


Fig. 12.



Fig. 11.

ausziehen bestimmt, wie z. B. die Zangen (Fig. 11), die zur Erleichterung des Ausziehens eine Hebelüberfetzung besitzen. 7. Zieh- zangen für Zieh- bänke, f. Draht- fabrikation, Rohr- her-

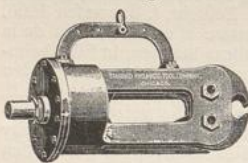


Fig. 14.



Fig. 13.

stellung. 8. Feder- zangen, Korn- zangen, f. Pin- zette. b) Zangen zum Durch- trennen. Hierher- gehören: 1. Beiß- zangen und Draht- (zwick-) zangen (f. Beiß- zange). 2. Loch- zangen (Fig. 12). Zu diesen Zangen sind ferner die folgenden zu rechnen: 3. Bolzen- zange oder Bolzen- abscheider (Fig. 13). Eine Bolzen- zange mit Druck- luft- betrieb ist in Fig. 14 dargestellt. c) Zangen zur Formänderung durch Pressen. Zu diesen gehören insbesondere die Plombier- zangen (f. d.). d) Zangen zum Messen der Dicke der Drähte, Draht- zangen, f. Meß- werkzeuge. — S. a. Greif- zeuge.

Zapfen, f. Verzapfung und Brustzapfen, Bd. 2, S. 372, Figur.

Zapfen, im Maschinenbau, ein Gelenkbolzen oder der in einem Lager drehbare Teil einer Achse (f. Gabel-, Kamm-, Kurbel- und Spurzapfen); über Trag- und Stirnzapfen f. Zapfenberechnung und Zapfenreibung.

Zapfenberechnung berücksichtigt die Festigkeit, den Flächendruck und die Abnutzung sowie das Heißlaufen.

Der das Ende einer Achse bildende Stirn- oder Tragzapfen ist nur durch den radial wirkenden Lagerdruck beansprucht, während zufällige Längskräfte durch die Anläufe, zwischen denen die Lagerföhlen mit Spielraum liegen, aufgenommen werden. Die Höhe des Anlaufes wird passend nach Fig. 1 bemessen.

Der Berechnung auf Festigkeit legt man die Annahme zugrunde, daß der Lagerdruck P gleichmäßig verteilt sei, so daß die Resultierende in der Mitte der Zapfenlänge l wirke, wonach für die Zapfenwurzel das Moment $Pl/2 = 0,1 d^3 s$ auf Biegung wirkt. Man nimmt das Längenverhältnis $l:d$ vorläufig an und findet die Zapfenstärke $d \text{ cm} = \sqrt[3]{5 Pl/d s}$. Dabei setzt man im Mittel $l:d = 1,75$ für Stahl, 1,5 für Schmiedeeisen, 1,3 für Gußeisen, 1,25 für Kurbelzapfen, 1,0 bei besonders beschränkter Länge, 0,5 für Zapfen an Kettenrollen mit zeitweiliger Benutzung. Die zulässige Spannung s beträgt für Stahl 500 kg/qcm, für Schmiedeeisen 400, für Stahlguß 350, für Gußeisen 250 kg/qcm.

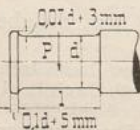


Fig. 1.

Der Flächendruck wird in einfacher Weise durch $p = P/d$ ausgedrückt. Hierfür gelten als Grenzwerte: $p_1 = 150 \text{ kg/qcm}$ für Zapfen und Pflannen von gehärtetem Tiegelstahl, 90 für gehärteten Tiegelgußstahl auf Bronze; 60 für Stahl auf Bronze oder Weißmetall; 30–40 für Schmiedeeisen, je nach feiner Glätte und nach dem Lagermetall; 25–30 für Gußeisen auf Lagermetall; 25 für Schmiedeeisen auf weichem Gußeisen; 25 für Eisen oder Metall auf Pockholz mit Wafferschmierung; 16 für Kurbelwellenlager; 60 bzw. 80 für Kurbel- und Kreuzkop Zapfen. Nicht andauernd laufende Zapfen dürfen bis zur doppelten Höhe belastet werden, z. B. die Druckzapfen an Scheren und Stanzen bis 200 kg/qcm .

Überschreitet die Reibungsarbeit am Zapfen ein gewisses Maß, so liegt die Gefahr des Warmlaufens und zu starker Abnutzung nahe. Rechnet man die Reibung zu $P\mu$ (i. Zapfenreibung), so ist die sekundliche Arbeit der Reibung am Zapfenumfang $P\mu u$ mit $u \text{ m/s} = \pi d n/60 \cdot 100$. Auf 1 qcm der in Richtung der Kraft und Abnutzung als tragend angenommenen Fläche ld entfällt die Arbeit $a = P\mu ld = p\mu u$. Dieser Wert darf $1/2$ bis 1 mkg/sec an gewöhnlichen Lagern betragen, 1 bis 2, auch 3 bei Lagern mit Druckwechsel und Luftkühlung (i. Kurbelzapfen). Setzt man für p und u ihre Ausdrücke ein und $\mu = 0,05$, so folgt $a = Pn/40000 \text{ l}$. Wären für a bestimmte Erfahrungszahlen gegeben, so könnte man hiernach l berechnen oder das Produkt $p\mu$ bemessen, so daß der Flächendruck mit wachsender Geschwindigkeit abnimmt. Es scheint zutreffend, an Stelle von $p = a/\mu u$ zu setzen $p = (1,5 \text{ bis } 2) p_1/(1 + u)$, wobei p_1 die oben angegebenen Zahlen für den Flächendruck bei verschiedenen Zapfenlagern mit entsprechender Schmierung ausdrückt, die wohl für die übliche Geschwindigkeit von $0,5$ bis 1 m/sec gelten mögen.

Kugelzapfen werden nur verwendet, wo eine Ablenkung in verschiedenen Richtungen oder eine Verdrehung möglich sein soll. Früher brauchte man sie öfter als Kurbelzapfen (Fig. 2), um Ungenauigkeiten auszugleichen. Aus der Biegungsformel $Pb/2 = 0,1 d_1^3 s$ folgt mit $b = 0,7 d_0$, $d_1 = 0,65 d_0$ und $s = 500 \text{ kg/qcm}$ $d_0 = \sqrt{P/40}$. Für $a < 1$ soll $n < 750/d_0$ fein.

Lindner.

Zapfenbohrer, Uhrmachergerät zum Bohren von Zapfenlöchern.

Sie entsprechen dem in Bd. 2, S. 187, Fig. 1, dargestellten Bohrgerät und werden zwischen einer Vertiefung am Schraubstock und der Uhrplatte oder einem im Hand- oder Stielkloben gehaltenen Stück Messingdraht (aus dem das Futter für das ausgelaufene und aufgeriebene Zapfenloch hergestellt wird) eingespannt und mit dem Schnurbogen in beiden Richtungen hin und her gedreht. Größere Zapfenbohrer bestehen aus dem Schaft, der nahe dem rechten konischen Ende die Schnurrolle und am linken Ende den Bohrer trägt. Zapfenbohrer für Taschenuhren sind aus dünnem Stahldraht hergestellt und gehärtet, während die Schnurrolle dicht am konischen Ende sitzt.

† E. Dalchow.

Zapfengelenk, f. Auflager, Bd. 1, S. 354, 359.

Zapfenmaß (Zirkel-, Spindelmaß), f. Meßwerkzeuge, Bd. 6, S. 398.

Zapfenreibung bestimmt den Widerstand gegen Drehung eines Zapfens in seinem Lager im Verhältnis zur Zapfenbelastung, sie richtet sich aber nach dem Normdruck zwischen Zapfenumfläche und Schale, von dem im allgemeinen nur eine Komponente den Belastungsdruck ausgleicht.

Die Theorie unterscheidet den neuen, eingelaufenen und ausgelaufenen Zapfen. Im ersten Fall wird angenommen, daß der Zapfen, mit einem kleinen Spielraum von $0,01$ – $0,20 \text{ mm}$ für die Schmierförmigkeit, mit gleichmäßig verteiltem Flächendruck p satt anliegt. An einem Tragzapfen mit halbzyklindrischer Schale (vgl. Fig. 3) ist hierbei die tragende Komponente $P = \int p l r \cos \beta d\beta$ von $\beta = -90$ bis 90° , d. i. $P = p l d$; aber die Reibung $R = \mu_0 p l \pi d/2 = P \mu_0 \pi/2$, daher die Zapfenreibziffer $\mu = R/P = \mu_0 \pi/2 = 1,57 \mu_0$. Für den ebenen Ringzapfen ist der axiale Druck $Q = p \pi (r_2^2 - r_1^2)$, und die Reibung $R = \mu_0 Q$ wirkt an dem Hebelarm $2/3 (r_2^3 - r_1^3)/(r_2^2 - r_1^2)$, wie aus der Betrachtung eines schmalen Sektors mit außen breiterer Reibfläche hervorgeht.

Der eingelaufene Zapfen liegt mit ungleichem Flächendruck an, der nach Reye [6] so berechnet wird, daß die Abnutzung, bestimmt durch das Produkt aus Flächendruck und Gleitgeschwindigkeit, für die Richtung der Kraft in allen Punkten gleich groß ist und seine Gesamtkomponente die Kraft ausgleicht. Hierbei nimmt am Tragzapfen (Fig. 3) der Flächendruck von $p_0 = P/4\pi l d$ in der Kraft-Richtung $\beta = 0$ nach beiden Seiten mit $\cos \beta$ ab; der Mittelwert des Flächendruckes ist $P/8\pi l d$ und die Reibung $R = P \mu_0/4\pi$, also $\mu = 1,27 \mu_0$. Wenn der Druck des Lagerdeckels zu der Belastung P hinzukommt, so ist er mit seinem doppelten Betrage zu P zu addieren, weil er sowohl an der oberen wie unteren Hälfte des Zapfens wirkt.

Wenn die Schale nicht halbzyklindrisch, sondern beiderseits nur bis zu einem Winkel $\beta_1 < 90^\circ$ am Zapfen anliegt, wie es bei Eisenbahnachsen und Walzwerken allgemein üblich ist, so erfahren die schmalen Schalen wohl einen höheren Flächendruck, sind aber hinsichtlich Reibung und Abnutzung gegenüber den vollen Schalen im Vorteil. Nach den Untersuchungen von Reuleaux [1] gelten folgende Verhältnisse:

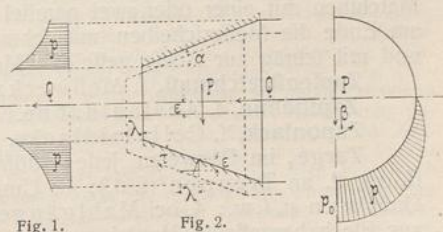


Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 3.

Halber Winkel der Schale $\beta_1 = 90$	75	60	45	30	$22\frac{1}{2}^\circ$
Flächendruck: P/d	1,00	1,04	1,15	1,41	2,00
Größter Flächendruck: p_0	1,00	1,01	1,06	1,23	1,63
Reibung: $P \mu_0 4/\pi$	1,00	0,97	0,92	0,87	0,81
					0,80.

Am ebenen Ringpurzapfen nimmt der Flächendruck hyperbolisch von $p_1 = P/2\pi(r_2 - r_1)r_1$ bei r_1 nach außen auf das r_1/r_2 -fache ab (Fig. 1) und $R = \mu_0 Q$ wirkt am Hebelarm $(r_2 + r_1)/2$.

Als allgemeiner Fall sei hier ein Kegeltumpf (Fig. 2) mit den Radien r_1 bis r_2 und der Mantellänge m für gleichzeitige Belastung durch die Seitenkraft P und den Axialdruck Q behandelt. Die Abnutzung erfolgt unter Querverchiebung der Zapfenmitte um ε und Eindringung um λ , so daß die normal zu m gemessene Abnutzungstiefe $\tau = \varepsilon \cos \alpha \cos \beta + \lambda \sin \alpha$ gesetzt werden kann. Dieser Wert soll nach dem Einlaufen für jedes Flächenelement $df = r d\beta dm$ proportional $\mu_0 p r \omega t$ und für eine gewisse Zeit $= pr$ fein. In axialer Richtung wirkt $Q = \iint p \sin \alpha df$ mit Beziehung von ε auf den halben Umfang von $\beta = -90$ bis 90° und von λ auf den ganzen Umfang; das gibt $Q = 2m\varepsilon \sin \alpha \cos \alpha + 2\pi m \lambda \sin^2 \alpha$. Ebenso findet man für die Seitenkraft $P = \iint p \cos \alpha \cos \beta df = \frac{1}{2}\pi m \varepsilon \cos^2 \alpha$. Unter Auscheidung von ε und λ erhält man hiernach den Flächendruck aus $pr m 2\pi \sin \alpha = Q - 4P \operatorname{tg} \alpha / \pi + 4P \operatorname{tg} \alpha \cos \beta$. Ferner bestimmt sich das Reibungsmoment zu $M = \int \mu_0 p r df = \mu_0 Q (r_1 + r_2)/2 \sin \alpha$, wobei Q auch für Zapfen, die nur durch eine Seitenkraft belastet werden sollen, mindestens $= 4P \operatorname{tg} \alpha / \pi$ fein muß, weil sonst der Zapfen aus dem Lager gleiten würde. Aus diesen Formeln lassen sich die oben angegebenen Resultate und andre Sonderfälle ableiten.

In einem ausgelaufenen Traglager mit reichlichem Spielraum ringsum legt sich der Zapfen im äußersten Fall auf einen schmalen Flächenstreifen unter dem Reibungswinkel ϕ seitwärts von der Krafrichtung, wobei sich die Reibung auf $P \sin \phi$ ermäßigt [2]. In ähnlicher Weise verschiebt sich übrigens auch bei dem eingelaufenen Zapfen der größte Druck von fast $2P/d$ ein wenig seitwärts aus der Krafrichtung mit starkem Abfall nach den Rändern der Schale; außerdem sinkt der Druck an den Enden der Schale, wo das Öl austreten kann [7].

Die Zapfenreibziffer μ hängt wesentlich von der Schmierung ab (f. d., Bd. 7, S. 751). Sie beträgt bei guten Lagern etwa 0,010, z. B. in Eisenbahnnachslagern mit Weißmetall, und 0,014 bei Bronze; bei im Ölbad laufenden Zapfen sinkt die Zahl auf 0,001–0,002, wie bei den Kugellagern (f. Bd. 7, S. 506). Ringschmierlager zeigen beim Anlaufen aus der Ruhelage für Gußeisenschalen 0,140, für Weißmetall 0,240, doch fällt die Zahl schnell auf einen Mindestwert von 0,002–0,004 und steigt mit zunehmender Geschwindigkeit wieder an. Mit dem Flächendruck ändert sich der Reibungswert fast hyperbolisch, bei großen Umfangsgeschwindigkeiten über 1 m/sec, steigt aber bei

kleinen mit dem Druck (Fig. 4) wieder an, weil hierbei weniger Öl zugebracht wird. Nebenher sinkt die Zahl mit steigender Lagertemperatur und entsprechender Dünnschichtigkeit des Oeles [3]–[5]. Bei gewöhnlichen Wellenlagern mag 0,020–0,030 gelten, während abfächtig laufende und mäßig geschmierte Lager 0,050–0,080 erreichen [8].

Literatur: [1] Reuleaux, Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1891, S. 932–937. — [2] Camerer, ebend. 1901, S. 1501–03. — [3] Stribeck, ebend. 1902, S. 1341–1470. — [4] Lafche, ebend. 1902, S. 1881–1971. — [5] Heimann, ebend. 1905, S. 1161–1228. — [6] Reye, Civilingenieur 1860, S. 295. — [7] v. Bach, Maschinenelemente, 10. Aufl., Stuttgart 1908. — [8] „Hütte“, 20. Aufl., Berlin 1908.

Zapfenschneidmaschine, Holzfräsmaschine, an deren senkrechter Spindel oben eine oder zwei in entsprechendem Abstände einstellbare Messerscheiben zum Einschnitten in das Holz zur Bildung eines Zapfens fitzen. Es gibt auch Maschinen mit einer oder zwei parallel gelagerten wagerechten Spindeln, welche am Ende die Messerscheiben mit schmalen Sägeblättern an der vorderen Seite und mit schräg zur Achse gestellten Messern dahinter tragen.

Zapfenstreichmaß, f. Meßwerkzeuge, Bd. 6, S. 403.

Zapfhähne, f. Auslaufhähne.

Zaponlack, f. Celluloidlacke.

Zarge, im Bauwesen jede erhöhte Einfassung, namentlich 1. an Türen (f. d.); 2. an Treppen (f. d.); 3. Umrahmung von Steinflächen oder Tafeln, Gußplatten u. f. w.; 4. bei Mahlgängen, der die Mahlsteine umhüllende, meist aus Blech hergestellte Mantel.

Zaum, Pronyscher, f. Dynamometer, Bd. 3, S. 196.

Zaun, nicht dichte, sondern durchsichtige Einfriedigung (f. Bd. 3, S. 235 ff.).

Der Zaun wird gebildet a) als lebendiger Zaun, Hecke von harten Gefträuchern (Schlehen, Hainbuche, Fichte, Stechpalme u. f. w.), die mittels der Zaunschere zugeschnitten werden, wodurch eine regelmäßige Form sowie auch eine Kräftigung des Gezweigs erreicht wird; b) als toter Zaun, gebildet aus Ruten von Hasel, Weiden, Erlen u. dergl.; c) Pfahlzaun mit stärkeren Pfosten in Entfernungen von 2–3 m, auf denen zwei oder drei wagerechte

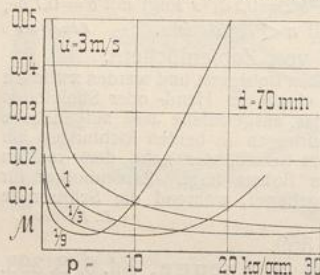


Fig. 4.

Querhölzer den aufrecht stehenden Stangen oder Planken Halt und Befestigung geben; d) Pallfaden (f. Festungsbau, Bd. 3, S. 737 ff.); e) Lattzaun (f. Einfriedigung, Abf. 6, Bd. 3, S. 236); f) Korbzaun, Flechtzaun (f. Bd. 4, S. 81). Weinbrenner.

Zeche, f. Grubenbetrieb.

Zechstein (Zechsteininformation), die oberste und jüngste der paläozoischen Formationen, unter dem Buntsandstein und über dem Rotliegenden lagernd oder letzteres vertretend.

In der Hauptfache eine kalkig-mergelige Meeresablagerung mit untergeordneten Zwischenlagen von Schieferton, Sandstein und Konglomerat. Vielfach sind die Kalksteine dolomitisch und aus Korallen zusammengesetzt. — Die Schichtengruppe umgibt die alten paläozoischen Gebirgsmaassen Mitteleuropas (nicht der Alpen) als schmale Bänder (Harz, Thüringer Wald, Rheinisches Schiefergebirge, Odenwald u. f. w.), meist in flacher und wenig gestörter, selten gefalteter (nördlich vom Harz) Lagerung. Viele Kalke eignen sich zur Zementbereitung oder dienen bei oolithischer und poröser Beschaffenheit als Hochbaumaterial. Dolomite in lockerer, sandiger Beschaffenheit dienen als Düngemittel (Dolomitafche). Besonders wichtig ist an der unteren Grenze der Formation der sogenannte Kupferschiefer (f. Bd. 5, S. 781) oder Kupferletten, ein bis 0,5 m mächtiger schwarzer, bituminöser Mergel mit Kupfererzen (Kupferkies, -glanz u. f. w.) und einem mittleren Kupfergehalt von 5%. Bedeutender Bergbau in der Umgebung von Mansfeld am Harz. Nicht minder technisch wichtig und fast auf der Erde einzig dastehend und durch zahlreiche Tiefbohrungen erschlossen ist die mehrere hundert Meter mächtige Einlagerung von Gips, Steinsalz und Kalisalz in der oberen Abteilung der Formation in Thüringen, Hessen, Hannover, Mecklenburg, Westfalen, Provinz Sachsen, Mark Brandenburg, Posen u. f. w.

Literatur: Beychlag u. Everding, Zur Geologie der deutschen Zechsteinfazies, in Deutschlands Kalibergbau, Berlin, Geolog. Landesanstalt, 1907; für Kupferschiefer: Stelzner-Bergeat, Die Erzlagerstätten, Leipzig 1904–06, Bd. 2. Leppia.

Zeeman-Effekt (-Phänomen), f. Spektralanalyse, S. 171.

Zeichnen, technisches, bildliche Darstellung von technischen Aufnahmen oder Entwürfen auf einer ebenen Fläche, meist auf Papier, auf Tafeln, Wandflächen u. f. w. Sie erfolgt entweder bloß schematisch mit einfachen Linien und vereinbarten Bezeichnungen verschiedener Einzelheiten (vgl. z. B. die Art. der Elektrotechnik) bzw. skizzenhaft (d. h. nur so weit ausgeführt, als es die allgemeine Uebersicht erfordert ohne Eingehen auf Details) oder ausführlich (mit Grundriß, Draufsicht, Aufriß und Durchschnitten, Perspektiven u. f. w. derart verdeutlicht, daß auch alle Details neben dem ganzen Objekte zur Geltung kommen). Zwischen diesen Grenzen gibt es dann in jedem Zweige der Technik je nach dem besonderen Zwecke der Zeichnung konventionelle Darstellungsweisen, die übrigens in verschiedenen Ländern voneinander abweichen.

Allgemeines. Aufnahmen sind Darstellungen vorhandener Objekte; in der Geodäsie und Geologie geltende Methoden f. Bergzeichnung, Croquis, Handriß, Horizontalkurven, Karte (geometrische, topographische, geographische, geologische), Kartenprojektion, Kartierung, Kataster, Markscheidekunde, Plan, Stückvermessung u. f. w. Die Aufnahme rein technischer Objekte erfolgt entweder durch Photographie (f. d.), auch mit Hilfe der Camera obscura (f. d.), meist aber mit Hilfe der darstellenden Geometrie (f. Bd. 4, S. 390, ferner Abbildung, Beleuchtungskonstruktionen, Projektion, Projektionslehre).

Die Entwürfe (abgesehen von schematischen Figuren und Skizzen) werden ausschließlich auf dem letztgenannten Wege hergestellt. Dabei erfolgt die Darstellung entweder schwarz in Strichmanier (Bleistiftzeichnung, Federzeichnung, Kohlenzeichnung), vgl. [1], S. 100, oder farbig (vgl. Aquarellmalerei). An Stelle des Bemalens tritt häufig eine Behandlung mit farbiger Kreide (f. Bleistiftfabrikation). Zur Verdeutlichung der abgebildeten Objekte wird auch vielfach Schattierung erforderlich (f. Beleuchtungskonstruktionen), wobei die Abtönung bei farbigen oder getuschten Darstellungen durch Lavieren mit dem Pinsel, bei Kreidezeichnungen durch Wischen erfolgt. — Werden die Gegenstände auf ihre Projektionen in natürlicher Größe dargestellt, so bedarf die Zeichnung keiner eingeschriebenen Maße. Bei Darstellungen in kleinerem Maßstabe (letzterer ist sowohl durch Benennung als durch Zeichnung auf der Darstellung anzugeben) sind eingeschriebene Maße in weitestgehender Ausdehnung unbedingte Notwendigkeit; ohne dieselben ist es ganz unmöglich, einen Entwurf exakt zur Ausführung zu bringen, da das Abgreifen von Maßen auf dem Zeichenpapier bzw. den Paufen stets ungenaue Resultate ergibt. Eine saubere und klare Darstellung ist bei allen technischen Zeichnungen von der größten Wichtigkeit. Niemals kann die Beschreibung eines Baugeschäftes die Zeichnung ersetzen. Legenden sind dagegen auf jeder Zeichnung erforderlich; saubere Schrift [2], welche die Bedeutung des geplanten Objektes erläutert und Grundriß, Draufsicht, Aufriß, gedachte Durchschnitte u. f. w. hervorhebt, bildet einen Schmuck für jeden Entwurf. — Die Erfahrung lehrt, daß schön ausgearbeitete und klare richtige Zeichnungen in vielen Fällen die Entschließung für Ausführung der durch sie dargestellten Entwürfe wesentlich fördern und umgekehrt. Klarheit und Richtigkeit verhüten außerdem Streitigkeiten beim Bauvollzuge.

Kopien. In der Regel genügt es nicht, für einen Entwurf nur eine Zeichnung anzufertigen; meist müssen mehrere unter sich völlig gleiche Ausfertigungen (Kopien) geliefert werden. Heutzutage stellt man dieselben meist als Lichtpausen (f. d.) her, bei welchen man die beruhigende Gewißheit für die unveränderte Wiedergabe des Originals durch die Kopie hat. Das Original

ist dabei am besten selbst eine Pause, die entweder von dem projektierenden Techniker persönlich (besonders empfehlenswert, wenn die Urzeichnung in Bleistift ausgeführt wurde) oder durch einen Zeichner (wenn die Urzeichnung ausgezogen, beschrieben und bemalt ist) gefertigt wird. Ueber die Herstellung solcher Pausen s. [1], S. 94. Es ist übrigens (nach einer Mitteilung von Regierungsbaumeister Siegel in Stuttgart) auch möglich, Urzeichnungen auf ganz dickem, hell durchscheinendem, auf der Rückseite unbefriesenem Zeichenpapier ohne vorherige Anfertigung einer Originalpause rein mechanisch zu kopieren, wenn man über helles Sonnenlicht, einen pneumatischen oder Arcuslichtpausapparat sowie reichliche Belichtungszeit verfügt und nach der negativen Methode arbeitet: erste Kopie mit braunem Grund (man nimmt dazu Braunblitzlichtpauspapier, s. Lichtpausen), zweite Kopie mit blauen, braunen oder schwarzen Strichen auf hellem Grund. Beidemale muß die Strichseite der Zeichnung auf der lichtempfindlichen Seite des Lichtpauspapiers dicht aufliegen. Weiteres betrifft Ausziehen, Anlegen, Bemalen, Schraffieren u. f. w. von Zeichnungen s. in [1]. — Werden für die Kopien Verkleinerungen oder Vergrößerungen (f. d.) gegenüber dem Original erforderlich, so bedient man sich des Quadratnetzes (f. d.), des Reduktionszirkels (f. Reißzeug), des Pantographen (f. d.) oder der Photographie (f. d.); für massenhaft durch Druck anzufertigende Kopien von Strichzeichnungen werden Klischees (f. d.) hergestellt; vgl. a. Hochätzkunst und die dort zitierten Artikel.

Während bei den Architekten und vielfach auch bei den Bauingenieuren die zeichnerische Behandlung der Entwürfe sich mehr oder weniger individuell (künstlerisch) gestaltet (vgl. Architekturmalerei), hat sich im Maschineningenieurwesen, der Elektrotechnik, dem Schiffbau (vgl. a. Schiffszeichnungen) eine besondere zweckentsprechende Darstellungsmethode ausgebildet; die üblichen Gepflogenheiten sollen weiter unten eingehender besprochen werden, nachdem zunächst die Hilfsmittel zum Zeichnen erledigt sind. Die schwierigste Aufgabe des technischen Zeichnens — zugleich die für den leitenden Techniker wichtigste — ist das Skizzieren von Zeichnungen.

Hilfsmittel zum Zeichnen. Indem wir bezüglich der Hilfsmittel zur künstlerischen Ausstattung von Zeichnungen, die auf Holz, Leinwand, Mauerputz u. f. w. hergestellt werden, auf die Art. Freskomalerei, Holzmalerei, Kunstgewerbe, Malerei, Sgraffito u. f. w. sowie auf Farben und die daran anschließenden Besprechungen verweisen, sollen im folgenden nur die Hilfsmittel zum technischen Zeichnen auf Papier, Pausleinwand u. f. w. mit Ausnahme der Reproduktionstechnik bei den graphischen Künsten (f. d.) besprochen werden. Zu den Urzeichnungen (Originalzeichnungen) kommen gut geleimte, glatte und raue Papierforten und von Pappforten (f. d.), Kartons verschiedener Art zur Verwendung; vielfach auch auf Leinwand aufgezogenes Papier, selten dagegen Pergament (f. d.); für rasch anzufertigende Zeichnungen verwendet man



Fig. 1.

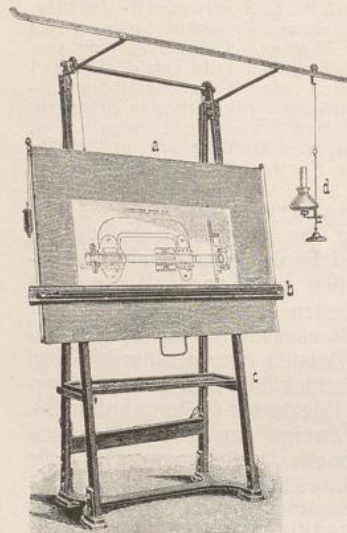


Fig. 2. Mechanische Zeichentafel. a Reißbrett. b Reißchiene. c Gestell. d Bewegliche Lampe.

Papier, auf welchem Quadrate von 1 oder 2 mm Seitenlänge in leichten Linien vorgezeichnet sind (Millimeterpapier). Das Zeichenpapier wird entweder mit Reißnägeln (Heftzwecken, Heftstiften), Fig. 1, die mit Schutzkapfeln gegen das Durchdrücken der Stifte versehen sind und mit besonderer Ausziehgabel wieder entfernt werden, auf einem in der Regel aus Pappelholz gefertigten Brett (dem Reißbrett) befestigt oder auf diesem Brette aufgespannt. Dabei kann das Reißbrett liegend und von Hand auf einem Tische oder an besonderen Gestellen (s. z. B. Fig. 2) beweglich sein; letztere sind in außerordentlicher Mannigfaltigkeit in den Schreib- und Zeichenmaterialienhandlungen vorhanden, auf deren Kataloge wir verweisen. Beim Aufspannen wird das Papier vorher auf der Rückseite angefeuchtet; sodann bestreicht man die Ränder der angefeuchteten Seite mit Klebstoff (f. Klebemittel, Leim) und klebt sie auf das Brett (vgl. a. [1], S. 74), worauf sich das Papier glatt zieht und besonders für das Anlegen (Bemalen) größerer Flächen mit Wasserfarben gut vorbereitet ist.

Zum Ziehen der Linien auf dem Papier benutzt man gerade und Kurven-Lineale sowie Dreiecke (Winkel). Gerade Lineale (Reißschienen) sind entweder, wie in Fig. 2 abgebildet, geführt oder frei beweglich (vgl. a. Lineal). An gewöhnlichen Reißbrettern, deren Kanten senkrecht aufeinander stehen und glatt abgehobelt sind, benutzt man entweder Reißschienen mit beweglichem (a) oder solche mit festem (b) Schenkel (Fig. 3); letztere dienen zum Zeichnen von horizontalen oder vertikalen, erstere zum Zeichnen von beliebig geneigten Linien. Flucht-

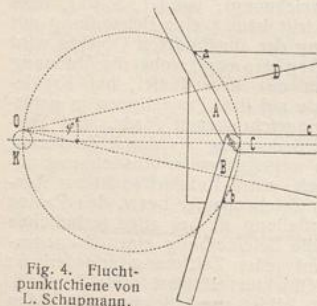


Fig. 4. Fluchtpunkt(chiene von L. Schupmann.



Fig. 2. Reißschienen.

punktschienen (Perspektivschienen f. a. Perspektograph) haben drei Schenkel (Zungen) und dienen zum Zeichnen von perspektivischen Ansichten. In Fig. 4 ist die Schupmannsche Fluchtpunktschiene abgebildet. Nachdem die beiden Stifte in beliebigen Punkten eingeschlagen sind, werden die Schienen A und B an die Stifte a und b angedrückt und die Schiene C so gelegt, daß die Kante c den Horizont deckt. Dann wird das Instrument gegen die Stifte gestützt, bis zur gegebenen Linie D gehoben und nachgesehen, ob auch diese Linie durch die Kante c gedeckt wird. Hat hier die Schiene C eine zu starke Neigung, so muß der Winkel, welchen die Schienen A und B bilden, vergrößert, im entgegengesetzten Falle verkleinert werden. Bei dem anliegenden Lineale gehen die konvergierenden Linien nicht genau durch den Punkt O, sondern tangieren den kleinen Kreis K; der deshalb entstehende Maximalfehler beträgt ca. 1 mm und kommt, da er gewöhnlich viel kleiner ist, bei den andern Fehlerquellen des perspektivischen Zeichnens nicht in Frage, falls der Divergenzwinkel γ der zu zeichnenden Linien 40° nicht überschreitet. Bei größerer Divergenz ist der Fluchtpunkt leicht so zu legen, daß er direkt erreicht werden kann. Die Kurvenlineale (vgl. a. Odontograph) dienen zum Ziehen gebogener Linien; die einfachsten und praktisch brauchbarsten haben die Parabelform

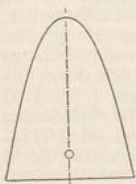


Fig. 5a. Parabelkurvenlineal.



Fig. 5b und 5c. Eisenbahnkurvenlineale.

(Fig. 5a) oder die Kreisform (Fig. 5b und 5c). Letztere sind insbesondere für Eisenbahningenieure wichtig; Eisenbahnkurvenlineale haben entweder oben und unten den gleichen Radius (Fig. 5b) oder sie sind mit verschiedenen Radien hergestellt (Fig. 5c). Im übrigen sind in Fig. 6 andre handelsübliche Kurvenlineale abgebildet. — Lineale der feither genannten Arten werden in der Regel aus Birnbaumholz hergestellt; man verwendet aber auch Eichenholz, Mahagoni mit Ebenholzeinfassung, Aluminium, Zink, Eisen, Hartgummi, Celluloid u. f. w. Die Dreiecke (Winkel) dienen zum Ziehen gerader Linien unter verschiedenen Winkeln, von welchen stets einer 90° beträgt. Man unterscheidet Böschungsdreiecke für einfüßige, anderthalbfüßige und zweifüßige Böschung; Kreisdreiecke (Bingcher Kreiswinkel), deren längere Katheten sich zu den Hypothenusen verhalten wie $(0,25 \cdot \pi) \frac{1}{2} : 1$, vgl. [3]; Oktogondreiecke, entsprechend den Winkeln zum Zeichnen eines Achtecks; Weichendreiecke mit Winkeln, welche den Verhältnissen 1:8, 1:9, 1:10 u. f. w. entsprechen. Für den gewöhnlichen Bedarf verwendet man Dreiecke mit den Winkeln: zweimal 45° und einmal 90° oder 30° , 60° und 90° . Die Seitenlängen sind sehr verschieden; die größte Kathetenlänge geht bei den im Handel befindlichen größten Dreiecken bis zu 60 cm und beträgt bei den kleinsten Dreiecken etwa 7 cm. In Fig. 7 sind die üblichen Dreiecke, die zwei oberen (a), wie sie in Holz, die zwei unteren (b), wie sie in Stahl mit Messingknopf im Handel üblich sind, dargestellt; ebenso in Fig. 7c zwei Weichendreiecke. Ähnlich den Holzdreiecken sind die mit Emailack behandelten leichten Aluminiumdreiecke von Terrot-Cannstatt. Glasdreiecke, welche die Zeichnung nicht verdecken, also sehr zweckmäßig wären, hat man wiederholt einzuführen versucht; doch vermochten sie sich ihrer Zerbrechlichkeit und des hohen Preises wegen nicht zu halten [1], S. 1; an ihrer Stelle verwendet man Dreiecke von durchsichtiger Celluloidmasse.

Besondere Hilfsmittel beim Zeichnen sind: Maßstäbe; Parallellineale (f. d.), Transporteure und Schraffierapparate sowie das Reißzeug (f. d.). Am häufigsten werden Transversalmaßstäbe benutzt (Fig. 8), die auf starkem Whatman-Papier oder Karton, aber auch auf Buchholz, Eisen, Messing, Neusilber u. f. w. hergestellt, im Handel für die meist gebrauchten Verjüngungsverhältnisse zu haben sind (vgl. Maßstab). Reduktionsmaßstäbe zeichnet man sich am besten selbst auf Millimeterpapier in Form eines rechtwinkligen Dreiecks auf, um auf Grund ähnlicher Dreiecke ein verkleinertes oder vergrößertes Maß mit dem Zirkel abzugreifen; schneller geht die Reduktion mit dem Reduktionszirkel (f. Reißzeug). Die Mauermaße von Soennecken-Bonn, Clement-Berlin sowie die Millimeterstecher verschaffen dem Zeichner Erleichterung beim Abstecken häufig vorkommender Maße; wir verweisen auf [1],



Fig. 6. Kurvenlineale von Gebrüder Wichmann, Berlin.

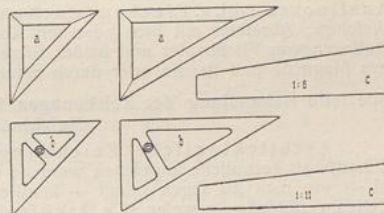


Fig. 7.



Fig. 8. Transversalmaßstab.

S. 54, und die Kataloge der genannten Geschäfte. Zum Messen der Längen von krummen Linien verwendet man Kurvenmesser und Kurvenrädchen, wie sie in den Art. Rektifizierinstrumente und Meßwerkzeuge (Bd. 6, S. 396, Fig. 1) beschrieben sind, sofern es nicht einfacher ist, direkt mit dem Zirkel zu messen. Flächenmesser f. Planimeter. Transporteure (Winkelmesser) dienen zum Uebertragen von Winkeln. Man unterscheidet Halbkreis- und Vollkreis- sowie Alhidadentransporteure; letztere sind in der Regel aus Neufilber hergestellt, erstere vielfach auf Whatman-Papier, Pausleinwand und durchsichtiger Celluloidmasse, alle in Grade eingeteilt, auf deren Teilstriche man von dem Mittelpunkt aus Strahlen zieht, die dem Winkel entsprechen. Auch der sogenannte Dreispitzzirkel ([1], S. 50) gehört hierher. Selbstverständlich kann man alle diese Instrumente ersetzen durch Aufzeichnen eines rechtwinkligen Dreiecks, in welches man den Winkel aus Verhältniszahlen einträgt. Im übrigen verweisen wir auf [1] u. [3]; vgl. a. Meßwerkzeuge. — Schraffierapparate sind in den mannigfaltigsten Formen im Handel; sie dienen zu Strichzeichnungen, erfordern aber einige Übung und werden nicht in großem Umfange verwendet. Fig. 9 zeigt ein solches Instrument von E. O. Richter & Co., Chemnitz. Zur Handhabung desselben ist ein einziger Finger der linken Hand erforderlich, der den Niederdruck auf den Knopf des beweglichen Hebels ausführt und so lange

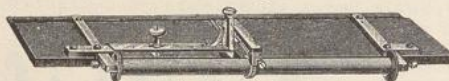


Fig. 9. Schraffierlineal.

festhält, bis die Linie gezogen ist. Die verschiedenen Weiten der Linien lassen sich durch die den Hebel führende Schraube bemessen. Ueber andre diesbezügliche Vorrichtungen f. [1], S. 61 sowie die Kataloge der Spezialgeschäfte für Zeichenbedarf. — Die Ausführung aller Urzeichnungen erfolgt zunächst in Bleistift; man unterscheidet mit Holz bekleidete Bleistifte (vgl. Bleistiftfabrikation) und Schraubstifte (Künstlerstifte), bei welchen die Bleimine in einem Rohr steckt und nach Gutfinden durch Schraubung verschoben und festgeklemt werden kann. Für die holzbekleideten Stifte bestehen Bleisparer: oben und unten gefaltene Blechhüllen, welche durch Federkraft oder übergeschobene Ringe kleine Holzstiftreste festhalten, die man ohne diese Einrichtung nicht mehr gebrauchen könnte. Die Befestigung auf Papier gezogener Bleistiftlinien ist um so leichter, je weicher die Bleimine und je weniger tief der Eindruck derselben ist; sie erfolgt durch Radiergummi, der in den verschiedensten Sorten (f. [1], S. 24) im Handel zu haben ist (vgl. a. Gummiwarenfabrikation). Bei Zeichnungen mit Kohle wird zum Auslösen Feuer schwamm verwendet. Zur Entfernung der in beiden Fällen entstehenden Krümel bedient man sich des Handfegers (eines kleinen Kehrwißes aus weichen Borsten). Zur Befestigung der Bleistift- und Kohlezeichnungen auf dem Papier verwendet man sogenannte Fixative: Schellack in Weingeist gelöst, farblose Ochfengalle, Milch, schwarzer Kaffee, Wasserdampf u. f. w.; f. [1], S. 42. Soll die Bleistiftzeichnung ausgezogen werden, so geschieht dies mit der Reißfeder oder der gewöhnlichen Zeichenfeder und mit angeriebenen Wasserfarben oder mit Ausziehtuschen (f. Aquarellmalerei, Bd. 1, S. 262, technische Farben). In der Regel werden die ausgezogenen Urzeichnungen koloriert; Kohle- oder Kreidezeichnungen werden mit Wischern (Eistamper), aus grauem Papier, gelbem Leder oder Kork hergestellten zugespitzten Rollen, abfächert und in den Schnittflächen mit farbigen Kreidestrichen versehen. In vielen Fällen wird es erforderlich, auf die Zeichnungen gelangte Flecken wieder zu entfernen; dieses Ausflecken (vgl. a. Fleckausmachen) erfolgt entweder rein mechanisch durch Radieren, Waschen, Abreiben mit Brot oder mit Abfalleder u. dergl., oder — bei Fettflecken — durch Auflegen von Fließpapier und heißes Bügeln, Auftragen eines Bolusbreies oder eines solchen aus Magnesia und Benzin oder durch Erhitzen.

Spezielle Behandlung der Zeichnungen in der Architektur, dem Bauingenieur- und dem Maschineningenieurwesen.

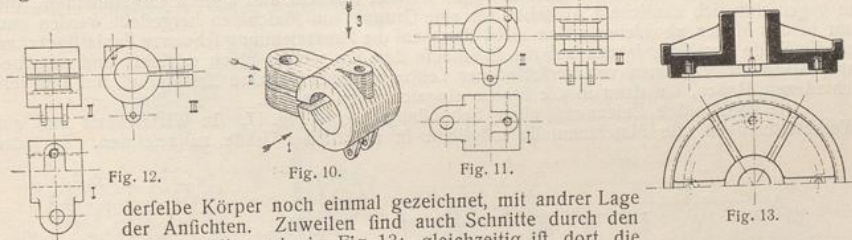
Architektonische Zeichnungen können nur bezüglich der Grundrisse und Schnitte als technische angesehen werden; die Behandlung der Ansichten, Perspektiven u. f. w. ist — wie man zu sagen pflegt — künstlerisch ungebunden und (wie die „Mode“) zu allen Zeiten verschieden gewesen (f. a. Architekturmalerei). Grundrisse und Schnitte werden in der Regel von dem entwerfenden Architekten fertig mit Bleistift gezeichnet; von diesen Urzeichnungen wird eine Originalpaufe gefertigt, die dann zu Lichtpaufen dient, da in der Regel für die Bauausführung mehrere Exemplare erforderlich werden. Nur dann, wenn es sich wie bei Konkurrenzen u. f. w. um eine besonders exakte und elegante Ausführung handelt, werden auch Grundrisse und Schnittzeichnungen zum Vornherein mit Tusche und Reißfeder ausgeführt und schon in der Urzeichnung entweder schwarz oder mit in Farbe angelegten Schnittflächen hergestellt. Dasselbe geschieht mit Zeichnungen, die dazu bestimmt sind, als Vorlagen in Schulen oder als Ausstellungsobjekte zu dienen, in Archiven aufbewahrt zu werden u. f. w. Detailzeichnungen (vgl. Bauplan) werden als Arbeitszeichnungen in großem Maßstab mit feinen, kräftigen Strichen auf starkes Papier, Zeichenleinwand oder Pausleinwand gefertigt; die Schnittflächen erhalten Kolorit oder farbige Schraffierung. Hauptfläche sind hier eingeschriebene Maße. Die Art der Behandlung in Strichmanier ist im übrigen in den im Lexikon enthaltenen Artikeln aus dem Gebiete der Architektur zu erfahren; allgemeines f. in [4].

Von den Zeichnungen im Bauingenieurwesen erhalten im allgemeinen wohl nur die Konkurrenzpläne bei Brücken, Wasserbauten u. f. w. eine sogenannte künstlerische Ausstattung, bei welcher in der Regel Architekten mitwirken. Gebäudegrundrisse, Schnitte u. f. w. werden gleich behandelt, wie bei den Architekten. Die Hauptfläche bei allen Zeichnungen des Bauingenieurs ist das Zusammenstimmen aller Maße und die Wahl eines genügend großen Maßstabes für die Darstellung der Einzelheiten eines Entwurfes. Objekte maschinentechnischer Natur werden genau so gezeichnet wie im Maschineningenieurwesen (f. unten), sofern nicht eine

spezielle Behandlung durch den Maschineningenieur vorbehalten ist. Im letzteren Falle erfolgt die Aufzeichnung rein schematisch, so daß aus derselben nur die Hauptmaße und die allgemeine Anordnung hervorgehen. Alle Maße in den Zeichnungen des Bauingenieurs sind liegend (wagerecht) einzuschreiben, weil sie so am besten abgelesen werden können. Hinsichtlich Kolorit der Flächen in Grundrissen, Querschnitten u. f. w. besteht ebenfalls — je nach dem Objekte — Uebereinstimmung mit den Gepflogenheiten der Architekten und Maschineningenieure. Eine besondere Art von Zeichnungen im Bauingenieurwesen sind die zum Nachweis genügender Dimensionierung der Bauobjekte gelieferten: z. B. bei Brücken die Beanspruchungen der als Linien gezeichneten Stäbe, Ketten, Seile u. f. w., bei Betonbauten oder Betoneisenkonstruktionen, Wasserbauten, Gewölben die graphostatischen Berechnungen (Drucklinien) u. f. w. Die Art der Behandlung ist aus den Einzelartikeln im Lexikon zu ersehen.

Die Zeichnungen des Maschineningenieurs sind von besonderer, durch Uebereinkommen entwickelter Art und können eingeteilt werden in Werkzeichnungen, Zusammenstellungen (Montage-)zeichnungen, Fundamentpläne, Projekt- und Offertzeichnungen.

Die Entwürfe von neu anzufertigenden Gegenständen fertigt der Konstrukteur. Er muß genaue Kenntnis von der Herstellungsweise in der Werkstätte besitzen und zeichnet die Maschinenteile in Bleistift mit allen Angaben und Maßen genau auf. Darauf wird die Bleistiftzeichnung vom Zeichner auf Pauspapier oder Pausleinen mit schwarzer Ausziehtusche durchgezeichnet und von dieser Pause eine oder mehrere Lichtpausen angefertigt. Diese Lichtpausen für die Werkstätte sind meist Blaupausen, bei denen Zeichnung und Schrift weiß auf blauem Grunde erscheinen. Für Projekt- und Offertzeichnungen werden auch Lichtpausen mit dunklen Linien auf weißem Grunde angefertigt. Die Blaupausen für die Werkstätte klebt man meist auf starkes Packpapier, lackiert sie zum Schutz gegen Staub und spannt sie in einen Holzrahmen, damit der Arbeiter die Zeichnung bei der Benutzung vor sich hinstellen kann. Die Zeichnungen werden zur Erleichterung des Einordnens und Auffindens mit Zeichen und Nummern versehen. Gewöhnlich gibt man den Zeichnungen zu einer Maschine ein gleiches Zeichen, z. B. S.M. 15 Nr. 1 oder S.M. 15 Nr. 7. Dabei ist S.M. eine Abkürzung (schnelllaufender Motor), die Zahl dahinter, 15, gibt die Leistung und die Nr. die betreffende Zeichnung an. Meist werden auf den Zeichnungen die anzufertigenden Gegenstände in geraden Projektionen dargestellt, wobei die einzelnen Ansichten und Schnitte eine ganz bestimmte Stellung zueinander haben müssen. Ueblich ist dabei, die einzelnen Lagen dadurch zu bestimmen, daß man sich den darzustellenden Körper selbst gedreht denkt, wie den in Fig. 10 gezeichneten Gegenstand, zu dessen eindeutiger Bestimmung drei Ansichten nötig sind, wie die drei Pfeile zeigen. In Fig. 11 ist die Ansicht I die dem Pfeil 3 entsprechende in Fig. 10. Dreht man den Körper in Fig. 11 um 90° nach oben, so erhält man Ansicht II, entsprechend dem Pfeil I und durch Drehen dieser Ansicht um 90° nach rechts erhält man Ansicht III entsprechend dem Pfeil 2. Die erste Ansicht kann willkürlich angenommen werden, die übrigen liegen aber damit mehr oder weniger fest. So ist in Fig. 12



der selbe Körper noch einmal gezeichnet, mit anderer Lage der Ansichten. Zuweilen sind auch Schnitte durch den Körper nötig; wie in Fig. 13; gleichzeitig ist dort die Ansicht von oben unter dem Schnitt nur zur Hälfte gezeichnet, was bei solchen symmetrischen Körpern zulässig ist. Die Schnittflächen werden als solche gekennzeichnet durch Anlegen; bei kleineren Flächen ganz schwarz, mit Lichttrand links und oben (Fig. 13), sonst durch Schraffieren (Fig. 15–18). Durch die Art der Schraffur kann man gleichzeitig das zu verwendende Material bezeichnen (Fig. 17 und 18). Bei Werkzeichnungen geschieht das Anlegen der Schnitte gewöhnlich mit Buntstiften auf der für die Werkstätte bestimmten Blaupause. Auf Offert- und Projektzeichnungen wird häufig mit Wasserfarben angelegt. Die Materialfarben dafür sind: Schmiedeeisen, blau; Gußeisen, grau; Stahl, violett; Messing, hellgelb; Bronze, dunkelgelb; Kupfer, karmin; Holz, braun; also meist ähnlich der Farbe des Materials selbst. Jedoch ist mit Farbe eine eindeutige Bestimmung des Materials nicht möglich, und deshalb ist stets in der Stückliste der Zeichnung eine besondere Materialangabe erforderlich (s. Erklärung zu Fig. 17). In einen Schnitt fallende Rippen werden niemals geschnitten gezeichnet, wenn auch die Schnittebene mitten durch sie hindurchgeht (Fig. 13). Die sichtbaren Umrißlinien werden stark und glatt ausgezogen. Verdeckte, also unsichtbare Linien zeichnet man gestrichelt, neuerdings vielfach dünn (Fig. 13, 15–17). Die Maßlinien werden am besten fein und glatt ausgezogen und die Maßzahl (immer in Millimetern) senkrecht zur zugehörigen Linie eingeschrieben. Für die Maßlinien sind zuweilen Hilfslinien, fein gestrichelt, erforderlich, und dann muß jeder Gegenstand Mittellinien, fein strich-punktiert, erhalten, auf welche sich stets die Maße zurückführen lassen müssen, weil der Modellstichler, der Vorreiber und die meisten

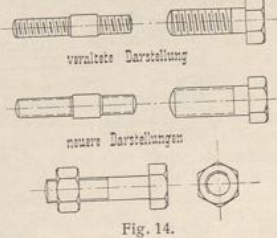


Fig. 14.

Bearbeiter des Gegenstandes in der Werkstatte diese Mittellinien aufzeichnen und von ihnen aus messen. Solche Gegenstände, welche gewöhnlich fertig bezogen und in Spezialfabriken hergestellt werden, wie Schrauben, Zahnräder, Kurbeln, Handräder, Griffe u. dergl., zeichnet man abgekürzt, auch braucht man dafür keine Maße anzugeben, wenn nur in der Stückliste oder sonst auf der Zeichnung bemerkt ist, daß diese Gegenstände fertig zu beziehen oder vom Lager zu nehmen sind. Gewinde an Schrauben wurden früher mit kurzen dicken und langen feinen Strichen abwechselnd (Fig. 14) gezeichnet; heute bezeichnet man sie aber meist durch gestrichelte oder ausgezogene Linien (Fig. 14). Die Art des Gewindes wird in der Stückliste besonders angegeben.

In Fig. 15 ist die Zusammenstellungszeichnung für einen Kreuzkopf und, weil derselbe zur wagerechten Mittellinie symmetrisch ist, die obere Hälfte im Schnitt, die untere in Ansicht dargestellt. Solche Zusammenstellungen vermeidet man für die Anfertigung und zeichnet lieber die einzelnen Teile für sich, mit Rücksicht auf die Arbeitsteilung, und weil sich dann die Maße besser einschreiben lassen; oder man macht auf die Werkstattzeichnung auch eine Zusammenstellung, zeichnet aber die Einzelheiten noch einmal besonders (Fig. 17).

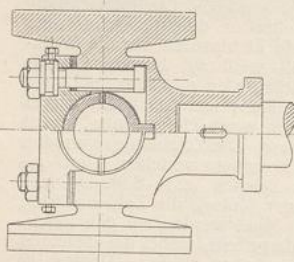


Fig. 15.

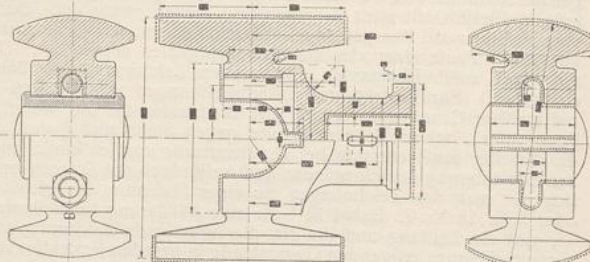


Fig. 16.

In Fig. 16 ist das vordere Gußstück zu dem Kreuzkopf nach Fig. 15 gezeichnet mit sämtlichen notwendigen Maßen und der Angabe der am Gußstück zu bearbeitenden Flächen (Hobeln, Drehen, Stoßen) in Gestalt der Linie aus Kreuzen. Auf Blaupausen gibt man diese Arbeitsflächen meist mit Rotstift an. Sie zeigen dem Modellfächler, daß für die darauf bezüglichen Maße am Gußmodell Zugaben zu machen sind. Die Maßzahlen sind in Fig. 16 abgedeckt (blockiert). Dies geschieht bei Riemenscheiben, Wellen, Kurbeln und andern Gegenständen, die in gegenseitig sich ähnlichem Aussehen für eine Gruppe von Maschinen hergestellt werden und nur in den Maßen abweichen. Man klebt dann auf die Pauszeichnung schwarze Papierstückchen an die Stelle der Zahl, so daß auf der Blaupaufe dort ein weißer Fleck entsteht, und man benutzt dann für Maschinen von verschiedener Leistung immer dieselbe Zeichnung, nur mit verschiedenen Maßen, die dann in die Flecke eingeschrieben werden.

Die vollständige Zeichnung einer Schubstange zeigt Fig. 17. In Wirklichkeit sind auf Werkzeichnungen alle Maschinenteile möglichst in natürlicher Größe zu zeichnen. Zu jeder

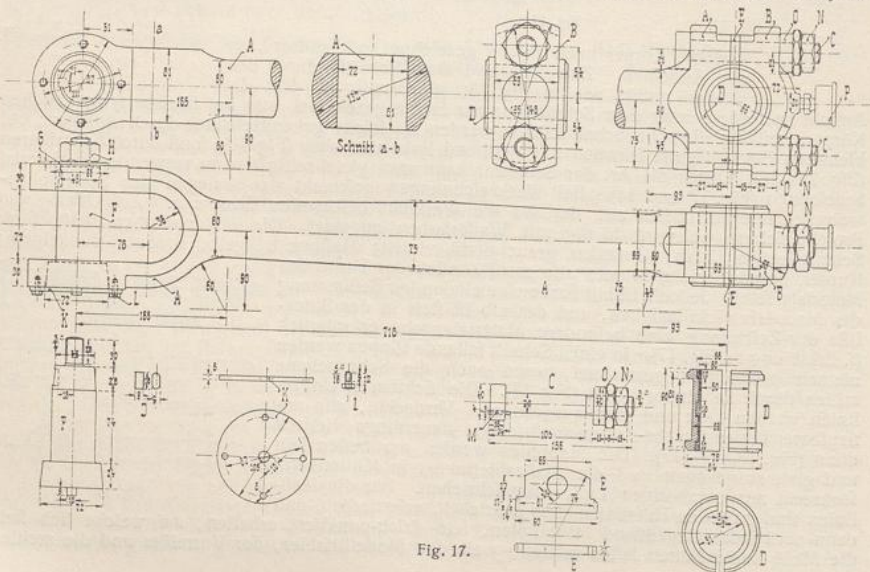


Fig. 17.

derartigen Zeichnung muß eine Stückliste angefertigt werden, zu welchem Zweck die verschiedenen Teile der Schubstange mit Buchstaben A, B, C ... bezeichnet sind. Für Fig. 17 lautet diese Stückliste:

Stückliste zur Schubstange Zeichnung Nr. ...

Zeichen	Gegenstand	Stückzahl	Material	Bemerkungen
A	Schubstange	1	Siemens-Martin-Stahl	Im Gabelende Keilnut.
B	Verflußstück	1	"	"
C	Bolzen	2	Schmiedeeisen	Mit $\frac{3}{4}$ "-Gewinde und je zwei Muttern O und N nebst Sicherung M.
D	Lagerchalenhälfte	2	Bronze	Neues Modell, ausgießen mit Lagermetall.
E	Zwischenlagen	2	Messing	"
F	Kreuzkopfbolzen	1	Stahl	Mit $\frac{3}{4}$ "-Gewinde und Keilnut.
G	Scheibe	1	Schmiedeeisen	"
H	Mutter	1	"	$\frac{3}{4}$ "-Gewinde.
J	Keil	1	Stahl	"
K	Scheibe	1	Schmiedeeisen	"
L	Kopfschrauben	4	"	$\frac{5}{16}$ "-Gewinde.
M	Sicherungsschraube	2	Stahl	"
N	Mutter	2	Schmiedeeisen	S. a. C.
O	"	2	"	"
P	Schmierbüchse	1	Messing	Fertig bezogen, Nr. 4.

Zur Erleichterung des Zusammenbaues der Maschinen und auch für Projekt- und Offertzeichnungen führt man Zusammenstellungszeichnungen aus (Fig. 18). Auf diesen werden nur die Hauptabmessungen angegeben, und falls solche Zeichnungen für den Zusammenbau in der Werkstätte benutzt werden sollen, gibt man zweckmäßig die Einzelzeichnungen an, auf denen die Teile besonders dargestellt sind. Bei größeren Maschinen sind solche Zusammenstellungszeichnungen zu unübersichtlich; sie werden dann nur von besonders schwierigen Teilen angefertigt.

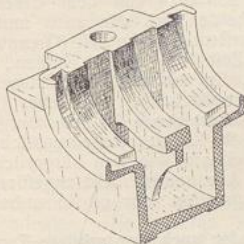
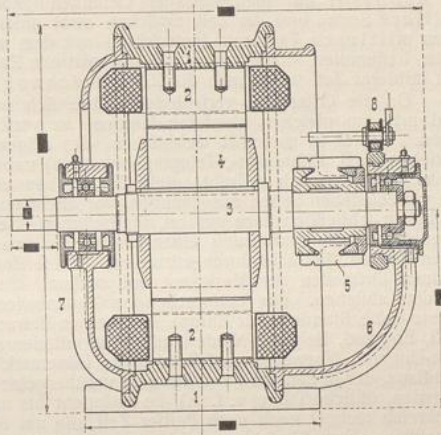


Fig. 19.



Zeichen	1	2	3	4	5	6	7	8
Gegenstand	Joch	Pole	Welle	Anker	Kollektor	Lager	Lager	Bürstenträger
Nach Zeichnung	GM 5.1	GM 5.1	GM 5.3	66 4.6	66 4.7	GM 5.4	GM 5.5	GM 5.2

Fig. 18.

Für die Aufstellung (Montage) der Maschinen werden Aufstellungspläne (vgl. z. B. Bd. 2, S. 210, Fig. 6 und 7, oder Pumpen) angefertigt, nach denen die Fundamente gemauert und die Rohrleitungen verlegt werden. Bei Patentzeichnungen, ferner bei mechanischen Apparaten, elektrischen Einrichtungen u. dergl. ist häufig eine Zeichnung in Parallelperspektive zweckmäßig, weil sich hierbei viel deutlicher der Zusammenbau und die Wirkungsweise erkennen läßt. Auch bei Gußstücken mit verwickelten Formen (Fig. 19) benutzt man, wie namentlich auch in der Gießereitechnik (Anfertigung der Modelle, Formen, Kerne u. f. w.) heute gerne zur Erläuterung der Form neben der geraden Projektion die Parallelperspektive (Fig. 10).

Literatur: [1] zur Megede, A., Wie fertigt man technische Zeichnungen?, 4. Aufl., Berlin 1894. — [2] Geisendörfer, L., Schriftvorlagen für Techniker aller Fächer, 14. Aufl., München o. J.; Klims, K., Zierschriften, Frankfurt a. M. 1866; Supp. O., Alphabete u. Ornamente, München o. J.; Soennecken, F., Rundschriftheft, Bonn o. J. — [3] Fischer, E., Beiträge zur Geschichte, Theorie und Praxis der Zeicheninstrumente, Dingl. Polyt. Journ. 1885, S. 188 ff. — [4] Blanc, Ch., Grammaire des arts du dessin, Paris 1867; Edel und Schnabel, Die Staffage, Berlin 1898; Flinzer, Lehrbuch des Zeichenunterrichts, 5. Aufl., Leipzig 1896; Oltmann, J., Form und Farbe, Hamburg 1901; Schmidt, C., Die zeichnerische Ausführung der Bauzeichnungen mit Bezug auf die farbige Darstellung und die Schraffierung, Leipzig 1886; Schulze-Naumburg, Technik der Malerei, Leipzig 1900. — [5] Riedler, A., Das Maschinenzeichnen, Berlin 1896; Krause, R., Technisches Zeichnen aus der Vorstellung und mit Rücksicht auf die Herstellung in der Werkstätte, Berlin 1906; Volk, C., Skizzieren von Maschinenteilen in Perspektive, Berlin 1906; Keifer, K., Skizzieren ohne und nach Modell, Berlin 1904.

R. Krause.

Z-Eifen, f. Normalprofile für Walzeifen.

Zeit, hier das aus astronomischen Beobachtungen gewonnene Maß für die Aufeinanderfolge von Ereignissen.

Ortszeit ist ganz allgemein die Angabe einer richtig gehenden Uhr. Nicht an allen Orten der Erde herrscht im gleichen Moment dieselbe Zeit, sondern diese unterscheidet sich nach der zwischen den einzelnen Orten bestehenden Längendifferenz; die Längendifferenz gibt direkt den Unterschied der Ortszeiten an. Orte, die auf gleichem Meridian liegen, haben die gleiche Ortszeit. Die Zeitangaben richten sich entweder nach der Stellung der Sonne oder der Fixsterne, und man unterscheidet demgemäß **Sonnenzeit** (als wahre und mittlere Sonnenzeit) und **Sternzeit**. Als wahre Sonnenzeit bezeichnet man direkt den Stundenwinkel des Sonnenzentrums, d. h. die Anzahl der Stunden, Minuten und Sekunden, welche im Beobachtungsmoment seit dem Durchgang des Sonnenzentrums durch den Meridian des betreffenden Ortes verfloßen sind. Die Sternzeit in einem bestimmten Moment ist dagegen gleich dem Stundenwinkel des Frühlingsanfangspunktes. Im bürgerlichen Leben rechnet man allgemein nach Sonnenzeit, in der Astronomie aber vielfach nach Sternzeit. Da die Erde sich aber nicht in einem Kreis um die Sonne bewegt, sondern in einer Ellipse, so muß sie gemäß dem zweiten Kepler'schen Gesetze mit ungleichförmiger Geschwindigkeit in ihrer Bahn fortchreiten; daher kommt es, daß die wahre Sonnenzeit kein gleichförmiges Zeitmaß sein kann. Die einzelnen aufeinander folgenden Meridiandurchgänge der Sonne werden daher nicht um gleiche Zeitdifferenzen auseinander liegen, ihre Vergleichung mit künstlichen Zeitmessern, den Uhren, die zweckmäßigerweise nur für gleichförmigen Gang gebaut werden können, wird daher nicht unmittelbar möglich sein, und Unterabteilungen würden sich nur schwer angeben lassen. Man denkt sich daher an die Stelle der wahren Sonne eine andre, fingierte Sonne gesetzt, die ihren scheinbaren Umlauf um die Erde im Äquator mit gleichförmiger Geschwindigkeit ausführt; diese Sonne nennt man die mittlere Sonne und die Zeit zwischen zwei aufeinander folgenden Kulminationen derselben einen mittleren Tag (zum Unterschied mit dem wahren Tag) und ihren Stundenwinkel für einen bestimmten Moment und Ort die **mittlere Zeit**. Den Unterschied zwischen wahrer Zeit und mittlerer Zeit nennt man die **Zeitgleichung** (f. d.).

Da die Ortszeiten verschiedener Orte sich um deren Längendifferenzen unterscheiden, wird man im gleichen absoluten Moment an verschiedenen Orten verschiedene Zeitangaben haben. Das ist in manchen technischen, der Allgemeinheit weiterer Ländergebiete dienenden Betrieben (z. B. Eisenbahn-, Telegraphenbetrieb) unbequem. Deshalb hat man schon seit den 1880er Jahren danach gestrebt, diese Zeitangaben zu vereinheitlichen. Solche Vorschläge sind von verschiedenen Seiten ausgegangen, vor allem von dem Amerikaner Fleming (Toronto) [1]. Sie haben schließlich dazu geführt, für bestimmte Gebiete der Erde Einheits- oder Zonenzeiten anzunehmen (die Einführung einer für die ganze Erde gültigen Einheitszeit, etwa der Greenwichzeit, ist nicht durchgedrungen). Diese Zonenzeiten sind derart gewählt, daß sie den genauen Ortszeiten für Meridiane entsprechen, die um je $15^\circ = 1$ h von dem Greenwicher Meridian absteilen. Die entsprechenden Zonenzeiten unterscheiden sich also auch immer um je eine volle Stunde. Für Europa kommen in Betracht die westeuropäische Zeit (Greenwichzeit selbst, England, Belgien, Niederlande); die mitteleuropäische Zeit (Deutschland, Italien, Oesterreich-Ungarn, Norwegen und Schweden, Dänemark u. f. w.), sie entspricht der Ortszeit eines Meridians, der in der Nähe von Stargard vorübergeht; die osteuropäische Zeit (westliches Rußland, Bulgarien, östliche Türkei u. f. w.), sie entspricht bis auf eine Minute genau der Petersburger Zeit. Frankreich rechnet noch nach Pariser Zeit, die um sehr nahe $9^m 21^s$ der westeuropäischen Zeit vorgeht. — Dem Vorschlag, auch den astronomischen Tag ebenso wie den bürgerlichen um 12^h mitternachts beginnen zu lassen, hat der größte Teil der Astronomen nicht zugestimmt, da sonst die doch zumeist in die Nachtzeit fallenden Beobachtungszeiten sehr oft in unbequemer Weise ein verschiedenes Datum tragen müßten.

Als **Einheit** für alle **Zeitmessungen** gilt der Sterntag oder auch der mittlere Tag, denn das Zeitintervall, welches verstreicht zwischen zwei aufeinander folgenden Kulminationen desselben Punktes am Himmel (also, wenn auch nicht ganz streng, zwischen zwei Kulminationen desselben Fixsternes), ist, soweit man bisher hat nachweisen können, konstant. Der Zeitabschnitt eines Tages ist aber für die Messung langer Zeiträume zu kurz, d. h. man müßte diese nach vielen Tausenden von Tagen angeben, und für sehr kleine Zeitintervalle zu lang. Man faßt deshalb eine gewisse Anzahl von Tagen (7) wieder zu Wochen, 30 resp. 31 zu Monaten und 365 resp. 366 zu dem Intervall eines Jahres zusammen. Und anderseits teilt man die Stunde in 60 Minuten zu 60 Sekunden. (Früher unterschied man auch noch sogenannte Terten, die aber wieder ganz zugunsten der dezimalen Teilung der Sekunde abgekommen sind.) Der Begriff des Jahres und in gewisser Weise auch der des Monats decken sich im allgemeinen nicht ganz mit einer ganzen Anzahl von Tagen, weil wir unter einem Jahr zunächst das Zeitintervall verstehen, während dessen sich die Erde einmal um die Sonne bewegt hat, und unter Monat auch wohl die Zeit von einem Neumond bis zum nächsten (synodischer Monat). Wegen der näheren Erläuterung der Begriffe Jahr und Monat muß aber hier auf die betreffenden Artikel verwiesen werden. Die Zeitrechnung bei den verschiedenen Völkern ist sehr verschieden und damit auch die Datierung derselben Tage im Laufe der Zeit. Es mag hier nur an die Kalenderrechnung der Russen, der Juden, der moslemitischen Völker u. f. w. erinnert werden. Angaben über die synonymen Bezeichnungen für die gleichen Tage finden sich in den Kalendern und in den astronomischen Jahrbüchern. Die Grundsätze, nach denen diese verschiedenen Datierungen erfolgen, lehrt die Kalenderwissenschaft, die Chronologie, f. [2]—[4]. Als zweckmäßig gewähltes Zwischenglied für die Umwertung der einzelnen Kalenderrechnungen ineinander benutzt man die sogenannte Julianische Periode. So nennt man die Festsetzung nach Joseph Scaliger,

der $19 \times 28 \times 15 = 7980$ Jahre so nannte (diese Zahlen entsprechen bestimmten, in der Chronologie eine Rolle spielenden Jahresperioden) und das erste Jahr dieser Periode auf das Jahr 76 — (9×532) ansetzte. Das entspricht dem Jahr — 4712 oder 4713 v. Chr., so daß alle Daten, die sich noch irgendwie auf historische Ereignisse beziehen, nach dem Beginn dieser Periode fallen. Der 1. Januar 1900 entspricht dem 2415021. Tage und der 1. Januar 1910 dem 2418673. Tage der Julianischen Periode. — Die Bestrebungen zwecks Einführung der Dezimalteilung des Tages haben noch wenig Anklang gefunden und dürften gegenwärtig noch viel weniger Aussichten auf allgemeine Einführung haben, wie die schon für viele Zwecke eingeführte Dezimalteilung des Quadranten, obgleich in beiden Fällen die Zweckmäßigkeit besonders für die Technik des Rechnens unverkennbar ist und auch kaum mehr bestritten wird. Es sind rein praktische Erwägungen oder eine direkte Abneigung gegen solche Neuerungen, die der allgemeinen Einführung noch im Wege stehen.

Mit der Festlegung bestimmter Zeitmomente und mit der Kontrolle der dazu dienenden Uhren (Pendeluhr, Chronometer, Taschenuhren u. f. w.) hat sich die Theorie und Praxis der **Zeitmessung** zu beschäftigen. Es wird im allgemeinen Sache der Astronomen sein, genaue Bestimmungen der in einem gegebenen Moment geltenden Zeit auszuführen, denn nur mittels Beobachtungen an Gestirnen oder wohl auch der Sonne lassen sich in direkter Weise solche Bestimmungen ausführen. Es gibt aber auch eine Anzahl einfacher Instrumente und gewisse Methoden, die erhebliche astronomische Kenntnisse nicht voraussetzen. Dahin gehören die Beobachtungen an Sonnenuhren, die, wenn sie richtig gebaut sind, sofort die wahre Sonnenzeit W und sodann mit Hilfe der Zeitgleichung Z die mittlere Zeit M nach der Beziehung $M = W + Z$ liefern. Da die Kurve der scheinbaren täglichen Bewegung der Fixsterne zum Meridian symmetrisch ist, so werden gleichen Höhen der Gestirne über dem Horizont (oder gleiche Zenitdistanzen) auch gleichen Abständen vom Meridian vor und nach der Kulmination, also gleichen Stundenwinkeln entsprechen. Hat man also nach einer Uhr mit Hilfe eines Chronodeiks oder ähnlicher einfacher Instrumente oder mittels eines Sextanten oder Universalinstruments die Momente solcher gleicher Höhen ermittelt, so wird die halbe Summe der beiden Zeitangaben t_1 und t_2 dem Moment entsprechen, wenn das Gestirn den Meridian passierte; dabei ist nur vorausgesetzt, daß die Uhr während der Zwischenzeit einen gleichmäßigen Gang hatte. Im Moment des Meridiandurchganges muß aber eine richtig nach Sternzeit gehende Uhr so viel anzeigen, als der beobachtete Stern Rektaszension (α) besitzt. Kann man also diese aus einem Jahrbuche (Ephemeride) entnehmen, so ist der Fehler der Uhr Δu bestimmt durch die einfache Gleichung $\Delta u = \alpha - (t_1 + t_2) : 2$. Diese Methode der Zeitbestimmung, die man in der Astronomie mit dem Namen der „korrespondierenden Höhen“ bezeichnet, ist auch bei sorgfältiger Beobachtung mit guten Instrumenten einer großen Genauigkeit fähig, und sie ist vor allem deshalb von großer Bedeutung, weil sie keinerlei Kenntnis anderer Elemente, namentlich nicht die der geographischen Breite des Beobachtungsortes erfordert. Auch auf die Sonne läßt sie sich anwenden, nur muß dann der Veränderung der Deklination der Sonne während der Zwischenzeit der beiden Beobachtungen Rechnung getragen werden. Das geschieht mit Hilfe der sogenannten „Mittagsverbesserung“ (sind die beiden Beobachtungen nicht am Vor- und Nachmittag, sondern am Nach- und Vormittag gemacht, so tritt an die Stelle des Mittags die Mitternachtsverbesserung, die sich von der ersteren nur durch den konstanten Faktor $f = (12 - \tau) : \tau$ unterscheidet) — wo τ das Supplement der halben Zwischenzeit zu 12 Stunden bedeutet. Die Mittagsverbesserung hat die Form

$$\Delta t_0 = -\frac{1}{15} \Delta \delta \left(\frac{t}{\sin t} \cdot \operatorname{tg} \varphi - \frac{t}{\operatorname{tg} t} \operatorname{tg} \delta \right) = -\Delta \delta (A \operatorname{tg} \varphi - B \operatorname{tg} \delta),$$

wo $\Delta \delta$ die stündliche Veränderung der Sonnendeklination, φ die geographische Breite, δ die Deklination und A und B die von dem Stundenwinkel abhängigen Größen $t : 15 \sin t$ resp. $t : 15 \operatorname{tg} t$ bedeuten. Die letzteren Größen sind in dieser oder ähnlicher Form in vielen astronomischen Tafelsammlungen mit t als Argument gegeben [5].

Ganz ohne Instrumente, aber allerdings mit Aufwendung erheblicher Rechenarbeit, kann man Zeitbestimmungen dadurch vornehmen, daß man den Durchgang eines Gestirnes durch zwei etwa durch zweckmäßig aufgehängte Fäden bestimmte Vertikalebene oder den mehrerer Gestirne durch eine solche Ebene [6] oder eines Sternes durch eine Ebene von bestimmtem Azimut beobachtet [7]. Diese Methoden sind sehr schön, sie werden aber nur zur Anwendung gelangen, wenn andre Möglichkeit, eine Zeitbestimmung zu erhalten, nicht gegeben ist. Auch die Beobachtungen der Uhrzeiten, zu denen verschiedene Sterne die gleichen Höhen erreichen, liefern gute Zeitbestimmungen und sind, abgesehen von dem Gaußschen Problem der drei gleichen Höhen, in neuerer Zeit mehrfach zur Anwendung gelangt [8]. Stehen bessere Instrumente zur Verfügung, so können Zeitbestimmungen mittels Messungen von Zenitdistanzen von Gestirnen mit Vorteil ausgeführt werden. Wenn bei den bisher genannten Methoden die Teilungen an Kreisen keine Rolle spielten, so ist das bei diesen Messungen aber der Fall und ihre Resultate sind von der Güte der Teilungen abhängig und auch von der Güte der Instrumente im allgemeinen, da die Messungen in beliebigen Zenitdistanzen erfolgen können (innerhalb durch die Praxis gebotener Grenzen, etwa zwischen 25 und 70°), f. Höhenwinkelmessung. Aus den Zenitdistanzen z findet sich dann der Stundenwinkel t des beobachteten Gestirns nach den

Formeln $\cos t = \frac{\cos z}{\cos \varphi \cos \delta} - \operatorname{tg} \varphi \operatorname{tg} \delta$, oder für logarithmische Rechnung bequemer

$$\operatorname{tg} \frac{1}{2} t = \sqrt{\frac{\sin(s - \varphi) \cdot \sin(s - \delta)}{\cos s \cdot \cos(s - z)}}, \text{ wo } s = \frac{1}{2}(\varphi + \delta + z) \text{ ist.}$$

Ist t gefunden, so hat man für die Uhrkorrektur Δu wieder die Beziehung: $\Delta u = \alpha + t - U$, wo dann U die zu der gemessenen Zenitdistanz gehörige Uhrangabe ist. — Ist der Stern im

Oftens des Meridians beobachtet, rechnet man t zweckmäßig negativ. Für genauere Bestimmungen beobachtet man natürlich nicht nur ein z , sondern 4–6, aber es ist durchaus zweckmäßig, die t einzeln zu berechnen.

Die genaueste Methode der Zeitbestimmung ist aber die aus Meridiandurchgängen, welche an einem transportablen oder festaufgestellten Durchgangsinstrument ausgeführt werden. Ist das Durchgangsinstrument (f. d.) so aufgestellt, daß seine Abfehnslinie sehr nahe im Meridian liegt, so werden die Durchgänge einer Anzahl (zwei würden ausreichen) richtig ausgewählter Gestirne genügen, die Abweichung der Abfehnslinie vom Meridian und die Uhrangabe für den Durchgang durch den Meridian selbst scharf zu bestimmen, wenn anderweitig die Neigung der Umdrehungsachse gegen den Horizont und der Winkel zwischen dieser Achse und der Abfehnslinie (der Kollimationsfehler $+90^\circ$) bestimmt sind, was durch Messungen an irdischen Objekten bzw. durch die Libelle oder den Queckfilberhorizont geschehen kann. Zwischen der Uhrangabe U , dem Fehler der Uhr Δu , und der Rektaszension eines beobachteten Gestirns besteht dann wieder die einfache Relation $\Delta u = \alpha - U \cos i$, wo i die wegen der Fehler des Instruments korrigierte Uhrangabe, also diejenige sein wird, welche man an einem vollkommen berichtigten Instrument beobachtet haben würde. (Es ist hierzu das über die Mayer'sche Formel im Art. Durchgangsinstrument Gefagte zu vergleichen.) In einem solchen Instrument ist dann nicht nur ein Faden, sondern eine ganze Anzahl ausgepannt, um dadurch genauere Angaben zu erhalten.

Die Genauigkeit, welche mit solchen Instrumenten einer Zeitbestimmung gegeben werden kann, beträgt durchschnittlich $\pm 0,02$ Sekunden; sie ist weniger abhängig von der Größe des Instruments als vielmehr von der Sicherheit seiner Aufstellung und vor allem von der Sorgfalt und Geschicklichkeit des Beobachters, mit der er die jeweiligen Fehler des Instruments zu bestimmen vermag. Bei der Ausführung solcher genauer Beobachtungen spielen sehr viele Umstände, auf die man sonst nicht zu achten braucht, eine Rolle, besonders auch Fehler, die durch die Unvollkommenheit unserer Sinne herbeigeführt werden (physiologische Fehler). Dahin gehört z. B. der Unterschied in der Auffassung eines Sterndurchganges durch einen Faden im Gesichtsfeld des Instruments durch das Auge und der Wahrnehmung der Schläge der Beobachtungsuhr durch das Ohr oder der Abgabe des den Durchgang auf einem Chronographen (f. d.) markierenden Zeichens durch die Hand. Auch die verschiedene Helligkeit der Gestirne bedingt solche Auffassungsfehler. Man hat durch Einführung bestimmter Beobachtungsmethoden und besonders konstruierter Mikrometer (Repold'sches unpersonliches Mikrometer) dergleichen Fehler zu eliminieren versucht, und bis zu einem gewissen Grade ist das auch gelungen. Auch die Bestimmung des wirklichen Betrages solcher Fehler (persönliche Gleichung) ist von Interesse, um ihre Konstanz beurteilen und eventuell ihren Einfluß in Rechnung ziehen zu können [9].

Auch außerhalb des Meridians lassen sich mit Hilfe der Durchgangsinstrumente zweckmäßigerweise Beobachtungen zur Zeitbestimmung anstellen (Beobachtungen im Vertikal des Polarsternes [10]), auf die aber hier nicht weiter eingegangen werden kann; es muß dieserhalb auf die Lehrbücher der sphärischen Astronomie von Chauvenet, Brünnow, Herr u. a. verwiesen werden. — Der Laie und auch der Astronom ist nicht in jedem Moment in der Lage, eine direkte Zeitbestimmung auszuführen. Es müssen demnach Mittel vorhanden sein, auch indirekt, mit Bezug auf eine gute Uhr, deren Stand und Gang so oft als möglich astronomisch kontrolliert wird, scharfe Zeitangaben zu erhalten. Die genaue Prüfung solcher Uhren sowie ihre sichere Aufstellung ist Sache der Sternwarten und Astronomen. Für transportable Uhren, speziell Schiffsuhren, bestehen in allen ausgedehnten Seefahrt treibenden Staaten besondere Institute zu ihrer Prüfung und Auswahl für die Schiffe. In Deutschland z. B. die Deutsche Seewarte, Abteilung IV. — Von solchen Instituten oder von bestimmten Sternwarten werden an vielen Orten, namentlich Hafenstädten, zu bestimmten Zeiten (Greenwich Mittag oder 0 Uhr Ortszeit) verabredete Signale abgegeben, durch deren Beobachtung dann jedermann seine Uhr kontrollieren kann (Zeitballstationen, Signalschüsse u. f. w. Ein genaues Verzeichnis über solche Signalstationen mit allen zugehörigen Angaben enthält z. B. das Nautische Jahrbuch, herausgegeben vom Reichsamt des Innern, und andre ähnliche nautische Ephemeriden und Tafelammlungen).

Uebertragungen von Uhrsignalen werden einmal zur Regulierung des Standes von Uhren an verschiedenen Orten ausgeführt, dann aber werden sie bei geodätischen Arbeiten zur Bestimmung des Längenunterschiedes benutzt (f. oben). Man kann derartige Uebertragungen durch optische und elektromagnetische Signale mit Vorteil bewirken, z. B. werden solche Signale von Berlin aus jeden Tag allen Telegraphenämtern zu bestimmter Stunde gemeinschaftlich gegeben. Auch die Hamburger Sternwarte hat in neuester Zeit einen solchen für Private nutzbaren automatischen Zeitsignaldienst eingerichtet [11]. — Zu Arbeiten dieser Art hat man neuerdings auch die drahtlose Telegraphie verwendet und zwar, wie die Versuche von Th. Albrecht vom Kgl. Geodätischen Institut auf der Strecke Potsdam—Brocken bewiesen haben, mit sehr gutem Erfolge. Auch die Fernregulierung eines ganzen Systems von Uhren in größeren Städten kann auf elektrischem oder auch pneumatischem Wege eingerichtet werden und zwar so, daß jede Minute, jede Stunde oder auch alle Sekunden ein Regulieren der Nebenuhren erfolgt (sogenannte sympathetische Uhren oder Zifferblätter) [12]. — Werden die Zeitbestimmungen, wie es für solche von großer Genauigkeit nötig ist, mit Hilfe der Beobachtungen von Fixsternen ausgeführt, so erhält man daraus fast stets den Fehler einer nach Sternzeit gehenden Uhr. Für alle Zwecke des bürgerlichen Lebens benutzt man aber Uhren, die nach mittlerer Zeit gehen. Es ist deshalb nötig, die Sternzeitangaben in solche nach mittlerer Zeit zu verwandeln. Dazu bedarf es nur der Kenntnis, wieviel in einem bestimmten Zeitintervall, etwa dem einer mittleren Stunde, Sternzeitsekunden verfließen. Dieses Verhältnis läßt sich leicht finden, wenn man bedenkt, daß in einem Jahre genau ein Sterntag mehr sein muß als mittlere Tage. Deren sind es aber

im Jahre 365 · 2422, also 366 · 2422 Sterntage. Daher ist das Verhältnis der Dauer einer Sternzeitsekunde zu einer mittleren Zeitsekunde gleich $365 \cdot 2422 : 366 \cdot 2422$ oder wie 1 : 1.00273792, oder umgekehrt, die Dauer einer mittleren Zeitsekunde verhält sich zu der einer Sternzeitsekunde wie 1 : 0.99726957. Die astronomischen Jahrbücher und die Tafelsammlungen enthalten zweckmäßig eingerichtete Tafeln, die gestatten, auf sehr einfache Weise ein in Sternzeit gemessenes Zeitintervall in mittlerem Zeitmaß auszudrücken und umgekehrt. Will man aber die für einen bestimmten Moment gültige mittlere Zeit kennen, wenn dieser in Sternzeit angegeben ist, oder will man die Sternzeit für einen bestimmten Moment mittlerer Zeit kennen lernen, so ist dazu noch nötig, zu wissen, wieviel es um 0 Uhr mittags (mittlere Zeit) an dem betreffenden Tag Sternzeit war. Diese Angabe enthalten die astronomischen Jahrbücher für den Beginn jeden Tages, aber für 0 Uhr mittlere Zeit desjenigen Meridians, für welchen das Jahrbuch berechnet ist. Für andre Orte muß die Sternzeit im mittleren Mittag oder die Rektaszension der mittleren Sonne für deren Meridiandurchgang an diesem Orte erst berechnet werden und zwar auf Grund der Ueberlegung, daß die Aenderung der Rektaszension der mittleren Sonne in 24 Stunden mittlerer Zeit den 365 · 2422. Teil dieser Zeit selbst, nämlich $3^m 56^s.56$ oder pro Stunde $9^s.86$ beträgt; 1 mittlerer Tag (gleich 24^h mittlere Zeit), ist also gleich 1 Sterntag + $3^m 56^s.56$ Sternzeit, 1 Sterntag (gleich 24^h Sternzeit) ist also gleich 1 mittlerer Tag — $3^m 55^s.91$ mittlere Zeit. Die „Connaissance des Temps“ gibt z. B. für den 7. Oktober 1909 als Sternzeit im mittleren Mittag für Paris $13^h 1^m 56^s.30$; daraus findet man die Veränderung der Sternzeit für den mittleren Mittag desselben Tages für Göttingen = $\frac{30^m.4 \times 9^s.86}{60} = 5^s.00$ und die Sternzeit selbst für den mittleren Mittag des 7. Oktober für Göttingen gleich $13^h 1^m 56^s.30 - 5^s.00 = 13^h 1^m 51^s.30$, weil Göttingen sehr nahe $30^m.4$ östlich von Paris liegt. Wollte man die Sternzeit für $6^h 3^m 50^s$ mittlere Zeit Göttingen für diesen Tag wissen, so hätte man noch die seit dem mittleren Mittag verstrichenen, in mittlerer Zeit ausgedrückten $6^h 3^m 50^s.0$ in Sternzeit zu verwandeln und diesen Betrag zur Sternzeit im mittleren Mittag zu addieren, man findet also:

$$13^h 1^m 51^s.30 + 6^h 3^m 50^s.0 \left(\frac{366 \cdot 2422}{365 \cdot 2422} \right) = 13^h 1^m 51^s.30 + 6^h 3^m 50^s.0 \times 1.00273791 = \\ 13^h 1^m 51^s.30 + 6^h 4^m 49^s.63 = 19^h 6^m 40^s.93 \text{ Sternzeit.}$$

(Die Verwandlung der $6^h 3^m 50^s.0$ in Sternzeit ist mit den erwähnten Hilfstafeln gemacht.) — Umgekehrt würde man erhalten für 1909 Oktober 10 $18^h 0^m 0^s$ Sternzeit als Angabe in mittlerer Ortszeit wiederum für Göttingen:

Ortssternzeit	18 ^h 0 ^m 0 ^s .00,
Sternzeit im mittleren Mittag	13 13 40.96 (= $13^h 13^m 45.96$ [Paris] — $5^s.00$),
Differenz	5 46 19.04 = verfloßene Zeit seit dem mittleren Mittag,
	ausgedrückt in Sternzeitintervallen,
	(aus den Tafeln genommen),
Reduktion auf mittlere Zeit	— 56.74
Mittlere Zeit	5 45 22.30.
Also $18^h 0^m 0^s$ Sternzeit entspricht am Oktober 10 für Göttingen	$5^h 45^m 22^s.30$ mittlere Zeit.

Literatur: [1] Fleming, S., Uniform now local Time (Terrestrial Time), London 1878, u. Papers on Time, reckoning and the selection of a prime Meridian, Report of the United States Nat. Museum f. 1886; Förfster, W., Ortszeit und Weltzeit, Berlin 1884; Hammer, E., Meridian und Weltzeit, Hamburg 1888. — [2] Wislicenus, W., Astronom. Chronologie, Leipzig 1895. — [3] Ginzel, F. K., Handbuch der mathem. und technischen Chronologie, Bd. 1, Leipzig 1906; Neuausgabe von L. Idlers Handbuch gleichen Namens, Berlin 1825 und 1826. — [4] Schram, R., Hilfstafeln zur Chronologie, Wien 1883. — [5] Albrecht, Th., Formeln und Hilfstafeln zur geographischen Ortsbestimmung, 4. Aufl., Leipzig 1909; Ambronn-Domke, Astronom.-geodätische Hilfstafeln, Berlin 1909. — [6] Harzer, P., Ueber geographische Ortsbestimmung ohne Instrumente, in Petermanns Mitteilungen, Gotha 1896, Ergänzungsheft 123. — [7] Wislicenus, W., Handbuch der geographischen Ortsbestimmungen, Leipzig 1891; über die mit einfacheren Instrumenten auszuführenden Zeitbestimmungen ist auch besonders nachzusehen: Jordan, Grundzüge astronom. Zeit- und Ortsbestimmung, Berlin 1885, sowie auch die Lehr- und Handbücher der sphärischen Astronomie. — [8] Stechert, C., Die Zeitbestimmung aus gleichen Höhen, Hamburg 1898; aus dem Archiv der Deutschen Seewarte. — [9] Die bezüglichen Instrumente zur Bestimmung der persönlichen Gleichung sind ausführlich beschrieben in Ambronn, Handbuch der astronomischen Instrumentenkunde, Berlin 1898. Neuerdings sind die unperfönlchen Mikrometer auch wieder mit geeigneten Uhrwerken versehen worden von Fr. Cohn (früher Königsberg); vgl. Königsberger Beob., Abt. 42 (1909) und Afr. Nachr., Bd. 157, S. 357. — [10] Zeitbestimmung mittels des tragbaren Durchgangsinftr., zwei Abhandlungen von Döllen, 1863 und 1874. — [11] Mitteilung über ein von der Hamburger Sternwarte abgehendes Zeitsignal, Astronom. Nachr., Nr. 4355 (Bd. 182, Nr. 11), 1909. — [12] Ambronn, I. c., Bd. 1, Kap. Uhren, S. 163 ff.

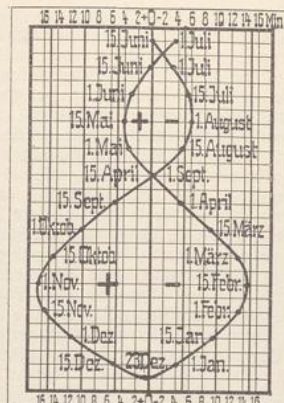
Ambronn.

Zeitgleichung ist der Unterschied zwischen der wahren und der im gleichen Moment herrschenden mittleren Sonnenzeit.

Wie im Art. Zeit auseinandergesetzt, ist der Zeitraum zwischen zwei aufeinander folgenden Kulminationen der wahren Sonne nicht stets derselbe, sondern ändert sich im Laufe eines Jahres, weil die Erde die Sonne nicht in einem Kreise, sondern in einer Ellipse umkreist. Um gleiche Intervalle, die für die Praxis allein brauchbar sind, für je einen bürgerlichen Tag zu erhalten, denkt man sich für die wahre Sonne eine fingierte — mittlere — Sonne gesetzt; die jeweilige Rektaszensionsdifferenz dieser beiden Sonnen, verwandelt in mittlere Zeit, ist die Zeitgleichung für den betreffenden Moment. In den astronomischen Jahrbüchern findet sich die Zeitgleichung für jeden mittleren oder auch wahren Mittag des Jahres für den Meridian des Jahrbuches

angegeben und außerdem daneben die Veränderung der Zeitgleichung für 1 Stunde, so daß man ihren Betrag leicht für jeden Moment und jeden Ort ausrechnen kann. — Dadurch, daß man sich die fingierte Sonne auch zugleich im Aequator flatt wie die wahre in der Ekliptik umlaufend denkt, kommt es, daß die Zeitgleichung im Jahre nicht zweimal, sondern viermal gleich Null wird; dies erfolgt zwischen dem 15. und 16. April, zwischen dem 14. und 15. Juni, dem 1. und 2. September und zwischen dem 24. und 25. Dezember; während die Extreme erreicht werden nahezu am 11. Februar mit $-14^m 25^s$, am 14. Mai mit $+3^m 50^s$, am 26. Juli mit $-6^m 18^s$ und am 3. November mit $+16^m 21^s$. — Die nebenstehende Kurve läßt den Verlauf im einzelnen gut erkennen. Man findet solche oder ähnliche Kurven häufig auf Sonnenuhren mit verzeichnet.

Ambronn.



Jährlicher Verlauf der Zeitgleichung.

Zeitübertragung, f. Längenbestimmung.

Zeitähler, f. Elektrizitätszähler.

Zelle (Zellenspeicher), f. Silospeicher.

Zellenschalter, f. Akkumulatorenschal-

tungssysteme und Fernspannungsregulierung.

Zellhorn, **Zellstoff**, f. v. w. Cellulose (f. d.).

Zellstoffgarne, f. Papierstoffgarne.

Zelt, ein aus wasserdichter Leinwand über rundem Grunde, also kegelförmig, oder in langer Form erbautes Dach, das über Stangen errichtet und durch Seile an Pfählen bzw. am Boden befestigt ist.

Schon in frühester Zeit bildet das leicht zu errichtende und schnell abzubrechende Zelt die Wohnstätte der wandernden Hirtenvölker wie auch die Schlafstellen der Krieger. Im Altertum und Mittelalter boten besonders im Orient Prachtzelte den Herrschern das Mittel zur Entfaltung ihres Reichtums an farbigen Teppichen u. f. w. Ueber die Feltzelte ägyptischer Könige und solche aus alexandrinischer Zeit f. [1]. Gegenwärtig findet das Zelt weitgehende Verwendung zu Kriegs- und Ausstellungszwecken; im ersten Falle für die Unterkunft der Offiziere, Mannschaften und Pferde und für Kriegslazarette, bei den Ausstellungen vorübergehender Art als Stallungen, Wirtschafts- und Maschinenhallen, Gabentempel u. f. w. Ferner dient das Zelt als Garten- oder Jagdzelt, Musikpavillon in einfachster oder reichster Ausstattung [2].

Literatur: [1] Semper, G., Der Stil, Frankfurt a. M. 1860, Bd. 1, S. 308. — [2] L. Stromeyer & Co., Konstanz, Zelte, Baracken und transportable Gebäude (Katalog mit Abb.). Weinbrenner.

Zement, ein hydraulisches Bindemittel, dessen Grundbestandteile Ton und Kalk sind (f. a. Mörtelprüfung).

Zement im weiteren Sinne nennt man auch die mit Aetzkalk (f. Kalk) zu vermischenden hydraulischen Zuschläge, z. B. Puzzonale (das sind durch Glühen aufgeschlossene Aluminiumsilikate (f. d.), die in der Natur als Santorinerde in Griechenland, als Puzzolane in Italien und Frankreich vorkommen), Traß (f. d.), Ziegemehl, gemahlene Hochofenschlacke u. f. w. Zu den eigentlichen Zementen zählen die in Bd. 6, S. 455, unter 2—6 genannten und beschriebenen Produkte; unter diesen ist das in der Technik bevorzugteste der Portlandzement [1] — ein meist blaugraues Pulver —, das im Mittel 60% Kalk, 23% Kiefelsäure, 7,5% Tonerde, 3,5% Eisenoxyd und zur Regulierung der Abbindezeit u. f. w. noch andre Stoffzusätze (z. B. Gips) enthält. Zusätze von Traß, Hochofenschlackenmehl u. f. w. gelten als keine Verbesserung, sondern nur als eine unvorteilhafte Beschwerung von Portlandzement. Bei der Portlandzementfabrikation (vgl. [1]—[3]) werden homogene Mischungen von Kalk und Ton entweder naß (durch Zusammenschlämmen) oder trocken (durch Zusammenmahlen) wie Ziegel geformt, in Öfen (f. Bd. 6, S. 746 ff.) bis zur vollständigen Sinterung gebrannt, zerkleinert (durch Kollergänge, Steinbrecher, Walzen u. f. w.) und möglichst fein gemahlen. Nach einem neuen patentierten Verfahren (Wassereinsäuerung) von Collofeus läßt sich Schlacken-zement wesentlich verbessern. Natürlich vorkommende, zur direkten Erzeugung von Portlandzement geeignete Gesteine sind selten; es finden sich solche bei Perlmoss in Tirol und bei Gartenau in Salzburg. Untersuchungen der Zemente f. Mörtelprüfung. Portlandzement wird jetzt fast ausschließlich in ganzen, halben und viertel Fässern (180 kg, 90 kg und 45 kg brutto) in den Handel gebracht. Zu erwähnen ist noch der durch Brennen eines Gemenges von Kalkstein und Kaolin unter Zusatz von Feldspat hergestellte weiße Zement, der zum Auslegen u. f. w. Verwendung findet. — Die Anwendung der Zemente f. unter Mörtel und Beton. Erwähnt sei noch, daß neuerdings zu wasserdichten Zementverputzen eine Zugabe von fein geschlämmtem Ton zum Mörtel mit Erfolg verwendet wird.

Literatur: [1] Büßing und Schumann, Der Portlandzement und seine Anwendung im Bauwesen, Berlin 1899. — [2] Weidner, H., Die Portlandzementfabrik, ihr Bau und Betrieb, Berlin 1909; Naske, C., Die Portlandzementfabrikation, 2. Aufl., Leipzig 1909. — [3] Zwick, Hydraulischer Kalk und Portlandzement, 3. Aufl., Wien 1909.

Zementation, die Gewinnung von Kupfer aus Grubenwässern durch Ausfällen mittels Eisen als metallisches Kupfer oder mittels Schwefelwasserstoff als Schwefelkupfer.

Zementwässer erzeugen sich in verlassenen, erloffenen Kupfererzgruben. Wässer, welche 100 g Kupfer in 1 cbm enthalten, können mit Vorteil verarbeitet werden, jedoch ist ein etwaiger Gehalt an Eisen und Zink störend.

Literatur: Buddäus, W., Die Verarbeitung der kupferhaltigen Grubenwässer in Schmöllnitz, Berg- und Hüttenmännische Ztg. 1904, S. 13.

Zementdächer, f. unter Holzzement.

Zementdielen (Zementbretter), von Otto Böklen in Lauffen a. N. 1892 erfundener Kunststein aus Portlandzement und Bimsstein in patentierter Form mit glatter Vorder- und zellenförmiger Rückseite.

Die Erfindung zeigte sich geeignet für Decken- und Wandbildungen sowie zur Herstellung von kleinen Barackenbauten und fand ihre weitere Ausbildung als Zementthohldielen durch J. Wygatsch in Beuthen.

Literatur: Höffer, O., Die Verwendung von Zementdielen u. f. w. im Hochbau, Breslau 1895. Weinbrenner.

Zementestrich (Zementgußboden), fugenlose, sehr harte und widerstandsfähige Fußbodenbildung; f. a. Estriche, Bd. 3, S. 517.

Der Zementestrich besteht aus zwei Schichten von verschiedener Zubereitung. Die stärkere Unterlage von 6–15 cm Dicke, je nach den Zwecken des Bodens, besteht aus einer Mischung von grobem Kies oder Steinschlag mit Sand und Zement, welcher letzterer den 5. bis 20. Teil der Masse, je nach seiner Bindfähigkeit, ausmachen kann. Der zweite Auftrag, aus 1 Teil Zement und 1 Teil Sand gemischt, unter Zusatz von wenig Wasser, bildet die Oberfläche in Stärke von 2–3 cm. Die Unterlage wird durch Stampfen mit dem Stößel bearbeitet, bis Schweißwasser austritt, die Ober- oder Glattschicht aber mit einer Eisenwalze gewalzt oder mit der Stahlkelle geglättet. Die Erhärtung erfolgt rasch. — Der Auftrag geschieht in beiden Fällen nicht in breiten Flächen, sondern in Bahnen von ca. 1 m Breite, welche zwischen Latten oder Eisenbahnschienen eben gestrichen werden, oder aber in abgegrenzten Flächen von ca. 1 qm Größe, wodurch den Rißbildungen der Oberfläche vorgebeugt wird. Die Farbe ist meist das natürliche Grau oder rötlich. Verwendung: bei Küchen, Waschküchen und sonstigen Arbeitsräumen, Speichern, Stallungen und Gehwegen.

Weinbrenner.

Zementieren, Zementstahl (Blasenstahl). Zementieren bezeichnet im Eisenhüttenwesen die Herstellung von Stahl (Zementstahl) aus gewöhnlichem, d. h. nicht härtbarem, schmiedbarem Eisen durch Kohlung (f. d.) in festem, rotglühendem Zustand des Eisens.

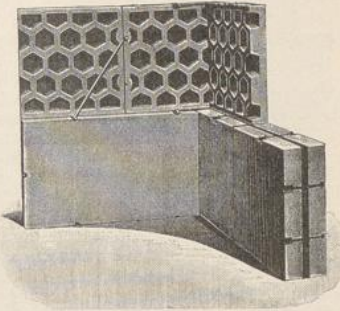
Als Rohmaterial benutzt man Schweißstabs von etwa 10–20 mm (und darüber) Stärke und 50–100 mm Breite, die in gemauerte, von außen geheizte Kästen von 2,75–3,5 m Länge, 0,8–1,2 m Höhe und 0,8–1,0 m Breite zwischen geliebte Holzkohle von Nuß- bis Erbengröße eingelegt werden. Die Dauer der Beheizung des luftdicht vermauerten Kastens hängt von dem gewünschten Kohlenstoffgehalt des Stahls ab; sie beträgt etwa 8–10 Tage, wozu für das Abkühlen noch etwa 5–8 Tage kommen. Die Stahlstäbe zeigen an ihrer Oberfläche Blasen, die von einer Gasentwicklung durch Reduktion der in dem Schweißstabe enthaltenen Schlacke herühren; der rohe Zementstahl wird deshalb auch als Blasenstahl (engl. blister-steel) bezeichnet. Der Vorgang besteht bei dem Zementieren wohl nicht, wie gewöhnlich angenommen wird, in einer Wanderung des Kohlenstoffs, sondern wahrscheinlich in einer Bildung von CO und dessen Zerfallen nach der Gleichung $2CO = C + CO_2$. Die Kohlensäure CO_2 wird sich in dem Holzkohlenbett wieder in CO zurückverwandeln, die wieder in das Eisen eindringt u. f. w. — Ein dem Zementieren im Prinzip gleicher Vorgang ist das Oberflächenhärten (f. d.). Dieses Verfahren wird für Eisenstücke aus weichem (nicht härtbarem) Schmiedeeisen angewendet, um sie nur an ihrer Oberfläche oder nur an einzelnen Teilen derselben in einer mehr oder weniger tiefen Schicht in Stahl umzuwandeln. Man verwendet hierzu kohlenstoffhaltige Substanzen und zwar feste Körper (f. Bd. 4, S. 745) oder gasförmige, wie z. B. Leuchtgas bei der Panzerplattenherstellung.

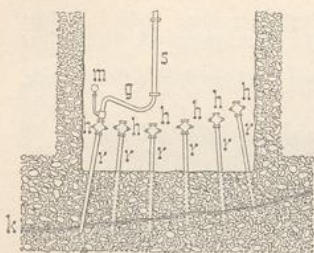
A. Widmaier.

Literatur: Lehrbücher über Eisenhüttenkunde.

Zementieren. Beim Schachtabteufen in festem, aber von wasserführenden Klüften durchzogenem Gebirge ist zuerst von Wiede [1] in Reinsdorf das Absperrn des Wassers durch Ausfüllen der Klüfte mit Zement angewendet worden. Da auch Portier in Courrières zur Verbreitung des Zementierens beigetragen hat, spricht man wohl auch vom Portier-Verfahren.

Nähert man sich beim Schachtabteufen der wasserführenden Zone, so wird das Gebirge stets durch einige Vorbohrlöcher untersucht, welche dem Abteufen 2–3 m vorangehen. Wird eine wasserführende Kluft angetroffen, so wird im Schachtquerschnitte eine größere Anzahl Vorbohrlöcher hergestellt (Figur S. 982) und durch Gasrohre r mit Hanfumwicklung, die mit einem Dreiweghahn h versehen sind, wieder verschlossen. Mittels Manometer m mißt man den Wasserdruck, baut dann ein Standrohr s im Schachte ein und richtet in entsprechender Höhe über dem Abteufen eine Bühne für die Mischung des Zementbreies und zum Einführen des letzteren in das





Zementieren wasserführender Klüfte.

Vorbohrloche so weit verbreitet hat, daß ein oder mehrere benachbarte Löcher Zementbrei nicht mehr aufnehmen. Man läßt das Schachtabteufen 2—3 Tage stehen und findet dann beim weiteren Abteufen, daß die Klüfte durch den abgeordneten Zement geschlossen sind. Am schwersten sind die feinsten Klüfte zu verschließen. Es macht sich zuweilen nötig, in der Richtung dieser Klüfte besondere Bohrlöcher zu bohren und das Verfahren nochmals zu wiederholen. Auch Hohlräume hinter dem Schachtausbau oder hinter Verdämmungen hat man auf diese Weise — im Salzgebirge unter Anwendung von Magnesia zement — ausgefüllt [2]. Der natürliche Druck kann auch durch eine Druckpumpe ersetzt werden.

Literatur: [1] Wiede, Alfred, Die Wasserabdämmung beim Abteufen des Pöhlauer Schachtes der Gewerkschaft Morgenstern in Reinsdorf durch Verfeinerung der natürlichen Wasseradern, Sächsisches Jahrbuch für Berg- und Hüttenwesen 1901, S. 66; Georgi, F. M., Wasserverdämmung und Betonausbau im König-Georg-Schachte des K. Steinkohlenwerkes Zuckeroda, ebend. 1904, S. 97, mit Kostenberechnung. — [2] Gräfe, Abteufarbeiten auf Schacht Hildesha, Zeitschr. f. angewandte Chemie 1907, S. 1027.

Treptow.

Zementstahl, f. Zementieren.

Zementwasser, f. Kupfervitriol, Zementation.

Zengeltange (Zenkeftange), f. Floß.

Zenit nennt man den Punkt des Himmels, in dem die Richtung des Lotes die oberhalb des Beobachters gelegene Himmelshalbkugel trifft; nach unten verlängert trifft diese Linie den sogenannten Nadir, den Gegenpunkt des Zenits.

Bei geodätischen und astronomischen Vertikalwinkelmessungen bezieht man die Richtung nach dem Objekt (Gestirn) mit Vorteil auf das Zenit, d. h. man mißt Zenitdistanzen (f. d.). An den Vertikalkreisen der astronomischen Meßinstrumente nennt man Zenitpunkt denjenigen Punkt, den man an den Nonien oder Mikroskopen ablesen würde, wenn die Absehnslinie des Fernrohrs genau nach dem Zenit gerichtet sein würde. An größeren Instrumenten, namentlich festaufgestellten, benutzt man als Referenzpunkt für die Vertikalwinkel häufig den Nadirpunkt statt des Zenitpunktes, weil dieser sich leichter bei solchen Instrumenten direkt bestimmen läßt, durch Benutzung eines Quecksilberhorizontes. — Im allgemeinen erhält man den Zenitpunkt aus der halben Summe zweier Ablefungen des Kreises in entgegengesetzten Lagen (Fernrohr rechts und Fernrohr links) bei Richtung der Absehnslinie nach dem gleichen festen Objekt. — Die Verbindungslinie Zenit-Nadir geht im allgemeinen wegen der kugelförmigen Gestalt der Erde nicht durch deren Mittelpunkt (nur am Äquator und am Pol ist das der Fall), sondern die Richtung nach dem Zentrum der Erde schließt mit der Äquatorialebene einen andern Winkel ein als die Lotlinie. Den ersteren nennt man die geozentrische (γ'), den letzteren die geographische Breite (γ) des Beobachtungsortes (f. Geographische Koordinaten). Zwischen geozentrischer und geographischer Breite besteht die einfache Beziehung $\operatorname{tg} \gamma' = \frac{b^2}{a^2} \operatorname{tg} \gamma$, wo a und b die beiden Halbachsen der Erdellipse sind. Ueber weitere Beziehungen sind die Handbücher der mathematischen Geographie zu vergleichen.

Ambronn.

Zenitdistanz ist derjenige Winkel, welchen die Richtung nach einem bestimmten Punkte hin mit der Lotrichtung am Beobachtungspunkt einschließt.

Die Zenitdistanz ist die Ergänzung des Höhenwinkels (der Elevation) zu 90° . In der praktischen Meßkunde mißt man mit Vorteil die Zenitdistanz, da diese sich ohne Rücklicht auf die Lotlinie selbst finden läßt, aus der Differenz der beiden Ablefungen an einem Höhenkreis, die man bei Fernrohr rechts und Fernrohr links erhält unter der alleinigen Voraussetzung, daß die Lage der Nullpunktlinie der Ablesevorrichtungen gegenüber dem Horizont konstant geblieben ist. — Bei celestischen Messungen unterscheidet man scheinbare und wahre Zenitdistanz. Die erstere ist um die Wirkung der Strahlenbrechung (Refraktion, f. d.) kleiner und um den Betrag der Parallaxe (f. d.) größer als die wahre Zenitdistanz, d. h. als die auf den Erdmittelpunkt bezogene. — Die Messung von Zenitdistanzen von Gestirnen wird in der Astronomie zur Bestimmung der Koordinaten des Beobachtungsortes viel benutzt.

Ambronn.

Zentner, Gewicht, früher in Deutschland = 100 Pfund, zurzeit 1 Doppelzentner (dz) = 100 kg, 1 engl. Zentner = 50,802 kg, 1 Zentner der Verein. Staaten = 45,36 kg.

Plato.

Zentralachse der Kräfte. Dieselbe wurde von Poinfot in die Mechanik eingeführt (f. Poinfot, *Éléments de statique*, 9^{me} édit., Paris 1848, S. 360). Heutzutage hat dieselbe

eine allgemeine Bedeutung für jedes Streckensystem gewonnen. Es gibt nicht bloß eine Zentralachse der Kräfte, sondern auch eine Zentralachse der Bewegung, die Momentanachse (f. Äquivalenz der Kräfte, Bd. 1, S. 87 unten). Ueber die allgemeine Zentralachse eines Streckensystems f. Schell, Theorie der Bewegung und der Kräfte, 2. Aufl., Leipzig 1879, Bd. 1, S. 52.

Zentralamt für den internationalen Eisenbahntransport, auf Grund des Internationalen Uebereinkommens über den Eisenbahnfrachtverkehr (f. Bd. 3, S. 280) vom Schweizerischen Bundesrat in Bern errichtet, um die Ausführung des Uebereinkommens zu erleichtern und zu sichern. Das Zentralamt gibt u. a. die „Zeitschrift für den internationalen Eisenbahntransport“ heraus. *Cauer.*

Zentralbau, ein um einen Mittelpunkt gruppiertes Gebäude, bei dem der mittlere Teil den Hauptbau, meist eine Kuppel, bildet, um die sich die Seitenteile, nach den Hauptachsen geordnet, anschließen.

Die Grundrißform ist eine runde oder vieleckige, mit Umgängen oder Kreuzarmen. Ursprünglich waren die Tauf- und die Grabkirchen [1] so gebildet; in späterer Zeit schafften der Renaissance- und Barockstil bedeutende Beispiele [2].

Literatur: Vgl. die unter Kuppel, Bd. 5, S. 791, sowie [1] Handbuch der Architektur, 2. Teil, Bd. 3, Heft 1, Holzinger, Altchristliche und byzantinische Baukunst, 3. Aufl., Leipzig 1909. — [2] Handbuch der Architektur, 2. Teil, Bd. 6, Heft 2, v. Geymüller, Baukunst der Renaissance in Frankreich, Stuttgart 1901. *Weinbrenner.*

Zentralbewegung. Geht die Richtung der Beschleunigung eines in Bewegung begriffenen Punktes fortwährend durch einen festen Punkt O hindurch, und ist ihre Größe nur von der Entfernung des Punktes von O abhängig, so heißt die Bewegung des Punktes eine Zentralbewegung und O das Zentrum derselben.

Wählt man O zum Pol eines Polarkoordinatensystems der r, ϑ , so ist die Komponente der Beschleunigung senkrecht zum Radiusvektor r gleich Null, und es gelten die beiden Gleichungen (f. Beschleunigung, Bd. 1, S. 717 unten) $\frac{d^2 r}{dt^2} - r \left(\frac{d\vartheta}{dt} \right)^2 = -\varphi$ und $\frac{1}{r} \frac{d}{dt} \left(r^2 \frac{d\vartheta}{dt} \right) = 0$, wobei die Beschleunigung φ positiv nach dem Zentrum hin gerichtet ist. Die letztere Gleichung gibt $r^2 d\vartheta : dt = C$, wo die Konstante C durch die Anfangsbedingungen der Bewegung zu bestimmen ist. Es ist aber $\frac{1}{2} r^2 d\vartheta : dt = dS : dt$ die Sektorengeschwindigkeit des Radiusvektors (f. Bd. 3, S. 592), und diese ist mithin für die Zentralbewegung eine Konstante $\frac{1}{2} C$. Ist der Abstand p der Tangente vom Pol O , so ist $dS = \frac{1}{2} p ds$, wenn ds das Bogenelement und daher $v = ds : dt$ die Geschwindigkeit ist, also $pv = C$, d. h. für jede Zentralbewegung ist das Moment der Geschwindigkeit in bezug auf den Pol konstant, oder die Geschwindigkeit des Punktes ist ihrem Abstande vom Pol umgekehrt proportional. Die Bahn des Punktes ist für jede Zentralbewegung eine ebene Kurve, deren Ebene das Zentrum enthält, oder die Beschleunigung φ fällt in die Schmiegungebene, und diese enthält mithin stets das Zentrum. Sie ist aber die Ebene zweier aufeinander folgender Tangenten, und es fallen daher alle Schmiegungebenen in eine zusammen, da jede von ihnen durch eine Tangente und das Zentrum bestimmt ist. Eliminiert man aus beiden obigen Gleichungen das Zeitelement, so gelangt man zur Differentialgleichung der

Bahn in Polarkoordinaten. Setzt man $1 : r = u$, so wird dieselbe $\left(\frac{d^2 u}{d\vartheta^2} + u \right) u^2 = \varphi : C^2$. Ist die Bahn bekannt und etwa $u = f(\vartheta)$ ihre Gleichung, so dient diese Gleichung zur Bestimmung der Beschleunigung φ als Funktion von u oder ϑ . In rechtwinkligen Koordinaten x, y , deren Ursprung der Pol O ist, sind die Differentialgleichungen der Zentralbewegung $\frac{d^2 x}{dt^2} + \frac{x}{r} \varphi = 0$, $\frac{d^2 y}{dt^2} + \frac{y}{r} \varphi = 0$. Außer dem Prinzip der Flächen (Bd. 7, S. 237) gilt für die Zentralbewegung auch das Prinzip der lebendigen Kraft (Bd. 7, S. 239). Beide Prinzipien liefern die beiden ersten Integrale der Bewegungsgleichungen $r^2 \frac{d\vartheta}{dt} = C$ und $\frac{1}{2} v^2 = U + h$, wenn U die Kräftefunktion bezeichnet und

$v^2 = \frac{1}{2} C^2 \left[u^2 + \left(\frac{du}{d\vartheta} \right)^2 \right]$. Man erhält hiermit als zweite Integrale $t - t_0 = \int_{r_0}^r \frac{r dr}{\sqrt{2r^2(U+h) - C^2}}$, $\vartheta - \vartheta_0 = \int_{r_0}^r \frac{C dr}{r \sqrt{2r^2(U+h) - C^2}}$. Eine der wichtigsten Zentralbewegungen ist die Planetenbewegung, welche dem Newtonschen Gesetze $\varphi = \frac{\mu}{r^2}$ entspricht (f. Keplers Gesetze, Bd. 5, S. 431). Für sie gelten die Gleichungen $U - U_0 = - \int_{r_0}^r \frac{\mu}{r^2} dr = \frac{\mu}{r} - \frac{\mu}{r_0}$, $r^2 \frac{d\vartheta}{dt} = C$, $\frac{1}{2} v^2 = \frac{\mu}{r} + \frac{1}{2} v_0^2 - \frac{\mu}{r_0} = \frac{\mu}{r} + \frac{1}{2} H$, wo $H = v_0^2 - \frac{2\mu}{r_0}$. Die Differentialgleichung der Bahn liefert, wenn ψ den Winkel bezeichnet, den der Radiusvektor r mit dem kleinsten Radiusvektor r_0 bildet, $r = \frac{p}{1 + e \cos \psi}$, wo

$\varepsilon = \left[1 + \left(\frac{C}{\mu} \right)^2 H \right]^{\frac{1}{2}}$, $p = \frac{C^2}{\mu}$. Dies ist die Gleichung eines Kegelschnittes, dessen einer Brennpunkt das Zentrum O , dessen Parameter $2p$ und dessen numerische Exzentrizität ε ist. Derselbe ist eine Ellipse, Parabel oder Hyperbel, je nachdem v_0^2 kleiner, gleich oder größer als $2\mu : r_0$ ist. Die weitere Entwicklung dieser Theorie liefert die Koordinaten r, ψ als Funktionen der Zeit t (Keplersches Problem) mit Hilfe der exzentrischen Anomalie.

Literatur: Schell, Theorie der Bewegung und der Kräfte, 2. Aufl., Leipzig 1879, Bd. 1, S. 373—387; Appell, Traité de mécanique rationnelle, Paris 1898, T. 1, S. 354—376; Routh, Treatise on dynamics of a particle, Cambridge 1898, S. 197—303. (+ Schell) Finsterwalder.

Zentralellipse, f. Trägheitsellipse.

Zentralellipsoid, f. Trägheitsmoment.

Zentrierapparate, -maschinen, -werkzeuge. Zentrieren bezeichnet 1. das Auffuchen und Anzeichnen der Lage der Drehachse eines Arbeitsstücks; 2. ein Arbeitsstück nach einer Drehachse einspannen; 3. ein kegelförmiges Loch (Körner) in ein Arbeitsstück in der Richtung der Drehachse bohren, damit es zwischen Spitzen (f. d.) eingepannt werden kann.

1. Zum Auffuchen und Anzeichnen der Lage der Drehachse eines Arbeitsstücks verwendet man Zentrierwinkel (Mittelfucher, f. d.); die beiden Schenkel des Zentrierwinkels legt man an die Mantelfläche eines zylindrischen Arbeitsstücks an und zieht auf der Endfläche an dem Lineal entlang einen Durchmesser und wiederholt dieses Verfahren in einer zweiten Lage. Der Schnittpunkt der beiden Durchmesser ist der Mittelpunkt. Demselben Zweck dienen die Ankörnapparate (f. Fig. 1 und Bd. 1, S. 218, ferner Futter, Bd. 4, S. 228, Fig. 20).

2. Zum zentrischen Einspannen von Arbeitsstücken (ohne vorherige Bestimmung der Drehachse) verwendet man selbstzentrierende Einspannvorrichtungen (f. Futter, Bd. 4, S. 227).

3. Beim Bohren der Körner (f. d.) in ein Arbeitsstück, um es z. B. zwischen den Spitzen einer Drehbank aufspannen zu können, ist zu beachten, daß das Loch dem Konus der Körnerpitze entsprechend konisch fein soll und daß sich an das konische Loch noch ein zylindrisches anschließen muß, damit eine kleine Oelkammer entsteht und das Arbeitsstück nicht an der Spitze des Körners anliegt. Man verwendet hierfür Bohrer der in Fig. 2—4

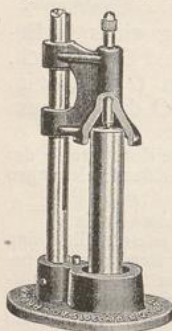


Fig. 1.

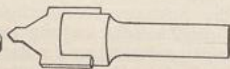


Fig. 2.



Fig. 3.

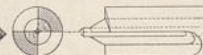


Fig. 4.

dargestellten Gestalt. Der Bohrer Fig. 4 (Droop & Rein in Bielefeld) besteht aus drei ineinander steckenden Werkzeugen. Diese Bohrer erfordern eine Bohrmaschine oder einen Bohrapparat mit nur einer Spindel. Für das Zentrieren von Wellen größeren Durchmessers benutzt man vielfach transportable Apparate, die zentrisch an dem Arbeitsstück befestigt werden. Man kann aber auch das Loch mit zwei Bohrern herstellen; dann ist indeffen eine zwispindlige Zentriermaschine notwendig; die eine Spindel trägt einen Spiralbohrer, die andre einen Vertikalbohrer. Das Arbeitsstück wird in einem auf der Maschine festen Zentrierfutter eingepannt. Um das Arbeitsstück nicht einspannen zu müssen, werden die Spindeln der Zentriermaschinen in einem schwingenden Spindelbock gelagert, so daß die beiden Bohrer nacheinander zur Wirkung gebracht werden.

Zentrieren der Richtungs- bzw. Winkelmessung, f. Triangulierung.

Zentrifugalbeschleunigung, die entgegengesetzt genommene Zentripetalbeschleunigung (f. Bd. 1, S. 717).

Zentrifugalkraft ist das Produkt aus der Masse m eines eine gegebene Bahn gezwungen durchlaufenden Punktes und der Zentrifugalbeschleunigung.

Zentrifugalmoment, f. Trägheitsellipse.

Zentrifugalsichtmaschine, eine in der Müllerei gebrauchte Sichtvorrichtung, die sich durch ein zylindrisches, mit Gaze bespanntes Gestell kennzeichnet, das langsam um eine wagerechte Achse umläuft und in dessen Innern eine Gruppe von Schleuderleisten mit hoher Umdrehungszahl (etwa 250) kreist, wodurch das Sichtgut scharf gegen die Gazeummantelung geworfen wird (f. Sichterei).

Zentrifugen, mit hoher Umdrehungszahl umlaufende zylindrische Behälter (Trommel, Kessel), innerhalb deren Materialien der verschiedensten Art der Wirkung der Zentrifugalkraft ausgesetzt werden.

Man zentrifugiert Materialien aus verschiedenen Gründen, z. B. um ihnen Feuchtigkeit zu entziehen oder um sie zu imprägnieren, zu waschen, zu beizen, zu färben oder zwecks Trennung in Produkte verschiedenen spezifischen Gewichts innerhalb der Trommel oder zum Klären von Flüssigkeiten, zum Scheiden von Flüssigkeiten verschiedenen spezifischen Gewichts u. f. w. — Der Antrieb der Zentrifugentrommel geschieht entweder mittels einer mit ihr fest verbundenen Spindel oder (seltener) ist die Trommel auf einer festgelagerten Spindel auf-

gehängt. — Bei den meisten Zentrifugen liegen der Antrieb und die Lager der Spindel unterhalb der Trommel, wodurch diese leicht zugänglich wird; bei Zentrifugen mit obenliegendem Antrieb muß darauf geachtet werden, daß keine Beschädigung des Zentrifugeninhalts durch abtropfendes Öl oder durch Rost eintreten kann. Die Spindeln der Zentrifugen sind entweder festgelagert oder, um Erschütterungen bei ungleichmäßiger Verteilung der Materialien innerhalb der Trommel zu vermeiden, nachgiebig (unter Verwendung von Gummipolstern) gelagert. Ueber die zum gleichen Zwecke angewandten Gleichgewichtsregulatoren an Zentrifugen vgl. [1]. — Um die Zentrifugen ohne Stöße in Umdrehung versetzen zu können, werden bei Transmissionsantrieb Reibungskupplungen angewendet; häufiger werden indeffen die Zentrifugen mit einem besonderen Antriebsmotor (Dampfmaschine mit Geschwindigkeitsregulator, Elektromotor oder Wasserturbine) versehen. Zum raschen Stillsetzen der Trommel ist in der Regel eine Bremse vorhanden. — Zum bequemen Entleeren der Trommeln werden die Trommeln entweder aushebbar angeordnet oder Untenentleerung angewendet. Für letzteren Zweck wird entweder der ganze Trommelboden nach abwärts gelenkt oder der Trommelboden ist mit Durchbrechungen versehen, die mittels einer Haube oder mittels Radialschlitten überdeckt werden können. Um das aus der Trommel weggeschleuderte Material aufzufangen, sind die Zentrifugen mit einem Schutzmantel versehen, an den sich in der Regel Leitungen u. f. w. zur Förderung des ausgeschleuderten Materials anschließen. — Die Trommeln bestehen je nach dem zu zentrifugierenden Material aus Stahl, Schmiedeeisen, Gußeisen, Kupfer, Bronze, Messing, Aluminium, Nickel, Porzellan, Ton u. f. w. oder sind mit einem Ueberzug aus Hartgummi, Email, Zinn, Blei, Silber u. f. w. versehen. — Der Mantel wird bisweilen als Doppelmantel zum Heizen oder Kühlen des Trommelinhalts ausgebildet; auch werden die Zentrifugen derart ausgeführt, daß sie vollständig luftdicht verschlossen werden können und das Zentrifugieren im Vakuum oder unter Druck stattfinden kann. Ueber Milchzentrifugen s. Molkerei.

Literatur: [1] Weisbach-Herrmann, Lehrbuch der Ingenieur- u. Maschinenmechanik, 3. Teil, 3. Abt., 1. Hälfte, Braunschweig 1896. — [2] Parnicke, Maschinelle Hilfsmittel der chemischen Technik, 3. Aufl., Leipzig 1905.

Zentripetalbeschleunigung, f. Beschleunigung, Bd. 1, S. 717; — zusammengefaßt, f. Coriolis' Satz von der relativen Beschleunigung eines Punktes, Bd. 2, S. 477.

Zeolithe, Mineralgruppe von wasserhaltigen Tonerde-, Kalk-, Natronsilikaten von verschiedener Zusammensetzung.

Meist gut kristallisiert, farblos, durchsichtig, stark glänzend; Härte 5; spez. Gew. 2,2–2,3. Ziemlich leicht schmelzbar und von Salzsäure zerfetzbar. Vorwiegend in basischen Eruptivgesteinen auf Klüften und in Mandeln (Diabas, Melaphyr, Basalt). Hierher gehören Chabasit (Kalk-Tonerde-Silikat), Desmin (Kalk-Natron-Tonerde-Silikat), Harmoton oder Kreuzstein (Baryt-Tonerde-Silikat), Mesotyp oder Natrolithe (Natron-Tonerde-Silikat) u. a. Die Aluminatsilikate (Desmin, Stilbit, Chabasit) sind nach Rümpler (Deutsche Zuckerindustrie 1901) und Gans befähigt, den Alkali- und Betaingehalt der Melasse gegen ihren Kalkgehalt einzutauschen, die Melasse zu reinigen und größere Mengen Zucker auskristallisieren zu lassen; sie befördern weiter nach Gans den Austausch der Pflanzennährstoffe im Boden bei der Düngung.

Literatur: Gans, R., Zeolithe und ähnliche Verbindungen, ihre Konstitution und Bedeutung für Technik und Landwirtschaft, Jahrbuch der geol. Landesanstalt für 1905, S. 179, und 1906, S. 63, Berlin 1905 u. 1906. Leppia.

Zephyr (Vapeur), die feinsten, locker gewebten, leinwandartigen Baumwollstoffe (Muffelinarten), doch versteht man in einzelnen Gegenden auch darunter ein feines, dünnes, schafwollenes Gewebe in der Art der Damentuche; dickere derartige tuchartige Gewebe werden dann Halbtuch, Dreivierteltuch und Dicktuch genannt (s. Weberei). E. Müller.

Zephyrgarne, f. Kammgarnspinnerei, Bd. 5, S. 325.

Zerfasierung, f. Holzstoff, Papierfabrikation.

Zerkleinern, Zerkleinerungsmaschinen. Die zum Zerkleinern spröder Materialien, wie Erze, Kohle u. f. w., dienenden Maschinen sind sehr verschiedenartig eingerichtet. Ihr Bau hängt in erster Linie davon ab, ob eine Zerkleinerung in mehr oder weniger große Stücke oder in Sande oder in Mehl gewünscht wird. Ihrer Wirkungsweise und Konstruktion nach kann man die Zerkleinerungsmaschinen einteilen:

1. in solche, welche das Material zerdrücken, und zwar a) zwischen Brechbacken: Steinbrecher, f. S. 282 mit Figur; Sektorator (der bewegliche Brechbacken bildet einen Sektor, der eine Wälzbewegung ausführt [1]); b) zwischen einer horizontalen Unterlage und rollenden Gewichten: Kollergang (s. Mühlen, Bd. 6, S. 523, Fig. 1); c) zwischen einem Mantel und innerhalb desselben laufenden, durch die Zentrifugalkraft an den Mantel angepreßten Kugeln (Horizontalkugelmühle von Gebrüder Pfeifer in Kaiserslautern [1], vertikale Rollmühle von Nagel & Kämp [1] oder Walzen (Propfemühle [1]); d) zwischen einem Mantel und einem oder mehreren an seiner inneren Fläche herumgeführten kegel- oder walzenförmigen Rollkörpern (Pendelmühlen [1], [2] und Bd. 6, S. 524); e) zwischen Walzenpaaren (deren Walzen je nach dem Zweck geriffelt oder gezahnt oder glatt sind): Walzenmühle (s. d. und [1], [2]) und Walzenstuhl;

2. in solche, welche das Material zerfchlagen, und zwar a) durch Kugeln, welche auf das Mahlgut herunterfallen: Mahltrommel (zylindrische oder elliptische u. f. w. Trommel, in die durch eine während des Betriebs geschlossene Füllöffnung das Mahlgut eingebracht wird; bei ihrer

Umdrehung werden die Kugeln von ihr emporgehoben und fallen auf das Mahlgut herunter): Kugelmühle (f. Bd. 6, S. 524, Fig. 2 und [1], [2]); Rohrmühle [1]; β) durch Schlagstifte, welche an einer Scheibe (Trommel) sitzen und die das Mahlgut entweder gegen feststehende Schlagstifte (wie bei den Dismembratoren [2]) oder gegen rippenbefetzte Wände (wie bei den Dissipatoren) oder gegen die Stifte einer entgegengesetzt rotierenden Trommel werfen (wie bei den Desintegratoren, f. Bd. 6, S. 525, Fig. 4); die allgemeine Bezeichnung für diese Zerkleinerungsmaschine ist Schleuder- oder Schlagstiftmühle; γ) durch Stempel, welche auf das Mahlgut herabfallen; Poch- oder Stampfwerke, f. Bd. 7, S. 162 mit Figur, und [1], [2];

3. in solche, welche das Material zerschneiden (abfchern): Glockenmühle (Konusmühle), f. Bd. 4, S. 574, Fig. 1 und 2; Exzelsiormühle, f. Bd. 3, S. 523; Schraubenmühle, f. Bd. 6, S. 525, Fig. 3. Hierher gehören ferner die Mahlgänge, f. Bd. 6, S. 282, Fig. 1 und 2, Glafurmühlen, Bd. 4, S. 558, Fig. 1 und 2, Farbenreibmaschinen, Bd. 3, S. 616, Fig. 1.

Literatur: [1] Parnicke, Maschinelle Hilfsmittel der chem. Technik, 3. Aufl., Leipzig 1905. — [2] Weisbach-Herrmann, Lehrbuch der Ingenieur- und Maschinenmechanik, 2. Aufl., 3. Teil, 3. Abt., 1. Hälfte, Braunschweig 1896. A. Widmaier.

Zerklüftung, f. Lithoklaffen, Bd. 6, S. 176.

Zerreißmaschinen, f. Festigkeitsprobiermaschinen, Förderseile.

Zerreiβversuch, f. Zugversuch.

Zerstäubungsvorrichtungen, wie der im Art. Strahlapparate beschriebene und dort in Fig. 1 dargestellte Drosophor, dienen dazu, Flüssigkeiten als feine staubförmige oder nebelartige Tröpfchen in atmosphärischer Luft, Dämpfen oder Gasen zu verteilen. Die Flüssigkeit kann entweder durch einen kräftigen Dampfstrahl oder Druckluftstrahl zerstäubt werden, oder kann, wenn sie unter genügendem Drucke steht und mit kräftigem Strahle ausströmt, sich selbst zerstäuben.

Als Zerstäuber der ersten Klasse können die im Art. Strahlapparate beschriebenen Luftstrahlwasserpumpen und Dampfstrahlwasserpumpen (Injektoren) dienen, da sie das in ihnen entlehende Gemisch aus angefaugter oder zugeflossener Flüssigkeit mit Luft, oder aus Flüssigkeit und zum Teil noch gasförmigem, zum Teil kondensiertem Dampfe in Nebelform fortzuschleudern. Auch die im Art. Luftpinsel beschriebenen Luftstrahlapparate gehören hierher. — Handelt es sich um das Zerstäuben flüssiger Brennstoffe zu Dampfkesselfeuerungen u. dergl., so wird damit meist eine teilweise Verdampfung oder Vergasung verbunden. Ist diese sehr weitgehend, so sollten solche Vorrichtungen zwar eigentlich nicht mehr Zerstäuber genannt werden, doch hat man diesen Namen für sie beibehalten. Von den sehr zahlreichen zu Feuerungen mit flüssigem Brennstoffe dienenden Zerstäubern führen wir nur die folgenden beispielsweise an (f. a. Feuerungsanlagen, Bd. 4, S. 12):

Der Dampfstrahlzerstäuber für dickflüssige Brennstoffe von Gebr. Körting A.-G. in Hannover (Fig. 1) besteht im wesentlichen aus einem schräg abwärts gerichteten Rohre, aus welchem die von oben eintretende, vorher zum Zwecke des Dünflüssigwerdens angewärmte Flüssigkeit wie Teer u. dergl., in dünner Schicht ausfließt und dabei durch einen in entsprechendem Winkel daraufstoßenden Dampfstrahl in staubförmige Tröpfchen zerteilt und, mit atmosphärischer Luft gemischt, in den Verbrennungsraum geschleudert wird. Die Dampfausströmung erfolgt durch einen flachen Schlitz, so daß kein Brennstoff unzerstäubt herunterfallen kann. Der Zufluß des Brennstoffs wird durch die Düse A reguliert, die nach Bedarf mehr oder weniger aufgebohrt

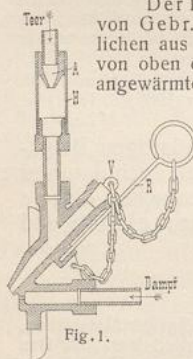


Fig. 1.

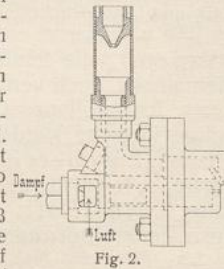


Fig. 2.

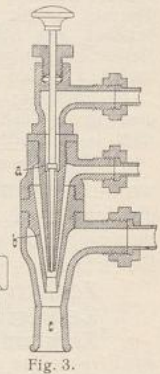


Fig. 3.

wird. Durch Siebe in dem darüber stehenden Brennstoffbehälter werden Unreinlichkeiten zurückgehalten, so daß eine Verstopfung der Düse A nur selten eintritt. Um sie in solchen Fällen reinigen zu können, ohne den Apparat abnehmen zu müssen, wird die Hülse H hinaufgeschoben und die Düse A mit einer Nadel von unten gereinigt, oder auch, behufs Reinigung des darüber liegenden Rohres, herausgeschraubt. Der eigentliche Zerstäuber kann während des Betriebes nach Wegnahme des Pfropfens V mittelst der Nadel R rasch gereinigt werden, falls dort eine Verstopfung eintritt, die sich durch geringere Stärke der Flamme sofort kundgibt.

Gebr. Körtings Zerstäuber mit Comprimeur (Fig. 2) für dünnflüssige Brennstoffe unterscheidet sich von dem soeben beschriebenen dadurch, daß das Brennstoffausflußrohr horizontal liegt und nur seine Ausflußöffnung schräg nach unten gerichtet ist. Der darunter horizontal durchströmende Dampf faßt zunächst durch eine Dampfstrahl-Luftpumpe (f. Strahlapparate) Luft an und verdichtet sie. Das sich hierbei bildende Gemisch von komprimierter Luft und Dampf strömt durch einen flachen Schlitz aus, trifft mit dem schräg abwärts austretenden Brennstoff zusammen und zerstäubt ihn. Durch das Anfaugen und Verdichten von Luft wird an Dampf gespart und die nötige Verbrennungsluft in das Gemisch gebracht.

Die Zerstäubungsvorrichtung von W. G. Armstrong, Whitworth & Co. (Fig. 3) hat drei telekopartig ineinander angeordnete Düsen; durch die innerste Düse *a* wird der Brennstoff unter Druck eingeführt. Diese ist von der Düse *b* umgeben, durch welche Dampf strömt, der den durch *a* strömenden Brennstoff teilweise verdampft oder vergast und sich bei dessen Austritt aus *a* mit ihm vermischt. Durch die dritte Düse *c* strömt heiße Luft zu, welche die Vergasung vervollständigt und den zur Verbrennung nötigen Sauerstoff liefert.

Um die Beimischung von Dampf zu dem zerstäubten flüssigen Brennstoffe zu vermeiden, haben Gebr. Körting A.-G. in Hannover einen Zerstäuber (Fig. 4) konstruiert, dem das Oel in überhitztem Zustande unter Druck durch eine Röhre *a* zugeführt wird. Nachdem die Flüssigkeit sich bei *c* durch eine enge regulierbare Oeffnung gepreßt hat, tritt sie in die verhältnismäßig weite Kammer *e*. Vermöge der starken Druckminderung verdampft hier ein Teil der Flüssigkeit und infolge der Expansion dieses und des beim Austritte aus der Mündung *b* sich weiter entwickelnden Dampfes wird der Flüssigkeitsstrahl in Dampf und nebelartigen Staub aufgelöst. Da hier der Flüssigkeitsstrahl den ihn zerstäubenden Dampfdruck selbst erzeugt, bildet diese Vorrichtung einen Uebergang zur zweiten Klasse der Zerstäuber.

Bei den Zerstäubungsvorrichtungen der zweiten Klasse wird der unter starkem Drucke mit großer Geschwindigkeit austretende Flüssigkeitsstrahl durch die ihm selbst innewohnende lebendige Kraft zerstäubt, und zwar geschieht dies wiederum auf zweierlei Art, entweder durch Aufschlagen des Strahles



Fig. 5.

Fig. 5.

auf einen Prallkörper, indem der Strahl gegen eine Spitze, eine Kante oder eine Fläche des letzteren prallt, oder dadurch, daß man die geradlinig fortschreitende Bewegung des Strahles in eine schraubenförmige Drehung um seine Längsachse verwandelt, was zur Folge hat, daß die Flüssigkeitsteilchen nach ihrem Austritte aus der Mündung des Apparates durch ihre Zentrifugalkraft auseinander getrieben werden und den Strahl in feinste Tröpfchen auflösen. — Die bekannteste Vorrichtung der ersten Art ist die Gartenpritze, bei welcher der aus dem Mundstück (Fig. 5) austretende Wasserstrahl in schräger Richtung gegen die ebene Fläche oder die Kante einer verstellbaren Klappe prallt und dadurch in Tropfen aufgelöst wird.

Eine feinere Zerteilung der Flüssigkeit nach allen Seiten hin erreicht man, wenn man sie in dünnerem Strahle unter stärkerem Druck gegen eine Spitze prallen läßt, die relativ zum Mundstück festgehalten ist. Bei solchen sogenannten Streudüsen oder Zerstäubungsbrausen wird meist darauf ausgegangen, den austretenden Flüssigkeitsstrahl möglichst wenig mit den Haltern der Prallfläche in Berührung zu bringen (Fig. 6); die Firma Paul Lechler in Stuttgart dagegen stellt derartige Vorrichtungen mit so kurz gehaltener Prallfläche her, daß auch die Schneiden der Halter als Prallflächen voll zur Geltung kommen (Fig. 7). Solche Zerstäuber sind besonders dann vorzuziehen, wenn auf geringen Luftwiderstand Wert gelegt wird, wie z. B. in Luftbefeuchtungsrohren und Kanälen u. f. w.

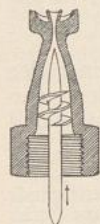


Fig. 8.

Bei den Streudüsen der zweiten Art wird von Gebr. Körting in Hannover die in der Achsenrichtung des Mundstückes eintretende Flüssigkeit durch einen in seinem Inneren befestigten Schraubengang in Drehung um die Längsachse versetzt (Fig. 8); bei den Zerstäubungsbrausen der Firma Paul Lechler in Stuttgart wird dagegen die drehende Bewegung des austretenden Flüssigkeitsstrahles dadurch bewirkt, daß man ihn möglichst tangential zur zylindrischen Innenfläche der Ausströmbüchse in diese eintreten läßt. Soll der Sprühstrahl in der Richtung des Zuleitungsrohres austreten, so trifft man die in Fig. 9 dargestellte Anordnung. Noch vollkommener und einfacher wird aber der genannte Zweck von der Firma Paul Lechler in Stuttgart durch die Anordnung Fig. 10 erreicht, bei welcher der Sprühstrahl rechtwinklig zur Richtung des Zuleitungsrohres austritt und die Flüssigkeit vollkommen tangential zur Innenfläche der Ausströmbüchse in diese eintritt.

Zerstäubungsbrausen, die nach diesem Prinzip konstruiert sind, haben sich vorzüglich bewährt: Zur Verhütung der Kohlenstaubentwicklung in Bergwerken, Kohlenladehallen, Kohlenseparationsstromeln u. f. w., zum Niederschlagen von Staub in Staubkammern und Staubabfangeleitungen in Brikettfabriken, Sägereien und an Hadernschneidmaschinen u. f. w. sowie zum Niederschlagen kochender Flüssigkeiten und des Schaumes an Papiermaschinen, zum Befeuchten der Luft sowie vieler Rohmaterialien und Fabrikate in Spinnereien, Webereien, Papier- und Pappdeckelfabriken, Mälzereien, chemischen Fabriken u. f. w., zum Befeuchten der Reinigungsmasse in Gaswerken, zum Benetzen des Formandes in Gießereien, zum Decken des Zuckers (Auswaschen des Sirups) in den Zentrifugen der Zuckerfabriken, zum feinen Zerteilen von Flüssigkeiten in chemischen Fabriken und in der atmosphärischen Luft als Erfrischungsmittel in industriellen Etablissements im allgemeinen, zum Kühlen

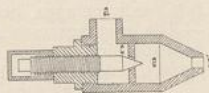


Fig. 4.

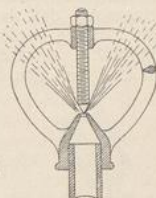


Fig. 6.

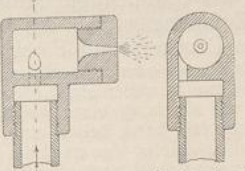
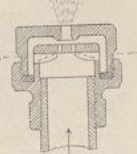


Fig. 10.

Schnitt nach c-d

Schnitt nach a-b
Fig. 9.

von Feuerrosten sowie von heißen Gasen, zum Reinigen von Hochofengasen und zur Ausscheidung schädlichen Staubes aus abziehenden Rauchgasen, zur Kondensation von Dämpfen und Dünsten, zur billigen Warmwasserbereitung durch Mischen des zerstäubten Wassers mit Abdampf, zur Rückkühlung des zur Kondensation benutzten Wassers, indem man es in einem Kühlturm, über einem Bassin oder über einem Kanal in der Luft zerstäubt, wobei es sich sofort abkühlt und es wieder sammelt, zum Besprengen von Pflanzen mit Kupfer- und Vitriollösungen oder andern Flüssigkeiten, zum Auswaschen kleiner Gefäße u. f. w.

Zur Befeuchtung von Stoffen und zu ähnlichen Zwecken benutzt man Stäubdüsen mit $\frac{1}{2}$ bis $1\frac{1}{2}$ mm Bohrung des Mundstücks bei einem Wasserdruck von $\frac{2}{3}$ bis 3 Atmosphären und mehr. Zur Verhütung des Kohlenstaubes in Bergwerken u. dergl. erhält das Mundstück der Brause 3 mm und mehr Bohrung. Bei mindestens 3 Atmosphären Wasserdruck wird durch den aus der Brause gefloßenen Wasserstaub die Wettergeschwindigkeit erhöht, die Luft auf eine Entfernung von etwa 20 m mit Feuchtigkeit gefüllt, dadurch von Kohlenstaub gereinigt und werden Kohlenstaubexplosionen verhindert. — Wird in ein Staubsaugerrohr eine Stäubdüse eingefügt, daß sie den Sprühstrahl in der Richtung des Luftstromes ausstößt, so wird auch hier der Luftzug verstärkt, die staubige Luft gewaschen und der Staub in Form von Schmutzwasser abgeführt. — Soll zu feinstem Nebel zerstäubte Flüssigkeit in einem Raume verteilt werden, so läßt man den Sprühstrahl noch gegen eine senkrecht stehende Prallscheibe stoßen, an der die nicht ganz feinen Tröpfchen, sofern sie nicht weiter zerstäubt werden, sich niederlagern, herabfließen und durch eine Rinne weggeleitet werden.

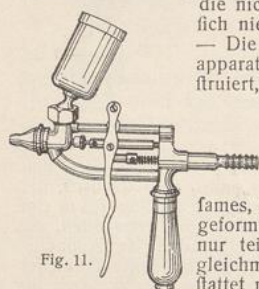


Fig. 11.

— Die eingangs erwähnten Luftpinsel, Farbenzerstäuber oder Preßluftspritzapparate sind ähnlich wie der Armstrongsche Zerstäuber (Fig. 3) konstruiert, jedoch nur mit zwei ineinander gesteckten Düsen, wovon die innere streichfertige Anstrichfarbe, die äußere Preßluft nach der Mündung hinführt, wo die Zerstäubung erfolgt. In feiner äußeren Form (Fig. 11) macht man den Apparat einer Pistole ähnlich, um ihn bequem nach beliebigen Stellen hin richten zu können. Er ist auf diese Weise nicht nur sehr handlich, sondern gestattet auch sparsames, glattes Auftragen selbst dickflüssiger Öl- und Lackfarben auf beliebig geformte Gegenstände aus jedweden Material, um sie vollkommen oder auch nur teilweise zu färben. Um gelatinöse Substanzen, z. B. Leimlösungen, gleichmäßig flüssig zu erhalten, während man sie mit dem Apparat aufträgt, stattet man diesen mit einer Wärmevorrichtung aus. Bei älteren Konstruktionen des Apparates wirkte die Preßluft durch den Farbenbehälter; bei den neuen der Minimaxapparatebaugesellschaft in Berlin und Wien findet der Austritt der Farbe aus der inneren Düse unmittelbar vor der Ausströmung der Preßluft statt, wodurch eine viel feinere Zerteilung der Farbe erreicht und ein weitaus reinlicheres Arbeiten ermöglicht wird.

Literatur: Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1902, S. 207; 1900, S. 1800; D.R.P. Kl. 24, Nr. 87 544, 95 211, 97 505, 105 063, 124 801, 139 214, 158 492, 175 129, 198 604, 202 463. Th. Beck.

Zettel, f. Weberei.

Zeug, 1. f. v. w. Bierhefe; 2. f. v. w. Schriftmetall, auch die unbrauchbar gewordenen Typen; 3. Halbzeug, Ganzzeug, f. Papierfabrikation; 4. feemännlich f. v. w. Takelung.

Zeugbaum, Zeugringel, f. Weberei.

Zeugdruck bezweckt die farbige Gestaltung von Geweben in einer den Erzeugnissen der Buntweberei ähnlichen Wirkungsweise mittels ein- oder mehrfacher, durch das beabsichtigte Muster bestimmter und begrenzter Färbung und erfordert das Zusammenwirken des komponierenden Künstlers, des Graveurs, des Koloristen, des Druckers und Färbers.

Die mittels ebener oder walzenförmiger Druckformen auf das Gewebe zu übertragende Farbflüssigkeit, welche entweder eine Lösung des Farbstoffes bzw. Farbbildners oder eine solche der Beize oder die Mischung eines gelösten oder ungelösten Farbstoffes mit der Beiz- bzw. Fixierungsflüssigkeit sein kann, bedarf eines Verdickungsmittels, durch das sie zur sogenannten Druckfarbe wird. Dieses Verdickungsmittel muß neutraler Natur sein, damit es die Fähigkeit des Gewebes nicht beeinträchtigt, sich mit den Bestandteilen der Druckfarbe zu vereinigen; sodann muß es sich leicht wieder von dem Gewebe entfernen lassen. Die in dieser Beziehung geeigneten Substanzen sind die verschiedenen natürlichen Gummiarten, Gummi arabicum, Gummi Senegal, Tragantgummi, ferner der Leim, das Weizenmehl, die Weizenstärke sowie die Umwandlungsprodukte der Kartoffel-, Weizen- und Maisstärke: das Leigomme, die licht- und dunkelgebrannte oder geröstete Stärke, das Dextrin, British Gum, Gommelin, Ly-chô, schließlich Ton und Chinaclay. Ihre Anwendung hängt sowohl von der Natur der zu bedruckenden Faser wie des aufzudruckenden Farbstoffes bzw. der Beize ab. Im Seidedruck bedient man sich des arabischen, besonders aber des billigeren Senegalgummis, da es sich hier vielfach um Erzielung zarter Farbeneffekte handelt und die Gummiarten bei ihrer vollkommenen Wasserlöslichkeit, ihrer Farblosigkeit und Indifferenz ohne den geringsten Einfluß auf die herzustellende Farbe sind. Bei dunkeln Farben wird der in Wasser unlösliche, darin aber aufquellende und dann eine schleimige Masse bildende Tragantgummi oder das British Gum angewendet. Im Wolldruck dient als Verdickungsmittel vornehmlich der Senegalgummi, aber auch Tragantgummi, Dextrin, Leim und Weizenstärke. Der Baumwolldruck macht von allen genannten Substanzen mit Ausnahme des zu kostspieligen arabischen Gummis Gebrauch. Ein

Verdickungsmittel befonderer Art ist das Albumin, insofern es auch fixierend auf die Farben wirkt. Wird die Mischung eines unlöslichen farbigen Körpers (Zinnober) mit der Lösung reinen Eialbumins oder minder reinen, aber billigeren Blutalbumins auf einen Stoff gedruckt und dann der Wirkung von Wasserdampf ausgesetzt, so gerinnt das Albumin und befestigt, auf dem Gewebe fest haftend und den farbigen Körper umhüllend, diesen mit der Faser. — Die physikalische Beschaffenheit, d. h. die größere oder geringere Konsistenz der Druckfarbe, hängt von der Größe des zu erzeugenden Musters ab. Ist dasselbe ein schweres, d. h. nimmt es ein verhältnismäßig große Fläche ein, so pflegt man sie zähflüssiger zu halten, als wenn ein leichtes, d. h. kleines Muster vorliegt. Der Pflich- oder Klotzprozeß, wie er auf der Klotzmaschine (s. d.) oder mittels der Walzendruckmaschine ausgeübt wird, bei dem es sich um ein einseitiges bzw. beiderseitiges vollständiges Bedecken des Gewebes mit der Druckfarbe, also um ein möglichst vollständiges Auslaufen der letzteren handelt, bedient sich ganz dünner Farblösungen.

Die Zusammenfassung einer Druckfarbe richtet sich nach den farbigen Wirkungen, welche erzielt werden sollen, nach den Farbstoffen und Farbbildnern bzw. Beizen, welche zu fixieren sind, und nach der Natur des Gewebes, welches dem Druck unterliegt. Es lassen sich in dieser Hinsicht im allgemeinen folgende sieben Arten unterscheiden:

1. Die Druckfarbe besteht wesentlich aus anorganischer Körperfarbe oder Farblack und aus Albuminlösung. Die Fixierung erfolgt durch Dämpfen (Anwendung im Baumwolldruck).

2. Die Druckfarbe enthält als wesentlichen Bestandteil einen organischen Farbstoff. Ist er ein substantiver und wasserlöslich, so findet neben der Verdickung nur Substanzen wie Efsigsaure und Glycerin vorhanden, welche seine Löslichkeit und seine Vereinigung mit der Faser befördern. Nach dem Aufdruck führt ein Dämpfprozeß die Fixierung mit dem Gewebe herbei (Anwendung im Woll- und Seidedruck). Ist der Farbstoff unlöslich und besitzt er keine Affinität zur Faser, wie Indulin oder Indigo, so ist die Druckfarbe mit einem Lösungsmittel (Acetin) oder das zu bedruckende Gewebe mit einem Reduktionsmittel (Traubenzucker) zu versehen, das während eines Dämpfprozesses seine lösende Wirkung auf ihn ausübt und ihm in die Faser einzudringen ermöglicht (Anwendung im Baumwolldruck).

3. Die Druckfarbe enthält neben der Verdickung eine farbbildende organische Substanz, die im Moment des Aufdruckens die Farbe hervorruft (Diazoverbindung auf mit Naphthol grundiertem Baumwollgewebe) oder erst durch Oxydation die Farbe liefert, weshalb das Oxydationsmittel der Druckfarbe beigelegt ist (Anilinschwarz aus Anilinfalz. Im Baumwolldruck angewendet).

4. Die Druckfarbe enthält die Beize. Nach deren Fixierung und nach Entfernung der Verdickung führt die Ausfärbung im Bade eines Beizenfarbflusses zur Bildung farbiger Muster an den von der Druckfarbe vorher bedeckten Stellen (Kombination von Druckerei und Färberei, Herstellung gemusterter Färbeware im Kattundruck).

5. Die Druckfarbe enthält eine Mischung von Beize und Farbstoff. Die Fixierung erfolgt beim Verhängen an der Luft oder beim Dämpfen, wobei entweder die Bildung des unlöslichen Farblackes stattfindet, oder, wenn ein solcher bereits vorhanden ist, dieser in Lösung geht und von der Faser aufgenommen wird, um nach Verflüchtigung des Lösungsmittels unlöslich in der Faser zu bleiben (Genre vapeur et application, Anwendung im Baumwolldruck).

6. Die Druckfarbe enthält teils mechanisch wirkende, wie Harze, Fette, Ton, Bleifulfat, teils chemisch wirkende Substanzen, wie Zinkoxyd, Rhodankalium, Calciumacetat, Kupferulfat und -nitrat, Bleinatri, Zinnfalz, Kaliumfulfid, welche das Eindringen des Farbstoffes oder des Beizmittels in das ungefärbte oder gefärbte Gewebe an denjenigen Stellen verhindern, welche von ihnen bedeckt find (Reserve, Schutzpapp. Anwendung des Reservagedrucks im Baumwoll- und Seidedruck. f. Refervage).

7. Die Druckfarbe enthält Substanzen, die dazu dienen, einem bereits gefärbten oder gebeizten Gewebe den Farbstoff oder die Beize auf chemischem Wege durch Überführung in lösliche Form stellenweise zu nehmen (wegzuätzen). Gegenüber Beizen, die meist Metalloxyde sind, benutzt man Alkalifalze schwacher, die Faser nicht angreifender Säuren, wie Zitronen-, Oxal-, Weinsäure; gegenüber Farbstoffen oxydierende Agentien, wie Kaliumbichromat (mit Schwefelsäure), rotes Blutlaugensalz (mit Natrionlaug), oder reduzierende Substanzen, wie Zinnfalz, Zinnoxidulnatron, Zinkflaub, Formaldehydulfoxylat (Rongalit c). (Ätze, Enlavage, Anwendung im Baumwoll-, Woll- und Seidedruck, f. Ätzerfarben).

Bereitung der Verdickungen und Druckfarben f. in [2], [10], [14], [18], [19], [21].

Bereitung der Verdickungen und Druckfarben. Die Uebertragung der Druckfarbe auf das Gewebe wird gegenwärtig hauptsächlich auf dreierlei Weise bewirkt. Beim Handdruck mittels des Holzmodells, welcher das Muster oder Teile desselben (bei mehrfarbigen Mustern bedarf es ebenso vieler Model) in erhabener Form, theils aus Holz, theils aus Metall hergefellt, trägt und nach dem Benetzen mit der Druckfarbe diese durch die Hand des Druckers dem Gewebe übermittelt, welches sich auf der elastischen Druckschicht in gespanntem Zustande befindet. Der Perrotinedruck (Perrot, 1834) bedient sich ähnlicher, aber der Breite des Gewebes entsprechend längerer Druckformen, auf welchen das Muster durch geformte Meßingstifte erhaben wiedergegeben ist und die meist zu drei abwechselnd mit mäßigem Federdruck gegen das Zeug schlagen, nachdem sie durch die Farbwalzen mit Druckfarbe versehen sind, währenddessen das Gewebe jedesmal um die Breite einer Form vorrückt. Der jetzt weitaus am meisten ausgeübte Walzendruck benutzt kupferne oder messingene Walzen, in die das Muster eingraviert ist. Die Walzen werden durch andre, oder messingene Walzen, in die das Muster eingraviert ist, und durch elastische Stahlrollen (Abtuchüberzogene Walzen mit der Druckfarbe gefeilt und durch elastische Stahlrollen (Abtuchschneidmesser), welche sich dicht an die Walzen anlegen, von allen an deren Oberfläche haftender Farbe befreit, so daß nur die in den das Muster bildenden Vertiefungen haftende Farbe durch starken Druck auf das Zeug übertragen wird. Es werden ein- bis zwölf farbigte Walzendruckmaschinen (Rouleaux) gebaut.

Baumwolldruck (f. Bd. 1, S. 589).

1. Anwendung der Beizenfarbstoffe. Dieselben bilden die so geschätzten widerstandsfähigen Farben erst mit Tonerde-, Chrom- und Eisenbeizen, häufig unter Zuhilfenahme von Kalk- bzw. Zinnpräparaten. Da diese erst in der Wärme als Dampf farben entstehen, so kann man die Beizenfarbstoffe in der Kälte mit den betreffenden Beizen mischen. Neben dem Verdickungsmittel enthalten die Druckfarben alle zur Lackbildung notwendigen Ingredienzien in geeigneter Form, mit Ausnahme von Fettsäureverbindungen, die fast immer durch vorherige Behandlung des Stoffes mit Türkischrotölösungen appliziert werden, ferner gewisse Substanzen, meist freie organische Säuren, darunter als wichtigste die Essigsäure, welche die Verbindung des Farbstoffes mit der Beize bei gewöhnlicher Temperatur verhindern. Den Farbstoff enthalten die Druckfarben entweder in gelöster Form oder meist als fein verteilten Teig. Ist der Aufdruck erfolgt, so ist es namentlich für schwere Alizarinmuster von Vorteil, zunächst durch eine Passage durch den mit Dampf erfüllten Mather-Plattischen Dämpfapparat den Ueberschuß der flüchtigen Säuren wegzuschaffen, dann erst die Ware zu dämpfen. Dies geschieht entweder in liegenden zylindrischen Dämpfapparaten, welche die Ware, samt einer Unterlage zu einem breiten Bande aufgewickelt, auf einem wagenartigen Gestell hängend, aufnimmt, während ca. 1 Stunde bei ca. 1 Atmosphäre Druck, oder in Continuedämpfern, mit Dampf angefüllten Hängen, durch welche mit Hilfe von Leitrollen und Leitflangen die Ware in breitem Zustande geführt wird. Hierauf gibt man der Ware zur Abstumpfung des Restes der Säure und zur Vervollständigung der Fixation der Farblacke auf zwei Rollenländern die Kreidepassage (in 1 l Wasser von 80° 10 g Schlemmkreide enthaltend), wäscht am Clapot, malt zur Entfernung der Stärkeverdickung und zur Reinigung des Weiß im Kuhkottmalzbade (auf 300 l Wasser von 75° 2 kg Kuhmist und 1 kg Malz enthaltend) und feigt in gleicher Absicht und zur Belebung der Farben auf der Färbekufe mit Marfeiller Seife (3–5 g Seife pro 1 l Wasser von 70°, Dauer $\frac{1}{2}$ –1 Stunde). Um das Weiß des Musters, welches nach dem Seifen und Waschen meist getrübt erscheint, rein erscheinen zu lassen, wird die Ware gechlort. Man unterscheidet ein Dampfchlor und ein Trockenchlor. Bei ersterem werden die Stücke auf der Klotzmaschine mit einer schwachen Chlorkalklösung imprägniert, worauf sie einen mit Wasserdampf gefüllten Kasten passieren. Beim Trockenchlor läuft die mit Chlorkalklösung befeuchtete Ware direkt über die Trommeln einer Trockenmaschine. Die fertigen Farben werden zuweilen weiß geätzt, z. B. der Türkischrotlack durch Aufdruck einer sehr konzentrierten Lösung von Natronlauge und darauffolgendes Dämpfen aufgelöst (f. Aetzfarben).

2. Anwendung der Tanninfarbstoffe. Ihre Befestigung auf der Faser beruht darauf, daß sie mit Gerbsäuren Salze zu bilden vermögen. Bei der Bereitung einer tanninhaltigen Druckfarbe macht man von der Eigenschaft der Tanninfarblacke Gebrauch, in Essigsäure löslich zu sein, die man der verdickten Mischung von Tannin und Farbstoff hinzufügt. So können beim Druckprozeß die nun in Lösung befindlichen Körper, Tannin und Farbstoff, in die Poren des Gewebes eindringen. Die Essigsäure entweicht teils schon beim Trocknen, vollständig aber beim Dämpfen, und der Tanninlack bleibt unlöslich auf dem Gewebe zurück. Dieser besitzt jedoch noch keine genügende Widerstandsfähigkeit gegen Seife, und es ist daher nötig, der Ware die Brechweinsteinpassage (3 g Brechweinstein und 15 g Schlemmkreide pro 1 l Wasser von 70°) zu geben mit dem Erfolg, daß nun der mit Antimonoxyd verbundene Farblack unlöslich der Faser anhaftet. Die Brechweinsteinbäder enthalten wegen der Antimonoxyd lösenden Wirkung des sich bildenden sauren Kaliumtartrats ein Gemisch von Brechweinstein und Kreide, demnach auch unlösliches basisches Antimonfals, welches aber durch das saure Kaliumtartrat fortwährend gelöst wird. Nach der Behandlung in der Antimonlösung wird die Ware gewaschen und kalt gefeigt. Die meisten Tanninfarbstoffe gewinnen an Lebhaftigkeit, wenn sie auf Gewebe gedruckt werden, welches durch Klotzen in einer mit Kasein nebst Borax verdickten Lösung von zinnfauern Natron präpariert ist. In dieser Weise werden sie in Kombination mit Säurefarbstoffen und verschiedenen Metallfalsen bei der Herstellung des Lucca-Artikels, einer Imitation der indischen Schals, auf der Faser fixiert. Tanninfarben lassen sich durch Vordruck einer Antimonfalsreserve reservieren und teilweise durch Aufdruck starker Natronlauge und Glukose oder eines Gemisches von Blutlaugensalz und Chloraten und nachfolgendes Dämpfen ätzen (f. Aetzfarben).

3. Anwendung der Küpenfarbstoffe. Bezüglich der Anwendung des Indigo f. Indigodruck. — Das Indanthren der Badischen Anilin- und Sodafabrik gibt mit Natronlauge und einem geeigneten Reduktionsmittel, am besten Natriumhydrofufit, eine blaue Lösung, eine Art Küpe, aus welcher Baumwolle den Farbstoff direkt aufnimmt, ohne daß, wie bei Indigo, ein Vergrünungsprozeß stattfindet; es entsteht sofort eine blaue Färbung, welche sich, aus dem Färbbad an die Luft gebracht, nicht merklich verändert. Indanthren liefert recht wirksame Töne von großer Lebhaftigkeit und Schönheit, wie sie bisher in ähnlicher Echtheit auch nicht annähernd erreicht werden konnten. Es kann im Zeugdruck auf zweierlei Weise fixiert werden. Einmal durch Aufdruck von Indanthren S mit Natronlauge und Zinnoxidul und nachheriges Dämpfen, sodann durch Aufdruck von Indanthren S mit Eisenvitriol und Zinnfals und darauffolgende Passage durch Natronlauge. Indanthren S eignet sich auch vorzüglich für Reserveartikel. Man bedruckt den Stoff mit einem Schutzapp aus British-Gum-Verdickung, Natriumchlorat und Weinsäure, trocknet bei 50°, überdruckt mit Indanthren S-Druckfarbe (Eisenvitriol und Zinnfals), trocknet ein zweites Mal, zieht durch Natronlauge von 20° Bé bei 70°, wäscht und fäuert nach dem Kallefchen D.R.P. Nr. 167 077 zweckmäßig in verdünnter Oxalsäurelösung, weil auf diese Weise stets lebhaftere Drucke und ein reines Weiß erzielt werden. — Das bei einer geringen Modifikation der Darstellungsweise des Indanthrens entstehende Flavanthren, welches in der Küpe blaue Farbe, aber als Farbstoff selbst, auf der Faser durch Autoxydation an der Luft ein reines und sehr echtes Gelb liefert, wird in gleicher Weise wie

Indanthren fixiert. Dem Uebelstand, daß das Weiß bei der Passage durch Natronlauge zuweilen stark anblutet, begegnet man bei beiden Farbstoffen nach einer Erfindung der Höchster Farbwerke dadurch, daß man 15% der Farbstoffe mit 12% Hydrofulfit in stark Natronlauge enthaltender Verdickung aufdrückt und dämpft. Sowohl nach dem Natronlaugeverfahren als auch nach dem Dämpfprozeß lassen sich sehr echte graue Töne mit Melanthren erzielen, während Violanthren CD, in entsprechender Weise angewendet, dem Alizarineisen ähnlich, aber lebhaftere Töne von großer Echtheit liefert. Die genannten Farbstoffe lassen sich miteinander kombinieren. — Thioindigorot B eignet sich zur Herstellung bläulichroter Töne in hervorragender Weise wegen der Leichtigkeit, mit der es sich fixieren läßt und wegen der hohen Echtheitseigenschaften. Zur Fixierung wird die den Farbstoff und Aetznatron enthaltende Druckfarbe auf den Stoff gedruckt und nach dem Trocknen kurze Zeit bei 106–108° in dem in den D.R.P. Nr. 109800 und 126596 beschriebenen Dämpfapparat gedämpft. Hierbei wird der Farbstoff reduziert und in Form seiner Leukoverbindung auf der Faser fixiert. Beim Auswaschen der Stücke entwickelt sich dann durch Reoxydation das Thioindigorot.

4. Anwendung der Entwicklungsfarben. Die Anwendung der auf der Faser entwickelten Azofarben ist dieselbe wie in der Färberei. Man präpariert das Gewebe mit Betanaphthol, trocknet und druckt mit der verdickten Lösung des diazotierten Amins (s. Entwicklungsfarben). Betreffs Kombinationen mit Paranitrilanilinrot s. Rotblauartikel. — Ueber Anwendung des Anilinschwarz f.d. Die im Baumwolldruck auf der Faser entwickelten Mineralfarben sind dieselben, die auch zum Glattfarben verwendet werden. Ueber ihre Anwendung s. Eisenchamois, Kaliblauf, Manganbister. Für Chromgelb wird meist ein Gemisch von essig- und salpeterlauerem Blei entsprechend verdickt aufgedruckt, nach dem Trocknen durch eine kalte Ammoniaklösung passiert und dann in einer Lösung von Kaliumbichromat behandelt. Zur Erzeugung des Chromorange wird das fixierte Chromgelb orangiert, indem man die Ware in einem heißen Kalkbade behandelt.

5. Anwendung der Albuminfarben. Eine Reihe von Mineralfarben, wie Zinnober, Chromgelb, Chromorange, Chromgrün, Ultramarin, Ockerarten, ferner Ruß, Farblacke, werden mit Albumin verdickt aufgedruckt, und infolge Gerinnung des Albumins wird ihre Fixierung durch Dämpfen bewerkstelligt. Aber auch Lösungen von Farbstoffen wie Fuchsin und Methylviolett werden in dieser Weise befestigt. Die Gleichmäßigkeit der Druckfarbe wird dadurch erreicht, daß man dieselbe auf Kegelmühlen sorgfältig mahlt. Die Albuminfarben werden vorwiegend zur Herstellung farbiger Aetzmuster auf indigoblauem Grunde benutzt.

6. Anwendung des Reservagedrucks. Dieses Verfahren bezweckt, die Aufnahme bzw. die Entwicklung einer Farbe, die durch Klotzen oder Färben auf den Stoff gebracht wird, durch vorherigen Aufdruck gewisser Substanzen (s. Reservagen) an den bedruckten Stellen zu verhindern. Die wichtigsten Reservartikel sind die gemusterten Indigofärbartikel (s. Blaudruck), Anilinschwarzartikel (Prudhomme Aetzverfahren, s. Anilinschwarz), die mehrfarbigen Alizarinrot- und Alizarinviolettartikel (s. Alizarin) und die mehrfarbigen Azoartikel (s. Rotblauartikel).

7. Anwendung des Aetzdruks. Diese gestattet, mit dem vorhandenen Walzenmaterial die Zahl der Artikel bedeutend zu vermehren, indem mit derselben Walze, die ein buntes Muster in weißem Grunde drucken würde, umgekehrt ein weißes Muster in farbigem Grunde durch Zerstörung resp. Lösung der Farbe oder Beize hervorgerufen wird. Indem man der Aetzfarbe einen Farbstoff hinzufügt, welcher von dieser nicht verändert wird, und den man dann auf dem Gewebe fixiert, oder indem man mit der Aetze eine Beize aufdruckt, nach deren Fixierung man die Farbe durch späteres Ausfärben entwickelt, gelingt es, auch andre Farben als Weiß zum Vorschein zu bringen (s. Aetzfärben).

8. Gemusterte Farbartikel. Die Herstellung derartiger, stets Weiß im Muster enthaltender Ware, welcher zum Teil auch die durch Reservieren und Aetzen fabrizierten Artikel zuzurechnen sind, besteht in einer Kombination von Druckerei und Färberei, insofern eine oder mehrere Beizen auf das Gewebe aufgedruckt und nach deren Fixieren die Farbe durch Ausfärben mit Beizenfarbstoffen entwickelt wird. (Näheres s. unter Alizarin und Alizarinfarbstoffe.)

Wolldruck.

Das örtliche Färben wollener Zeuge ist im allgemeinen eine einfachere Operation als das Bedrucken der Baumwolle, da die Befestigung der Farbstoffe, als welche hauptsächlich Säurefarbstoffe dienen, infolge größerer Verwandtschaft dieser zu der Wollfaser leichter zu bewerkstelligen ist. Sie erfolgt durch bloße Anwendung von Wasserdampf. Die mit Gummi, British Gum, Dextrin verdickten, unter Zusatz einer organischen Säure, meist Essigsäure, zuweilen auch Glycerin, bereiteten Druckfarben werden entweder durch Handdruck (bei sehr breiter Ware) oder durch Walzendruck auf das Gewebe übertragen. Letzteres muß sehr sorgfältig gereinigt, unter Umständen auch (mit Wasserstoffsuperoxyd und Natriumbisulfit) gebleicht sein (s. Wollwäsche und Bleichen). Nach einer Beobachtung von Mercer fallen die meisten Farben viel voller aus, wenn die Wolle vor dem Bedrucken gechlort worden ist. Dies geschieht zweckmäßig in einer verdünnten Lösung von unterchloriglauerem Natron und Schwefelsäure, bei deren Gebrauch jedoch vorsichtig zu verfahren ist, da die Wolle sonst gelb und rauh wird. Die Aufnahmefähigkeit der Wolle für Farbstoffe wird ferner dadurch erhöht, daß man sie mit Zinnpräpariert, sie stannatiert. In der Regel vereinigt man beide Präparationen in der Weise, daß man die Ware erst mit einer Lösung von zinnlauerem Natron imprägniert und dann chlort. Auch im Wolldruck lassen sich die so beliebten Aetzeffekte in mannigfacher Weise verwerten. Als Aetzen dienen Zinkstaub und Bisulfit bzw. Formaldehydnatriumfuloxylat (Rongalit c) für Weißätzen, Zinnfalz für Buntätzen. Leicht ätzbar sind die meisten Azofarbstoffe, als Buntätzen geeignet sind die meisten Tanninfarbstoffe, die Eosine und die Säurefarbstoffe der Triphenylmethanreihe.

Seidendruck.

Derfelbe arbeitet mit denselben Hilfsmitteln wie der Wollruck; er gestaltet sich insofern noch einfacher, als ein Präparieren des zu bedruckenden Materials sich erübrigt. Die Aetzartikel werden wie im Wollruck fabriziert; zum Unterschied von letzterem werden einige Artikel durch Reservieren mit Fettreserven und Ausfärben hergestellt.

Literatur: [1] Badische Anilin- und Sodafabrik, Die Anwendung der Alizarinfarben, Ludwigshafen a. Rh. 1898. — [2] Benade und Storck, Der Zeugdruck, Artikel in Karmarck und Heerens Technischem Wörterbuch, Prag 1890. — [3] Bregha, L., Handbuch des gefamten Baumwollzeugdruckes, Leipzig 1881. — [4] Leopold Cassella & Cie., Die Diaminfarben, Frankfurt a. M. 1895/96; Die Druckerei von Baumwollgeweben, Frankfurt a. M. 1905. — [5] Crookes, A practical handbook of dyeing and calico-printing, London 1874. — [6] Dépière, Traité de la teinture et de l'impression des matières colorantes artificielles, Paris 1892. — [7] Duerr, Bleaching and Calico-Printing, London 1896. — [8] Farbenfabriken vorm. Friedr. Bayer & Cie., Die Farbstoffe auf dem Gesamtgebiete der Druckerei, Elberfeld 1896; Die basischen Farbstoffe der Farbenfabriken, ihre Anwendung auf dem Gebiet der Druckerei und Färberei, Elberfeld 1899; Die Beizenfarbstoffe der Farbenfabriken auf dem Gebiet der Druckerei und Färberei, Elberfeld 1901. — [9] Farbwerke vorm. Meißner, Lucius & Brüning, Die Farbstoffe der Farbwerke, Höchst 1896; Die auf der Faser erzeugten unlöslichen Azofarben, Höchst 1898; Die Teerfarbstoffe der Farbwerke Höchst auf dem Gebiete der Baumwollruckerei, Höchst 1907. — [10] v. Georgiewics, Lehrbuch der chemischen Technologie der Gespinnstfasern, Leipzig und Wien 1908. — [11] Joclét, Woll- und Seidendruckerei, Wien 1879. — [12] Kertész, Die Anilinfarbstoffe, Braunschweig 1888. — [13] v. Kurrer, Geschichte des Zeugdrucks, Nürnberg 1840; Lehrbuch der Färberei und des Kattendrucks; Das Neueste in dem Gebiet der Färberei und des Kattendrucks, Berlin 1861. — [14] Lauber, Handbuch des Zeugdrucks, Leipzig 1901/05. — [15] Lehne, Tabellarische Uebersicht über die künstlichen organischen Farbstoffe und ihre Anwendung in Färberei und Zeugdruck, Berlin 1893, Ergänzungsband, Berlin 1898/99. — [16] Möhlau, Organische Farbstoffe, welche in der Textilindustrie Verwendung finden, Dresden 1890. — [17] Noeltig und Lehne, Anilinschwarz und seine Anwendung in Färberei und Zeugdruck, Berlin 1904. — [18] Perfoz, Traité théorique et pratique de l'impression des tissus, Paris 1846. — [19] Sansone, Der Zeugdruck, Berlin 1890. — [20] Schützenberger, Traité des matières colorantes comprenant leurs applications à la teinture et à l'impression, Paris 1867; Die Farbstoffe mit besonderer Berücksichtigung ihrer Anwendung in der Färberei und Druckerei, Berlin 1873. — [21] Stein, Bleicherei, Druckerei, Färberei und Appretur der baumwollenen Gewebe, Braunschweig 1883. — [22] Zipfer, Geräte u. Maschinen der Wäscherei, Bleicherei, Färberei u. Druckerei, Wien 1894. R. Möhlau.

Z-Gurtung, bei Fachwerken einfachen Systems mit Vertikalen (Ständerfachwerken), f. Bd. 3, S. 550; Bd. 1, S. 526; Bd. 2, S. 162; Bd. 7, S. 22, 35, 54.

Zibeline (franz. Zobelie), ganzwollener Stoff, der dieses Fell durch eingestreute Mohair-(Angora)-, Cachemirehaare nachahmt.

Ziegel, im allgemeinen alle zu Bauzwecken verwendeten, in den folgenden Artikeln beschriebenen Tonwaren: Backsteine, Biberschwänze, Blendstein, Dachziegel, Falzziegel, Faffadenziegel, Firtziegel, Fliesen, Flurziegel, Formziegel, Gewölbsteine, Gratziegel, Hartbrandsteine, Holzziegel, Kaminsteine, Kehlziegel, Keilziegel, Klinker, Mettlacher Platten, Pflasterklinker, Steine, feuerfeste, Steinprüfung, Ziegelfabrikation. — Ueber **Ziegeldach** f. ferner Dachdeckung, Holzziegeldach, Italienisches Dach, Pfannendach.

Ziegelerz, ein Gemenge von Rotkupfererz mit Brauneisenerz; ziegelrot bis rötlichbraun, erdig. Verwendung wie Rotkupfererz zur Kupferdarstellung.

Ziegelfabrikation (Ziegelmaschinen), die Herstellung der Ziegel und anderer Baumaterialien durch Brennen aus Tonen oder tonigen Erden, wie Lehm, Schiefertone, Letten u. f. w.

1. **Das Rohmaterial und dessen Vorbehandlung.** Die reine Tonsubstanz ist ein kiesel-saures Aluminiumoxyd mit 2 Molekülen Hydratwasser, die sich in der Natur nicht unvermischt vorfindet; sie ist aber der plastische Bestandteil der Tone (f. d.) und verleiht letzteren die Eigenschaft der Bildsamkeit. Beim Brennen erlangt sie eine bedeutende Festigkeit. Die Tonsubstanz ist es auch, welche im scharf gebrannten Zustande den Einflüssen der Witterung einen fast unbegrenzten Widerstand entgegensetzt; sie zeigt außerdem eine außerordentlich hohe Feuerfestigkeit, eignet sich aber für sich allein nicht zur Verarbeitung. Durch Aufnahme von Wasser quillt sie stark, wobei sie die hohe Plastizität und starke Kittkraft erlangt, beim Trocknen und Brennen aber wieder ein kleineres Volumen einnimmt als im plastischen, feuchten Zustand. Durch dieses Zusammenziehen (Schwinden), welches naturgemäß an den Kanten und Ecken früher stattfindet als im Innern der Waren, kann eine ungleichmäßige Spannung und ein Reißen derselben eintreten. Um dies zu vermeiden, werden der Tonsubstanz Magerungsmittel zugesetzt, soweit die Tone nicht schon von Haus aus solche besitzen.

Je nach den beabsichtigten Zwecken sind Magerungsmittel von verschiedener Beschaffenheit und Eigenschaften zu wählen. Die gebräuchlichsten Magerungsmittel sind natürlich vorkommender oder für diesen Zweck durch Mahlen hergestellter Quarzsand, Schamotte, Ziegelmehl, Graphit sowie Kohlenklein, Sägespäne u. dergl. Die letztgenannten Stoffe werden nicht nur als eigentliche Magerungsmittel, sondern zu dem Zweck zugesetzt, um porige, leichtere Waren zu erhalten. — Andre Stoffe, welche den Tonen noch zugelegt werden (wenn sie nicht von Hause schon darin enthalten sind), sind Flußmittel, welche die hohe Feuerfestigkeit der reinen Ton-

substanz herabsetzen: Kieselsäure in hinreichend feinem Zustand, Glimmer, Feldspate und ähnliche Silikate, Schlacken, Mergel, Kalk, Mangan- und Eisenverbindungen und verschiedene lösliche Salze. Von großem Einfluß auf die Güte des zur Ziegelfabrikation verwendeten Tons sind die färbenden Bestandteile, besonders Eisenverbindungen, welche der betreffende Ton enthält. Je nach der Menge des Eisengehaltes nehmen die Tone beim Brand Farben an vom schwachen Gelb durch Rot bis zu einem dunklen Braun. Etwas aufgehoben wird diese färbende Wirkung der Eisenverbindungen durch die Flußmittel, namentlich durch kohlenfauren Kalk; solche Tone nehmen dann keine rote, sondern eine gelbe Brandfarbe an, die bei scharfem Brand in Gelblichgrün übergeht.

In vielen Tönen sind Bestandteile enthalten, welche die daraus hergestellten Fabrikate verderben oder doch minderwertig machen: gröbere Beimengungen organischen Ursprungs, wie Wurzeln und andre Pflanzenteile, Gerölle, namentlich kohlenfaure Kalkstücke, ferner die verschiedenen Schwefelkiese und schwefelfauren Salze, wie z. B. Gips. — Die schädlichen Bestandteile zu entfernen, notwendige fehlende Stoffe zuzusetzen sowie die Masse für die jeweilige Verformung in bester Weise herzurichten, ist die Aufgabe der Vorbereitung der Tone. Diese hat schon bei der Gewinnung der Tone einzusetzen. Hier sind die gröberen Kiese auszulefen, ebenso wie größere Kalkstücke, Wurzeln u. f. w. Das Reinigen der Massen kann am besten durch Schlämmen bewirkt werden. Zu diesem Zweck werden die Tone unter Beigabe von viel Wasser aufgeschlämmt und die Verunreinigungen durch Abfließen zurückgehalten. Die Tonschlämme werden dann nach Abfließen geleitet, in welchen sich der Tonschlamm zu Boden setzt. Das obentstehende Wasser wird von Zeit zu Zeit abgelassen. Für Massenfabrikation von Ziegeln muß die weitere Ansteifung der Witterung überlassen werden; für feinere Waren wird der Tonschlamm durch Filterpressen (f. d.) entwässert. Die Schlammapparate, durch welche der Ton aufgelöst wird, bestehen aus größeren Behältern, in welchen mit eggenartigen Armen veretzte Schlagarme um eine senkrechte Achse bewegt werden. Ein wichtiger Teil der Vorbereitung ist das Zerkleinern der Rohmaterialien. Die Tone finden sich in der Natur in einem wenig plattförmigen Zustande vor, dabei sind dieselben schichtenweise gelagert und meist nicht so homogen, daß sie gleich den Formmaschinen übergeben werden könnten; die meisten müssen vorher mehr oder weniger gelockert werden, was durch Einwirkung der Atmosphären oder durch entsprechende Maschinen erfolgen kann. Da die erstere Art der Zerkleinerung eine längere Zeitdauer erfordert, um den gewünschten Erfolg zu erzielen, so werden vielfach auch Zerkleinerungsmaschinen benutzt, welche teils durch Zertrümmerung des Materials, teils durch Zerkleinerung, teils durch Vereinigung dieser beiden Methoden wirken. Je nachdem die Zerkleinerung im trockenen, halbtrockenen oder feuchten Zustande geschieht, sind entsprechende Maschinen zu wählen. Man benutzt hauptsächlich Brech- oder Glattwalzwerke (Feinwalzwerke), letztere mit Steinausförmungsmaschinen (vgl. [8], S. 5). Die Brechwalzwerke (Buffer-Desintegrator, Nocken-, Riffel-, Ringel-, Stachel-, Vorwalzwerke, vgl. [4], S. 15, [6a], S. 4, [8], S. 5, [9], [10], [11], S. 11, [12], Bl. 167) dienen für feinen, festen, flückigen, ungewinterten Ton; Feinwalzwerke haben glatte, zylindrische oder konische Walzen eventuell mit Differentialgeschwindigkeit und jedenfalls mit einstellbarer Spaltweite. Abbildungen und Beschreibungen in den am Schlusse des Artikels angegebenen Katalogen. An Stelle der Brechwalzwerke treten, besonders für Ziegelbruch und andre feste Materialien (Kalk, Kokes, Dinasandsteine u. f. w.), die sogenannten Tonmühlen bzw. die Desintegratoren (f. d. und [6a], S. 52, [7], [8], S. 8, [9], [10], S. 22), Glockenmühlen (f. d. und [7]), Kollergänge (f. d., Mühlen und [4], S. 13, [6a], S. 40, [7], [8], S. 123, [9], [10], S. 16), Kugelmühlen (f. Mühlen und [6a], S. 40, [7], [8], S. 132, [9]), Mahlgänge (f. d. und [7], [10], S. 24), Pochwerke (f. d. und [6a], S. 38, [7]), Pulverisatoren ([6a], S. 56, [7], [8], S. 144), Schlagmühlen ([8], S. 149), Schraubenmühlen ([6a], S. 39, [7], [9], [10], S. 14), Sektoratoren ([8], S. 119), Steinbrecher (f. d. und [6a], S. 36, [7], [8], S. 117, [9], [10], S. 8), Trommelmühlen [4], S. 10, [6], S. 34, [7], [9]), Walzenmühlen ([7], [8], S. 121). Zugehörige Siebvorrichtungen (f. d. und [6], S. 62, [7], [10], S. 48, [12], Bl. 155.) Ueber Mischquirl vgl. [4], S. 33, Naßkollergänge [10], S. 20, Trommelnaßmühlen [4], S. 20, für Naßzerkleinerung. Der Ton mit etwaigen Zumengungen ist zu einer homogenen Masse zu verarbeiten, die in der Regel gleichmäßig durchfeuchtet und so weich sein soll, daß die frischen Fabrikate der Ziegelpresse sich eben noch hantieren lassen, ohne Deformation zu erleiden. Zugehörige Maschinen sind: Knetmaschinen ([4], S. 41, [13]), Mischkollergänge, Mischtrommeln [9], Mischschnecken [10], S. 44, [12], Bl. 173, 174), Schneckenpressen ([6b], S. 7), Tonmischer und Walzenspeiser ([6b], S. 52), Vorknetapparate ([9]), besonders aber die Tonschneider ([4], S. 18, [6c], S. 43, [8], S. 15, 22, [11], S. 14, [12], Bl. 150, 151, 173), die in der Regel zwischen Walzwerk und Ziegelpresse angeordnet werden und eine innige Mischung mehrerer Materialien bei einmaligem Durchgange ermöglichen. — Werden Ziegelfeine durch Trocken- oder Halbtrockenpressung hergestellt [5], so sind für die Vorbereitung des Materials Teil- und Mischmaschinen, System Jochum [7], empfehlenswert.

2. Das Formen der Ziegel. Wenn durch die Vorbereitungsarbeiten eine möglichst Gleichmäßigkeit der Masse erreicht ist, erfolgt das Formen des weichen bzw. des halbtrockenen und trockenen Materials. Beim Formen mit weichem Ton (Naßformen) liefern Maschinen ein besseres Fabrikat als der sogenannte Handstrich, bei welchem der Arbeiter die Form füllt, abstreicht und entleert. Die Größe der Form muß jedenfalls mit Rücksicht auf das Schwinden des Ziegels bemessen werden, das bei verschiedenen Materialien wechselt (f. [1]—[3]). — Fig. 1 gibt nach [6] ein Bild der verschiedenen Prozeduren, welche der Ton gewöhnlich in einer Dampfziegelei durchmacht, bis er aus der Ziegelpresse (Naßpresse, Strangpresse) als geformter Mauerstein in den Elevator *K* bzw. zu den Trockenräumen *L* gelangt, von welchen aus er in den Ringofen *M* (vgl. Bd. 6, S. 751) gebracht wird. *A* ist der aus der Grube kommende Tonwagen, *B* die Aufzugbrücke, *C* der Aufzug, *D* das Brechwalzwerk, *E* der Transportwagen für

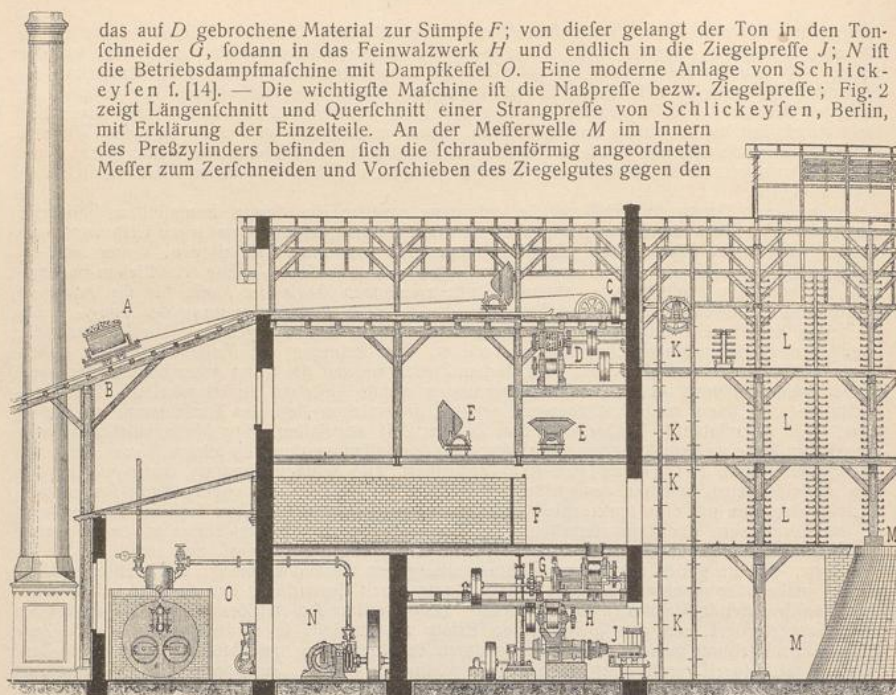


Fig. 1.

Preßkopf *F*, vor den die Preßformen für Voll- oder Hohlziegel geschraubt werden. Die Ziegelpressen werden liegend und stehend in verschiedenster Form gebaut; vgl. [4], S. 19, [6 b], S. 7, 17 (Schneckenpressen und Walzenpressen), [8], S. 26, [9], [10], S. 46, [12], Bl. 144, 148, 168. Vor den Ziegelpressen befinden sich die Abschneidetische, wie aus Fig. 1 zu ersehen; verschiedene Anordnungen f. in [6 b], S. 35, [8], S. 48, [12], Bl. 175. Von den Dachziegeln wird ein Teil in Strangpressen geformt, ähnlich wie die Mauersteine; komplizierter gestaltete Falzziegel, Krampziegel u. f. w., werden dagegen mit besonderen Pressen aus Tonstücken — Blätter, Kuchen —, die von den Vorbereitungsmaschinen kommen, geformt. Die Kuchen müssen ein größeres Tonvolumen enthalten als der gepreßte Ziegel; der Ueberfuß wird während des Pressens zwischen oberer und unterer Arbeitsform abgestoßen, hinterläßt aber am frischgepreßten Ziegel einen Grat, der abgeputzt werden muß. Die Arbeitsformen sind in der Regel aus Gußeisen, mit Gips ausgekleidet. Man unterscheidet kleine Falzziegelpressen (Fig. 3), Handpressen oder Maschinenpressen ([6 c], S. 9, [8], S. 79, 83, 84, [12], Bl. 139), bei welchen die untere Arbeitsform *B* unter die obere *A* gefchoben und zurückgezogen werden muß, und Revolverfalzziegelpressen, ([6 c], S. 12,

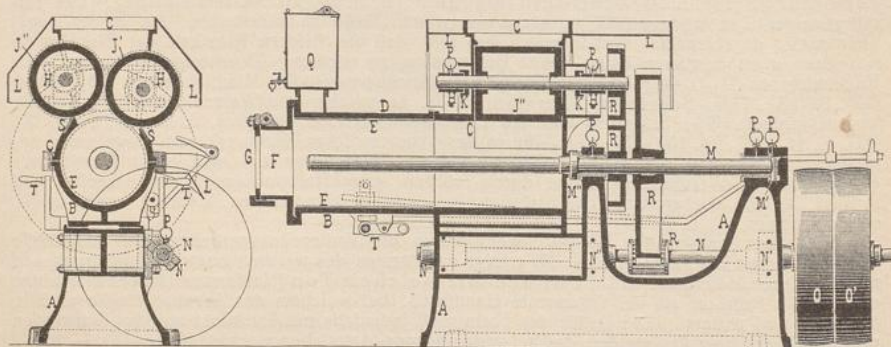


Fig. 2. *A* Maschinenuntergestelle. *B* Untere Zylinderhälften. *C* Trichter. *D* Zylinderdeckel. *E* Futterblech zum Auswechseln. *F* Preßkopf. *G* Platte zum Anschrauben der Preßform. *HH* Walzenlager. *J* *J'* Erste und zweite Walze. *K* Schutzringe der Walzenlager. *L* Schutzdecken der Räder und Lager. *M* Messerwelle von Stahl. *M'* Spurlager der Messerwelle. *M''* Reifergegenlauf der Messerwelle. *N* Riemenhebenwelle. *N'* *N''* *N'''* Lager der Riemenhebenwelle. *O* *O'* Riemenhebe. *PPP* Selbsttöler. *Q* Wasserkasten zum Bewässern der Schluppenform. *RR* Stirnräder. *SS* Walzenchaber. *TT* Ausrücker.

[8], S. 74, [9]), bei welchen die unteren Arbeitsformen auf den Flächen eines axial drehbaren Prismas sitzen, das jedesmal mit einer Teildrehung eine neue Unterform unter die Oberform bringt (Fig. 4). Hierher gehören auch die Schraubenpressen mit Handbetrieb [8], S. 81, die Spindelpressen für Platten [12], Bl. 171, und die Stempeldruckpressen [12], S. 178. Metallformen müssen, damit sich der Ziegel leicht löse, geölt werden. — Dem sogenannten Nachpreßer werden die zu pressenden Formsteine, Verblender, Klinker, Keilziegel, Plättchen u. f. w., durch-

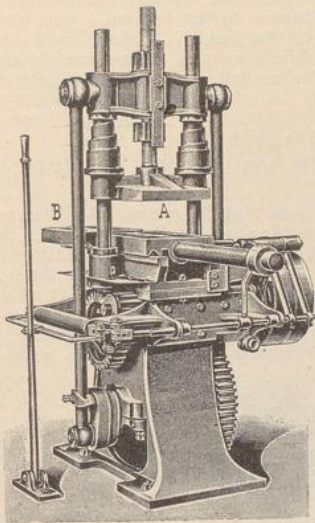


Fig. 3. Falzziegelpresse von Th. Groke, Merseburg.

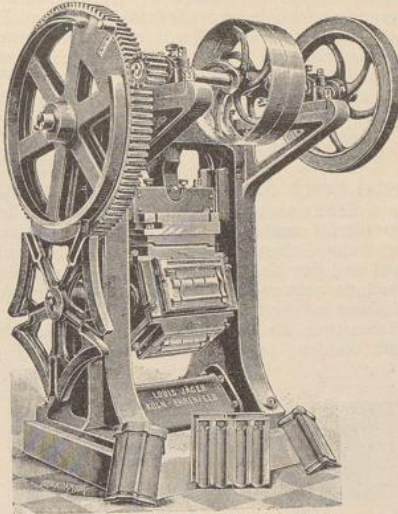


Fig. 4. Dampfpresse (Revolverpresse) mit fünf rotierenden Formen zur selbsttätigen Herstellung von Falz- und Firtziegeln von Louis Jäger, Cöln-Ehrenfeld.

gearbeitet, homogenisiert und vorgeformt übergeben, um hier eine bestimmte Faffung zu erhalten. Preßformen, Preßstempel bzw. Einlageplatten müssen entweder geölt oder die zu pressenden Objekte mit trockenem Staub (Kohlenstaub u. f. w.) überzogen werden; diesbezügliche Maschinen nebst Beschreibung in [6], S. 58, [8], S. 98, 102. — Bei Strangfalzziegeln, die aus Strangpressen (mit besonderen Mundstücken [6], S. 14) hervorgehen, bestehen besondere Schneidapparate ([6 c], S. 46 ff., ebenso Falzziegelputzapparate [6 c], S. 18. Ueber Naßpressen für Muffenrohre f. [6 c], S. 54, [8], S. 110, [12], Bl. 143; fetter, von allen Steinchen befreiter Ton ist bei der Röhrenfabrikation erste Bedingung. — Beim Trockenformen (vgl. Brikettieren) werden Ziegel aus vorgeformten lederharten Blättern oder aus gepulverter Masse mittels Schablonen in Kastenformen gepreßt; vielfach werden auch gefärbte Massen (f. Farben, keramische) verwendet. Für die Herstellung der Steine ist hoher Druck erforderlich (f. Mettlicher Platten). Ueber die zugehörigen Trockenpressen f. [4], S. 46, [5], [12], Bl. 177, Prägwerke, Stanzmaschinen und [15]. Die in [5] beschriebenen Dorstener Steinpressen beruhen auf dem Prinzip des freien Falles und arbeiten mit Luftabführung des Materiales, zu dessen Vorbereitung Pulverisatoren (f. S. 993) u. f. w. verwendet werden. — Mittels Handstrichs formt ein Arbeiter ca. 200–300 Mauerziegel pro Stunde; eine Strangpresse (Naßpresse) formt dagegen bis zu 4000. Die erforderliche Betriebskraft hängt von der Beschaffenheit des Tones ab; ist derselbe rein und von Natur gleichmäßig befeuchtet, so sind für 20 000 Ziegel Tagesproduktion ca. 10 PS., ist er steinig und verschiedener Vorbereitung bedürftig, bis zu 40 PS. erforderlich. Bei Falzdachziegelpressen (f. Bd. 3, S. 599) mit Handbetrieb können pro Stunde 100–120, bei Revolverpressen 400–600 Steine erzeugt werden. — Eine Dorstener Trockenpresse [5] liefert mit vier Stempeln bis zu 3000 Mauerziegel pro Stunde.

3. Das Trocknen der naßgeformten Ziegel erfolgt bei einfachen Anlagen an freier Luft, in Dampfziegeleien auf Trockenschuppen, welche möglichst über den Brennöfen angeordnet werden (vgl. Fig. 5).

4. Das Brennen der luftgetrockneten Ziegel (f. Bd. 6, S. 746). Der sogenannte Feldbrand liefert unansehnliche Steine bei vielem Abfall. Zur billigen Massenfabrikation dient zumeist der Ringofen. Für Verblendersteine, Dachziegel, Röhren, Schamotte u. f. w. werden fogenannte Kammerringöfen, Gasringöfen u. f. w. benutzt. Vgl. Backsteine, Engobe, Enkaustieren, Glasuren, Glasurmöhlen, Glasuröfen, Kunststeine, Steine, feuerfeste, Terrakotten, Tonwaren, Ziegel.

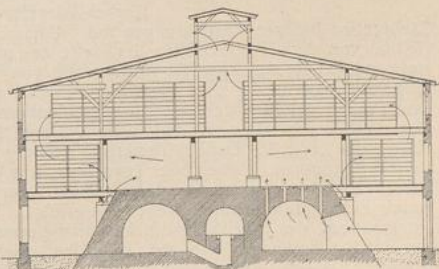


Fig. 5.

Literatur: [1] Zwick, H., Die Natur der Ziegeltone und die Ziegelfabrikation der Gegenwart, 2. Aufl., Wien 1893. — [2] Bock, O., Die Ziegelfabrikation, Weimar 1894. — [3] Dümmler, K., Handbuch der Ziegelfabrikation, Halle 1897/98; Derf., Die Ziegel- und Tonwarenindustrie in den Vereinigten Staaten, Halle 1894. — Ferner ist Bezug genommen auf die Kataloge der Firmen: [4] Dorit, G., Oberlind-Sonneberg. — [5] Dorstener Eisengießerei, Dorsten, Westfalen. — [6] Groke, Th., Merseburg: a) Zerkleinerungsmaschinen; b) Maschinen zur Ziegelfabrikation; c) Dachziegelfabrikation mittels Maschinen. — [7] Grusonwerk Magdeburg-Buckau; Spezialkataloge über Zerkleinerungsmaschinen und selbsttätige Teil- und Mischmaschinen, System Jochum. — [8] Jäger, L., Ehrenfeld-Köln. — [9] Pfeiffer, Gebr., Kaiserslautern. — [10] Polyfius, G., Dessau, Maschine zur Hartzerkleinerung u. f. w. — [11] Rheinische Maschinenfabrik Duisburg, Ziegeleimaschinen. — [12] Schlickeyen, G., Berlin. — [13] Werner u. Pfeiderer, Cannstatt. — [14] Uhlands technische Rundschau, Ausgabe für Bauindustrie, Jahrg. 12, Heft 1, 1898. — [15] Deutsche Töpfer- und Zieglerztg. 1893, Nr. 37.

Ziehbank, -eisen, f. Ziehen und Drahtfabrikation.

Ziehen, in der Metallbearbeitung eine Reihe von Verfahren, bei denen das Material durch Matrizen hindurchgezogen wird.

a) Ziehen von Blechen zwecks Herstellung von Hohlkörpern. Als Werkzeuge dienen hierfür zunächst Ziehstempel und Matrize. Da indessen bei größerer Tiefe des Hohlkörpers beim Ziehen Falten am Rande der Blechscheibe auftreten und diese sich zwischen dem Stempel und die Matrize einklemmen, so daß das Blech zerreißen würde, so ist es für tiefere Gegenstände notwendig, die Faltenbildung durch Auflegen eines Blechhalters (Fig. 1) während des Ziehens zu verhindern. Dieser Blechhalter kann (Fig. 2) gleichzeitig in Verbindung mit der Ziehmatrize als Schnittwerkzeug zum Ausschneiden der zu ziehenden Blechscheiben ausgebildet werden; ferner können die Unterseite des Ziehstempels und die Matrize bzw. der

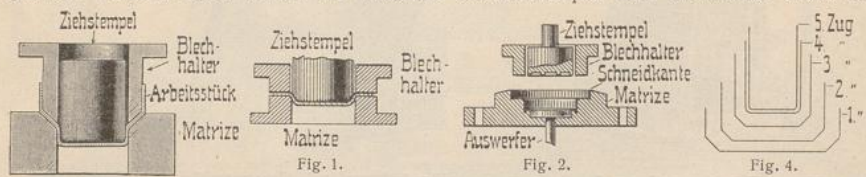


Fig. 3.

Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 4.

Auswerfer mit Verzierungen (f. Fig. 2) versehen werden, um eine Hohlprägung des Bodens der Arbeitsstücke vorzunehmen. Um längere Hohlkörper von kleinerem Durchmesser aus kürzeren von größerem Durchmesser herzustellen (Weiterziehen oder -schlagen) verwendet man die in Fig. 3 dargestellten Ziehwerkzeuge, wobei das Verfahren den Verhältnissen entsprechend mehrmals wiederholt werden muß (Fig. 4),

um von der Blechscheibe unter Herstellung von Zwischenstufen zu dem Endprodukt zu gelangen. Da durch das Ziehen das Blech hart und spröde wird und sich nicht mehr ziehen läßt, so muß es ausgeglüht werden, um ihm wieder die nötige Geschmeidigkeit zu geben. Das Ziehen erfolgt mit Hilfe von Pressen. Sie sind entweder einfach wirkende, d. h. mit nur einem Schlitten (Stößel) arbeitende oder doppelt wirkende (f. unten). Um auf ersteren einen Blechhalter anwenden zu können, benutzt man Werkzeuge mit Federvorrichtung (Gummizylinder oder Stahlfeder), Fig. 5; der als Ring ausgebildete Blechhalter stützt sich durch eine Anzahl Druckfläße auf eine gegen die Feder sich legende Druckplatte. Der Ziehstempel ist in den das Schnittwerkzeug bildenden Führungsring für den Blechhalterring eingeschraubt. Die Ziehmatrize, welche ebenfalls eine Schneidkante besitzt und einen Auswerfer trägt, ist am Schlitten der Presse befestigt und vollführt also die Bewegung. Das Arbeitsstück wird in die Ziehmatrize mit dem Boden nach oben hineingezogen, wobei der unter Federdruck stehende Blechhalter nach abwärts gedrückt wird. — Die einfach wirkenden Pressen sind gewöhnlich entweder Kurbel- oder Exzenterpressen (f. Pressen). Die doppelt wirkenden

Ziehpressen besitzen Einrichtungen zur selbständigen Bewegung des Blechhalters, die bisweilen (selten) von dem Hauptschlitten der Presse aus mit Hilfe von Leitkurven erfolgt. Da die beiden notwendigen Bewegungen (1. Annäherung von Blechhalter und Ziehmatrize und 2. eigentliche Ziehbewegung) je auf zwei Werkzeuge verteilt werden können, so können vier Kombinationen von Pressen gebildet werden. Die verschiedenen Ziehpressen unterscheiden sich weiterhin durch den Antrieb (Exzenter-, Kurbel- oder hydraulische Pressen), ferner durch die Form des Gestells, durch die Lage des Gestells (senkrecht, schräg oder wagerecht), ferner durch selbsttätige Zuführvorrichtungen (Walzen oder Revolver u. f. w.) voneinander; ferner dadurch, ob die Bewegung des Blechhalters durch unrunde Scheiben unter direkter Einwirkung auf seinen Schlitten oder durch Einschaltung eines Kniegelenks erfolgt. Die letztere Anordnung wird gewählt, um eine Rückwirkung des Blechhalterdrucks auf die unrunderen Scheiben und eine Abnutzung dieser und der auf ihr laufenden Rolle zu vermeiden. Ueber die verschiedenen Ausführungen von Ziehpressen f. [1]—[8]. Ueber den Vorgang beim Ziehen der Bleche und über das Kalibrieren der Werkzeuge f. [6], [8].

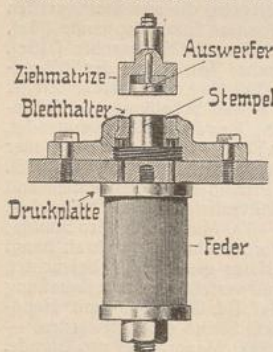


Fig. 5.

b) Ziehen von Blechstreifen zwecks Herstellung von Profilierungsleisten für Gefimfe. Der Blechstreifen wird zwischen zwei Matrizen, von denen die eine verschiebbar ist, hindurchgezogen. Der Blechstreifen wird von einer Zange erfaßt, die mit einer Zahnflange verbunden ist.

c) Ziehen von Stangen, Stäben, Wellen u. f. w. Der Zweck besteht teils darin, die Stange mit einer blanken Oberfläche zu versehen, ohne sie durch Spanabnahme bearbeiten zu müssen oder Stäbe von solchem Profil herzustellen, die durch Walzen nicht hergestellt werden können oder durch irgend ein Verfahren hergestellte Stäbe auf genaue Abmessungen zu bringen. Beispiele hierfür sind gezogene Wellen für Transmissionen, Spindeln, Zierleisten u. f. w. Bei komplizierten Profilen ist es in der Regel notwendig, durch Anwendung feststehender Hobelmeßer zunächst durch Materialwegnahme das gewünschte Profil annähernd vorzubilden und dann durch eine oder mehrere Züge das Profil vollends auszubilden. Als Werkzeug ist ein auf einer Schleppzangenziehbank befindliches Zieheisen erforderlich, durch das die Metallstangen hindurchgezogen werden; diese werden von einer auf einem kleinen Wagen sitzenden Zange erfaßt; die Bewegung des Wagens erfolgt entweder durch Kupplung der Zange mit einer endlosen Galfchen Kette (vgl. Bd. 3, S. 24, Fig. 14) oder hydraulisch.

d) Ziehen von Röhren, Geschossen, Patronenhülsen u. f. w. Während es sich bei dem Ziehen von Blechen (f. oben) zwecks Herstellung von Hohlbehältern nicht um eine Veränderung der Blechdicke handelt, findet hier eine Veränderung der Dicke der Wand des zu einem Rohr u. f. w. umzuwandelnden rohrförmigen Gebildes statt. Das Material wird also in der Längsrichtung verdrängt. Als Werkzeuge dienen Ziehringe (Matrizen) und Dorne. Man kann zwei verschiedene Verfahren unterscheiden: 1. Ziehen mit dem Dorn: Der zu ziehende, am einen Ende geschlossene Hohlkörper (Napf) wird auf eine Dornflange gesteckt und durch Druck auf das freie Ende der Dornflange durch den Ziehring hindurchgedrückt; vgl. z. B. Rohrerstellung. Die hierfür verwendeten Maschinen sind für kleinere Hübe Kurbelpressen, für größere Hübe dagegen Schraubenspindelpressen (stehender oder liegender Anordnung) oder hydraulische Pressen. 2. Ziehen über den Dorn: Das Rohr wird zwischen einen Ziehring und einen an einer Dornflange befestigten feststehenden Dorn hindurchgezogen. Das Ziehen erfolgt entweder auf Schleppzangenziehbanken oder auf Schraubenspindelziehbänken. — Ueber Ziehen von Röhren bei der Herstellung geschweißter Röhren f. Rohrerstellung.

e) Ziehen von Draht f. Drahtfabrikation.

Literatur: [1] Smith-Kannegießer, Das Pressen, Stanzen und Prägen der Metalle, Leipzig 1903. — [2] Woodworth, J. V., Punches, Dies and Tools, New York 1907. — [3] Derf., Dies their construction and use, New York 1903. — [4] Weisbach-Herrmann, Lehrbuch der Ing.- u. Maschin. Mechanik, Bd. 3, 3. Abt., 2. Hälfte, 2. Aufl., Braunschweig 1901. — [5] Cordon, C., Procédés de forgeage dans l'industrie, Paris 1897. — [6] Dingers Polyt. Journ. (Mufiol, Das Ziehen auf Ziehpressen in Theorie und Praxis), Bd. 315, S. 428, 442. — [7] Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1902, S. 1508 (Ziehpressen). — [8] „Stahl und Eisen“ 1907, S. 477 (Mufiol, Die Kalibrierung der Ziehpressenwerkzeuge); ebend. 1906, S. 329 (Fortschritte im Ziehpressenbau).

Ziehklinge, Schaber des Tischlers, Stahlblatt von 0,6–2 mm Dicke, 10 bis 20 cm Länge und etwa 5 cm Breite, mit gerader, konkaver oder konvexer Schneidkante, zur Glättung des Holzes, zur Abnahme feiner Späne. Vgl. a. Schaben.

A. Widmaier.

Ziehpresse, -ring, -stempel, f. Ziehen.

Zierbrunnen, künstlerisch ausgeführte laufende Brunnen, die entweder zur öffentlichen unentgeltlichen Abgabe von Trinkwasser (f. Bd. 2, S. 367) oder nur zum Schmucke öffentlicher Plätze, Gärten, Höfe u. f. w. dienen, manchmal hervorragende Kunstdenkmale bilden ([1]–[4]) oder als fogenannte Springbrunnen durch Mächtigkeit der Wassermengen und Strahlhöhen große Wirkungen erzielen.

Wir erwähnen außer den verschiedenen monumentalen Brunnen in den Städten die Springbrunnen in Kassel, Herrenchausen, Karlsruhe, Stuttgart, Wiesbaden u. f. w., in Versailles, Rom u. a. a. O. Näheres darüber in [5]. — Bei allen derartigen Anlagen muß jeder einzelne Wasserstrahl seine besondere regulierbare Zuleitung haben, wenn eine richtig abgemessene Gesamtwirkung erzielt werden will. — In diesen Zuleitungen soll die Wassergeschwindigkeit 1 m/sec nicht überschreiten. Technisch können mit entsprechenden Mundstücken die Strahlen rund, flach oder zerstäubt angeordnet, auch als Sprudel entwickelt werden. Für runde Strahlen eignen sich Mundstücke wie in der Figur, die auf die Strecke $h = 2 \cdot d$ kreisförmig sind und sich gegen die Strahlröhren trompetenartig erweitern. Flache Strahlen werden nach Art der Orgelpfeifen angeordnet. Von vorzüglicher Wirkung sind die Sprudel, weiß schäumende Wasserstrahlen, die mit geringen Wassermengen erzielt werden, wenn großer Druck und ein angemessenes Wasserbecken zur Verfügung steht, indem man einfach das Strahlmündstück mehr oder weniger tief unter dem Spiegel des Beckens ausmünden läßt. Dieselbe Wirkung erreicht man auch mit Strahlapparaten [6]. Sehr zu beachten ist bei den Springbrunnen, daß die Größe des Beckens im richtigen Verhältnis zur Strahlhöhe steht, damit der Strahl nicht schon bei leichtem Winde über das Becken hinausgeworfen wird und die Umgebung verflumpft.



Die senkrechte Strahlhöhe s — alle Maße in Meter — berechnet sich für Mundstücke nach der Figur aus der Formel: $s = H : (s + \eta H)$, in welcher H die Druckhöhe im Zuflußrohr, gemessen in Nähe des Auslaufes, jedoch an einer Stelle, an welcher die Geschwindigkeit 1 m/sec noch nicht übersteigt und η ein von der Weite des Mundstückes abhängiger Koeffizient ist,

nämlich $\gamma = 0,00025 : (d + 1000 \cdot d^3)$. Bei geneigten Strahlröhren beschreibt der Strahl eine Kurve, ähnlich der in Bd. 1, S. 533, Fig. 1 dargestellten. — Erwähnt sei hier noch, daß schon seit längerer Zeit aus Springbrunnen auch beleuchtete Wasserstrahlen (Kalospinthechromokrene) entsendet werden [7]. Für kleinere Springbrunnen sind zahlreiche Modelle aus Metall im Handel (Brunnenfalten, Mundstücke, Brunnenfiguren u. f. w.); wir verweisen als Bezugsquellen auf Schäfer & Walcker, Berlin, Deutsche Wasserwerksgesellschaft, Höchst a. M., und andre Fabriken bzw. Installationsgeschäfte für Wasserleitungsgegenstände; vgl. a. Heronsbrunnen.

Literatur: [1] Schubert, C., Die Brunnen der Schweiz, Frauenfeld 1885. — [2] Bouffard, Choix des fontaines décoratives, Paris 1879. — [3] Teirich, V., Ueber Brunnen und deren künstlerische Durchbildung, Gewerbebl. 1870, Heft 7. — [4] Handbuch der Architektur, Teil 4, Halbbd. 8, Abt. 8, Abschn. 2, Kap. 3. — [5] Lueger, O., Die Wasserverföhrung der Städte, Abt. 2, S. 273 ff., Leipzig 1908. — [6] Fontänenmundstücke, Journal f. Gasbeleuchtung u. Wasserverf. 1882, S. 148. — [7] Morton, Illuminated fountains, Frankl. Journ., 3. S., Bd. 59, 1870, S. 358.

Ziereisen (Reliefeisen), Walzeisen, das sich von den gewöhnlichen Walzprodukten entweder durch einen komplizierten Querschnitt oder (und) durch Verzierungen auf der Oberfläche der Walzstäbe unterscheidet.

Solche Ziereisen werden insbesondere für architektonische Zwecke von dem Fassoneisenwalzwerk von Mannstädt & Co., Kalk bei Köln, hergestellt. Bei den auf der Oberfläche verzierten Walzstäben sind die Walzen entsprechend graviert. Ein hierhergehöriges Beispiel ist auch das Klattische Kettenwalzwerk, f. Kette, Bd. 5, S. 449.

A. Widmaier.

Ziervogelprozeß, f. Silber, S. 119.

Zifferblatt. Für Turmuhren ist die Größe durch die Höhe über der Straße bedingt bzw. durch die Größe der Ziffern, die nicht über ein Sechstel des Durchmessers sein sollten. Da nun nach Erfahrung bis auf eine Höhe von 12 m die Ziffern 0,15 m, bei einer Höhe von 12–20 m 0,22 m und bis 30 m Höhe 0,28 m lang sein müssen, um gut sichtbar zu sein, so ist hiernach der Durchmesser zu bestimmen. Zur besseren Erhaltung des Zifferblattes ist der Regen, wenn tunlich, abzuhalten. — S. a. Uhr.

Weinbrenner.

Zimalium, f. Zinklegierungen.

Ziment, f. Sinkwerksbau, S. 139.

Zimmer, ein heizbares Gemach. Hinsichtlich der Größe ist zu geben 1. dem Wohnzimmer für jede Person 12 qm; 2. dem Schlafzimmer (f. d.) etwa 9 qm; 3. dem Kinderzimmer sowie 4. dem Ankleidezimmer 6 qm; 5. dem Speisezimmer für jeden Speisenden 1,20–1,50 qm (f. Saal, 2.); 6. Sprechzimmer; 7. Spielzimmer, etwa wie 5. Weitere Zimmer sind: Vorzimmer, als Zugang zu Wohn- und Festräumen, Geschäftszimmer u. f. w.

Weinbrenner.

Zimmerarbeit, jede Holzarbeit, bei der kein Leim verwendet wird.

Hierunter begreift man: Leihbogen, Pfahl- und Schwellröste, Verletzgerüste, Balkenlagen und Fachwerkwände, Dachstühle, Türzargen, Brettschalungen, Blindböden, Holztreppe u. f. w. Diese Arbeiten werden erstellt auf dem Zimmer- oder Werkplatz, einem weiten, ebenen Hofraum, der zum Abbinden oder Zulagen der Balkenlagen sowie des Werkplatzes für die Dachstühle dient. Nötig ist außerdem ein Werkchuppen für kleinere Arbeiten und ein Stapelplatz für Vorräte u. f. w.

Weinbrenner.

Zimmergeräte, 1. sämtliche Werkzeuge des Zimmermanns, als: a) Bund-, Schrot- und Trummsäge für zwei Mann und einhändige Handsäge; b) Beile und Aexte (f. Bd. 1, S. 655, und S. 423); c) Bohrer verschiedener Größe (f. Holzbohrer, Bd. 2, S. 184); d) die Fugbank sowie Hobel verschiedener Art: Bank-, Schrob- und Schlichthobel (f. Hobeln, Bd. 5, S. 67 ff.); e) Stemmeisen oder Stechbeutel, Hohleisen und Geheisen (f. Stemm- und Stechzeug, S. 306); f) Schnitzer oder Schnitzzeisen; g) Zirkel und Winkelleisen; h) Schnur und Lot mit Haspel zum Abmessen (f. Schnurfisch, Bd. 7, S. 770); i) Kantring (f. Bd. 5, S. 371); k) Hebegeschirr oder Hebeschrauben zum Heben großer Lasten, z. B. ganzer Gebälke, oder auch zum Fortbewegen und Veretzen ganzer Häuser [1], [4]. — 2. Das zur Ausstattung eines Zimmers dienende Gerät, als Möbel, Vorhänge, Ofen, Wandschmuck u. f. w.

Literatur: [1] Baukunde des Architekten, 1. Teil, Berlin 1893, Bd. 1, S. 106. — [2] Deutsche Bauztg., Berlin 1881. — [3] Baugewerkztg., Berlin 1884. — [4] Artinstall, Raising and moving of buildings bodily, 1883.

Weinbrenner.

Zink Zn, Atomgew. 65,4, besitzt auf dem frischen Bruch eine bläulich-weiße Farbe und metallischen Glanz; spez. Gew. etwa 7,1, kann aber durch Walzen auf 7,2–7,3 erhöht werden.

Bei gewöhnlicher Temperatur spröde, wird es bei 100–150° dehnbar und läßt sich ziehen und bis Papierdicke auswalzen; bei 200° wird es wieder spröde; Schmelzpunkt etwa 420°. Bei heller Rotglut, nahe 930°, verdampft das Zink; die Dämpfe verdichten sich durch Abkühlung entweder zu flüssigem Zink oder, wenn die Abkühlungstemperatur unter dem Schmelzpunkt des Zinks liegt, zu staubförmigem Zink, dem sogenannten Zinkstaub. An der Luft entzünden sich die Dämpfe und verbrennen mit bläulicher Flamme zu fein verteiltem Zinkoxyd (Zinkblumen). An trockener Luft bleibt Zink unverändert; an feuchter überzieht es sich mit einer dünnen weißlichen Schicht von wasserhaltigem, basischem Zinkkarbonat, welches das darunter liegende Metall vor weiterer Oxydation schützt. Zink zerfällt Wasser in der Rotglut und löst sich leicht in Salz- und Schwefelsäure sowie in Alkalien, unter Freiwerden von Wasserstoff. Es fällt die meisten schweren Metalle aus ihren Salzlösungen. Das Zink ist als solches erst seit Anfang des 18. Jahrhunderts (in China seit dem 16. Jahrhundert) bekannt, während seine Legie-

zung mit dem Kupfer, das Messing, schon von den Alten benutzt wurde. — Die wichtigsten Zinkerze sind: Zinkpat, edler Galmei $ZnCO_3$ (fast völlig abgebaut), Zinkblende ZnS , Kieselzinkerz, Kieselgalmei $Zn_2SiO_4 + H_2O$, Willemit Zn_2SiO_4 . — Außerdem werden auch zinkhaltige Hüttenprodukte auf Zink verarbeitet.

Die Gewinnung des Zinks beruht auf Herstellung von Zinkoxyd und Reduktion desselben durch Kohlenstoff. Da aber die Reduktionstemperatur des Oxyds höher liegt als der Schmelzpunkt des Metalls, so entweicht das Zink dampfförmig. Die zuerst übergehenden und sich zu Zinkstaub verdichtenden Dämpfe sind meistens kadmiumhaltig und dienen zur Gewinnung des Kadmiums, der später gebildete Zinkstaub enthält noch Zinkoxyd, Arsen, Antimon u. f. w. Von den Erzen wird der Galmei in Schacht- oder Flammöfen zu Oxyd gebrannt (calciniert), die Blende aber sowohl in Flamm- als in Gefäßöfen geröstet, z. B. in den Liebig-Eichhorn'schen Öfen (f. Bd. 7, S. 846 und [1]). Bei den ersteren Öfen enthalten die Röstgase nur bis zu 2 Vol.-Proz. schwefeliger Säure und müssen entweder mittels sehr hoher Effen oder durch Absorption für die Umgebung der Fabriken unschädlich gemacht werden. Die Gefäßöfen dagegen liefern 5–8% schwefelige Säure enthaltende Gase, so daß hier die schwefelige Säure zur Darstellung von Schwefelsäure oder zu andern Zwecken benutzt werden kann. Beim Rösteln bildet sich neben dem Oxyd auch Zinksulphat, das erst bei höherer Temperatur zerlegt wird. Als Reduktionsmittel werden magere Steinkohle oder Koks verwendet. Die Reduktion und die Destillation werden heute, da man den englischen Prozeß der Destillation aus Tiegeln nach unten ganz verlassen hat, entweder nach dem belgischen oder schlesischen Prozeß oder nach einer Kombination beider Systeme (in Westfalen) vorgenommen. Bei dem schlesischen Prozeß dienen als Reduktionsgefäße feuerfeste tönernen Muffeln von 60–65 cm Höhe, 15–20 cm Breite im Lichten, 1–2,15 m Länge und einer Wandstärke, die am Boden von vorn nach hinten von 20 auf 65 mm, in der Kappe von 20 auf 30 mm steigt. Die tönernen Vorlagen sind von verschiedener Gestalt und werden mit Blechtuten zur Aufnahme der Vorlage versehen. Die Muffeln (10–16 Stück) stehen zu beiden Seiten des Rostes, von dem die Flamme aufsteigend die Muffeln umspült, um die Feuergase durch die zur Esse führenden Kanäle entweichen zu lassen. Statt der einfachen Rostfeuerung benutzt man jetzt vielfach Treppenrostfeuerung nach Boetius oder Siemens'sche Regenerativfeuerung. Der schlesische Prozeß dauert etwa 24 Stunden. Bei dem belgischen Prozeß findet die Reduktion in feuerfesten tönernen, schräg und reihenweise übereinander liegenden Röhren von 15–25 cm Weite im Lichten, 1–1,3 m Länge und 3 cm Wandstärke statt, welche durch Rost- oder Gasfeuerung geheizt werden; Vorlage und Allonge sind ähnlich wie beim schlesischen Prozeß. Wegen des kleineren Fassungsraumes der Röhren dauert das belgische Verfahren nur etwa 12 Stunden. Näheres über beide Prozesse f. [1]–[3]. Die Einführung von Schachtöfen, welche wegen der starken Verdünnung der Zinkdämpfe durch die Verbrennungsgase nur staubförmiges Zink liefern, ist nicht über Versuche hinausgekommen. Ebenso hat auch die Zinkgewinnung auf elektrolytischem Wege bisher keine großen praktischen Erfolge gezeitigt. Man hat sowohl Zinklösungen unter Benutzung von Erzen oder von Rohzink als Anoden als auch Zinklösungen oder geschmolzene Zinksalze unter Benutzung unlöslicher Anoden auf elektrolytischem Wege zu behandeln versucht. Gewisse Erfolge sind dagegen bei der Trennung des Zinks von andern Metallen aus Legierungen mittels elektrischen Stromes erzielt. Näheres f. [1] und [4]. Das durch Destillation gewonnene Roh- oder Werkzink enthält meist Blei, Eisen und andre Verunreinigungen. Durch Umschmelzen und Stehenlassen bei mäßiger Hitze oxydiert sich ein Teil der Metalle, die mit Zinkoxyd als sogenannte Zinkasche von der Oberfläche abgezogen werden; die schweren Metalle (wie Blei und Eisen) sinken zu Boden, bilden das Bodenzink, von welchem das reine Zink abgeschöpft wird. Als Raffinieröfen benutzt man Flammöfen mit etwas geneigter Sohle. — Zink dient zur Herstellung von Blech- und Gußwaren, Bauzierat, Statuetten, Druckplatten, Theaterschmuck, zu galvanischen Elementen, zum Verzinken von Eisen („Galvanisieren“), zum Entfilbern des Bleis, zur Darstellung vieler Legierungen (f. Zinklegierungen) und der Zinkpräparate. Zinkstaub wird gegebenenfalls auf Kadmium verarbeitet, dient ferner zu grauer Anstrichfarbe und wird in Laboratorien und Fabriken als Reduktionsmittel benutzt. Zinksalze sind giftig.

Literatur: [1] Schnabel, Handbuch der Metallhüttenkunde, Bd. 2, S. 1, Berlin 1896. — [2] Ost, Lehrbuch der chemischen Technologie, 6. Aufl., S. 706 ff., Hannover 1907. — [3] Fischer, Handbuch der chemischen Technologie, 14. Aufl., S. 323, Leipzig 1893. — [4] Borchers, Elektrometallurgie, 2. Aufl., S. 266, Braunschweig 1896. (Rathgen) Meye.

Zinkblende (Blende, Sphalerit), Mineral, Schwefelzink ZnS mit 67% Zn und kleinen Mengen von Kupfer, Mangan, Silber, Zinn u. f. w.

Kristallisiert regulär; derb, körnig; gelb, braun, schwarz oder grün; durchsichtig bis undurchsichtig. Strich gelb oder braun; fett- bis diamantglänzend; spaltbar und spröde; Härte $3\frac{1}{2}$ –4; spez. Gew. 3,9–4,2; schwer schmelzbar. Löslich in Salzsäure. Verwittert leicht zu Zinkvitriol. Vielfach mit Bleiglanz, Schwefel- und Kupferkies. Vorkommen am Schneeberg bei Passaier, Bleiberg in Kärnten, Ungarn, Siebenbürgen u. f. w. Zinkblende wird zur Darstellung von Zinkvitriol und Zink verwendet, dient auch als Körperfarbe. Verwandt sind: Christophit (Schwefel-Zink-Eisen) und Feuerblende (Schwefelantimon Silber), beide, weil selten, technisch unwichtig. Leppla.

Zinkchlorid (Chlorzink, Zinkbutter) $ZnCl_2$, eine weiche, weißgraue, stark hygroskopische, in der Rotglut flüchtige Masse, durch Auflösen von Zink in Salzsäure und Eindampfen der Lösung, ferner durch chlorierende Röstung von Zinkblende sowie durch Erhitzen von Zinksulphat mit Kochsalz gewonnen.

Es wird zum Läutern von Oel, zur Herstellung von Pergamentpapier und besonders zur Konservierung hölzerner Eisenbahnschwellen (f. Holzkonservierung) benutzt. Seine kon-

Bei der Zinkhochätzung handelt es sich darum, die Aetzflüssigkeit nur an den Stellen der Platte einwirken zu lassen, welche keinen Abdruck hinterlassen dürfen. Daher müssen die übrigen Partien, die Bildstellen, durch Aufbringen von Fetten oder Harzen vor der Säureeinwirkung geschützt werden. Nur selten, nämlich bei sehr grober Zeichnung, wird das Bild mit lithographischer Tusche (f. Lithographie) unmittelbar auf die Zinkplatte gezeichnet. Zumeist zieht man es vor, die Zeichnung auf besonders dazu vorgerichtetem Papier (f. Umdruckpapier) mit lithographischer Tusche und Feder oder mit fetter Kreide herzustellen und dann auf die Platte zu übertragen, indem das Zeichnungsblatt schwach gefeuchtet auf die Metallplatte gelegt, mit einer Schutzpappe bedeckt und durch die Walzen einer Art Satinierpresse hindurchgezogen wird. Das Papierblatt wird heruntergezogen und die auf der Uebertragung haftende Isolierschicht abgewaschen. Der Umdruck wird sodann „ätzfest“ gemacht. Dies geschieht, indem zunächst die ganze Platte gummiert, hierauf „angerieben“ (man überfährt die Fläche mit einem Gemenge von Gummi, versetzt mit wenig Phosphorsäure, und fetter Schwärze; hierbei lagert sich nur an den Bildstellen die Fettschwärze an) und mit Harzpulver (Asphalt-, Drachenblutstaub u. f. w.) bestäubt und erhitzt wird (das Harzpulver verschmilzt dadurch mit der fetten „Farbe“ zu einer festen Kruste). Sehr häufig werden auch Steinradierungen oder -gravuren (f. Lithographie) umgedruckt, während direkte Uebertragungen von Buchdruckformen mangelhafte Klischees ergeben. Das Ätzen von Zinkklischees erfolgt am besten in Salpetersäurebädern verschiedener Konzentration. Wegen der sich entwickelnden schädlichen Gase müssen bei der Chemigraphie Aetzherde, die gegen den Arbeitsraum fast vollständig verschalt sind und einen Abzugskamin, eventuell mit Ventilator, besitzen, verwendet werden, weil hier viel größere Metallmengen gelöst werden müssen, als es z. B. beim Ätzen von Autotypieplatten (f. Autotypie) der Fall ist, denn die Zwischenräume zwischen den einzelnen Druckelementen sind viel breiter und tiefer. Zuerst wird die Anätzung, die nur eine geringe Freistellung des Druckbildes bewirkt, vorgenommen. Sodann muß, um ein fettliches Unterfressen der Druckkörper hintanzuhalten, das Bild mit Schwärze eingewalzt, mit Harzpulver überfläut und die Platte erhitzt werden, bis das schmelzende Gemenge über die Kanten der Druckkörper hinunterläuft und die fettlichen Flächen schützt. Dies geschieht auch bei den mehreren Etappen der Tiefätzung. Dann erfolgt die Rundätzung zur Entfernung der Aetzfluten, deren oberste durch die Reinätzung endlich weggenommen wird. Durch Abdecken mit Asphaltlösung werden genügend tiefgeätzte Stellen vor weiterer Ätzung bewahrt. Große leere Metallstellen werden nicht herausgeätzt, sondern mittels sogenannter Rautingmaschinen herausgefräst; für kleinere Betriebe eignet sich sehr gut der Tischörnersche Fräser, der, in eine Kluppe gefaßt, durch eine biegsame Welle unmittelbar vom Anker eines Elektromotors angetrieben wird.

Literatur: Husnik, Jakob, Die Zinkätzung (Chemigraphie, Zinkotypie), 3. Aufl., Wien 1907, Toifel, Handbuch der Chemigraphie, 2. Aufl., Wien 1896; Mörch, Handbuch der Chemigraphie; Düsseldorf 1886. A. W. Unger.

Zinklegierungen. Die wichtigsten Legierungen sind die mit Kupfer (f. Messing) und die mit Kupfer und Nickel (f. Neufilber). Eine Legierung mit Aluminium und Magnesium ist das Zinalium. Ferner ist Zink ein Bestandteil der Kupfermünzen, vieler Bronzen und Lagermetalle. Von der Zinkfilberlegierung macht man Gebrauch zur Abscheidung des Silbers aus Blei (f. S. 116). Die Legierung mit Eisen zeichnet sich durch ihre Härte (Hartzink) aus; sie bleibt nebst Blei als Bodenzink bei der Raffination des Zinks am Boden des Schmelzgefäßes zurück. Zinkamalgam dient als Ueberzug der Zinkplatten in galvanischen Elementen; auch das Amalgam des Reibzeuges bei der Elektrifiziermaschine enthält Zink (2 Quecksilber, 1 Zinn, 1 Zink). S. a. die Tabelle bei Zinnlegierungen.

(Rathgen) Meye.

Zinkographie (Zinkflachdruck), Pressendruckverfahren, bei dem Zinkplatten ähnlich wie lithographische Steine (f. Lithographie) benutzt werden.

Einige der im Artikel „Lithographie“ beschriebenen Verfahren können unter gewissen Aenderungen sehr gut mit Zinkplatten ausgeübt werden. Zunächst benutzt man sie häufig bei der Autographie (f. d.). Das Schriftstück wird umgedruckt, hierauf die Platte gummiert, angewalzt und mit einem Gemenge von Gummilösung, Gallus-, Salpeter- und Phosphorsäure geätzt. Behufs Neuverwendung der Platten wäscht man mit Terpentinöl, Lauge und Wasser und schleift oberflächlich mit Bimssteinmehl ab. Der Druck wird bei Autographien in den Kanzleien, Bauämtern u. f. w. gewöhnlich auf einfachen Walzenpressen oder lithographischen Handpressen (f. Steindruckmaschinen) vorgenommen. Um Korrekturen vornehmen zu können, behandelt man die Stellen mit Zitronensäure (vgl. Entfäubern im Artikel Lithographie). — In neuerer Zeit wird die Zinkographie jedoch auch schon sehr stark für den Druck sehr großer Auflagen auf besonderen Rotationsmaschinen (f. d. und Steindruckmaschinen) benutzt. Und zwar gelangt zumeist das von Otto und Hans Strecker ausgearbeitete Zinkdruckverfahren zur Anwendung. Das Schleifen der mitunter sehr großen (bis zu 1,5 qm) Platten geschieht in eignen Rüttelkästen, in denen die Metalltafeln mit Kugeln bedeckt liegen, die infolge der Schüttelung scheuernd wirken. Die Zinkplatten werden mit Feder und fetter Tusche, oder gekörnte Platten mit fetter Kreide bezeichnet oder durch Umdruck mit dem Bilde versehen, gummiert, zur Kräftigung mit einer Asphalttinktur ausgewaschen, dann eingewalzt und schließlich, nach Entfernen des Gummiarabikums und Einstauben mit Kolophonimpulver, mit einer (für das Streckersche Verfahren wesentlichen, aus Gummi, Wasser und Salzen bestehenden) Aetz-

flüssigkeit behandelt. Die „Aetze“ bewirkt die Bildung einer als weißliche Schicht erkennbaren Zinkverbindung, die außerordentlich fest haftet und großes Auffaugungsvermögen dem Wasser gegenüber besitzt. Daß selbst bei sehr hohen Auflagen ein Schmutzen (Tonen) des „Planiums“ (d. h. die druckfreien Stellen) nicht eintritt, soll angeblich auf elektrochemische Vorgänge (die Folge der besonderen Aetzmethode) zurückzuführen sein. Zur Vornahme von Retouchen wird mit Salzsäure behandelt.

Literatur: Unger, A. W., Die Herstellung von Büchern, Illustrationen u. f. w., 2. Aufl., Halle a. S. 1910; Blecher, H., Die Verwendung des Zinks für den lithographischen Druck nach dem Verfahren von Strecker, Halle a. S. 1906; Eder, J. M., Jahrbuch für Photographie und Reproduktionstechnik, Halle a. S. 1905 ff. A. W. Unger.

Zinkotypie, f. Zinkhochätzung.

Zinkoxyd ZnO findet sich in der Natur als Rotzinkerz (f. d.); durch Verbrennen des Zinks an der Luft entsteht es in leichten weißen Flocken (Zinkblumen). Es wird entweder durch Verbrennen des Metalls oder durch Rösten der Zinkerze gewonnen und findet hauptsächlich unter dem Namen Zinkweiß Anwendung als Malerfarbe, da es nicht wie Bleiweiß durch Schwefelwasserstoff geschwärzt wird. Ferner wird es zur Darstellung von Rinnmanns Grün (f. Kobaltgrün), von Zahnkitten (f. Zinkchlorid) u. f. w. benutzt. Moye.

Zinkoxyd, schwefelfaures, f. v. w. Zinkvitriol (f. d.).

Zinkspat (Galmei, Smithsonit), Mineral, kohlenfaures Zink $ZnCO_3$ (64,8% ZnO) mit Beimengungen von Kalk, Magnesia und Eisenoxydul.

Kristallisiert hexagonal rhomboedrisch; auch derb, faserig bis dicht. Farblos, grün, grau oder braun (eisenreich), stark glasglänzend, durchscheinend bis undurchsichtig. Spröde; Härte 5; spez. Gew. 4,1–4,5; schwer schmelzbar; löslich in Salzsäure und Kalilauge. Vorkommen: Altenberg bei Aachen, Raibl in Kärnten, Tarnowitz in Schlesien und an andern Orten. Sehr wichtig für die Darstellung von Zink. Leppia.

Zinkfulfat, f. Zinkvitriol.

Zinkfulfid, Schwefelzink ZnS , kommt in der Natur als Zinkblende vor; entsteht als weißlicher, wasserhaltiger Niederschlag, wenn eine Zinklösung mit Schwefelammonium versetzt wird. Moye.

Zinkvitriol (Galitzenstein), Mineral, wasserhaltiges, schwefelfaures Zink (28,22% ZnO).

Kristallisiert rhombisch; körnig. Farblos bis hellgrau, glasglänzend, durchsichtig bis durchscheinend; spaltbar. Härte 2½; spez. Gew. 2,0–2,1. Leicht löslich, widerlich schmeckend; schmilzt sehr leicht. Vielfach aus Zinkblende sich bildend. Wie künstliches Zinkvitriol als Arzneimittel, zur Konservierung, zu Lackfarben, Firnissen, in der Zeugfärberei verwendet. Leppia.

Zinkvitriol, Zinkfulfat, schwefelfaures Zink, weißer Vitriol $ZnSO_4 + 7H_2O$, entsteht durch Verwittern oder durch Rösten der Zinkblende sowie durch Auflösen von Zink in Schwefelsäure; bildet rhombische, durchsichtige, in Wasser leicht lösliche Kristalle. Moye.

Zinkweiß (Schneeweiß, Weißes Nichts, Zinkblumen), ausgezeichnet verwendbare, durch äußere Einflüsse (wie Schwefelwasserstoffgas, Schwefeldämpfe) unveränderliche, sehr beständige weiße Farbe, als Oelfarbe sehr geeignet, aber mehr Oel als Bleiweiß erfordernd.

Die Deckkraft des Zinkweiß ist dem Gewichte nach mindestens ebenso groß als jene des Bleiweiß. Als Wasserfarbe ist Zinkweiß weniger brauchbar. An feuchten Orten lagernd, ballt sich Zinkweiß zusammen, bildet Körner und Klumpen, die kaum wieder für den Anstrich in Oel zerrieben werden können, auch soll es bei längerem Lagern die Deckkraft verlieren. Die Fabrikation des Zinkweiß f. in [1]. Nach der Theorie sollten 32,2 Teile Zink 40,2 Teile Zinkweiß liefern, aber in der Praxis erhält man aus käuflichem Zink viel weniger, weil dieses viel beigemengte Kohle enthält. Verfälschtes Zinkweiß oder, besser gesagt, Fabrikate der Hütten, welche unter der bestimmten Bezeichnung „Zinkweiß“ von den letzteren abgegeben werden und neben Zinkoxyd (f. d.) noch Zusätze anderer Körper enthalten, sind nach [2] und [3] bis jetzt nicht angetroffen worden, wohl aber werden im Handel vielfach mit Schwerpat vermischte Zinkweißorten vertrieben. Reines Zinkweiß muß sich in Salzsäure und verdünnter Schwefelsäure vollständig lösen, also den schwefelsauren Baryt (Schwerpat) zurücklassen.

Literatur: [1] Berch, Fabrikation der Mineral- und Lackfarben, 2. Aufl., Wien 1894. — [2] Gentile, Lehrbuch der Farbenfabrikation, 2. Aufl., Braunschweig 1880. — [3] Mierczinski, Die Erd-, Mineral- und Lackfarben, 4. Aufl., Weimar. — [4] Zerr und Rübenkamp, Handbuch der Farbenfabrikation, 2. Aufl., Dresden 1909. Andés.

Zinn Sn , Atomgewicht 119, hat eine silberweiße Farbe und starken Metallglanz, ist nächst Blei das weichste Metall, besitzt kristallinische Struktur, die sich beim Biegen einer Zinnstange infolge Aneinanderreibens der Kristalle durch eigentümliches Geräusch (Zinngefchrei) sowie beim Anätzen, z. B. von Weißblech, durch eisblumenartige Bildungen (moiré métallique) kundgibt. Zinn läßt

werden. Die Fabrikation erfolgt nach zwei Methoden, der nassen und der trockenen. Bei letzterer werden Schwefel und Quecksilber innig miteinander verrieben und verbinden sich zu einer schwarzen Masse. Bei der Fabrikation auf nassem Wege — das Produkt soll den sublimierten Zinnober an Schönheit übertreffen — reibt man 300 Teile Quecksilber mit 68 Teilen Schwefel zusammen und fügt dabei so viel Aetzkalilösung hinzu, bis sich keine Quecksilberkügelchen mehr zeigen. Das entstandene schwarze Schwefelquecksilber wird mit 160 Teilen Aetzkali gelöst, unter Zusatz des verdunstenden Wassers. Nach einigen Stunden tritt Farbenänderung ins Braune ein, dann viel rascher in Rot, und man digeriert nun ohne Wasserzuzug unter stetigem Umrühren, bis die Masse gallertartig geworden ist und das höchste Feuer erreicht hat.

Zinnobererfatz, Antizinnober, Permanentrot, Saturnrot, Zinnoberimitation, Karmin, rote, äußerst feurige, gut deckende Körperfarben, aus Chromrot oder auch Mennige, mit Teerfarbstoff nuanciert, bestehend. Sie geben, mit Alkohol digeriert, roten Farbstoff an diesen ab und hinterlassen Chromrot oder Minium in ihrem ursprünglichen Zustande. Andés.

Zinnobergrün (Chromgrün), f. Chromfarben.

Zinnoxide. Zinnoxidul, Zinnmonoxyd, Stannoxyd SnO , ist als ein schwarzes Pulver durch Trocknen und Erwärmen des durch Kaliumkarbonat aus Zinnoxidulfalzlösung ausgefallten Oxydulhydrats zu erhalten.

Zinnoxid, Stannoxid, Zinnfäure SnO_2 , kommt in der Natur als Zinnstein vor; entsteht beim Verbrennen des Zinns oder beim Glühen der wasserhaltigen Zinnfäuren als gelblichweißes, in Säuren unlösliches Pulver. Wird eine Zinnchloridlösung durch Alkalien oder eine Lösung von Alkaliflannat durch Salzfäure gefällt, so entsteht die gewöhnliche Zinnfäure H_2SnO_3 , die in Salz-, Salpeter- und Schwefelsäure löslich ist und mit Kali und Natron Stannate bildet. Behandelt man dagegen metallisches Zinn mit konzentrierter Salpetersäure, so entsteht die Metazinnfäure als ein weißes, in Säuren unlösliches Pulver. Beide Zinnfäuren können unter bestimmten Bedingungen ineinander übergehen. Wichtige Verwendung für weiße Glasuren und Emails.

Literatur: Roscoe und Claßen, Lehrbuch der anorganischen Chemie, Bd. 2, S. 500 ff., Braunschweig 1897. Moye.

Zinnoxidnatron (zinnfaures Natron) Na_2SnO_3 wird erhalten durch Zusammenschmelzen von Zinnstein mit Aetznatron oder durch Kochen von gekörntem Zinn mit Bleiglätte in Natronlauge, wobei sich das Blei als Schwamm abscheidet. Es findet unter dem Namen Grundier- oder Präparierfals in der Färberei und Druckerei Verwendung. Moye.

Zinnstein (Kassiterit, Zinnerz), Mineral, Zinnoxid SnO_2 (78,6% Sn), durch Eisenoxyd, Kieselsäure u. f. w. verunreinigt.

Kristallisiert quadratisch; derb, körnig. Farblos oder braun und grau gefärbt; Strich farblos; diamant- bis fettglänzend. Spröde, spaltbar; Härte 6–7; spez. Gew. 6,8–7,1. Sehr schwer schmelzbar; mit Alkalien aufschmelzbar. Unlöslich in Säuren. Vorkommen: Erzgebirg (Zinnwald, Altenberg, Schlaggenwald), Cornwall, Spanien, Insel Banka u. f. w. Wichtigstes und einziges Erz für Zinnengewinnung. Mitunter radioaktiv. Leppla.

Zinnfulfate. Schwefelfaures Zinnoxidul, Stannofulfat SnSO_4 entsteht durch Auflösen von überschüssigem Zinn in wenig verdünnter Schwefelsäure oder durch Fällen einer Zinnchlorürlösung mit Schwefelsäure. Letztere Lösung wird unter dem Namen Bancrofts Beizmittel in der Färberei benutzt. — Schwefelfaures Zinnoxid, Stannifulfat, entsteht durch Auflösen von Zinn in überschüssiger Schwefelsäure. Beide sind weiß. Moye.

Zinnfulfide. Zinnfulfür, Einfach-Schwefelzinn, Stannofulfid SnS , entsteht durch Zusammenschmelzen von Zinnfeile mit Schwefel als blätterige, sublimierbare Masse; durch Einleiten von Schwefelwasserstoff in eine Zinnchlorürlösung bildet sich braunschwarzes Sulfhydrat.

Zinnfulfid, Zweifach-Schwefelzinn, Stannifulfid, stellt man durch Erhitzen eines Gemenges von Zinn, Quecksilber, Schwefel und Salmiak als goldgelbe, metallisch glänzende Masse dar, die besonders früher unter den Namen Mufivgold, moaisches Gold, Judengold, unechte Goldbronze, zum Bronzieren benutzt wurde. Schwefelwasserstoff gibt in Zinnoxidulfalzlösungen einen hellgelben Niederschlag von Zinnfulfid, der leicht in Schwefelammonium löslich ist. Moye.

Zinnweiß (Emailweiß), für sich als Farbe ohne Anwendung, dagegen als Zusatz zu Glasflüssen, um Milchglas herzustellen, und in der Emailfabrikation gebraucht. Man erhält es durch Behandeln von gekörntem Zinn mit hochkonzentrierter Salpetersäure in Form eines weißen Pulvers, welches durch Schlämmen von ungelöst gebliebenem Zinn getrennt werden muß. Andés.

Zinseszins- und Rentenrechnung. Dieselbe beruht auf der Lehre von den geometrischen Progressionen. Beträgt der Zinsfuß $p\%$, so heißt $q = 1 + 0,01 \cdot p$ der Vermehrungsfaktor. Bei Zinseszins wächst ein Kapital von $a \text{ M.}$ in n Jahren zum Betrag von $c = a q^n$ an. Der heutige Wert a einer in n Jahren fälligen Summe von $c \text{ M.}$ ist $a = c : q^n$. Der Wert einer

jährlichen Rente von r \mathcal{M} . nach n Jahren beträgt $s = (qr^n - 1) : (q - 1)$. Der heutige Barwert derselben Rente ist $s_1 = r(q^n - 1) : q^n(q - 1)$.

Literatur: [1] Schubert, H., Sammlung von arithmetischen und algebraischen Fragen und Aufgaben, Potsdam 1883, Heft 2, § 39. — [2] Heis, E., Sammlung von Beispielen und Aufgaben aus der allgemeinen Arithmetik und Algebra, 54. Aufl., Köln 1880, § 84. — [3] Kleyer, Lehrbuch der Zinseszins- und Rentenrechnung, Stuttgart 1886. — [4] Baerlöcher, V., Zinseszins-, Renten-, Anleihen und Obligationenrechnung, Zürich 1885. — [5] Bleicher, Grundriß der Theorie der Zinsrechnung, Berlin 1888. — [6] Spitzer, Tabellen für die Zinseszins- und Rentenrechnung, 3. Aufl., Wien 1886. — [7] Cantor, M., Politische Arithmetik, Leipzig 1898, Kap. 2.

Zirkel, f. Meßwerkzeuge, Reißzeug und Zeichnen, technisches.

Zirkon, Mineral, wasserfreie Zirkon- und Kieselsäure $ZrO_2 + SiO_2$.

Kristallisiert quadratisch säulenförmig; farblos oder gefärbt und zwar meist rot und braun; glas- bis diamantglänzend, durchsichtig bis durchscheinend; beim Glühen entfärben sich die braunen und roten Zirkone. Spröde; Härte $7\frac{1}{2}$; spez. Gew. 4,4–4,7. Sehr schwer schmelzbar, unlöslich in Säuren, nicht aber in Schwefelsäure. Vorkommen in Eruptivgesteinen, besonders in Granit, sekundär in Sandsteinen u. f. w. Der schön gefärbte, gelbrote oder orangefarbige, klare Zirkon oder Hyazinthe wird als Schmuckstein wie Diamant verschliffen; weniger geschätzt ist der blaßstrohgelbe Zirkon (Jargon) von Ceylon. Die durch Glühen entfärbten Zirkone (von Matura auf Ceylon) werden als sogenannte Maturadiamanten wie Brillanten geschliffen und verwendet. — Ein großer Teil der Hyazinthe des Handels ist ein ähnlich gefärbter Granat (Kaneelstein). — Vgl. Bauer, Edelsteinkunde, 2. Aufl., Leipzig 1909.

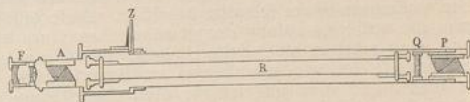
Zirkonium Zr , Atomgew. 90,6, kommt in der Natur im Zirkon $ZrO_2 + SiO_2$ und einigen andern Mineralien vor. Die Zirkonerde ZrO_2 wurde als Glühkörper im Linnemannschen Knallgasbrenner benutzt. Sie ist ein wichtiger Bestandteil mancher Auerstrümpfe für Gasglühlicht und dient auch zu einer elektrischen Glüh(faden-)lampe, der „Zirkonlampe“ (f. Glühlampe).

Zirkularpolarisation (Rotationspolarisation).

Geht ein Bündel polarisierter Lichtstrahlen (f. Licht und Polarisation) durch eine dünne Platte einer doppelbrechenden Substanz, so daß es in zwei zueinander senkrecht polarisierte gleiche Komponenten zerfällt von ungleicher Fortpflanzungsgeschwindigkeit in der doppelbrechenden Platte, so zeigt das austretende Licht nur in den besonderen Fällen wieder die Eigenschaft gewöhnlichen „linear“ polarisierten Lichts, wo die beiden Komponenten einen Gangunterschied von einer halben oder einer ganzen Anzahl halber Wellenlängen erfahren haben. In allen andern Fällen hat es das Merkmal einer besonderen Polarisationsebene verloren, ohne deshalb die Beschaffenheit gewöhnlichen unpolarisierten Lichtes zu besitzen, denn beim Durchgang durch eine zweite doppelbrechende Platte kann der erzeugte Gangunterschied der beiden Komponenten entweder aufgehoben oder so ergänzt werden, daß wieder gewöhnliches linear polarisiertes Licht entsteht. Diese besondere Art polarisierten Lichts ohne deutliche Polarisationsebene nennt man elliptisch polarisiert, und im Falle eines Gangunterschieds der beiden gleichen Komponenten von ein Viertel Wellenlänge oder von einer ungeraden Anzahl von Viertelswellenlängen zirkularpolarisiert. — Zum Verständnis der Erscheinungen der Zirkularpolarisation mögen zwei phoronomische Sätze über Zusammenfassung und Zerlegung schwingender Bewegungen eines Punktes vorangeschickt werden: 1. Jede geradlinige Schwingung kann ebenförmig als Resultante zweier geradliniger Komponenten angesehen werden, in welche sie sich nach dem Parallelogrammgesetz zerlegen läßt, als auch als Uebereinanderlagerung zweier entgegengesetzt rotierender Bewegungen im Kreise. 2. Jede kreisförmige Bewegung kann angesehen werden als Uebereinanderlagerung zweier senkrechter geradliniger Oszillationen, die beide gleiche Schwingungszeit, aber eine um eine Viertelsoszillation verschobene Phase besitzen. — Um den Phasenunterschied der zwei geradlinigen Komponenten des elliptisch bzw. zirkular polarisierten Lichtes zu messen, dient der Kompensator von Babinet. Zwei schwach keilförmig geschliffene Platten aus Bergkristall, die, aufeinander gelegt, eine planparallele Platte bilden, sind so geschliffen, daß die optischen Achsen den Platten parallel, und zwar in der einen parallel der Keilschneide, in der andern senkrecht zur Keilschneide gerichtet sind. Ein durch den Kompensator geführter Strahl polarisierten Lichtes zerfällt in zwei Komponenten, deren eine in dem ersten Keile eine Verzögerung, in dem zweiten eine Beschleunigung gegen die andre Komponente erfährt und umgekehrt. Diese Verzögerung hat je nach der verhältnismäßigen Dicke der übereinander liegenden Keilteile ein verschiedenes Maß, so daß ein polarisiertes Lichtbündel nur an bestimmten Stellen der Platte die für die Entstehung linearer Polarisation des austretenden Lichtes günstige Phasenverschiebung erfährt. Bei der Prüfung im Polarisationsapparat zeigen sich daher abwechselnd helle und dunkle Streifen, aus deren Lage der Betrag der Phasendifferenz der in den Kompensator eintretenden Komponenten elliptisch polarisierten Lichtes erkannt wird. — Nicht bloß die Doppelbrechung in dünnen Kristallplatten, sondern auch die Totalreflexion im Innern lichtbrechender Substanzen sowie die Reflexion an Metallflächen verwandelt linear polarisiertes Licht in elliptisch polarisiertes. — Eine größere Anzahl teils kristallinierter, teils flüssiger, auch gasförmiger Substanzen zeigt die Besonderheit, daß sie das zirkular polarisierte Licht mit verschiedener Geschwindigkeit durchlassen, je nachdem der Sinn der Rotation ein links- oder rechtsdrehender ist. Wenn daher linear polarisiertes Licht in solche Substanzen eintritt, so eilt von den zwei entgegengesetzten rotatorischen Komponenten die eine der andern vor. Infolge davon erfährt die Richtung der Schwingungsebene der linearen Resultante eine stetige Drehung im Sinne der rascher fortgepflanzten Komponente. Solche Substanzen drehen die Polarisationsebene des durchgehenden polarisierten Lichtes. Die einen dieser optisch aktiven Substanzen

erweisen sich als rechtsdrehend, die andern als linksdrehend. Die große Mehrzahl der durchsichtigen Substanzen ist optisch inaktiv, nimmt aber im Magnetfelde entlang den Kraftlinien ebenfalls optische Aktivität an. Für verschiedene Wellenlängen ist die Drehung der Polarisationsebene verschieden groß, im allgemeinen, wie bei der Brechung, für lange Wellenlängen (rot) schwächer als für kurze (violett), so daß bei weißem Lichte die verschiedenen prismatischen Farben durch aktive Substanzen verschiedene Lagen der Polarisationsebenen erhalten, eine Rotationsdispersion erfahren. — Unter den Kristallen zeigt der Quarz schon in seiner äußeren Gestalt eine Unsymmetrie, die sogenannten Trapezflächen, welche neben den abwechselnden Ecken einer sechsseitigen Säule und Pyramide auftreten und die rechts- von den linksdrehenden Kristallindividuen unterscheiden lassen. Eine senkrecht zur optischen Achse geschnittene Platte dreht die Polarisationsebene des parallel der Achse durchgehenden Lichtstrahls nach links oder rechts um einen Winkel, der der Plattendicke proportional ist und für gelbes Licht bei 1 mm Dicke $21,7^\circ$ beträgt. — Im Polarisationsapparat, bei Anwendung weißen Lichtes, zeigt eine solche Quarzplatte Farben, die sich bei Drehung des Analysators für rechts- und für linksdrehende Kristalle in entgegengesetzter Ordnung verändern. Sehr starke Drehung erleidet die Polarisationsebene im Zinnober, der auf 1 mm Plattendicke der Ebene des roten Lichtes schon eine Ablenkung von gegen 300° erteilt. Es gibt auch hier rechts- und linksdrehende Kristalle. Nicht so bei andern Körpern, wie z. B. dem Natriumchlorat, das nur rechtsdrehende Individuen liefert, und dem Strychninsulfat, welches nur links dreht. Nach Van't Hoff [1] sind diejenigen Kohlenstoffverbindungen optisch aktiv, welche in ihrer Molekularstruktur asymmetrisch gebundene Kohlenstoffatome haben. Als Maß des Drehungsvermögens dient die sogenannte spezifische Drehung, d. h. diejenige Zahl Grade der Drehung, welche eine Säule von 1 dm Länge der Polarisationsebene des gelben Natriumlichtes (D-Linie des Spektrums) erteilt, wobei für Lösungen aktiver Körper in inaktiven Lösungsmitteln als spezifische Drehung derjenige Winkel angesehen wird, den man erhält, wenn die für die Lösung und für 1 dm Länge ermittelte Zahl mit dem Prozentgehalt dividiert und mit 100 multipliziert. Eine vollständige Zusammenstellung der bis 1878 bekannt gewordenen Werte des Drehungsvermögens verschiedener organischer Substanzen gibt [2] und einen bis 1904 ergänzten Auszug [3]. Bei der teilweise bedeutenden Abhängigkeit des Drehungsvermögens von der Temperatur wird den Angaben meist die Temperatur 20°C . zugrunde gelegt. — Beispiele rechtsdrehender Körper sind: Rohrzucker (spezifische Drehung bei der Temperatur 20°C . von 70° bis 64° , je nach Konzentration), Milchsücker ($52,53^\circ$), Traubenzucker oder Dextrose (Anhydrid $52,50^\circ$ bis $59,55^\circ$), Dextrin ($138,68^\circ$), Weinsäure ($18,6^\circ$ bis $14,9^\circ$) Kampfer, Saccharin u. a. Links drehend sind Fruchtzucker oder Lävulose, arabisches Gummi, Chinin und seine Salze, Morphin, Alparagin, Nikotin, Strychnin, Salzin, Eiweißstoffe, Kirschchlorbeerwasser u. a. Weinsäure ist rechtsdrehend und isomer mit der linksdrehenden Traubensäure, Terpentinöl ist je nach seinem Herkommen rechts- oder linksdrehend. Sind zwei entgegengesetzt drehende Modifikationen desselben Körpers gemischt, so kann der Körper inaktiv erscheinen, z. B. die inaktiven Apfelsäuren erweisen sich als Gemische rechts- und linksdrehender Apfelsäure zu gleichen Teilen. Der Invertzucker besteht aus gleichen Teilen von Dextrose und Lävulose, ist aber linksdrehend, weil das Drehungsvermögen der letzteren größer ist als das der ersteren. Rohrzuckerlösungen, welche mit andern aktiven Substanzen gemischt sind, z. B. mit Invertzucker, liefern nicht die ihrem Prozentgehalt entsprechende Drehung, zur Ermittlung des Prozentgehaltes werden sie einer zweiten Prüfung unterworfen, nachdem man mittels Mineralsäuren sie invertiert, d. h. ihren Zucker ganz in Invertzucker umgewandelt hat; vgl. [4] und Saccharimetrie in [5].

Die zur Warenprüfung verwendeten Polarisationsapparate, über deren Gebrauch wir auf [2] verweisen, bedienen sich sowohl als Polarisatoren wie als Analysatoren Nikolscher Prismen (s. Polarisation), zwischen beide Teile kann die zu prüfende Flüssigkeit in einem 0,2 m langen, an beiden Enden durch Glasplatten geschlossenen Rohr eingeschaltet werden. Die Figur zeigt eine schematische Ansicht des Weinpolarimeters von Steeg, das die Vermischung des Traubensaftes mit Dextrose- und mit Weinsäurelösungen erkennen läßt. Gallifizierter Wein ist rechtsdrehend, Naturwein unvergoren linksdrehend, vergoren neutral oder linksdrehend. A und P sind die Nikolschen Prismen, R das abnehmbare Rohr, F ein Fernrohr, das auf die Trennungslinie des Doppelquarzes Q (die eine Hälfte aus rechts-, die andre aus linksdrehender Quarzplatte bestehend) eingestellt wird, Z eine Kreisteilung (Halbkreis), welche den Winkel abzulesen gestattet, um welchen nach Einschalten des zu prüfenden Körpers in Q der Analysator gedreht werden muß, um den Biquarz in derselben möglichst gleichen Färbung seiner beiden Teile zu zeigen, wie vor der Einschaltung. Bei dem Saccharimeter von Soleil tritt an Stelle der Drehung des Analysators die Verschiebung eines Kompensators, der mit einer Quarzplatte so verbunden ist, daß ohne Einschaltung des Rohrs der Kompensator die Drehung der Platte genau kompensiert, wenn eine die Verschiebung der Keile messende Teilung mit Nonius auf Null eingestellt ist. Größere Genauigkeit der Einstellung erhält man, wenn man nicht auf gleiche Färbung der beiden Hälften einer Quarzplatte einstellt, sondern auf gleiche Helligkeit zweier Hälften des Gesichtsfeldes, wie beim Halbschattenpolarimeter von Laurent, wo das Licht der einen Hälfte durch eine doppelbrechende Platte geführt wird, die eine Phasenverschiebung um eine halbe Wellenlänge erzeugt. — Ueber neueste weitere Verbesserungen des Halbschattenapparats vgl. [6] und [7]. Bezugsquellen sind Steeg & Reuter in Homburg v. d. H. und Schmidt & Hänisch, Berlin, letztere besonders für Lippichsche Halbschattenapparate. Ein drittes, sehr empfindliches Erkennungsmittel der Einstellung bieten die Interferenzstreifen



eines Savart'schen Polariskops, das bei dem Polaristrobometer von Wild Verwendung findet. Zwei unter 45° gegen die Achse geschliffene Quarzplatten mit gekreuzten Hauptschnitten aufeinander gekittet, lassen beim Drehen die Lage der Polarisationsebene an dem Auftreten und Verschwinden feiner Interferenzstreifen mit einer bis $0,1^\circ$ reichenden Genauigkeit ermitteln.

Literatur: [1] Van't Hoff, Dix années dans l'histoire d'une théorie, Rotterdam 1887. — [2] Landolt, H., Das molekulare Drehungsvermögen organischer Substanzen, 2. Aufl., Braunschweig 1898. — [3] Landolt u. Börnstein, Physikalisch-chem. Tabellen, Berlin 1905, S. 692 f. — [4] Clerget, Annales de chimie et de physique (3), Bd. 26, S. 175, 1849. — [5] Fehling-Hell, Neues Handwörterbuch der Chemie, Bd. 6, S. 11, Braunschweig 1898. — [6] Lippich, F., Dreiteiliger Halbschattenpolarisator, Zeitschr. f. Instrumentenkunde, Bd. 14, S. 326–327, 1894, und Sitzungsbericht Wiener Akad. mathem.-physik. Kl., Bd. 105, S. 317 f., 1896. — [7] Landolt, H., Ueber eine veränderte Form des Polarisationsapparats für chemische Zwecke, Berichte der deutschen chem. Gesellschaft, Bd. 28, S. 3102 f., 1896. — Weitere reiche Literaturangaben f. bei [2], [3], [5], sowie in Winkelmanns Handbuch der Physik, 6, 2, S. 1334–1387, Leipzig 1906. Aug. Schmidt.

Zifelieren, umfaßt die Arbeiten zur Fertigstellung gegoffener, geschmiedeter u. f. w. Arbeitsstücke, insbesondere von Kunstgegenständen mittels Feile, Meißel, Stichel, Punze u. f. w. S. a. Gravieren. — Zifelieren im Sinne von Treiben (f. d.). A. Widmaier.

Ziskon, Legierung aus 3–4 Teilen Aluminium und 1 Teil Zink.

Zisternen, Behälter zum Auffangen von Regenwasser.

Letzteres gelangt von einer geneigten Fläche entweder ungereinigt in dieselben und wird in diesem Falle beim Abfließen durch ein vor das Saugrohr gelegtes Filter gereinigt (amerikanisches System) oder passiert vor dem Einlauf ein Filter aus Sand, um, teilweise in den Poren und Zwischenräumen des Filters, teils in einem in letzteren angelegten Sammelraum für den Gebrauch aufbewahrt zu werden (venezianisches System). — Die Auffangfläche für das Regenwasser muß so groß sein, daß der darauf kommende Regen- und Schneefall genügt, um das abgezapfte Wasser zu ersetzen und die aus Verdunstung u. f. w. entstehenden Verluste zu decken. Der Inhalt des Behälters, der von der Auffangfläche her gespeist wird, ist nach der in Bd. 5, S. 79, angegebenen Methode zu bestimmen; das Wasser desselben soll gegen Wärme und Frost durch ausreichende Bodendeckung geschützt werden. Näheres f. Lueger, Wasserversorgung der Städte, Darmstadt 1895, Abfchn. 3.

Zisternenwagen, f. v. w. Gefäßwagen, f. Bd. 3, S. 346.

Zitronensäure (*Acidum citricum*, Oxytricarballoylsäure) ist eine dreibasische, organische Säure, welche sich von der einfachsten dreibasischen Säure, der Tricarballoylsäure, durch Ersatz eines Wasserstoffatoms durch die Hydroxylgruppe ableitet. Formel: $C_6H_8O_7 + H_2O$.

Sie ist im Pflanzenreich ungemein weit verbreitet. So findet sie sich als freie Säure und mit keiner oder nur wenig Apfelsäure zusammen in den Zitronen, Orangen, Schlehen, Preiselbeeren, Hagebutten u. a. m., mit etwa der gleichen Menge Apfelsäure in den Stachel-, Johannis-, Heidel-, Himbeeren, Erdbeeren und Kirschen und schließlich mit Apfel- und Weinsäure zusammen in den Tamarinden und in den Vogelbeeren. Als Kalium- oder Calciumsalz kommt sie in einer großen Anzahl von Pflanzen vor, von denen der Tabak, die Kartoffeln, Zwiebeln und Runkelrüben erwähnt seien, dann auch in kleiner Menge an Calcium gebunden als normaler Bestandteil der Kuhmilch. Die Zitronensäure kristallisiert mit einem Molekül Kristallwasser in großen, farblosen, durchsichtigen, rhombischen Prismen, welche sich bei gewöhnlicher Temperatur in 0,75, bei Siedhitze in 0,5 Teilen Wasser lösen und stark, aber angenehm sauer schmecken. Auch in Alkohol löst sie sich leicht, weniger leicht in Äther. Beim Erhitzen auf $70-75^\circ$ schrumpft die wasserhaltige Säure unter Abgabe von Wasser ein und verliert daselbe vollständig bei etwa 130° . Die wasserfreie Säure schmilzt bei 153° . Diese erhält man auch in farblosen Kristallen, wenn man die wässrige Lösung der gewöhnlichen Säure bis zu einer Temperatur von 130° eindampft und dann erkalten läßt. Beim Umkristallisieren aus kaltem Wasser schießt sie dann bemerkenswerterweise stets wieder wasserfrei an. Beim Erhitzen für sich auf 175° zerfällt die Zitronensäure in Wasser und eine ungesättigte dreibasische Säure, die Aconitsäure $C_6H_6O_6$ [2], welche sich ebenfalls natürlich gebildet in der Runkelrübe, im Zuckerrohr u. f. w. findet. Beim Erhitzen der Zitronensäure mit konzentrierter Schwefelsäure wird zunächst Ameisensäure abgespalten, unter Bildung der sogenannten Acetondicarbonsäure, welche dann beim Erhitzen in Kohlensäure und Aceton zerfällt. Beim Schmelzen mit Aetzkali oder durch Oxydation mit Salpetersäure entstehen Essigsäure und Oxalsäure. Als dreibasische Säure bildet die Zitronensäure drei Reihen von Salzen, von denen das tertiäre Calciumsalz, normales Calciumzitat $(C_6H_5O_7)_2Ca_3 + 4H_2O$, die bemerkenswerte Eigenschaft besitzt, in kochendem Wasser schwerer löslich zu sein wie in kaltem. Die übrigen Salze wie die Ester sind ohne technische Bedeutung; das Eisenoxysalz, *Ferrum citricum oxydatum*, und das Eisenchininsalz (f. Bd. 1, S. 144) sind officinell. Die Zitronensäure unterscheidet sich von der Weinsäure (f. d.) durch ihre optische Inaktivität sowie dadurch, daß sie beim Erhitzen nicht nach verbranntem Zucker riecht, sondern flechende Dämpfe entwickelt. Verletzt man ihre wässrige Lösung mit Kalkwasser im Ueberschuß, so findet erst beim Kochen eine Fällung statt, während weinsaurer Kalk schon in der Kälte fällt und Apfelsäure (f. d.) überhaupt keinen Niedererschlag gibt. Die Zitronensäure wird im großen aus Zitronensaft dargestellt, indem man entweder den gegorenen Saft durch Filtrieren von ausgeschiedenem Schleim befreit oder frischen Saft zur Koagulation der Eiweißstoffe aufkocht und filtriert. Das Filtrat enthält dann 6–7% Zitronensäure; auch eingedickter Saft mit 23% Säure

kommt im Handel vor. Der filtrierte Saft wird dann nach dem von Scheele angegebenen Verfahren bis fast zum Kochen erhitzt und so lange mit feingeschlämtem kohlensaurem Kalk versetzt, als sich noch Kohlensäure entwickelt. Dann wird Kalkmilch zugefetzt und das sich abscheidende Calciumsalz mit kochendem Wasser ausgewaschen, bis das Filtrat farblos abläuft. Das so gereinigte Salz wird mit der berechneten Menge Schwefelsäure zerlegt, vom Gips abfiltriert, das Filtrat im Vakuum zur Kristallisation eingedampft und die Säure durch Umkristallisieren gereinigt. Interessant ist die von Grimaux und Adam [3] ausgeführte Synthese der Zitronensäure. Sie addierten an Dichloraceton Blausäure und verließen das entstandene Nitril zur Dichloraceton-säure, erhielten durch Einwirkung von Cyankalium auf diese die Dicyanaceton-säure, welche durch Salzsäure zur Zitronensäure verseift wurde. Die Zitronensäure wird zur Herstellung von Limonaden und andern erfrischenden Getränken, in der Medizin und hauptsächlich in der Färberei und Kattundruckerei als Aetzbeize verwendet, sowohl um die Zeuge vor dem Bedrucken zu schützen, als auch um gewissen Farben einen prächtigeren Ton zu verleihen. — Ueber Ito-zitronensäure s. [4].

Literatur: [1] Beilstein, Handbuch der organischen Chemie, 3. Aufl., Hamburg und Leipzig 1893, Bd. 1, S. 835. — [2] Ebend., S. 816. — [3] Comptes rendus, 90, 1252. — [4] Fittig und Müller, Berichte d. Deutschen chem. Gesellschaft, 20, 3181; Annalen der Chemie, 255, 47; Schmidt, Pharm. Chem. 1901, Braunschweig. Bujard.

Zn, in der Chemie Zeichen für Zink.

Zobtenfels (Zobtenit), s. Gabbro.

Zollabfertigung, s. Eisenbahnverkehr, Zollbehandlung.

Zollbehandlung der Güter- und Gepäckstücke auf Eisenbahnen erfordert technische Einrichtungen in den baulichen Anlagen und an den Eisenbahnwagen.

Aus dem Auslande kommende zollpflichtige Güter werden entweder auf dem Grenzein-gangsbahnhof untersucht und verzollt, oder sie gehen unter Raum- oder Kolloverschluß nach dem Inlandsbahnhof, auf dem sie zur endgültigen Abfertigung oder Weiterföndung unter Zoll-verschluß gelangen, bezw. nach einer zollfreien Niederlage, oder endlich, wenn sie zur Durchfuhr bestimmt sind, gehen sie unter Zollverschluß bis zum Grenzausgangsbahnhof, wo der Verschluß abgenommen und sie unter Aufsicht der Zollverwaltung aus dem Zollinland ausgeführt werden. Die für den Raumverschluß der Wagen an diesen erforderlichen Einrichtungen sind für die an dem internationalen Eisenbahnverkehr vollspuriger Bahnen beteiligten Länder einheitlich fest-gezetzt durch die Vorschriften über die zolllichere Einrichtung der Eisenbahnwagen im inter-nationalen Verkehr (s. Bd. 3, S. 280). Zum Verschluß der Wagen dienen Zollschlößer und -bleie.

Zur zollamtlichen Abfertigung der Güter sind Anlagen auf den Grenzeingangsbahnhöfen und auf den mit Abfertigungsbefugnis ausgestatteten Bahnhöfen des Binnenlandes erforderlich. Zur Abfertigung der Stückgüter dienen Zollschuppen, die entweder von den gewöhnlichen Güterschuppen abgeteilt bezw. an sie angebaut sind, oder besondere Gebäude bilden. Die Zoll-schuppen unterscheiden sich in der Einrichtung nicht wesentlich von den gewöhnlichen Güter-schuppen (s. Güterbahnhöfe). Die Anordnung von Innengleisen ermöglicht die Abfertigung unter Verschluß, empfiehlt sich daher namentlich für besondere Zollschuppen. Außer den zur Untersuchung und einstweiligen Lagerung der Güter dienenden Schuppenräumen, die mit Wagen auszufüllen sind, und in die in der Regel Buden für die Zollbeamten eingebaut werden, sind Bureau- und Kassenräume für die Zollverwaltung und für die Deklarationsbeamten der Eisenbahnverwaltung erforderlich. Diese Bureau- und Kassenräume werden oft zugleich für die abzufertigenden Wagenladungsgüter mitbenutzt. Die Anlagen für deren Abfertigung beschränken sich in der Regel auf Gleiswagen nebst Wiegehäuschen, zu denen bei größeren Anlagen wohl Brücken oder Bühnen (Kanzeln) treten, von denen aus die Zollbeamten den Inhalt der offenen Eisenbahnwagen überblicken können. Für die Einfuhr von Tieren sind besondere Einrichtungen, auch wegen der veterinärpolizeilichen Untersuchung, erforderlich.

Das Reisegepäck wird in der Regel auf dem Grenzeingangsbahnhof untersucht, bis-weißen bei bevorzugten Zügen während der Fahrt. Soweit aufgegebenes Gepäck nach einem Orte des Inlandes, an dem sich eine Gepäckzollabfertigungsstelle befindet, oder darüber hinaus bestimmt ist, kann es ohne Untersuchung an der Grenze dieser Zollabfertigungsstelle zugeführt werden. Zur Durchfuhr bestimmtes aufgegebenes Gepäck wird in der Regel nicht untersucht.

Der Grenzeingangsbahnhof ist mit einem Revisionsaal nebst anschließenden Bureauräumen ausgestattet, der von allen aus dem Auslande ankommenden Reisenden, die Gepäck haben, zu durchschreiten ist. Dorthin wird das aufgegebene Gepäck von Bahnbediensteten gebracht. Die Untersuchung dieses und des Handgepäcks findet in der Regel auf langen Tischen statt, zu deren einer Seite die Reisenden, zur andern die Zollbeamten sich befinden. Das Handgepäck wird häufig, soweit es nicht zollpflichtige Gegenstände enthält und soweit kein Zugwechsel stattfindet, in dem haltenden Zuge von den Zug entlang gehenden Zollbeamten untersucht. Zur Verminderung der Anlagekosten und Vereinfachung des Betriebes wird oft auf Grund eines Staatsvertrages für zwei aneinander grenzende Staaten eine gemeinsame Zollstation (internationale Station) in einem der beiden Staaten angelegt (Basel, Luino, Chiasso, Salzburg u. f. w.). Diese enthält dann besondere Revisionsäle für beide Zollverwaltungen, bei geringem Verkehr auch wohl einen gemeinsamen Revisionsaal, der abwechselnd von beiden Verwaltungen benutzt wird. Falls Zugwechsel an der Grenze erforderlich, findet er auf solchem Bahnhof statt. Cauer.

Zone (Kugelzone), in der Stereometrie der Teil der Kugel zwischen zwei parallelen Schnittebenen.

Zonenbauordnung, eine für verschiedene Teile einer Gemeinde (Zonen,

Lueger, Lexikon der gesamten Technik. 2. Aufl. VIII.

64

Bezirke, Stadtviertel, Straßen) verschieden gestaltete Bauordnung. Die Verschiedenartigkeit (Abstufung) der Bauvorschriften stützt sich auf folgende Erwägungen:

Die im Innern der Städte herrschende dichte und hohe Bebauung ist aus gesundheitlichen und sozialen Gründen unerwünscht. Nun kann man zwar gewisse Auswüchse und weitere Uebertreibungen des dichten Bauens und Wohnens durch Polizeivorschriften verhüten. Aber ein wesentlich weiträumigeres und gefunderes Wohnen läßt sich bei Um- und Neubauten durch polizeilichen Zwang in den alten Stadtteilen ohne große wirtschaftliche Schädigungen nicht erreichen, weil die Bodenpreise sich auf Grund der bestehenden baulichen Ausnutzung gebildet haben und nur durch diese zur Rente gebracht werden können. Wo bisher eine fünf- oder viergechoßige Bebauung, welche fünf Sechstel oder drei Viertel der Grundstücksfläche bedeckt, üblich ist, wird man sie auch mit gewissen Verbesserungen in Zukunft dulden müssen, indem man z. B. Keller- und Dachwohnungen verbietet oder erschwert und die zu überbauende Grundstücksfläche für die Zukunft von fünf Sechstel auf drei Viertel oder von drei Viertel auf zwei Drittel einschränkt. — Anders ist die Sachlage in den äußeren Stadtteilen, wo der Bodenpreis noch weniger hoch ist und deshalb durch eine weniger hohe und dichte Bebauung zur Verzinsung gebracht werden kann. Hier steht der Befchränkung der Zahl der Wohngeschoße auf vier, auf drei, auf zwei, je nach der Höhe der Bodenpreise, wenn die niedrigere Bebauung im allgemeinen Interesse geboten erscheint, ein wirtschaftliches Hindernis nicht im Wege. Noch weniger auf Neuland, das über den landwirtschaftlichen Wert sich noch wenig erhoben hat. Durch die Vorschrift niedriger und zugleich weiträumiger Bebauung wird hier niemand geschädigt. Die Abstufung der Bauvorschriften nach Bezirken oder Zonen kann noch einen Schritt weiter gehen. Man kann gewisse Geländeteile der offenen oder halboffenen Bebauung (f. d.) vorbehalten; man kann in gewissen Ortsteilen die zulässige Zahl der Wohnungen in einem Hause auf eine oder zwei oder drei beschränken; man kann bezirksweise die Errichtung von Fabriken untersagen und sie in andern durch Verkehrsanlagen und sonstige Einrichtungen begünstigen. Kurz, man kann den Ausbau der Stadt nach Zonen auf alle Weise so differenzieren, wie es dem Allgemeinwohl für die Zukunft entspricht. Die so entstehende, örtlich abgestufte Bauordnung wird oder wurde zumeist mit dem Namen „Zonenbauordnung“ bezeichnet, obschon die örtlichen Verschiedenheitsbezirke, d. h. die Geltungsbereiche der verschiedenen Bauklassen, ihrer Gestalt nach mit dem geometrischen Begriff der Zonen nichts zu tun haben. Aus der begrifflichen Uebertragung des Wortes Zonenbauordnung auf geometrische Kreiszone ist gegen den Grundfatz der Staffelung der Bauvorschriften mancher Angriff erwachsen, der bei Wahl einer treffenderen Bezeichnung vielleicht vermieden worden wäre. Eine bessere Bezeichnung ist jedenfalls Staffelbauordnung. Sie gibt die Verschiedenheit der Bauklassen zu erkennen, ohne der Art ihrer örtlichen Verteilung irgendwie vorzugreifen. Sie hat den ferneren Vorzug, auch auf eine zweite Art der Bauordnungsabstufung zu passen, die neben der Staffelung nach Ortsbezirken anwendbar ist, nämlich die Staffelung nach Gebäudegattungen. Die letztere Abstufung beruht auf der Erwägung, daß die baupolizeilichen Bestimmungen für gewisse Teile und Zubehörungen der Gebäude zweckmäßigerweise verschieden zu gestalten sind, je nachdem es sich um größere oder kleinere Häuser, um gewerblich benutzte oder bloß zum Wohnen dienende Baulichkeiten handelt. Dies gilt z. B. für die Breite und Bauart der Treppen, für die Stärke und Bauart der Mauern, für die Höhe der Geschoße, für die Größe der Hofräume u. f. w. Für ein von vielen Familien bewohntes fünfgeschoßiges Miethaus bedarf es strenger konstruktiver und hygienischer Vorschriften als für ein kleines Einfamilienhaus; daselbe gilt für ein großes Warenhaus oder eine umfangreiche Fabrik im Verhältnis zur kleinen Werkstätte oder Ladeneinrichtung. — Was hiernach anfangs als „Zonenbauordnung“ bezeichnet und eingeführt wurde, ist allmählich zur örtlich und fachlich „abgestuften Bauordnung“ geworden und steht gegenwärtig ziemlich allgemein als „Staffelbauordnung“ in Anwendung.

J. Stübgen.

Zonengewölbe sind Gewölbe, die nach der Richtung der Stoßflächen in einzelne Streifen oder „Zonen“ zerlegt sind, welche untereinander nicht im Verbinde stehen, sondern verschoben nebeneinander stehende, einzelne gerade Gewölbe von geringer Tiefe bilden, wodurch die Widerlager eine besondere Form (f. Fig. 2) erhalten und im Scheitel ein gegenfeitiges Ueberkreuzen der Bogen entsteht (f. Fig. 1).

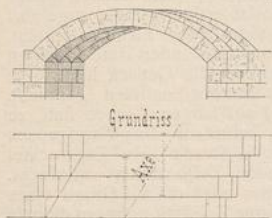


Fig. 1.

Gewölben (f. d.) umgehen will. Insbesondere für schiefe Steinbrücken ist das Zonengewölbe mehrfach angewendet worden, z. B. bei der Brücke über die Garonne in Toulouse [1] und bei der Brücke über die Volme [2].

Literatur: [1] Annales des ponts et chaussées 1889, I, Bl. 150, Fig. 1–5. — [2] Zeitschr. des Arch.- und Ing.-Ver. zu Hannover 1878, Taf. 758. — Die übrige Literatur f. unter Steinschnitt.

L. v. Willmann.

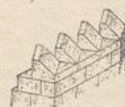


Fig. 2.

Zonentarif, f. Eisenbahntarife.

Zores-Eisen, f. Normalprofile; vgl. Brückenbelag.

Zr, in der Chemie Zeichen für Zirkonium.

Zfcherper (Tzfcherper), f. Fahrzeug, Bd. 3, S. 592.

Zubringer, f. v. w. Speisegraben (f. d.).

Zuchthaus, f. Gefängnis, Bd. 4, S. 337.

Zuckerarten, gewisse kristallisierbare, wasser- und alkohollösliche, süß schmeckende Kohlehydrate.

Man unterscheidet drei Gruppen: 1. die Traubenzuckergruppe, 2. die Rohrzuckergruppe, 3. die Melitofegruppe und teilt sie ferner noch nach ihrem Verhalten gegen Hefe in gärungsfähige und nicht gärungsfähige Zuckerarten ein. Die gärungsfähigen zerfallen ihrerseits wieder in direkt gärungsfähige und indirekt gärungsfähige, d. h. solche, die unter Einwirkung von Hefe sich entweder unmittelbar (direkt) oder nur mittelbar in Alkohol und Kohlensäure spalten. Die ersteren entsprechen der Formel $C_6H_{12}O_6$. Es sind die Monosaccharide, Monosen und Hexosen. Die andern, die indirekt gärungsfähigen, welche, um gärungsfähig zu sein, unter Mitwirkung eines Fermentes erst noch 1 Molekül Wasser aufnehmen müssen, entsprechen der Formel $C_{12}H_{22}O_{11}$ (die Disaccharide oder Biosen) oder der Formel $C_{18}H_{32}O_{16}$ (Trisaccharide oder Triosen). Direkt gärungsfähige Zuckerarten von der Formel $C_6H_{12}O_6$ sind z. B. + Traubenzucker, — Fruchtzucker, + Galaktose, + Mannose. Indirekt gärungsfähig von der Formel $C_{12}H_{22}O_{11}$ sind Rohrzucker, Milchsücker, Mycose, Maltose, Isomaltose, von der Formel $C_{18}H_{32}O_{16}$ Melitose, Melizitose und Stachyose.

Nichtgärungsfähige Zucker von der Formel $C_6H_{12}O_6$ sind Sorbin, — Traubenzucker, + Fruchtzucker, — Galaktose, — Mannose, + Gulose, — Gulose, + Talose, + Idose, — Idose. Von der Formel $C_{12}H_{22}O_{11}$ sind Eucalin und Turanose.

Von der Formel $C_6H_{12}O_6$ sind mehrere Zucker synthetisch dargestellt worden (Zuckersynthesen). So z. B. Formose, eine gummiartige, süß schmeckende, nicht gärungsfähige optisch inaktive Masse, welche Fehlingslösung reduziert (Löw), ferner die Akrose in zwei Modifikationen (E. Fischer). α-Akrose gärt mit Hefe, indem zunächst eine Spaltung in + und — Fruchtzucker eintritt, von denen der — Fruchtzucker vergärt, der + Fruchtzucker nicht. Die Monosaccharide, welche Aldehyd- und Ketongruppen enthalten, gehen mit Phenylhydrazin Verbindungen ein, die unter dem Namen Hydrazone oder Osazone bekannt sind, je nachdem sie mit 1 oder mit 2 Molekülen Phenylhydrazin in Reaktion getreten sind. Vermöge ihres Aldehyd- und Keton-gehaltes besitzen die Monosaccharide die Fähigkeit, 1 Molekül HCN zu addieren, wenn sie mit wässriger Blausäure in Berührung bleiben. Hierbei entstehen Cyanhydrine, welche sich durch Kochen mit starker Salzsäure in einbasische und siebenatomige Säuren verwandeln. Letztere führt man in Anhydride (Laktone) über und reduziert sie mit Natriumamalgam zu Zuckerarten, welche 7 Atome Kohlenstoff enthalten (Heptosen). In entsprechender Weise lassen sich die Laktone der einbasischen und sechsatomigen Säuren zu Hexosen (Monosaccharide) reduzieren. Auch aus Pentosen lassen sich durch die Cyanthese Hexosen erhalten. Auf diese Weise ist + Arabinose in — Mannose und — Glycose, und Xylose in — Idose und — Gulose übergeführt (Emil Fischer).

Zucker, welche eine Aldehydgruppe (COH) enthalten, nennt man Aldosen, solche die eine Ketongruppe (CO) enthalten, Ketosen.

Näheres in Schmidt, Pharm. Chemie, Braunschweig 1901.

Bujard.

Zuckerfabrikation. Die Darstellung festen Zuckers aus verschiedenen Rohmaterialien, insbesondere aus der Runkelrübe und dem Zuckerrohr; aus letzterem zweifellos erstmals in Indien zwischen 300 und 600 n. Chr. erfolgt.

Die ersten europäischen Zuckerraffinerien, die aber ihren Rohzucker nicht selbst bereiteten, sondern am Markt kauften, entstanden in Venedig; in Süddeutschland wurde im Jahre 1573 in Augsburg die erste Zuckerfabrik gegründet. Die Entdeckung des Zuckers in den Rüben und in verschiedenen andern Pflanzen verdanken wir dem Chemiker Andreas Sigismund Marggraf, der bereits 1747 auf die Wichtigkeit und Bedeutung einer solchen Industrie hinwies. Sein Schüler Achard setzte die Gedanken seines Lehrers 52 Jahre später erstmals in die Praxis um.

Seit der genannten Zeit kommt für uns als Rohmaterial für die Zuckergewinnung allein die Zuckerrübe (Runkelrübe) in Betracht, und zwar eine Reihe von Abarten der zu den Chenopodiaceen gehörenden Beta vulgaris. Durch geeignete Zuchtwahl gelang es, besonders zuckerreiche Rübenarten heranzuziehen. Die Zuckerrübe ist eine zweijährige Pflanze; der Samenzüchter baut im ersten Jahre „Stecklinge“, erntet diese, bewahrt sie über den Winter auf und pflanzt sie im nächsten Frühjahr wieder aus; es werden von sorgsam Züchtern nur Samen von solchen Rüben verwendet, die sich durch äußere geeignete Beschaffenheit und durch hohen Zuckergehalt auszeichnen. An Kennzeichen für gute Rüben sind zu verzeichnen: eine regelmäßige, kegel- oder birnenförmige Gestalt mit möglichst wenig Seitenwurzeln, dichtes weißes Fleisch und möglichst kleiner Kopf. Als Kriterien für einen guten Rübensamen gelten: 1 kg Rübsamen soll in 14 Tagen wenigstens 70 000 Keime liefern; hiervon müssen in 6 Tagen wenigstens 46 000 Keime ausgetrieben sein. Von 100 Samenknäulen müssen mindestens 75 gekeimt haben. Je nach der Beschaffenheit des Bodens muß derselbe durch Düngung mit Chilisalpeter und Superphosphat unter Umständen erst für die Rübenzucht geeignet gemacht werden. Die Aussaat des Samens geschieht von April bis Mitte Mai, die Reife tritt im September bis Oktober ein. Die meisten Fabriken nehmen im September den Betrieb auf. Die Ernte soll vor Eintritt starker Fröste beendet sein. Die Schädlinge der Rübenzucht sind Pilze und Pilzkrankheiten sowie die Wurzeln und Blätter schädigenden tierischen Feinde.

Man unterscheidet zwischen den löslichen (dem Saft) und den unlöslichen (dem Mark) Bestandteilen der Zuckerrübe. Im Saft findet sich der wertvollste Bestandteil, der Rohrzucker, alle übrigen Stoffe deselben (Farbstoffe, Fette, Harze, Pflanzenäuren, Pflanzenbasen, aromatische Substanzen und Mineralbestandteile) faßt man unter dem Begriff „Nichtzuckerstoffe“ zusammen. Ueber die chemische Zusammenfassung f. den Art. Zuckerarten. Die Rübe enthält durchschnittlich 13–14% Zucker, 2–5% lösliche Nichtzuckerstoffe, 4–5% Mark und 78–80% Wasser, doch schwankt der Zuckergehalt zwischen 10 und 20%.

Reinigung und Transport der Rüben. — In modernen Fabriken werden die Rüben, nachdem sie mit einem Schnitt von dem Kopf samt den Blättern befreit sind, durch die fogenannte Rübenschwemme dahin geführt, wo man sie haben will. Die genannte Einrichtung besteht aus langen, ca. 40 cm hohen und 35 cm weiten halbrunden überdeckten Rinnen aus Zement mit 5–9 mm Gefäll für das laufende Meter. In diesen Rinnen gelangen die Rüben durch das Betriebswasser, welches in der Regel in der betreffenden Fabrik bereits schon Dienste geleistet hat (z. B. Fallwasser von der Kondensation), zu einem Hubrad aus durchlochem Blech. Das Innere des Rades ist hohl, so daß das Schwemm- und Schlammwasser ablaufen kann. Der Radkranz trägt eine Reihe von Kästen mit seitlich geneigten Ausflußöffnungen, so daß die Rüben jeweils während der Umdrehung des Rades, auf dem höchsten Punkte angelangt, aus den Kästen durch eine Rinne in die fogenannte Wäsche abrutschen. Wo es nicht möglich ist, das Schlammwasser frei abfließen zu lassen, muß für einen künstlichen Abfluß der Schwemmrinnen gesorgt werden. Dieser wird bewerkstelligt durch das Heben des Schlammwassers allein oder mit den Rüben zusammen. Als Hebevorrichtungen kommen in Betracht: Baggerwerke, Zentrifugalpumpen, Hebechnecken (f. bei [1]), und die bereits beschriebenen Hubräder, deren Kästen aber in diesem Falle natürlich nicht durchlöchert sind. Von den Rübenwäschchen ist die älteste die fogenannte Trommelwäsche. Sie besteht aus einem großen, eisernen, mit Wasser nahezu ganz gefüllten viereckigen Kasten, auf welchem sich die auf einer Welle sitzende, siebartig durchbrochene Wäschtrommel dreht; die offenen Enden der Wäschtrommel berühren nahezu die Wandungen des Kastens. Eine im Innern der Wäschtrommel angebrachte Rührvorrichtung bringt die Rüben durcheinander und führt dieselben zwei an dem Trommelende angebrachten Ausflußöffnungen zu, von wo sie in einen Kasten fallen, den fogenannten Steinfänger. Auf der den ebenerwähnten Ausflußöffnungen der Siebtrommel gegenüber liegenden Seite geschieht der Einwurf der Rüben durch einen mit schießendem Boden versehenen Rumpf. Eine andre Form der Rübenwäsche ist die fogenannte Quirlwäsche, die bei größerer Leistungsfähigkeit wesentlich weniger Betriebskraft erfordert als die Trommelwäsche, weshalb sehr viele Fabriken nur noch mit dieser arbeiten. Ihre Konstruktion in Verbindung mit der Rübenhebechnecke f. [1]. Sie besteht aus einem etwa 3 m langen Troge mit schießendem Boden, in dessen vorderem Teil ein mit Längsschlitz versehenes und gebogenes Blech einen Doppelboden bildet. Auf einer Welle, die zweckmäßigerweise durch eine Riemenscheibe gedreht wird, sitzen schraubenförmig angebrachte Rührarme, welche schwertartig geformt sind und eine nach der Auswurfsseite hin breite, schießend nach vorn gerichtete, also schießende Fläche besitzen. Von weiteren konstruierten Wäschchen sei erwähnt die von Raude, welche von F. Scheibler in Birtsfeld-Aachen gebaut wird. Da die Wäschchen natürlich an dem tiefegelegensten Teil der Fabrik liegen, so müssen nach dieser Operation die Rüben durch den fogenannten Rüben-elevator gehoben werden. Derselbe besteht aus einer mit großen Blechkästen versehenen schweren Kette ohne Ende, welche an einem Gestell als Paternosterwerk über zwei passend geformte Scheiben läuft.

Nunmehr werden zum Zwecke der Betriebskontrolle, speziell hinsichtlich der Ausbeute, die Rüben verwogen. Eine gewöhnliche, zuverlässige, nicht automatisch arbeitende Rübenwaage wird von Gebr. Böhmer in Neustadt-Magdeburg gebaut. Von automatischen Wagen sei diejenige von der Hennefer-Maschinenfabrik (Reuther und Reifert, Hennef a. d. Sieg) erwähnt. (Näheres f. [1]).

Die Gewinnung des Rübensaftes und der Rübenrückstände. — Das Zerkleinern der Rüben geschieht jetzt allgemein in der Schnitzelmaschine. Sie enthält eine auf einer vertikalen Welle sitzende drehbare Schnitzelscheibe, in welche von unten her in ca. 12 angebrachten rechteckigen Oefnungen fogenannte Messerkästen eingesetzt werden können. Auf diese Schnitzelscheibe werden nun von oben her durch einen Rumpf Rüben gebracht, und die abgehobelten Späne fallen zwischen Hobeleisen und Hobelkörper nach abwärts in den Ausräumerumpf, in welchem ein rotierender, mit Flügeln versehener Ausräumer die Schnitzel dem Auslauf zutreibt. Die Stärke und Gestalt der Schnitzel ist von der Form und Art der Anbringung der Messer abhängig. Die Schnitzelscheibe hat einen Durchmesser von ca. 1,5–2 m und macht etwa 150 Umdrehungen in der Minute. Von dieser Maschine aus fallen die Rübschnitzel direkt in Wagen, welche sie nach den Diffuseuren bringen oder bei geeigneter Anordnung direkt in diese. Die Gewinnung des Zuckersaftes aus den Rübschnitzeln geschieht nämlich jetzt noch fast ausschließlich nach dem fogenannten Diffusionsverfahren. Bei der Anwendung dieses Verfahrens geht man von der Tatsache aus, daß, wenn man eine gesättigte Zuckerlösung mit Wasser überschichtet, der Gleichgewichtszustand der Zuckerlösung gestört wird. Die Zuckermoleküle haben einerseits das Bestreben, sich den Wassermolekülen zu nähern und diese letzteren wandern (diffundieren) umgekehrt in die Zuckerlösung hinein, und zwar so lange, bis wieder ein Gleichgewichtszustand hergestellt und damit wieder eine homogene Mischung eingetreten ist. Diese Diffusionsvorgänge, welche auch durch die Zellwände (Membranen) hindurch stattfinden, macht sich der Zuckerfabrikant beim Behandeln der Schnitzel in den fogenannten Diffuseuren zu Nutze. Es sind dies zylindrische Gefäße aus Eisenblech von 2–2,5 m Höhe und 1 m Durchmesser mit 20–40 hl Inhalt. Die Füllung geschieht durch ein oberes Mannloch, die Entleerung durch ein im Boden oder unten in der Seitenwand befindliches. Ueber dem Boden ist ein Siebboden angebracht; ebenso wird nach Befüllung des Diffuseurs in den Hals ein

Sieboden gelegt. Eine größere Anzahl von Diffuseuren (meist neun bis zehn) sind zu einer Diffusionsbatterie vereinigt; sie stehen entweder in einer oder in zwei parallelen Reihen oder kreisförmig um die Schnitzelmaschine. Die Diffusionsarbeit, die im einzelnen mannigfache Abweichungen zeigt, besteht in einer systematischen Auslaugung der Schnitzel und Anreicherung des Saftes; die frischen Schnitzel werden mit dem konzentriertesten Saft, die am meisten ausgelaugten Schnitzel mit reinem Wasser in Berührung gebracht. Die Diffuseure stehen deshalb alle durch eine Rohrleitung mit der Wasserleitung und untereinander durch Ueberleitungsrohre in Verbindung. Da die Diffusion des Zuckers aus den Schnitzeln bei erhöhter Temperatur leichter erfolgt, benutzt man die Ueberleitungsrohre als Kalorifaktoren zum Anwärmen des durchfließenden Saftes. Man läßt den Saft durch sechs bis zwölf Messingrohre fließen, die durch ein weiteres, mittels Dampf zu heizendes Rohr, hindurchgehen. Die Temperatur des Saftes wird durch ein Thermometer im oberen Teil des Ueberlaufrohres kontrolliert. Eine dritte Leitung, die Scheidefahrtleitung, entfernt den fertigen Diffusionsaft. Alle drei Leitungen können an jedem Diffuseur durch ein Ventil abgesperrt werden; ein weiteres Ventil gestattet die Fortführung des Wassers von den erschöpften Schnitzeln. Ferner gehört zur Ausrüstung ein Dampfventil und ein Retourventil für Kondenswasser am Kalorifaktor und im oberen Mannlochdeckel ein Lufthahn. Fig. 1 zeigt ein Bruchstück einer Diffusionsbatterie der Braunschweigischen Maschinenbauanstalt, und Fig. 2 das Schema einer Batterie von neun Diffuseuren.

Die Arbeit in letzterer stellt sich so: In den letzten Gefäßen der Batterie (VII, VIII und IX) wird Wasser vorgewärmt, so daß es mit 86° in das mit Schnitzeln gefüllte Gefäß I eintritt, und zwar tritt es von C_1 durch V_1 ein, passiert I von unten nach oben. Tritt aus dem oberen Lufthahn Flüssigkeit aus, so wird dieser geschlossen. II ist inzwischen mit Schnitzeln gefüllt. Nun läßt man das Wasser durch C_9 und s_9 und u_9 und w_9 von oben in I eintreten, das dann wieder durch V_1 , C_1 , s_1 , s_2 , C_2 und V_2 von unten in II eintritt. Das gleiche wiederholt sich bei III. Ist der Saft hier oben angekommen, so wird nicht mehr in IV gedrückt, sondern zur folgenden Operation, der Scheidung, abgelassen. Inzwischen füllt sich III mit dem dünneren Saft von II, der von hier dann nach IV abgedrückt und aus IV zur Scheidung kommt. So werden der Reihe nach auch die folgenden Gefäße eingeschaltet. Sind die zuerst mit Wasser gefüllten

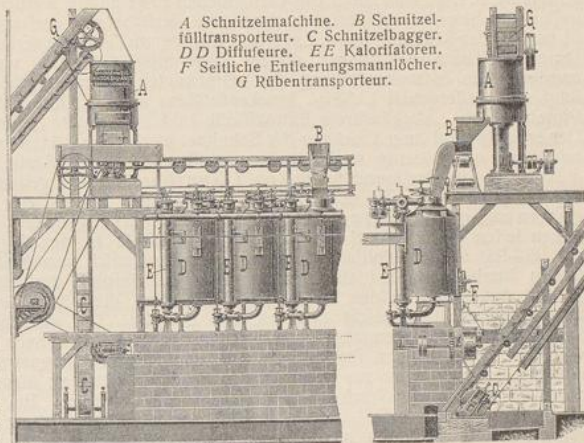


Fig. 1.

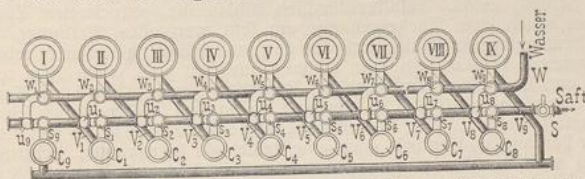


Fig. 2. Schema einer Diffusionsbatterie von neun Diffuseuren. I bis IX Diffuseure, w_1 bis w_9 Wasserventile, s_1 bis s_9 Saftventile, u_1 bis u_9 Ueberleitungsventile, C_1 bis C_9 Kalorifaktoren, V_1 bis V_9 Verbindungsrohre zwischen dem unteren Teile der Diffuseure und dem unteren Teile der Kalorifaktoren, S Saftventile, W Wasserleitung.

Diffuseure auch eingeschaltet, so beginnt der regelmäßige Betrieb. Ist IX mit Schnitzeln beschickt, so muß I entleert werden. Dies geschieht durch das untere Mannloch. Nach schneller Entfernung der Schnitzel und gründlicher Reinigung beginnt sofort die Füllung mit frischen Schnitzeln, damit die Beschickung fertig sowie IX mit Saft gefüllt ist und sofort der Saft in I eingeführt werden kann. Ein gleichmäßiger Fluß in der Batterie ist eine Hauptbedingung für gute Auslaugung. Zur Kontrolle des Diffusionsbetriebes sind besondere, automatisch arbeitende Apparate konstruiert worden, von denen speziell der Kontrollapparat von Raßmus zu erwähnen ist.

Die Rübenrückstände vom Diffusionsverfahren enthalten etwa zwischen 6 und 14% Trockensubstanz, weshalb von ihnen der größte Teil des anhaftenden Wassers abgepreßt werden muß. Dies geschieht in den sogenannten Schnitzelpressen, von denen es verschiedene Konstruktionen gibt. Die erste und heute noch benutzte Schnitzelpresse wurde von

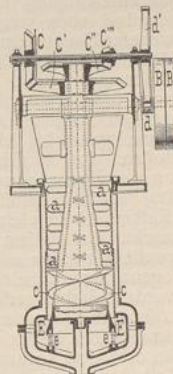


Fig. 3. Schema der verbesserten Klufemann'schen Schnitzelpresse (Patent Bergreen). B, B' Riemenscheibe und Leerischeibe, C, C', C'' Zahnräder, E Schnitzelablaß, a Druckmesser des unteren Hohlkegels, d, d' Zahnradantrieb, ee Stell-schrauben.

F. A. Klufemann in Sudenburg-Magdeburg gebaut. An ihr hat Bergreen verschiedene Verbesserungen angebracht. Auf dem Prinzip des verengerten Durchgangsraumes beruht die Konstruktion der Haafeschen Schnitzelpresse. Schnitzelpressen werden unter andern von folgenden Werken gebaut: Aktienmaschinenfabrik Sangerhausen, Bromberger Maschinenbauanstalt, Maschinenfabrik Halle a. d. S. Fig. 3 zeigt das Schema einer verbesserten Klufemannschen Schnitzelpresse nach Patent Bergreen (Halle'sche Maschinenfabrik Halle a. d. S.). Sie besteht im wesentlichen aus zwei ineinander geschobenen Hohlkegeln, die mit schraubenförmig gestellten Druckmessern besetzt sind. Die Schnitzel werden oben eingefüllt, durch die Druckmesser nach abwärts geführt und gegen den gelochten Apparatmantel gepreßt, der Saft fließt außen ab, während die Schnitzel unten herabfallen. Mit dieser Presse erhält man von 100 kg Rüben 30 kg Preßlaug mit 10–12% Trockensubstanz, die zum Teil frisch verfüttert, zum Teil konserviert wird. Die Zusammensetzung der Trockensubstanz der Schnitzel ist im Mittel nach Stammer folgende: Rohprotein 8,7%, Stickstofffreie Extraktstoffe 62,27% (inklusive Fett), Rohfaser 23,36%, Asche 5,67%.

Die älteste Methode der Konservierung der Schnitzel ist die des Einsäuerns. Hierbei werden sie in Erdgruben (Mieten) oder in gemauerte Behälter gebracht und mit Erde bedeckt. Bei diesem Verfahren entziehen aus den vorhandenen Kohlehydraten Milchsäure, Butterfäure, Essigsäure u. f. w., und auch die vorhandenen Eiweißstoffe werden gespalten. Der Nährwert der gesäuerten Schnitzel ist übrigens annähernd derselbe wie derjenige der ungesäuerten, dagegen ist der bei der Säuerung bzw. Lagerung eintretende Gewichtsverlust ein sehr hoher, ca. 20–30%. Durch Trocknung können diesem Futtermittel fäulliche wertvollen Bestandteile erhalten werden. Die Zusammensetzung der getrockneten Schnitzel gibt Rümpler [1] im Mittel wie folgt an: Wassergehalt 12,58%, Trockensubstanz 87,42%; Rohprotein 6,54%, darin verdauliches Protein 5,59%, Stickstofffreie Extraktstoffe inkl. Fett 56,29%, Rohfaser 18,57%, Asche 6,02%. Der erste Apparat zum Trocknen der Schnitzel wurde von Büttner & Meyer in Uerdingen a. Rh. erfunden, er ist heute noch der am meisten benutzte. Andre Apparate werden von Petry & Hecking in Dortmund sowie von J. Sperber in Wien gebaut. (Näheres s. [1].)

Zu erwähnen ist noch ein in den letzten Jahren von Steffen erfundenes Saftgewinnungsverfahren (D.R.P. Nr. 149593), das fogenannte Brühverfahren: Bei demselben fallen die Schnitzel von der Maschine direkt in den fogenannten Brühtrog, wo sie mit 95–98° heißem Rohsaft durch ein Rührwerk rasch verührt werden. Auf 100 kg Schnitzel finden hierbei ca. 600 l Brühsaft Anwendung. Infolge der plötzlichen Temperaturerhöhung gerinnt das Eiweiß in den Zellen der Rübschnitzel, diese selbst werden lederartig, zäh, und der flüssige Zellinhalt vermischt sich mit dem Brühsaft. Die gebrühten Schnitzel werden alsdann sofort durch Schneckengänge in die Höhe gehoben und nach den bereits beim Diffusionsverfahren beschriebenen Pressen gebracht, von wo der Saft wieder in den Brühtrog zurückläuft, um dort erhitzt wieder zur Auslaugung frischer Schnitzel zu dienen, während die ausgepreßten Schnitzel jeweils der Trocknungsanlage zugeführt werden. Bei dem Brühverfahren wird also die Rübe einerseits in Saft und andererseits in erheblich zuckerhaltige Schnitzel zerlegt. Die Preßrückstände enthalten nämlich ca. 30% Trockensubstanz, wovon 10% Zucker sind. Das Brühverfahren besitzt gegenüber dem älteren Diffusionsverfahren erhebliche Vorzüge: Die ganze Anlage und Arbeitsweise ist sehr einfach, die Konzentration des gewonnenen Rohsaftes ist höher als beim Diffusionsverfahren, weshalb für 100 kg Rüben ca. 45 kg Wasser weniger zu verdampfen sind als beim Diffusionsverfahren. Weiter fallen die schwer zu beseitigenden Diffusions- und Schnitzelpreßwasser weg und somit ist bei dem Brühverfahren der schwierigste Teil der Abwasserbeseitigung (s. a. am Schluß) gelöst. Selbstverständlich bilden die getrockneten Zuckerschnitzel eben wegen ihres erheblichen Zuckergehaltes ein sehr wertvolles Mastfutter. Ein weiterer Hauptvorteil des Brühverfahrens ist der, daß der gewonnene Saft sich leichter reinigen läßt und das aus ihm gewonnene Produkt ein sehr schönes Aussehen und einen sehr reinen Geschmack besitzt. Bevor nun bei beiden Verfahren der Rübenfaß gereinigt wird, passiert er noch den fogenannten Pülpenfänger (s. [1]), in welchem die in dem Saftstrom noch schwimmenden Schnitzelteile beseitigt werden. Der so erhaltene rohe Rübenfaß ist von trüber, dunkelgrauer bis schwarzer Färbung und enthält noch eine Reihe von fogenannten Nichtzuckerstoffen. Faß ausschließlich wird zur Reinigung des Saftes jetzt das fogenannte Kalkverfahren angewendet. Hierbei wird der Rohsaft in den Vorwärmern angewärmt, wobei ein Teil der Eiweißstoffe infolge Gerinnung sich abscheidet und dann so viel abgelöschter Kalk (Kalkmilch) zugefetzt, daß die vorher saure Reaktion des Saftes nunmehr einer alkalischen Platz macht. Bei diesem Prozeß der fogenannten „Scheidung“ wird der Saft erstens sterilisiert, zweitens werden eine Reihe von Nichtzuckerstoffen, wie Eiweiß und organische Säure, in dem fogenannten Scheideschlamm ausgefällt; andre Stoffe, wie die Amide und der Invertzucker, werden hierbei zerfetzt. Nunmehr folgt in der von dem Scheideschlamm abgezogenen klaren Lösung die fogenannte „Saturation“. Hierbei wird Kohlenfäure oder schwächere Säure bzw. ein Gemisch beider Gase in die Lösung eingeleitet, und zwar muß die „Saturation“ mit Kohlenfäure in dem kochend heißen Saft erfolgen, denn das aus dem in ihm vorhandenen überschüssigen Kalk sich bildende kohlenfaure Calcium ist nur in kochend heißem Zuckersaft unlöslich. Der hierzu Anwendung findende fogenannte Vorwärmer wird in der Regel geheizt durch den bei der Eindickung des in der Zuckerlösung enthaltenen Wassers entstehenden Dampf, die fogenannten „Brüden“. Diese Brüdenämpfe werden weiterhin dann in besonderen Kondensatoren zu Wasser, dem fogenannten Brüdenwasser verdichtet. Die Vorwärmer sind nach dem Prinzip der Kalorifaktoren der Diffusionsbatterie gebaut. Die Scheidung und Saturation geschieht in der fogenannten Scheidepfanne, einem viereckigen Kasten aus Eisenblech, welcher mit Vorrichtungen zum Einleiten von Dampf und Kohlenfäure versehen ist; ihr Boden ist zur besseren Entleerung nach vorn geneigt. Die Zuführung des Dampfes geschieht durch eine Heizchlange,

die der Kohlenäure durch ein Rohr mit zahlreichen nach unten gerichteten Oeffnungen, durch die auch Dampf eingelassen werden kann. Der Kalk wird als Kalkmilch von 18–20° Bé angewendet. Auf 100 kg Rüben kommen 2–3 kg frisch gebrannter Kalk. Die Temperatur beträgt am Ende der Operation 85–90° C. Das mit der Zugabe von Kalk gleichzeitig begonnene Einleiten von Kohlenäure wird fortgesetzt, bis die Alkalität 0,1–0,15% beträgt. Eine Probe des Saftes muß einen sich schnell absetzenden Niederfchlag enthalten. Der Schlammsaft wird dann filtriert und einer zweiten und dritten Saturation unterworfen. Hierbei wird noch einmal $\frac{1}{2}$ –1 kg Kalk auf 100 kg Rüben zugesetzt, faßt bis zum Kochen erhitzt und der Kalk auf 0,06 bis 0,08% ausgefällt. Nach dem Filtrieren wird der Rest des Kalks mit Kohlenäure und darauf mit schwefliger Säure ausgefällt, letzteres dann, wenn eine Filtration mit Knochenkohle vermieden werden soll. Die schweflige Säure bindet den noch vorhandenen Kalküberschuß, der sich beim nachfolgenden Eindampfen als schwerlösliches Calciumsulfit ausscheidet, und wirkt überdies entfärbend. Der Saft wird vom Schlamm in den sogenannten Filterpressen (f. d.) getrennt. Letzterer enthält noch ca. 50% Saft und somit noch erhebliche Mengen (ca. 5%) des wertvollen Zuckers. Die Filterpressen sind daher, um wenigstens den größten Teil dieses Schlamms zu gewinnen, mit Abfußvorrichtungen zum Auslaugen eingerichtet. Der Kalkschlamm selbst stellt wegen seines hohen Gehalts an Phosphorsäure, Kalk und Stickstoff ein für die Landwirtschaft hochwertiges Düngemittel dar. — Was die Gewinnung der in der Zuckerfabrikation bei der Scheidung und Saturation Anwendung findenden Stoffe (Kalk, Kohlenäure und schweflige Säure) anbelangt, so sei noch folgendes erwähnt: In dem sogenannten Kalkofen wird im unteren Teile Holz und Koks aufgeschichtet und darauf eine Lage Kalksteine gebracht; auf diese Schicht kommt wieder Koks, dann wieder eine Partie Kalksteine, und so abwechselnd, bis der Ofen gefüllt ist. Dann wird letzterer angezündet, und durch die entwickelte Hitze entsteht unter Abspaltung von Kohlenäure (CO_2) aus dem Kalkstein (kohlenäurem Kalk = CaOCO_2) gebrannter Kalk CaO , der sich beim Ablöschen mit Wasser (H_2O) zu Kalkmilch Ca(OH)_2 umsetzt. Die Gichtgase des Kalkofens, in der Hauptsache aus Kohlenäure bestehend, werden zur Saturation (f. oben) verwendet. Jedoch muß das Gas vorher durch Waschen in den sogenannten Laveuren gekühlt und von den Verunreinigungen, wie Flugstaub, Teer u. f. w. gewaschen werden. Zur Abführung der Kohlenäure aus dem Kalkofen und zum Transport derselben nach den Laveuren sowie den Saturationspfannen dienen doppelwirkende Pumpen. Die in den Zuckerfabriken zur Verwendung gelangende schweflige Säure wird entweder in komprimiertem Zustand aus Hüttenwerken bezogen, oder aber billiger in der Fabrik selbst durch Verbrennen von Schwefel in besonderen Öfen hergestellt (f. [1]).

Meist schließt sich an die Filterpreßbehandlung noch eine mechanische Filtration an, für die früher in erster Linie Knochenkohle Verwendung fand. Jetzt wird als Filtermaterial fast nur noch Kies, oder bei dem sogenannten Harmischen Verfahren (D.R.P. Nr. 95447) eine gewisse Art von Silikaten verwendet. Für diese mechanische Filtration sind eine Reihe von Filtriervorrichtungen konstruiert worden, von denen erwähnt sei das Abrahamsche Sandfilter, das Kafalowsky'sche Beutelfilter, das Ehrensteinsche Zwischenfilter sowie das Beeg'sche und das Dehne'sche Saftfilter (Näheres f. [1]). Bei dem eben erwähnten Harmischen Silikatverfahren werden die im Zuckerfaß gelösten Alkalien, deren Beseitigung aus dem Zuckerfaß bisher technisch nicht möglich gewesen war, ausgeschieden, indem das Silikat aus dem Saft Alkalien aufnimmt und dafür Kalk an diesen abgibt. Es lassen sich hierzu die in der Natur vorkommenden Silikate (Ton, Porphyrtuff u. f. w.) verwenden. Das ausgenutzte Silikat kann durch Behandeln mit Kalkwasser wiederum benutzbar gemacht werden (Näheres f. [1]). Die Anwendung der elektrischen Reinigung des Saftes wurde auch schon in verschiedenen Verfahren versucht, sie konnte sich jedoch bis jetzt nicht mit Erfolg einführen. — Der nach der Filtration erhaltene Dünnsaft enthält ca. 10% Zucker; bei der weiteren Konzentration unterscheidet man zwei Perioden; der Dünnsaft wird bis 50° Saccharometer eingedampft (das Verdampfen des Dünnsaftes) und die Konzentration des noch einmal filtrierten Dickfaßes bis zu einem Gehalt von 88–90% Zucker (das Verkochen des Dickfaßes). Die erhaltene Füllmasse wird dann weiter verarbeitet. — Das Verdampfen geschieht im luftverdünnten Raum, und zwar so, daß der in einem Verdampfapparat, „Körper“ genannt, entwickelte Dampf dazu dient, den Saft im zweiten Körper zu verdampfen. Der Saft aus diesem kann dann wieder in einen dritten Körper geleitet werden. Man unterscheidet danach Zweikörper-, Dreikörper- und Mehrkörperverdampfapparate. Die Konstruktion der einzelnen Apparate zeigt mannigfache Verschiedenheiten (Näheres f. [1]–[3]). Im wesentlichen kann man an jedem Körper zwei Teile unterscheiden; im unteren befindet sich der Heizraum mit zwei Platten, in die oben und unten offene Messingröhren eingewalzt sind. Zwischen die Platten des ersten Körpers wird Retourdampf oder direkter Dampf eingelassen. Ueber und unter den Platten und in den Röhren zirkuliert der Saft. In der Mitte ist ein größeres Zirkulationsrohr angebracht. Ueber diesem unteren Teil befindet sich die oben abgeschlossene Zarge mit dem Dom. Der sich aus dem Saft entwickelnde Dampf, „Brüden“, wird durch ein weites Rohr mit einem Saftfänger in den Heizraum des zweiten, des Dickfaßkörpers, geleitet. Der aus dem letzten Körper entweichende Dampf wird zum Vorwärmen von Diffusionsfaß benutzt und dann kondensiert. Der durch den Kondensator verminderte Luftdruck wird durch eine Luftpumpe auf der erforderlichen Höhe erhalten. Durch eine enge, durch einen Hahn verschließbare Rohrleitung ist der höchste Teil des Heizraums mit dem oberen Teil des Saft- raumes verbunden. Wird die Luftpumpe zu Beginn des Betriebes angestellt, so verdrängen die Dämpfe die Luft aus dem Heizraum des ersten Körpers. Dann wird dieser durch den Hahn abgeschlossen. Die Dämpfe aus dem Saftraum verdrängen dann die Luft aus dem Heizraum des zweiten Körpers. Im Dünnsaftkörper reguliert man den Druck so, daß der Saftdampf die Temperatur 93° C. hat, im Dickfaßkörper 63° C. Ist in letzterem die Verdampfung so weit fortgeschritten, daß der Saft nur wenig über den Heizröhren steht, so wird aus dem Dünnsaft-

körper vorgedickter Saft nachgezogen, ebenso in diesen Dünnsaft. Ist in ersterem die gewünschte Konzentration (heiß 45° Brix, kalt 50° Brix) erreicht, so wird der Dicksaft langsam abgezogen und vorgedickter Dünnsaft so zugelassen, daß der Zufluß mit der Verdampfung gleichen Schritt hält. In dem abgezogenen Dicksaft haben sich trübende Substanzen, meist Kalksalze, abgeschieden, er wird deshalb noch einmal zum Sieden erhitzt, meist wiederholt faturiert und filtriert; er ist nun zum Verkochen geeignet.

Beim Verkochen will man entweder eine klare, heiß gefättigte Zuckerlösung herstellen (Blankkochen), oder es soll schon während des Kochens Kristallbildung eintreten (Kochen auf Korn). — Das Verkochen geschieht ebenfalls in Vakuumbehältern. — Beim Kochen auf Korn beginnt man mit einer Siedetemperatur von 60°. Zur Beurteilung der Konzentration bringt man einen Tropfen zwischen Daumen und Zeigefinger und betrachtet Länge und Dicke des Fadens beim Entfernen der Finger (Fadenprobe). Ist nach dieser Probe die geeignete Konzentration eingetreten, so erniedrigt man die Siedetemperatur auf 50°. Dann beginnt die Ausscheidung von Kristallen. Die so erhaltene Füllmasse wird, um sich in Zentrifugen, wie sie ähnlich bei der Stärkefabrikation (s. d.) Verwendung finden, in Rohrzucker und Sirup trennen zu lassen, in besonderen Brechwerken zerkleinert und mit gleich reinem Sirup früherer Operationen gemischt, das sogenannte „Maifchen“. Der durch Zentrifugieren gewonnene Rohrzucker heißt erstes Produkt. Der ablaufende Sirup, der „Grünsirup“, wird bis zur entsprechenden Fadenprobe verkocht und kommt in eisernen Kästen von 2–3 cbm in 30–40° C. warme Räume. Nach 2 Wochen ist die Kristallisation beendet. Das durch Maifchen und Schleudern erzielte zweite Produkt ist unreiner als das erste. Bei Herstellung eines dritten Produkts läßt man die Füllmasse meist einige Monate zur Kristallisation stehen. Das Kochen der sogenannten Nachprodukte auf Korn ist sehr schwierig und gelingt nur mittels besonderer Einrichtungen und Verfahren. Hiervon seien erwähnt: das Großeische, das Freitag-Lenzesche und das Claassenfche Verfahren (D.R.P. Nr. 117 531, 134 915 und 137 812) sowie der Neumannsche Kornkocher (D.R.P. Nr. 131 931), Näheres s. [1].

Der Rohrzucker, wie er aus den Zentrifugen kommt, wird nun mittels der mannigfaltigsten Transportvorrichtungen nach dem stets höher gelegenen Zuckerboden geschafft und dort verkaufsfertig gemacht. Ihm haften stets gewisse Mengen Sirup an, der den Genuß durch seinen übeln Geruch und Geschmack beeinträchtigt. Bei der Verarbeitung des Rohrzuckers auf Konsumzucker wird dieser Sirup entfernt, und zwar durch die sogenannten Deckverfahren. Von diesen unterscheidet man: die Wasserdecke, die Klärfeldecke, die Dampf- und die Dampfnebeldecke. Bei der Wasserdecke wird, nachdem der sogenannte Grünsirup bereits in den Zentrifugen abgeschleudert ist, mittels einer feingelochten Brause Wasser auf die Füllmasse gespritzt. Beim weiteren Zentrifugieren werden dann die einzelnen Wassertropfen gegen die an den Zuckerkristallen haftenden Siruptröpfchen geschleudert und dieser damit gelöst, worauf er durch die Löcher der Zentrifuge abläuft. Für das Decken einer Zentrifugenfüllung, inkl. Füllung, Entleerung, Abscheiden des Grünsirups und Trockenlaufenlassen sind ca. 6 Minuten erforderlich. — Bei der Klärfeldecke wird in der sogenannten Lösepfanne eine gefättigte Zuckerlösung, die sogenannte Deckkläre, hergestellt. Diese wird unter Zusatz von Kieselgur, Bimsstein- oder Kokspulver heiß filtriert und nach dem Erkalten mittels einer Verteilungsvorrichtung durch den Deckel der sich in Bewegung befindlichen Zentrifuge auf die Füllmasse gespritzt, von welcher der Grünsirup bereits abgeschleudert ist. Der in der Füllmasse noch sitzende gelbe Saft (Sirup und Nichtzuckerstoffe) wird durch diese Deckkläre verdrängt und läuft durch die Löcher der Zentrifuge ab.

Bei der Dampfkclare läßt man Dampf von geringer Spannung durch den Deckel der Zentrifuge eintreten; derselbe verdichtet sich in den kalten Zuckerkristallen zu Wasser, welches dann ebenso wirkt wie bei der Wasserkläre oben beschrieben ist. — Die Dampfnebeldecke unterscheidet sich von der Dampfdecke nur dadurch, daß man entwässerten Dampf mit viel Luft gemischt in die Zentrifuge eintreten läßt. Hierbei wird der Dampf auf ca. 50° abgekühlt und kommt in Form eines feinen Nebels mit dem Zucker in Berührung.

Unter Kochkläre versteht man eine, in besonderen Raffinerien hergestellte Zuckerlösung, die auf Konsumzucker verkocht werden soll. Man bereitet sie durch Auflösen von Rohrzucker in Lösepfannen, die eine Konzentration von ca. 64° Brix haben. Sie wird ebenfalls sorgfältig filtriert und durch Eindampfen und Kristallisierenlassen auf „Raffinade“ weiterverarbeitet. In vielen Fällen wird auch direkt aus den Rüben Konsumzucker, der sogenannte „Melis“, hergestellt, der aber einen geringeren Reinheitsgrad als die aus Rohrzucker bereitete Raffinade besitzt. Jedoch haben sich diese Unterschiede in der Bezeichnung im Lauf der Jahre so verwischt, daß jetzt auch weniger reine Raffinerieprodukte als Melis bezeichnet werden.

Bezüglich der verschiedenen Konsumzuckerarten unterscheidet man: den Kristallzucker, den Pilé, und den Zucker in festen Stücken, Broten oder Würfeln. — Kristallzucker (oder nach englischer Bezeichnung Granulated) ist ein loses Haufenwerk ziemlich großer, farblos glänzender Kristalle. Er ist das Hauptprodukt solcher Fabriken, die Rüben direkt auf Konsumzucker verarbeiten, da er aus Zuckerlösungen von geringerem Reinheitsgrad hergestellt werden kann. Bei seiner Herstellung muß durch vorsichtiges und langsames Kochen des Grünsirups von den erhaltenen Kristallen werden diese in der Regel unter Zusatz von etwas Ultramarin gedeckt und damit „gebläut“. Der Zusatz von Ultramarin zum Deckwasser muß so bemessen werden, daß kein blauer Schein entsteht und der Zusatz von blauer Farbe nur gerade ausreicht, den gelben Schein zu verdecken. Der Kristallzucker wird alsdann im sogenannten Granulator getrocknet. — Als Pilé bezeichnet man einen Zucker, der früher hauptsächlich in Oesterreich für den italienischen Konsum hergestellt wurde; er besteht aus etwa erbsengroßen, in besonderen Pilébrechwerken mit zwei Walzenpaaren unregelmäßig

gebrochenen Stücken (Knopperrn), denen das beim Zerschneiden entstehende Mehl beigemischt ist. Pilé wird meist aus einer reineren Zuckerlösung hergestellt als der Kristallzucker. — Bei der Raffinade oder Melis in Broten oder Würfeln sind die mannigfaltigsten Formen am Markte. Im großen ganzen wird bei ihrer Herstellung ähnlich verfahren wie beim Kristallzucker, nur wird „das Korn“ feiner gehalten als beim Kristallzucker. Der fertige, eventuell schon im Vakuum gebläute Sud wird zunächst in eine mittels Dampfchlangen geheizte Rührmaschine abgelassen und von da mittels mechanischer Füllvorrichtungen in die, je nach der gewünschten Fäson verschiedenen Formen gefüllt. In diesen bleibt sie 12–24 Stunden in der Fülltube bei ca. 40° C. zur Kristallisation stehen. Früher wurden die Brote von Hand „gedeckt“, jetzt geschieht dies fast ausschließlich in Zentrifugen, welche die Formen samt den in ihnen enthaltenen Broten aufnehmen. Nach dem Decken und Zentrifugieren werden die Formen herausgenommen und nachdem sie an den Spitzen angewärmt sind, die Brote aus den Formen herausgeholt. Das Anwärmen geschieht, um das Abbrechen der Spitze zu vermeiden. Zuletzt werden die Zuckerhüte noch feucht in der sogenannten Anspitzmaschine an der Spitze sauber abgedreht und entweder in den Trockenstuben oder neuerdings besser im Vakuum bei langsam bis zu 50° C. ansteigender Temperatur ausgetrocknet. Bei der Herstellung des Würfelzuckers sind zwei wesentlich verschiedene Methoden im Gebrauche; bei der einen wird der Zusammenhang der Kristalle durch Pressen (Preßwürfel), bei der andern durch Zusammenwachsenlassen (gewachsene Würfel) hergestellt. Bei der Herstellung der Preßwürfel wird die Füllmasse in der Zentrifuge mittels der Dampidecke „abgedeckt“ und passiert alsdann eine Zuckerreibe, in der alle Klumpen zerdrückt werden. In diesem Zustand wird die Masse zwischen Messingplatten zu Tafeln von 24 mm Dicke und 140 mm Länge und Breite von beliebig dichten Schluße gepreßt, welche nach dem Trocknen von einer Brechmaschine zunächst in Längsstreifen gebrochen und alsdann von der sogenannten Knipsmaschine vollends in Würfel gehackt werden. Bei der Herstellung der gewachsenen Würfel wird die auf ein feines Meliskorn gekochte Füllmasse in Plattenformen gegossen, gedeckt, zentrifugiert, getrocknet gefäht und in Würfel zerhackt.

Aus dem bei der Konfiszuckerfabrikation entstehenden Nebenprodukt, dem Grünfirup, wird in der Regel durch Verkochen auf Korn ein zweites Produkt, der sogenannte gelbe Farin, hergestellt, der in gemahlenem Zustand unter dem Namen weißer Farin auf den Markt kommt.

Es sei hier noch erwähnt der Kandis, ebenfalls ein raffinierter, aber in sehr großen Kristallen gewonnener Zucker; man unterscheidet weißen, gelben und braunen Kandis. Er spielt auf dem Zuckermarkt nur eine Nebenrolle.

Die Melasse ist die letzte Mutterlauge von den Zuckerkrystallisationen und ist infolge ihres hohen Gehaltes an Nichtzuckerstoffen nicht mehr direkt krystallisationsfähig. Bei einem mittleren Reinheitsquotienten von ca. 64 ist die Zusammensetzung einer Melasse ungefähr im Mittel (nach [1]) folgende: Wasser ca. 20%, Trockensubstanz ca. 78%, Zucker ca. 50%, Nichtzucker ca. 25%, Asche ca. 10%, Stickstoff ca. 1,6%. Verwendung findet die Melasse zum Teil in der Spiritusbrennerei, wo der in ihr noch enthaltene Zucker zu Alkohol vergoren wird. Weitere Wege zu ihrer Verwendung bieten sich in der meist angewendeten weiteren Entzuckerung und in der Verwendung als Viehfutter.

Die weitere Entzuckerung der Melasse geschieht in der Regel in besonderen, meist von den Zuckerfabriken getrennten, selbständigen Melasseentzuckerungsanstalten. Die Methoden, die zur Entzuckerung Anwendung finden, sind folgende: 1. Die Osmose (s. d.), bei welcher die die weitere Kristallisation des Zuckers verhindernden Nichtzuckerstoffe durch Dialyse (s. d.) aus der Melasse entfernt werden. — 2. Die Entzuckerung mittels Kalk; hierbei wird der Zucker durch Zusatz von gebranntem Kalk aus der Melasse als eine chemische Zuckerkalkverbindung, das Tricalciumlactat, ausgefällt. Speziell findet hierbei das sogenannte Steffenfische Ausscheidungsverfahren Anwendung; dasselbe beruht auf der Tatsache, daß man imstande ist, aus einer verdünnten, auf ca. 15° C. abgekühlten Lösung von Monocalciumlactat fast die Gesamtmenge des Zuckers als Tricalciumlactat auszufällen, indem man der Lösung unter ständiger Kühlung nach und nach in kleinen Portionen feingepulverten gebrannten Kalk zusetzt. — 3. Die Strontianentzuckerung, wobei der Zucker als Disstrontiumlactat gefällt wird. — 4. Das Barytverfahren, bei dem der Zucker in Verbindung mit Bleioxyd ausgefällt wird. — Die bei den Verfahren Nr. 2–5 erhaltenen Saccharate werden alsdann durch Einleiten von Kohlenensäure wieder in Zucker und die entsprechenden kohlensauren Salze gespalten und diese letzteren wieder für sich durch Weiterverarbeitung aufs neue nutzbar gemacht. — Was die Verwertung der Melasse als Futtermittel anbelangt, so wird sie in der Regel mit indifferenten Stoffen wie Torfmehl, Moos oder auch mit andern Futtermitteln wie Hackfel, Trebern, Baumwollsaamenmehl u. f. w. vermischt, in welchen Formen sie ein bequemes dosiertes, wegen seines Zuckergehaltes wertvolles Malfutter vorstellt.

Es sei zum Schluß noch kurz auf die große Menge der in Zuckerfabriken anfallenden, meist leicht faulenden und daher lästigen Abwässer hingewiesen, deren Beseitigung und Reinigung recht viele Schwierigkeiten bereiten (Näheres s. [1]).

Literatur: [1] Rümpler, A., Handbuch der Zuckerfabrikation, Braunschweig 1906. — [2] Stammer, Lehrbuch der Zuckerfabrikation, Braunschweig 1895. — [3] Stohmann, Handbuch der Zuckerfabrikation, Berlin 1899. — [4] Knauer, F., Der Rübenbau, 9. Aufl., Berlin 1906. — [5] Vanha und Stocklafa, Die Rübenmattoden, Berlin 1896. — [6] v. Lippmann, Die Chemie der Zuckerarten, 2. Aufl., Braunschweig 1904. — [7] Rümpler, A., Die Nichtzuckerstoffe der Rüben, Braunschweig 1898. — [8] Zeitschr. d. Ver. f. Rübenzuckerindustrie des Deutschen Reichs 1885 u. f. w. — [9] Stammer, K., Jahresberichte über die Untersuchungen und Fortschritte auf dem Gesamtgebiete der Zuckerfabrikation, Braunschweig 1906 u. f. w.

Mezger.

Zuckerfäure, Handelsname für Oxalfäure (f. d.).

Zündung, f. Bohr- und Sprengarbeit, Bd. 2, S. 219, Geleucht, Initialzündungen, Munition und Seeminen.

Zündwaren, im allgemeinen alle Erzeugnisse zur raschen Herstellung von Feuer, speziell die im Gebrauch befindlichen, nach Reiben an rauen oder chemisch präparierten Flächen anbrennenden Wachskerzen, Papierzünder, Streichhölzer u. f. w. (vgl. a. Feuerzeug, pneumatisches, Initialzündungen, Platinf Feuerzeug, Tauchfeuerzeug).

Die mit Zündkopf versehenen Wachskerzen und die Papierzünder (Papierröllchen und flache Kartonschnitzel) werden nur in geringen Mengen verbraucht. Bei den Wachskerzen (Wachszündhölzern) vereinigt man mehrere Baumwollfäden durch eine Spulmaschine zu einem Strang, zieht diesen durch geschmolzenes Wachs und nach dem Erstarren des letzteren durch Ziehheilen; sodann werden die von dem Strang abgeteilten Stücke in Zündmasse getaucht. Papierröllchen werden auf besonderen Maschinen [1] aus Papierstreifen gewickelt, paraffiniert, gewachst, poliert und in Zündmasse eingetunkt. Kartonschnitzel (Sicherheitszündpännchen) werden auch paraffiniert, fünf Blatt zu je zehn Zündern am unteren Ende verklebt und da so erhaltene Paketchen ebenfalls mit dem unteren Ende in einen Pappeumschlag durch Kleben befestigt, dessen untere Enden dann übereinander greifen. Letztere sind mit einer Reibfläche versehen. Das Entzünden der abgerissenen Streifen erfolgt so, daß man den Kopf des Zünders zwischen die Reibflächen bringt, etwas andrückt und dann den Zünder herauszieht. Natriumfeuerzeuge (Zündhölzer, deren eines Ende in eine geschmolzene Mischung von metallischem Natrium mit Paraffin u. f. w. getaucht war und sich beim Reiben auf einem feuchten Schwamm entzünden sollte) haben sich als durchaus unpraktisch erwiesen. — Die am meisten im Gebrauch befindlichen Zündwaren, die Zündhölzer, bestehen aus kurzen Stäbchen von dünnem Holzdraht, an deren einem Ende sich ein sogenannter Zündkopf befindet, der durch Anreiben an jeder trockenen, rauen Fläche oder an Zündflächen von bestimmter chemischer Beschaffenheit Feuer fängt und daselbe dem Holze mitteilt (Schwefelhölzer, Streichhölzer, Zündhölzer). Bei den Schwefelhölzern wird ein Ende geschwefelt und dann entweder mit einem Zündkopf aus chlorfauerm Kali und Schwefelantimon (Congrewefche Streichhölzer) oder einer Masse mit Phosphorzusatz (an Stelle von Schwefelantimon, sogenannte Phosphorfreihölzer) versehen. — Glimmpäne haben ähnliche Zündköpfe; der Holzdraht ist bei diesen mit Salpeter getränkt und glimmt fort. Alle diese Zündhölzer sind an jeder trockenen Reibfläche entzündbar. — Die sogenannten Antiphosphorhölzer (wenig mehr im Gebrauch) haben diese Eigenschaft nicht mehr; sie werden an dem einen Ende mit Zündmasse aus amorphem Phosphor, an dem andern mit Reibmasse versehen, beim Gebrauch zerbrochen und die Enden behufs Entzündung aneinander gerieben. Sogenannte Sturmhölzer und bengalische Zündhölzer werden bis zu einem Drittel ihrer Länge in besondere Massen getunkt (f. unten). — Die mannigfachen Nachteile, welche die Herstellung Phosphor enthaltender Zündköpfe im Gefolge hat, wie Krankheiten der Arbeiter (Phosphornekrose) und Feuergefährlichkeit, führten zum Verbot der Phosphorzündwaren (Deutsches Reichsgesetz vom 10. Januar 1903) und zur Herstellung von Zündköpfen ohne Schwefel und Phosphor, zu den mit Paraffin überzogenen sogenannten schwedischen Sicherheitszündhölzern (Schweden), die nur an besonders präparierten, an den Zündholzschachteln angeklebten Streifen angehen und heutzutage am meisten im Gebrauch sind. — Die Fabrikation der Zündhölzer ist eine sehr bedeutende Industrie geworden (zurzeit werden allein im Deutschen Reich jährlich $2\frac{1}{4}$ Milliarden Schachteln Schweden zu je 60 Hölzchen verbraucht) und erfolgt fast ohne Ausnahme in großen Betrieben; sie zerfällt in die Herstellung des Holzdrahtes, das Polieren, Putzen und Trocknen desselben, das Gleichlegen der abgeschnittenen Stücke, die Bereitung und das Aufbringen der Zündmasse sowie die Fertigstellung der Zündwaren und die Schachtelfabrikation. Metallische Zündmittel f. unter 4.

1. **Die Herstellung des Holzdrahtes und der Hölzchen.** Man benutzt hierzu das Holz von Birken, Eichen, Kiefern und Tannen, Linden, Pappeln, Weiden u. f. w., wobei die möglichst frischen Holzstämmen zunächst in Klötze, entsprechend der sieben- bis zehnfachen Zündholzlänge, zerlegt, mit besonderen Entrindungsmaschinen [2] entrindet und in Bottichen gedämpft oder gekocht werden. Hierauf erfolgt auf sogenannten Schälmaschinen [2] mit einem festen oder seitlich bewegten Messer die Abtrennung eines langen, gleichmäßig starken Holzspans in ganzer Klotzbreite; durch Wechselläder kann die Stärke dieses Spanes genau eingestellt werden. Die Klötze werden dabei bis auf einen Durchmesser von ca. 70 mm abgeschält; der Span wird auf einem ca. 2 m langen Tische abgelagert und kann von der Maschine entweder in ganzer Klotzbreite oder in schmalen Bändern, der Länge eines oder mehrerer Zündhölzer entsprechend, geliefert werden. Ist der Span zu Schachteln bestimmt, so wird er — bei sonst gleichem Arbeitsvorgang — bloß geritzt. Für die Zündhölzer bildet man sodann Spanpakete aus 50–60 Spanlagen, die mittels der Abschlagmaschine [2] in einzelne Hölzchen zerschnitten werden. Die nur für Maschinenbetrieb bestimmten Abschlagvorrichtungen verarbeiten meist Späne von 364 oder 520 mm Breite (sieben- bis zehnfache Zündholzlänge à 52 mm) und kann dabei auch die Teilung der Späne auf normale Zündholzlänge oder beliebige andre Länge durch Schlitzmesser besorgt werden. Bei kleinen Abschlagmaschinen werden in der Regel die Späne schon auf der Schälmaschine auf Zündholzlänge geschnitten; ebenso bei Handbetrieb. Die Spanpakete gelangen bei allen diesen Vorrichtungen in eine Packlade, werden auf der Stirnseite durch geriffelte Walzen erfaßt und mittels eines (durch Sperräder stellbaren) Vorschubes dem Schneidmesser zugeführt, wobei die Breite des Zündholzes beliebig reguliert werden kann. Für Abfallverwertung arbeitet die Seboldsche Zündholzschneidmaschine „Vivax“. Die verschiedenen

Konstruktionen dieser Maschinen, wie Leistungsfähigkeit, Kraftbedarf u. f. w., sind in den unter [2] angegebenen Katalogen nachzusehen. Die mit den Abschlagmaschinen gewonnenen Hölzer haben einen rauen rechteckigen oder quadratischen Querschnitt und lassen sich leicht imprägnieren. Gehobelten Holzdraht stellt man auf besonderen Drahthebemaschinen in runden, ovalen und geriffelten Querschnitten her [2]; das Holz muß trocken und altfrei, kann aber im übrigen Abfallholz sein, wenn es die Breite der Hobeisen (80–100 mm) hat. Zum Abschneiden der bis 1 m langen gehobelten, in Bündel gepackten Holzdrähte auf Zündholzlänge werden Schneidestähle (Abschneideböcke) benutzt, von welchen die abgeschnittenen Hölzer mit einem Griff in Pakete geordnet in die Einlegekästchen gebracht werden können [2].

Vor Weiterverarbeitung des Holzdrahtes muß derselbe getrocknet werden, was im Großbetriebe in besonderen Trockenschränken [2] geschieht. Das sogenannte Polieren des rauen Holzdrahtes erfolgt in Poliertrommeln (f. [2] und Bd. 7, S. 172), die halb gefüllt und dann gedreht werden, wodurch sich die Hölzchen aneinander reiben und Glanz erhalten. Um zu kurze, zu schwache oder zu dicke Hölzchen und Splitter abzuscheiden, sind Holzdrahtputzmaschinen im Gebrauch [2], die im wesentlichen aus einem schräg angeordneten eisernen Gestell bestehen, auf welchem ein 2–3 m langer, in Schwingen gelagerter Schüttelrost (Reif-, Rüttelmaschine) angebracht ist, der durch Exzenter bewegt wird. Je nach der Zündholzlänge besteht der Schüttelrost aus hölzernen Quer- und Längsläben, wobei die Querläbe durch treppenförmige Anordnung das Vorwärtsgleiten der Hölzchen bewirken. Beim Rütteln fallen die minderwertigen Hölzchen und die Splitter zwischen den Stäben durch. — Das Gleichlegen der Hölzer erfolgt entweder von Hand auf einem glatten Brett, auf welchem ein durch Längs- und Querwände in oben und unten offene Fächer geteilter Kasten befestigt ist, in welchen sich die Hölzer durch Rütteln ordnen lassen oder durch Gleichlegmaschinen [2]. Bei letzteren ist auf einem Schwingrahmen ein Holzrahmen befestigt, in welchen die Hölzer nach Rütteln durch Exzenter gleichlegen; unter jedem der Fächer befinden sich längliche kleine Öffnungen, durch welche beim Rütteln ein nochmaliges Putzen der Hölzer stattfindet.

2. Das Fertigstellen der Zündhölzer. Jedes Zündholz wird mindestens an dem einen Ende (neuerdings auch an zwei Enden) mit Zündmasse versehen. Leicht entzündliche, die Verbrennung der Hölzer einleitende Substanzen, die als Ueberträger der Flamme auf das Holz dienen, sind hauptsächlich Paraffin, Stearinsäure u. f. w. Sauerstoff liefernde Substanzen sind das Kaliumchromat, Kaliumnitrat, Kaliumbichromat, Baryumnitrat, Strontiumnitrat, Mennige und Braunstein. Als Füllstoffe werden Eisenoxyd, Schwefelkies, Graupießganz, Glaspulver, Kieselgur, Quarzmehl, Bimssteinpulver, Zinkweiß, Kienruß, Kreide u. f. w. benutzt. Als Bindemittel kommt Leim, Stärke, Dextrin und Gummi zur Anwendung. Zur Färbung dienen hauptsächlich Anilinfarbstoffe. Zur Herstellung von Zündkerzen wird dem gewöhnlichen Wachs (f. d.) Carnaubawachs zugesetzt, um das Weichwerden und Zusammenkleben zu verhindern. — Alle zur Herstellung von Zündmassen benutzten Materialien müssen fein gepulvert und häufiger gemischt werden. Die Gemenge werden mit Wasser zu einem Brei angerührt und gehen durch eine Maffenmühle (vgl. [2] und Farbenreibmaschine). Im Gebrauche sind heute im wesentlichen Sicherheitszündmassen und phosphorfreie, auf jeder Reibfläche entzündbare Massen.

Die phosphorfreien sogenannten Sicherheitsmassen sind Gemische aus brennbaren Stoffen (besonders Schwefel) und Sauerstoff abgebenden Körpern nebst dem erforderlichen Kleb- und Füllstoff; sie entzündet sich nur an besonderen Reibflächen, deren Hauptbestandteile amorpher Phosphor und Schwefelantimon sind. Für braune Hölzchen verwendet man unter anderm folgende in Gewichtsteilen angegebene Zündmasse: 150 Teile Senegalgummi, gelöst in 200 Teilen Wasser und 20 Teilen Tragant, aufgeweicht in 300 Teilen Wasser, werden gekocht und 1000 Teile Kaliumchlorat eingebracht. Dann werden geseiht und gemischt: 125 Teile Kaliumbichromat, 30 Teile Schwefelblumen, 33 Teile Schwefelantimon, 50 Teile Kolophonium, 200 Teile Mennige, 100 Teile Terra di Siena oder Umbra, 100 Teile Glas- oder Bimssteinpulver, und mit 150 Teilen heißem Wasser in die Gummilösung eingebracht. Zur Anstrichmasse der Reibfläche weicht man 400 Teile Dextrin in 400 Teilen Wasser auf (24 Stunden), kocht es und mischt der erkalteten Masse 1000 Teile amorphen Phosphor, der mit 2000 Teilen Wasser angerührt und von überschüssigem Wasser befreit wurde, bei. In die Mischung werden noch 200 Teile Kreide, 300 Teile Umbra und 1000 Teile Schwefelantimon zugegeben und das Ganze möglichst fein gemahlen. Andre Mischungen f. [1] und [3].

Für phosphorfreie, überall entzündbare Massen bestehen eine größere Anzahl von Rezepten. Genannt seien:

a) Die Schwieningsche Masse nach D.R.P. Nr. 86203, das vom Deutschen Reich zum Zwecke der Freigabe seiner Benutzung angekauft und den deutschen Zündholzfabrikanten zur Verfügung gestellt wurde (ohne daß diese dafür dankbar gewesen sind). Diese Masse besteht, in nachträglich verbesserter Form, aus einem Gemenge von amorphem Phosphor, Calciumplumbat, Reibmittel (Glaspulver u. f. w.), Bindemittel (Leim u. f. w.) und Farbstoff. Die Urteile über die Güte dieser Masse gehen weit auseinander.

b) Die Sévène und Cahen'sche (sogenannte S- und C-) Masse, enthaltend Phosphoresquifid (das nicht giftig ist, wie weißer oder gelber Phosphor), Kaliumchlorat, Zinkweiß, Leim, Glaspulver und Öcker (D.R.P. Nr. 101736). Diese Masse spielt namentlich in Frankreich, doch auch anderweitig eine große Rolle.

c) Die Sulfocuprobaryumthionat enthaltenden Massen (D.R.P. Nr. 157424, von Gans).

d) Die Sulfophosphitmasse der Chemischen Fabrik Griesheim-Elektron.

An den Sturmzündhölzern ist außer der Zündmasse ein leicht brennbarer Satz befestigt, wie ein solcher beispielsweise durch Mengen von Kaliumchlorat, Cascarillrinde, Terra

di Siena, gebrannten Gips, Zucker und amorphen Phosphor unter Zusatz von Bindemitteln erhalten werden kann.

Vor dem Paraffinieren der Zündhölzer müssen sie vorgewärmt werden; dann erst erfolgt die Weiterbehandlung auf dem fogenannten Paraffinierherde, wobei die Paraffinierplatte an dem der Feuerung entgegengesetzten Ende des Herdes liegt. Das Maffieren, d. h. das Verfehen der Hölzchen mit Zündmasse, erfolgte anfangs durch Tunken jedes einzelnen Holzes oder von Holzdrahtbüfcheln (Büfchelware); neuerdings geschieht es mit Hilfe von Einlegerahmen (Tunkrahmen), in welche die Hölzchen mit Einlegemaschinen reihenweise eingeordnet, in fahrbare Rahmenländer gebracht und auf diesen nach den Tunkvorrichtungen (Maffiermaschinen) hin und zurück nach den Trockenvorrichtungen befördert werden. Die Tunkplatten (mit und ohne Heizvorrichtung) erhalten gehobelte rechteckige Tunkflächen und sind auf allen Seiten von breiten Rinnen umgeben, die zur Aufnahme von Zündmasse dienen; letztere wird durch ein Abstreichlineal auf gleichmäßige Stärke über der Tunkfläche eingefellt. Außerdem werden Tunkmaschinen mit drehbarem Tisch verwendet, der gleichmäßig mit Zündmasse belegt ist; die Rahmen werden nacheinander aufgelegt und einer konischen, mit Gummimantel versehenen Druckwalze zugeführt, welche jedes Hölzchen gleich tief in die Zündmasse eintunkt. Die fogenannten Walzentunkmaschinen arbeiten mit einem im Wasserbad sitzenden Massebehälter, aus dem sich eine Walze am ganzen Umfang gleichmäßig mit Masse bedeckt, deren Höhe durch ein Abstreichlineal geregelt wird; die Tunkwalze geht sodann über die in den Einlegerahmen befindlichen Hölzer, die durch eine zweite Walze angedrückt werden [2]. Nach dem Maffieren müssen die Hölzer getrocknet werden, was auf besonderen, in Kammern angeordneten rollbaren Gestellen geschieht; jede Kammer muß seitlich leicht zugänglich sein, um eventuell entzündete Rahmen rasch herausnehmen zu können. Bei Phosphorhölzern werden schließlich die Köpfe noch metallisiert oder lackiert, d. h. mit einer dünnen Schicht von Bleifulfid oder Firnis überzogen [1], [3]. Bei den schwedischen Zündhölzern ist die Prozedur ähnlich; der Holzdraht wird jedoch hier vielfach vor der Weiterverarbeitung in eine Lösung von 200 l Wasser, 2 kg Phosphorsäure und 1,5 kg Ammoniumphosphat gebracht, wodurch das Nachglimmen verhütet werden soll. Früher wurden die getrockneten Zündhölzer von Hand den Tunkrahmen entnommen und in Schachteln gefüllt; in neuerer Zeit werden hierzu die fogenannten Auslegemaschinen [2] benutzt, welche aus einem Gefelle bestehen, auf dem ein Schüttelkasten ruht, der die zu entleerenden Tunkrahmen aufnimmt, durch Räder bewegt werden kann und eine große Anzahl kleiner Fächer enthält, in welche die Hölzchen fallen, um dem Reservoir einer Schachtelfüllmaschine zugeführt zu werden.

In neuester Zeit werden automatische Zündholzmaschinen (vgl. a. die D.R.P. Nr. 137 487 und 154 972) hergestellt, welche in ununterbrochenem Arbeitsgange die Zündhölzchen einlegen, paraffinieren, schwefeln, tunken (maffieren), trocknen und in Schachteln füllen, d. h. alle feither unter 2. beschriebenen Herstellungsarbeiten besorgen. Diese Automaten haben sich bewährt und in die größeren Fabriken eingeführt; wir verweisen auf [2].

3. Die Herstellung der Zündholzschachteln sowie das Etikettieren, die Zusammenstellung in Pakete u. f. w. erfolgt ebenfalls maschinell; die Späne kommen zunächst auf Schachtelspanteilmaschinen, auf welchen sie in jene Form gebracht werden, die man zur Erzeugung der runden und ovalen Büfchen bzw. der Schiebeschachteln (Schwedenschruppen) braucht. Die umfassenden Einrichtungen, mittels welcher die Weiterbehandlung erfolgt, wollen in [2] nachgesehen werden.

4. Metallische Zündmittel. Einzelne Legierungen der Metalle der Ceritgruppe, namentlich die Legierungen des Cers mit Eisen, geben, wie Auer von Welsbach (D.R.P. Nr. 154 807) zuerst festgestellt hat, beim Reiben mit harten Körpern Späne, die sich an der Luft sofort von selbst entzünden und unter lebhafter Oxydbildung verbrennen. Beim Ritzen mit einer Feile oder mit einer Messerklinge entstehen Funken- oder selbst Flammengarben von beträchtlicher Größe. Von diesem Verhalten der pyrophoren Cer-Eisenlegierungen macht man neuerdings auch Gebrauch, um leicht entflammare Flüssigkeiten wie Methyl- und Äthylalkohol oder auch brennbare Gase oder explosive Gasgemenge zu entzünden, und hat sich hierfür insbesondere das von den Treibacher Chemischen Werken in Treibach sowie von der Pyrophor-Metallgesellschaft A.-G. in Cöln in den Handel gebrachte „Auermetall“, das außer Cer noch ca. 30 % Eisen enthält, brauchbar erwiesen. Da das Auermetall heute zu billigem Preis erhältlich ist (ca. 30 M pro 100 kg) und da 1 g dieser Legierung für mehrere tausend Zündungen ausreicht, so werden Zündvorrichtungen dieser Art neuerdings vielfach, namentlich für Gruben-sicherheitslampen (D.R.P. Nr. 212 255), für Fahrrad- und Automobilaternen, für Motoren- und Sprengpatronenzündung u. f. w. benutzt. Zwecks Erzielung besonders glänzender Effekte stellt man auch Cer-Eisenlegierungen her, welche einige Prozent Aluminium oder Zink oder Oxyde von Erd- bzw. Schwermetallen enthalten. Nach dem D.R.P. Nr. 215 695 sollen sich unter bestimmten Voraussetzungen auch Legierungen des Antimons mit Leichtmetallen und Eisen als Pyrophore verwenden lassen.

Literatur: [1] Stricker, Die Feuerzeuge, Berlin 1874; Kellner, Handbuch der Zündwarenfabrikation, Wien 1886; Freitag, Die Zündwarenfabrikation, 2. Aufl., Wien 1887; Jettel, Die Zündwarenfabrikation nach dem heutigen Standpunkte, Wien 1907. — [2] Badische Maschinenfabrik Durlach (vorm. G. Sebold), Katalog über Maschinen zur Zündholzfabrikation; A. Roller-Berlin N. 20, Prinzenallee 24, Katalog über Zündholz- und Zündholzschachtelmaschinen, 6. Aufl., 1905. — [3] Zeitschr. für Zündwarenfabrikation (Jettel, Garmisch); Mufpratt, Chemie, 4. Aufl., Artikel Zündmittel. — [4] Häußermann, C., Sprengstoffe und Zündwaren, Stuttgart 1894. — [5] Monographies industrielles: Fabrication des explosifs et industries connexes; Fabrication des Allumettes, Brüssel 1909. — [6] Weiß, Zeitschr. f. Elektrochemie, 14, S. 549, Fattinger, Chem.-Ztg. 1909, S. 1113; Oesterr. Zeitschr. f. Berg- u. Hüttenwesen, 57, S. 219.

Häußermann.

Zug, Zugkraft, f. Druck, Druckkraft, Bd. 3, S. 111.

Zug (Eisenbahnzug), f. Eisenbahnbetrieb, Eisenbahnverkehr.

Zugbrücke, f. Brücken, bewegliche.

Zugdiagonalen, f. Gegendiagonalen, Bd. 4, S. 341.

Zugelastizität wird die Elastizität (f. d.) gegen Beanspruchungen auf Zug (Bd. 3, S. 392, 711) genannt. Bei Versuchen in dieser Hinsicht pflegen prismatische Körper (Stäbe, Würfel) allmählich wachsenden Kräften P parallel ihrer Achse und möglichst gleichmäßig verteilt auf die Endquerschnitte ausgesetzt zu werden (Näheres bezüglich der Versuchsanordnung f. Zugversuch und [22], S. 39, [35], S. 103).

Bezeichnen F die ursprüngliche Länge (Fig. 1), F den ursprünglichen Querschnitt, $d\lambda = \frac{d\lambda}{l}$ die elastische Dehnung (Verlängerung pro Längeneinheit von l) durch eine Änderung der Spannung $\sigma = \frac{P}{F}$ (Zug pro Flächeneinheit von F) um $d\sigma$, dann heißt in

$$d\sigma = E d\lambda = E \frac{d\lambda}{l}, \quad dP = EF d\lambda = EF \frac{d\lambda}{l}$$

E der Elastizitätsmodul oder speziell der Zugelastizitätsmodul des Stabs in der Längsrichtung [9], S. 119 (vgl. Elastizitätsmodul, Elastizitätsgesetz, Druckelastizität, Schubelastizität, Torsionselastizität). Derselbe bedeutet also das Verhältnis der Spannungszunahme $d\sigma$ zur Dehnungszunahme $d\lambda$, während $\epsilon = 1/E$ das Verhältnis der Dehnungszunahme $d\lambda$ zur Spannungszunahme $d\sigma$ darstellt. Werden die Spannungen als Ordinaten bei den entsprechenden elastischen Dehnungen als Abszissen angetragen (Fig. 2, vgl. Dehnung) und bezeichnet γ den Neigungswinkel der entstehenden σ -Kurve bei λ, σ , dann hat man $E = \frac{d\sigma}{d\lambda} = \operatorname{tg} \gamma$.

Für manche Materialien, insbesondere für Schweißeisen, Flußeisen und Stahl, ist E innerhalb der gebräuchlichen Beanspruchungen nahezu konstant, womit aus 1.:

$$\sigma = E\lambda = E \frac{\Delta l}{l}, \quad P = EF\lambda = EF \frac{\Delta l}{l},$$

unter Δl die ganze elastische Längenänderung durch die Spannung σ verstanden. Die Grenze $\sigma = p$, bis zu welcher die hierdurch ausgedrückte Proportionalität zwischen σ und λ , d. h. auch zwischen σ und Δl oder zwischen P und λ , Δl besteht, wird Proportionalitätsgrenze genannt, häufig auch Elastizitätsgrenze (f. d.), wenn nämlich angenommen wird, daß unterhalb dieser Grenze nur elastische Längenänderungen in Betracht kommen, oberhalb derselben aber auch erhebliche bleibende Deformationen eintreten. Ueber Beziehungen zwischen Dehnungen λ und Spannungen σ für Fälle, in welchen keine Proportionalität zwischen denselben besteht und also der Elastizitätsmodul E in 1. veränderlich ist, f. Elastizitätsgesetz.

Ueber das Verhalten von Schweißeisen, Flußeisen u. f. w. oberhalb der Proportionalitätsgrenze, insbesondere über die Streckgrenze, Bruchdehnung, Kontraktion f. Dehnung, Bd. 2, S. 693, und Kontraktion, Bd. 5, S. 610, über die Arbeit zur Erzeugung der Formänderungen f. Verschiebungsarbeit und Arbeitskapazität, vgl. Qualitätszahlen. Unter Dehnung sind entsprechende Zahlenwerte mitgeteilt. Wir führen als weitere Beispiele an die Mittelwerte, welche Tetmajer mit Eisen von de Wendel in Hayingen erhielt [15], IV, S. 106, 114, 130, 136:

	Flußeisen	Rundeisen	Stabeisen	Univerfaleisen	Winkelleisen
Elastizitätsmodul	$E = 2144000$		2167000	2173000	2140200 kg pro qcm
Proportionalitätsgrenze	$p = 1980$	1980	1990	2810	2250 " " "
Streckgrenze	$s = 2880$	2880	2580	3360	2760 " " "
Zugfestigkeit	$z = 4340$	4340	4260	4500	4210 " " "
Bruchdehnung auf $l = 10$ cm	$\delta = 32,6$	32,6	34,3	33,2	35,1 ‰
" " $l = 20$ "	$\delta = 24,9$	24,9	27,8	27,1	27,9 ‰
Kontraktion	$c = 63,8$	63,8	59,3	59,5	62,9 ‰
Arbeitskapazität	$\alpha = 1,06$	1,06	1,18	1,22	1,16 cm tn
	Schweißeisen	Rundeisen	Stabeisen	Univerfaleisen	Winkelleisen
Elastizitätsmodul	$E = 1987000$		2011000	2095000	1987000 kg pro qcm
Proportionalitätsgrenze	$p = 1490$	1490	1560	2130	1700 " " "
Streckgrenze	$s = 2420$	2420	2310	2730	2330 " " "
Zugfestigkeit	$z = 3780$	3780	3650	3790	3450 " " "
Bruchdehnung auf $l = 10$ cm	$\delta = 21,2$	21,2	17,9	16,4	12,0 ‰
" " $l = 20$ "	$\delta = 18,6$	18,6	16,0	15,1	10,7 ‰
Kontraktion	$c = 28,7$	28,7	21,4	17,3	12,6 ‰
Arbeitskapazität	$\alpha = 0,70$	0,70	0,60	0,58	0,42 cm tn

Weitere Formeisen, I-Eisen, Zoreisen, Bleche f. [15], IV, S. 138, 181, 187, 194, 202. Ueber den Einfluß verschiedener Beimengungen, mechanischer Behandlung, hoher und niedriger Temperaturen, von Erwärmen und Abkühlen, Härten und Ausglühen, Wechsel von Zug und Druck und mehrfach wiederholter Anstrengungen f. [4], [10], [14], [22], [27], [33]. Bezüglich der Form und Größe der Querschnitte f. [30], [35] und Zugfestigkeit. Für viele Materialien (Gußeisen,



1. Fig. 1.

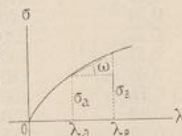


Fig. 2.

2.

zähes Flußeisen, Kupfer, Bronze, Messing, Beton u. f. w.) sind mehrere Wiederholungen der Beanspruchungen nötig, um eine bis zu deren Höhe nicht mehr veränderliche Beziehung zwischen λ und σ zu erreichen [22], S. 217, [35], S. 15, 27, 42 u. f. w.

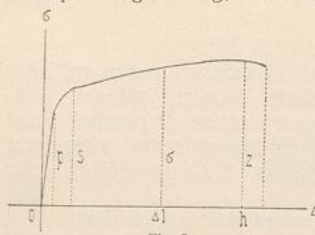


Fig. 3.

Beim Stahl sind die Elastizitäts- und Festigkeitsverhältnisse besonders vom Kohlenstoffgehalt abhängig, doch zeigt sich der Elastizitätsmodul am wenigsten beeinflusst. Wir geben in Tabelle I Resultate, welche Baufischer bei Versuchen mit dem auch in den Artikeln über Druckelastizität, Biegeelastizität, Torsionselastizität, Schubfestigkeit vorgeführten Ternitzer Beffemerstahl erhielt [5]. Die Versuchstücke waren speziell zu diesem Zwecke von gleicher Gattierung, aber verschiedenem Spiegeleisenzufatze hergestellt.

Tabelle I. Ternitzer Beffemerstahl.

Kohlenstoff %	Elastizitäts- modul E kg pro qcm	Elastizitäts- grenze kg pro qcm	Zugfestigkeit z kg pro qcm	z berechnet f. Zugfestigkeit	Bruch- dehnung δ auf 40 cm %	Kontraktion c %
0,14	2 265 000	2950	4430	4435	21,8	49,2
0,19	2 170 000	3310	4785	4510	20,1	41,6
0,46	2 255 000	3450	5330	5270	18,1	30,5
0,51	2 210 000	3405	5600	5480	14,3	25,1
0,54	2 165 000	3490	5560	5620	17,8	32,8
0,55	2 220 000	3300	5650	5665	17,6	27,8
0,57	2 160 000	3310	5605	5765	18,4	30,6
0,66	2 280 000	3745	6295	6245	13,7	19,7
0,78	2 360 000	3750	6470	6995	11,4	19,1
0,80	2 150 000	4005	7230	7134	9,0	14,0
0,87	2 185 000	4290	7335	7640	8,1	16,4
0,96	2 175 000	4870	8305	8340	6,6	10,0

Die angeführten Zahlen wurden mit Stäben von 44 cm freier Länge und 7/1,2 cm Querschnitt erhalten und sind Mittel aus je zwei Versuchen. Die Elastizitätsgrenze ist etwas höher als bei späteren Versuchen Baufischers (wo sie die Proportionalitätsgrenze bedeutet) angenommen, etwa in der Mitte zwischen Proportionalitätsgrenze und Streckgrenze.

Für Gußeisen, Steine, Beton u. f. w. ist der Elastizitätsmodul E in 1. veränderlich, und zwar pflegt er mit wachsender Spannung abzunehmen, so daß die Dehnungen λ schneller als die Spannungen σ wachsen. Wird für solche Fälle anstatt E ein Mittelwert E' eingeführt, welcher von $\sigma=0$ bis $\sigma=\sigma$ die gleiche Dehnung λ bedingt, wie das variable E , so folgt ganz entsprechend 2.:

$$\sigma = E' \lambda = E' \frac{\Delta l}{l}, \quad P = E' F \lambda = E' F \frac{\Delta l}{l}. \quad 3.$$

Für diesen Mittelwert hat man in Fig. 2 $E' = \frac{\sigma}{\lambda} = \tan \psi$. Aus 3. sind beispielsweise nach den in Tabelle II angeführten mittleren Versuchsresultaten Hodgkinsons für Gußeisen von 0 bis σ die Werte von E' der fünften Kolonne berechnet, während sich die Werte der letzten Kolonne ergeben, wenn in 3. anstatt der elastischen die vollständigen Verlängerungen verwendet werden, wie dies früher häufig geschah. Die gewöhnlich zugelassenen σ reichen etwa bis $\sigma=300$ kg. Vielfach nimmt E' für Gußeisen rascher als in Tabelle II ab. Entsprechende Versuchsresultate für Druck f. Bd. 3, S. 118.

Tabelle II. Gußeisen (Fig. 4).

Beanspruchungen σ , kg pro qcm	Verlängerungen in cm pro m			Mittlerer Elastizitäts- modul E' von 0 bis σ kg pro qcm	Mittlerer Verlängerungs- modul E' von 0 bis σ kg pro qcm
	vollständige	bleibende	elastische		
73,955	0,0075	—	—	—	986 070
111,005	0,0114	0,00018	0,01122	989 350	973 730
148,142	0,0155	0,00045	0,01505	984 330	955 760
220,630	0,0239	0,00089	0,02301	958 840	923 140
296,206	0,0326	0,00146	0,03114	951 210	908 610
370,282	0,0416	0,00220	0,03940	939 800	890 100
444,336	0,0511	0,00310	0,05200	925 700	869 540
517,436	0,0611	0,00430	0,05680	910 980	846 870
592,450	0,0715	0,00559	0,06591	898 880	828 600
666,508	0,0828	0,00703	0,07577	879 650	804 960
740,555	0,0946	0,00884	0,08576	863 520	782 830
814,619	0,1068	0,01088	0,09592	849 270	762 750
886,676	0,1206	0,01339	0,10721	827 050	735 220
962,787	0,1392	0,01746	0,12174	790 860	691 660
1039,621	0,1548	0,02007	0,13473	771 630	671 590

Anfang von 0 bis σ kann man auch für andre Intervalle, von Anfangswerten σ_a, λ_a bis zu Endwerten σ_e, λ_e der Größen σ, λ Mittelwerte E' von E einführen, womit aus 1. folgen:

$$\sigma_e - \sigma_a = E' (\lambda_e - \lambda_a), \quad P_e - P_a = E' F (\lambda_e - \lambda_a). \quad 4.$$

Für diesen mittleren Elastizitätsmodul hat man

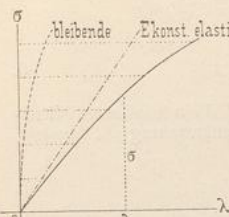


Fig. 4.

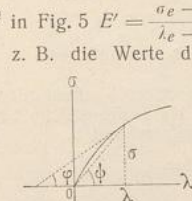


Fig. 5.

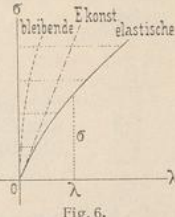


Fig. 6.

in Fig. 5 $E' = \frac{\sigma_e - \sigma_a}{\lambda_e - \lambda_a} = \tan \omega$. Nach 4. sind z. B. die Werte der letzten Kolonne von Tabelle III berechnet, welche Versuchsergebnisse Bachs mit einem Stab von 10,5/14,07 cm Querschnitt aus feinkörnigem blauem Granit von Edelfeld in Bayern wiedergibt, dessen Druckfestigkeit 1006 kg, Biegezugfestigkeit 83 kg, Torsionsfestigkeit 77,6 kg und Zugfestigkeit 45,4 kg waren [20], S. 247. Jede Belastung und volle Entlastung wurde so oft wiederholt, bis keine Änderung der Verlängerungen mehr eintrat.

Tabelle III. Granit (Fig. 6).

Belastung pro qcm σ	Verlängerungen in 1/200 cm auf 50 cm Meßlänge			Mittlerer Elastizitätsmodul E' in kg pro qcm	
	vollständige	bleibende	elastische	von 0 und σ	zw. d. 2 letzt. σ
3,50	1,65	0,22	1,43	146 900	146 900
7,00	4,34	0,52	3,82	109 900	87 900
14,00	11,19	1,58	9,61	87 400	72 500
21,01	19,73	3,13	16,60	75 900	60 200

In Tabelle IV sind Versuchsergebnisse von Winkler [6] mit Kautschuk angeführt, bei welchen in je zwei zusammengehörigen Dehnungen λ auch die elastische Nachwirkung (f. Bd. 3, S. 378) hervortritt. Die E' sind auf Grund der sofort erhaltenen λ berechnet.

Tabelle IV. Kautschuk (Fig. 7).

Belastung kg pro qcm σ	Dehnungen λ		Mittlerer Elastizitätsmodul E' kg pro qcm	
	sofort	nach einiger Zeit	von 0 bis σ	zwischen d. 2 letzt. σ
0,5	0,046	0,052	10,87	10,87
1	0,121	0,137	8,26	6,67
1,5	0,207	0,264	7,25	5,81
2	0,316	0,396	6,33	4,59
3	0,548	0,698	5,47	4,31
4	0,859	1,135	4,66	3,22
5	1,309	1,572	3,82	2,22
6	1,794	2,110	3,34	2,06

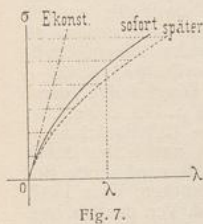


Fig. 7.

Bei Beton kommt für die Elastizität und Festigkeit sowohl der Wasserzuzatz wie das Alter in Betracht. Versuche in der Materialprüfungsanstalt Stuttgart, [38], S. 27, mit Probekörpern aus 1 Teil Mannheimer Zement und 3—4 Teilen Rheinfand und -kies, 80—90 Tage alt, ergaben die Elastizitätsmoduln für Zug und Druck und die Zugfestigkeit bei 8% Wasserzuzatz durchgängig größer als bei 14%. Den Einfluß des Alters auf den Zugelastizitätsmodul bei Probekörpern der Zusammenfassung 1:3 mit 14% Wasserzuzatz läßt Tabelle V erkennen. Die λ, E' des 3 Monate alten Betons sind Mittel aus je drei Versuchen, die λ, E' des 2 Jahre alten Betons wurden für je einen Probekörper erhalten.

Tabelle V. Beton.

Beanspruchung kg pro qcm	3 Monate alt			2 Jahre alt		
	Dehnung $\lambda = \frac{\Delta l}{l}$	E' von 0 bis σ	E' zwischen den 2 letzten σ	Dehnung $\lambda = \frac{\Delta l}{l}$	E' von 0 bis σ	E' zwischen den 2 letzten σ
1,6	0,000007	230 000	230 000	0,0000047	340 000	340 000
3,1	0,000015	207 000	188 000	0,0000098	316 000	294 000
4,6	0,000023	200 000	187 000	0,0000148	311 000	300 000
6,2	0,000032	194 000	178 000	0,0000200	310 000	308 000
7,7	0,000044	175 000	125 000	0,0000250	308 000	300 000
9,2				0,0000303	303 000	283 000
10,8				0,0000355	303 000	308 000
12,3				0,0000408	301 000	283 000
13,8				0,0000462	298 000	278 000

Die obigen Gleichungen setzen konstanten Querschnitt F voraus. Ist der letztere veränderlich, d. h. im allgemeinen nur auf eine Länge dx konstant (Fig. 8), dann gilt nach 1. für diese Länge: $d\sigma = E d(d\lambda) = E \frac{d(dx)}{dx}$, $dP = EF d(dx) = EF \frac{d(dx)}{dx}$, 5.

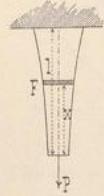


Fig. 8.

womit für den ganzen Stab an Stelle von 2. tritt:

$$\Delta l = \int_0^l \frac{dx}{F} \int_0^P \frac{dP}{E} \quad 6.$$

Ist E innerhalb der Beanspruchungsgrenzen konstant oder wird ein konstanter Mittelwert E eingeführt, welcher von 0 bis P die gleiche Längenänderung Δl bewirkt, wie das variable E , so liefert 6. entsprechend 2.:

$$\Delta l = \frac{P}{E} \int_0^l \frac{dx}{F} \quad 7.$$

Soll bei vertikalem Stabe das Eigengewicht berücksichtigt werden, so hat man in 5. und 6. $d(P+G)$ und $P+G$ an Stelle von dP und P zu setzen, unter G das Eigengewicht vom Querschnitt F bis zu dem durch P ergriffenen freien Ende verstanden, während an Stelle von 7. tritt:

$$\Delta l = \frac{1}{E} \int_0^l \frac{P+G}{F} dx \quad 8.$$

Diese Formel liefert z. B. für Körper von gleichem Widerstande (Bd. 5, S. 540) wegen konstantem $\sigma = \frac{P+G}{F}$:

$$\Delta l = \lambda l = \frac{\sigma}{E} l \quad 9.$$

Kommt die Kraft P nicht, wie oben angenommen, allmählich anwachsend, sondern für den ganzen Stab sofort mit vollem Werte zur Wirkung, so entsteht zunächst eine größere Verlängerung, als oben ausgedrückt (bei konstanten E, F theoretisch eine doppelt so große als nach 3.), worauf Schwingungen um die Gleichgewichtslage stattfinden, welche infolge Abgabe lebendiger Kraft nach außen, Umwandlung in Wärme u. f. w. rasch abnehmen, bis die den obigen Längenänderungen $\Delta l, \lambda$ entsprechende Gleichgewichtslage erreicht ist (f. [9] Aufg. S. 75, 254, 277).

Literatur: [1] Morin, Résistance des matériaux, Paris 1853, S. 1. — [2] Winkler, Die Elastizitäts- und Festigkeitskoeffizienten, Civilingenieur 1862, S. 405. — [3] Derf., Die Lehre von der Elastizität und Festigkeit, Prag 1867, S. 37. — [4] v. Kaven, Kollektaneen über einige zum Brückenbau verwendete Materialien: Schmiedeeisen, Stahl und Gußeisen, Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1868, S. 433. — [5] Baufchinger, Versuche über die Festigkeit des Bismutblechs von verschiedenem Kohlenstoffgehalt, Mitt. aus d. mech.-techn. Laboratorium zu München, Heft III, 1874. — [6] Winkler, Deformationsversuche mit Kautschukmodellen, Civilingenieur 1878, S. 81. — [7] Grashof, Theorie der Elastizität und Festigkeit, Berlin 1878, S. 42. — [8] Fischer, Ueber Deutung und Genauigkeit von Festigkeitsdiagrammen, Dingl. Polyt. Journ. 1884, Bd. 251, S. 337, 385. — [9] Weyrauch, Theorie elast. Körper, Leipzig 1884, S. 119, 210 u. f. w. (auch Aufgaben dazu, Leipzig 1885, S. 75, 121, 254, 257, 277 u. f. w.). — [10] Baufchinger, Ueber die Veränderung der Elastizitätsgrenze und der Festigkeit des Eisens und Stahls durch Strecken und Quetschen, durch Erwärmen und Abkühlen und durch oftmals wiederholte Beanspruchung, Münchener Mitteil. XIII, 1886. — [11] Winkler, Die hölzernen Brücken, Wien 1887, S. 13. — [12] Bach, Elastizität von Treibriemen und Treibeilen, Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1887, S. 221, 241. — [13] Baufchinger, Versuche über die Elastizität und Festigkeit von Treibriemen, Seilen und Ketten, Münchener Mitteil. XVII, 1888. — [14] Weyrauch, Die Festigkeitseigenschaften und Methoden der Dimensionenberechnung von Eisen- und Stahlkonstruktionen, Leipzig 1889. — [15] Tetmajer, Methoden und Resultate der Prüfung der Festigkeitsverhältnisse des Eisens und anderer Metalle, Mitteil. d. Anstalt zur Prüfung von Baumaterialien in Zürich, IV, 1890, S. 30, 105, 244, 285; IX, 1900, S. 31, 72, 126, 170. — [16] Undeutsch, Spannungen aufgehängter prismatischer Körper, hervorgerufen durch statische und dynamische Einwirkungen, Freiberg 1892 (auch Oefferr. Zeitschr. f. Berg- u. Hüttenwesen 1892). — [17] Rudeloff, Untersuchungen von Treibriemen auf Elastizität und Festigkeit, Mitteil. d. Versuchsanstalten in Berlin 1892, X, S. 255; 1893, XI, S. 4. — [18] Hartig, Der Elastizitätsmodul des geraden Stabs als Funktion der elastischen Dehnung, Civilingenieur 1893, S. 123, 135, 319. — [19] Derf., Das elastische Verhalten der Mörtel- und Mörtelbindematerialien, Civilingenieur 1893, S. 435; 1894, S. 717. — [20] Bach, Untersuchung von Granit in bezug auf Zug-, Druck-, Biege- und Schubfestigkeit sowie in Hinsicht auf Zug-, Druck- und Biegeelastizität; Allgemeines Gesetz der elastischen Dehnungen, Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1897, S. 241 (f. a. 1898, S. 78, 516; 1902, S. 25). — [21] Schüle, Ueber das Gesetz der elastischen Längenänderung prismatischer Körper durch Zug und Druck, ebend. 1898, S. 855 (f. a. 1902, S. 1512, 1840; 1903, S. 1014). — [22] Martens, Handbuch der Materialienkunde für den Maschinenbau, Berlin 1898, S. 17. — [23] Bach, Ermittlung der Zug- und Druckelastizität an dem gleichen Versuchskörper, Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1898, S. 35. — [24] Foeppel, Vorlesungen über technische Mechanik, III. Festigkeitslehre, Leipzig 1900, S. 6, 39. — [25] Bach, Versuche über das Arbeitsvermögen und die Elastizität von Gußeisen mit hoher Zugfestigkeit, Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1900, S. 409 (f. a. 1901, S. 108, und bezüglich Hartguß 1899, S. 857). — [26] Derf., Zur Frage der Proportionalität zwischen Dehnungen und Spannungen beim Sandstein, ebend. 1900, S. 1169. — [27] Schäfer, Ueber den Einfluß der Temperatur auf die Elastizität der Metalle, „Stahl und Eisen“ 1900, S. 1024 (f. a. Literatur zu Zugfestigkeit). — [28] Thomas, Der longitudinale Elastizitätskoeffizient bei Zimmertemperatur und bei höheren

Temperaturen, Annalen d. Physik 1900, I, S. 232. — [29] Handbuch der Ingenieurwissenschaften, II. Der Brückenbau, 2. Abt., Leipzig 1901, S. 66 (Der Baustoff und seine Widerstände von Brik). — [30] Meyer, O., Ueber den Einfluß der Form und Dimension der Probestäbe auf die Ergebnisse der Zugversuche, Mitteil. d. technol. Gewerbemuseums in Wien, 1902, S. 91 (Resultate S. 132). — [31] Bach, Die Elastizitäts- und Festigkeitseigenschaften der Eisenorten (Schweißstähle, Flußstähle, Flußstahl, Gußeisen), für welche nach dem der Veröffentlichung vorhergehenden Aufsatz die Ausdehnung durch die Wärme ermittelt worden ist, Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1902, S. 1536. — [32] Chwolson, Lehrbuch der Physik, I, Braunschweig 1902, S. 700. — [33] Tetmajer, Die angewandte Elastizitäts- und Festigkeitslehre, Leipzig und Wien 1904, S. 8, 184. — [34] Bach, Zum Begriff Streckgrenze, Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1904, S. 1040; 1905, S. 615. — [35] Derf., Elastizität und Festigkeit, Berlin 1905, S. 1, 91. — [36] Keck-Hotop, Vorträge über Elastizitätslehre, I, Hannover 1905, S. 49. — [37] Willner, Lehrbuch der Experimentalphysik, I, Leipzig 1907, S. 218. — [38] Mörfch, Der Eisenbetonbau, Stuttgart 1908, S. 25. — S. a. Zugfestigkeit. Zug, exzentrischer, Körper von gleichem Widerstande, Elastizitätsgesetz, Elastizitätsmodul, Elastizitätsquotient, Elastizitätsgrenze, Elastische Nachwirkung, Elastizitäts- und Festigkeitslehre u. f. w. Weyrauch.

Zugentgleifung, -eingleifung, f. Leitbahnen, Schutzbahnen.

Zug, exzentrischer. Bei Behandlung desselben hat man besonders die Verhältnisse eingespannter Füllungsglieder von Fachwerkträgern (Bd. 3, S. 533) und sonstiger prismatischer Stäbe im Auge, deren Biegung durch außerhalb der Stabachse wirkende Zugkräfte nicht vernachlässigt werden darf; vgl. Druck, exzentrischer, Bd. 3, S. 112, und Nebenspannungen, Bd. 6, S. 594.

Ein homogener, prismatischer Stab (oder Stababschnitt) vom anfänglichen Querschnitt F und der anfänglichen Länge l werde durch zwei Kräfte P parallel der anfänglichen Stabachse so gebogen, daß die Stabachse in einer Ebene bleibt. In dieser „Biegungsebene“ nehmen wir ein rechtwinkliges Koordinatensystem an, dessen x -Achse in der ursprünglichen Stabachse liegt, während die y -Achse sich auf die Punkte der schließlichen Stabachse (der elastischen Linie) beziehen (Fig. 1). $x=0$ und $x=l$ entsprechen den Enden des betrachteten Stabs (oder Stababschnitts). Wir setzen voraus, daß beide Stabend in gleicher Weise angeordnet sind, so daß auch gleiche Biegemomente daselbst entstehen. Letztere seien durch $M=Pc$ bezeichnet, wobei c nicht allgemein einen unmittelbar angebbaren Hebelarm darstellt, sondern auch von der Anordnung der Stäben abhängt und zunächst unbekannt ist. Die Biegungen sollen nur elastisch und so klein sein, daß $\cos \varphi = 1$ gesetzt werden kann, unter φ den Neigungswinkel der Stabachse bei x mit der x -Achse verstanden. Dann hat man für ein Querschnittselement bei x in Entfernung v von der zur Biegungsebene senkrechten Achschicht die Normalspannung (Zug positiv, Druck negativ) [6], S. 250:

$$\sigma = \frac{P}{F} \left[1 + \frac{Fv}{J} (c - y) \right], \quad 1.$$

worin J das Trägheitsmoment des Querschnitts in Hinsicht der erwähnten Achschicht (Bd. 1, S. 794) und die v in der Richtung positiver y als positiv gelten. Bei positivem c liefert diese Gleichung den größten Zugwert von σ am ganzen Stab für $x=0$ und l in den äußersten Querschnittselementen nach der Richtung der positiven y (den untersten in Fig. 1), wo $y=0$, $v=a$,

$$\sigma = \frac{P}{F} \left(1 + \frac{c}{w} \right) \quad \text{mit } w = \frac{J}{Fa}. \quad 2.$$

Der größte Druckwert oder kleinste Zugwert von σ am ganzen Stab tritt bei positivem c im allgemeinen ebenfalls für $x=0$ und l ein, jedoch in den äußersten Querschnittselementen nach der Richtung der negativen y (den obersten in Fig. 1), wo $y=0$, $v=-a'$,

$$\sigma' = \frac{P}{F} \left(1 - \frac{c}{w'} \right) \quad \text{mit } w' = \frac{J}{Fa'}. \quad 3.$$

Für den bei Zugstäben am meisten vorkommenden Fall eines rechteckigen Querschnitts von beliebiger Breite und der Dicke d ergeben 2. und 3.:

$$\sigma = \frac{P}{F} \left(1 + \frac{6c}{d} \right), \quad \sigma' = \frac{P}{F} \left(1 - \frac{6c}{d} \right). \quad 4.$$

Bei negativem c würden in 2.—4. σ den größten Druckwert, σ' den größten Zugwert von 1. bedeuten.

Für den Wert von c in vorstehenden Gleichungen erhält man mit den Bezeichnungen:

$$k = \sqrt{\frac{P}{EJ}}, \quad m = \frac{l}{2}, \quad n = km = k \frac{l}{2}, \quad 5.$$

auf Grund der Navierschen Biegungsgleichung (Bd. 1, S. 793, 800) die Beziehungen [6], S. 251:

$$c = \frac{\beta}{k} \frac{e^n + e^{-n}}{e^n - e^{-n}}, \quad f = c \left(1 - \frac{2}{e^n + e^{-n}} \right), \quad 6.$$

worin E der Elastizitätsmodul, e die Basis der natürlichen Logarithmen, β die Tangente des Neigungswinkels der deformierten Stabachse bei 0 (tg φ bei $x=0$), f die Ordinate der letzteren in der Mitte (y bei $x=m$). In praktischen Fällen pflegt jedoch n so groß zu sein (in dem Beispiel unten $n=18$), daß e^{-n} gegen e^n vernachlässigt und also gesetzt werden kann:

$$\beta = ck, \quad f = c \left(1 - \frac{2}{e^n} \right). \quad 7.$$

Die Gleichung der deformierten Stabachse und die Tangente des Neigungswinkels derselben bei x sind:

$$y = c \left(1 - \frac{e^{n-kx} - e^{-n+kx}}{e^n + e^{-n}} \right), \quad \operatorname{tg} \varphi = ck \frac{e^{n-kx} - e^{-n+kx}}{e^n + e^{-n}}, \quad 8.$$

während das Biegemoment bei x ausgedrückt ist:

$$M_x = M - Py = P(c - y). \quad 9.$$

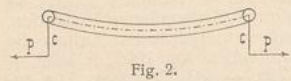


Fig. 2.

I. Frei drehbare Stabenden (Fig. 2). In diesem Falle ist c in $M = Pc$ unmittelbar bekannt, womit alle obigen Gleichungen verwendbar werden. Doch interessieren die Formänderungen hier gewöhnlich nicht, da sich ohne Rücksicht auf sie die Beanspruchungen aus 1. bis 4. bestimmen lassen.

II. Festgespannte Stabenden (Fig. 1, 3–6). Für solche hängt alles von der Art der Festspannung ab. Wäre die Richtung der Stabachse bei $x=0$ und l vollkommen unveränderlich, so hätte man:

$$\beta = 0, \quad c = 0, \quad \sigma = \sigma' = \frac{P}{F},$$

es fände überhaupt keine Biegung statt und die Kraft P wäre auf die Stabachse gleichmäßig verteilt. Dies träte auch bei nicht vollkommen unveränderlicher, aber symmetrischer Festspannung zu (Fig. 3). Bei einseitiger Vernietung der Füllungsglieder von Fachwerkträgern mit Knotenblechen, Stehblechen u. f. w. hat β immer dann einen sehr kleinen Wert,

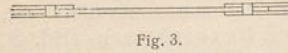


Fig. 3.

wenn diese Bleche u. f. w. genügend kräftig sind und mehr als zwei Niete oder Nietreihen in der Krafttrichtung aufeinander folgen. Im Falle von Fig. 4

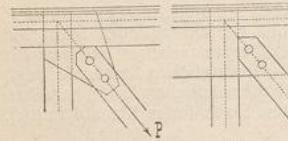


Fig. 4.

Fig. 5.

finden unter sonst gleichen Verhältnissen größere β denkbar als im Falle von Fig. 5, so daß ein allgemeiner Ausdruck von β nicht gegeben werden kann. Durch geeignete Anordnungen läßt sich β stets nahe an Null bringen, worauf bei einseitigen Vernietungen besondere Sorgfalt zu verwenden ist. Insbesondere soll die Befestigung nicht durch nur einen Niet oder nur eine Nietreihe (senkrecht zur Krafttrichtung) erfolgen. Sobald für einen Fall β durch Messung, Rechnung oder Schätzung bekannt wird, sind die obigen Formeln verwendbar.

Beispiel. Für eine Fachwerkdigonale aus Schweißblechen von $l = 600$ cm Länge, 30/1 cm Querschnitt und $E = 2000000$ kg pro Quadratcentimeter Elastizitätsmodul, welche durch $P = 18000$ kg beansprucht ist, wäre bei gleichmäßiger Verteilung von P auf den Querschnitt $\sigma = \sigma' = 600$ kg, während obige Beziehungen liefern $k = 3/50$, $n = 18$ und beispielsweise für $\beta = 1/500$ (entsprechend einem Winkel von 7°): $c = 1/30$ cm, $\sigma = 720$ kg, $\sigma' = 480$ kg.

Irrtümliche Auffassungen. Für den Fall Fig. 6 kommt in der Literatur mehrfach die Angabe vor, bei rechteckigen Stabquerschnitten der Dicke d sei $c = d$ und damit nach 4.:

$$\sigma = 7 \frac{P}{F}, \quad \sigma' = -5 \frac{P}{F},$$

so daß nicht nur siebenmal so große Zugbeanspruchungen als bei gleichmäßiger Verteilung von P auf den Querschnitt F entstünden, sondern auch noch ganz bedeutende Druckbeanspruchungen. Da früher allgemein nur $\sigma = P/F$ in Rechnung gezogen wurde und die üblichen Sicherheitsgrade unter 7 blieben, so hätten die betreffenden Fachwerkbrücken hiernach alle einstürzen müssen. Die Annahme ist jedoch falsch und läuft darauf hinaus, die Stabkräfte P in den Mitten der Stabdicken d an reibungslosen Gelenken wirkend zu denken (Fig. 7, $c = d$). Mit dem gleichen Rechte wie bei längsbeanspruchten Stäben könnte man dann auch bei querbeanspruchten die Festspannung der Enden unberücksichtigt lassen, also beispielsweise an Stelle des Trägers mit festgespannten Enden Fig. 8 den frei aufliegenden Träger Fig. 9 behandeln. — Eine andre Auffassung läßt P in der Berührungsfläche der vernieteten Teile angreifen, womit $c = d/2$ und nach 4. wären:

$$\sigma = 4 \frac{P}{F}, \quad \sigma' = -2 \frac{P}{F}.$$

Die Annahme ist ebenfalls irrtümlich, der Fall Fig. 6 ist nach II. zu beurteilen.

Literatur: [1] Winkler, Die Lehre von der Elastizität und Festigkeit, Prag 1867, S. 170, 173, 176 u. f. w. — [2] Grashof, Theorie der Elastizität und Festigkeit, Berlin 1878, S. 155. — [3] Barkhausen, Biegungsspannungen in Blechen und Bändern infolge von einseitiger Verlastung oder von Ueberlappungsnetzungen, Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1892, S. 553. — [4] Engesser, Die Zusatzkräfte und Nebenspannungen eiserner Fachwerkbrücken, II, Die Nebenspannungen, Berlin 1893, S. 100. — [5] Dupuy, Mémoire sur la résistance des rivets, Annales des ponts et chaussées 1895, I, S. 5 (f. S. 58). — [6] Weyrauch, Ueber exzentrische Zugbeanspruchung von Fachwerkstäben, Zeitschr. f. Architektur u. Ingenieurwesen 1899, Wochen Ausgabe, S. 249. — [7] v. Tetmajer, Die angewandte Elastizitäts- und Festigkeitslehre, Wien und Leipzig 1904, S. 360. — [8] Foepl, Die elastische Formänderung von Gußeisenstäben bei exzentrischer Zugbelastung, Mitteil. aus dem mech.-techn. Laboratorium d. Techn. Hochschule, München, 29. Heft, 1904, S. 1.

Weyrauch.

Zugfestigkeit heißt der Widerstand der Körper gegen Trennung ihrer Teile durch Beanspruchungen auf Zug (vgl. Festigkeit, Bruch). Bei Versuchen in dieser

Hinsicht pflegen prismatische Stäbe, gewöhnlich Rundstäbe oder Flachstäbe, allmählich wachsenden Kräften, möglichst gleichmäßig verteilt auf die Endquerschnitte, ausgesetzt zu werden. Vgl. Zugelastizität, Zugversuch. Bezeichnet P die Kraft, welche zum Bruche eines Stabes vom ursprünglichen Querschnitt F erforderlich ist, dann gilt

$$z = \frac{P}{F} \quad 1.$$

als Maß der Zugfestigkeit in der Achsrichtung.

Ueber die Formänderungen bis zum Bruche f. Dehnung, Kontraktion, Arbeitskapazität. Für Eisen und Stahl wurden entsprechende Zahlenwerte bereits unter Zugelastizität gegeben. Weitere Mittelwerte des Elastizitätsmoduls E , der Elastizitätsgrenze p und der Zugfestigkeit z , in Kilogramm pro Quadratcentimeter, enthält die Tabelle auf S. 1028. Doch gehen die wirklichen Werte oft erheblich über oder unter die angeführten hinaus. Man wird also häufig Veranlassung haben, Materialien, deren Eigenschaften nicht genügend bekannt sind, in einer Materialprüfungsanstalt untersuchen zu lassen.

Gleichung 1. wird bei homogenem Material um so größere z liefern, je angenäherter die beabsichtigte gleichmäßige Verteilung von P auf die Querschnitte erreicht wird, wobei neben der Art der Einspannung (f. Zugversuch) auch Form und Größe des Querschnitts von Einfluß sein könnten. Mit wachsendem Querschnitt wäre eher eine Abnahme zu erwarten, was manche Versuche befestigten, während andre einen solchen Einfluß nicht erkennen ließen [11], IV, S. 285, [33], S. 135. Bauschinger kam auf Grund umfassender Versuche mit Rund- und Flachstäben aus Schweißeisen und Flußeisen zu folgenden Schlüssen [13], S. 27: a) Der Elastizitätsmodul, welcher durch die gewöhnlichen Messungen an der Oberfläche erhalten wird, ist bei Rundstäben etwas größer als bei Flachstäben, bei dicken Flachstäben etwas größer als bei dünneren, und überhaupt bei größeren Querdimensionen etwas größer als bei kleinen. Alle diese Unterschiede sind jedoch sehr gering und werden durch zufällige, von Materialungleichheiten herrührende weit übertroffen. b) Die Zugfestigkeit wird von der Querschnittsform nicht beeinflusst. c) Die Kontraktion des Bruchquerschnitts ist bei Flachstäben von der Form und Größe des Querschnitts unabhängig. Dickere Rundstäbe liefern etwas kleinere Kontraktion als dünnere, doch ist der Unterschied nicht bedeutend. d) Die Bruchdehnung δ für eine bestimmte ursprüngliche Länge ist von der ganzen Länge des Probestabes in sehr geringem Maße, von der Querschnittsform überhaupt nicht abhängig; sie wächst aber mit der Querschnittsgröße F , und zwar derart, daß gesetzt werden kann:

$$\delta = a + b\sqrt{F},$$

worin a , b wesentlich vom Material abhängen. e) Man erhält vergleichbare Bruchdehnungen, wenn bei beliebiger Form und Größe des Querschnitts die Meßlänge der Probestäbe proportional der Quadratwurzel aus dem Querschnitt (oder mindestens so groß) gewählt wird. Unter Zugrundelegung eines Normalrundstabes von 200 mm Gebrauchslänge und 20 mm Dicke ergibt sich die proportionale Länge eines Probestabes vom Querschnitt F :

$$l = 11,284 \sqrt{F} \text{ mm} \left(\text{erhalten aus der Proportion } \frac{l}{200} = \frac{\sqrt{F}}{\sqrt{\frac{\pi \cdot 20^2}{4}}} \right),$$

wobei F in Quadratmillimetern einzusetzen. f) Die Ermittlung der gleichmäßigen Dehnung (des von der Kontraktion unabhängigen Teils der Bruchdehnung [13], S. 20) liefert ebenfalls von Form und Größe der Querschnitte unabhängige Resultate, vorausgesetzt, daß die Messungen auf Längen erfolgen, die über das Bereich der Kontraktion hinausgehen. g) Es genügt, die Dehnung so zu ermitteln, daß auf jedem Bruchstücke, bei Rundstäben auf zwei gegenüberliegenden Seiten, bei Flachstäben auf einer Breitseite, vom Ende der Meßlänge bis zur Bruchstelle gemessen wird und beide Längen addiert werden. Doch sind hierbei Versuche, bei welchen die Bruchstelle näher als ein Viertel der Meßlänge von einem Ende der letzteren liegt, auszuschließen. h) Kontraktion und Dehnung stehen in keinem notwendigen Zusammenhange. i) Elastizitäts- und Streckgrenze können auch dann, wenn die Probestücke sorgfältigst ausgeglüht und wieder abgekühlt werden, in einem und demselben größeren Stück oder in Stücken derselben Fabrikationsfolge in so hohem Grade verschieden sein, daß dagegen alle andern Einflüsse verschwinden. Durch Abreißen wird die Elastizitätsgrenze (Proportionalitätsgrenze) der Bruchstücke gleichen Materials auf gleiche Höhe gehoben, wie hoch oder niedrig sie auch ursprünglich lag. Vgl. a. [32], S. 195, 196.

Berücksichtigt man a) und den Umstand, daß auch die Geschwindigkeit des Anwachsens und die Dauer der Beanspruchung von Einfluß sein können (f. Elastische Nachwirkung), so erklären sich manche Abweichungen in den Ergebnissen verschiedener Forscher. Wie die andern Festigkeitseigenschaften, so kann auch die Zugfestigkeit vom Eisen, Stahl u. f. w. durch verschiedene Beimengungen beeinflusst und durch Walzen, Hämmern, Strecken, Härten, Ausglühen u. f. w. erheblich geändert werden [3], [8]. Bei Flußeisen und Stahl ist der Kohlenstoffgehalt von wesentlicher Bedeutung. Wie Tabelle I unter Zugelastizität zeigt, nehmen mit dem Wachsen des Kohlenstoffgehalts (innerhalb gewisser Grenzen) die Zugfestigkeit zu, Bruchdehnung und Kontraktion ab. Die in Kolonne 5 der Tabelle angeführten Versuchswerte beispielsweise werden annähernd durch die Formel $z = 4350 (1 + K^2)$ mit K Prozentgehalt Kohlenstoff wiedergegeben [8], S. 63, wie der Vergleich mit Kolonne 6 zeigt. Ueber die Zugfestigkeit bei hohen und niedrigen Temperaturen f. [10], [18], [20], [21], [26], [29], [36], über häufig wiederholte Anstrengungen Arbeitsfestigkeit, Dauerversuche.

Material	Elastizitätsmodul E	Elastizitätsgrenze (f. d.) p	Zugfestigkeit z	Bemerkungen
Eisen und Stahl:				
Schweißeisen	2 000 000	1300—1600	3300—3800	S. a. Zugelastizität und bezüglich Draht Bd. 3, S. 16, 25, 36; Bd. 4, S. 711.
-Draht			5000—8000	
Flußeisen	2 150 000	1800—2300	3400—4500	
-Draht			6500—8500	
Flußstahl	2 200 000	2200—5000	4500—10000	
-Draht			6500—20000	
Stahlguß	2 150 000	> 2000	3500—7000	
Gußeisen	1 000 000—700 000		1000—2000	
Andre Metalle:				
Kupfer	1 100 000	200—400	2000—3000	p durch Hämmern u. f. w. stark erhöhbar.
-Draht	1 300 000	1200	3000—5000	
Messing	650 000	500	1200—2000	
-Draht	1 000 000	1300	3000—5000	
Geschützbronze	1 100 000	300	3000	
komprimiert		900	3100	
Manganbronze, 10 % Guß		1500	2500	
Phosphorbronze		2800	2400—4000	Nr. A, überfchmiedet.
Oerlikoner Bronze		500—800	4400—5600	
Aluminiumbronze	1 100 000—1 300 000	1900—2300	3600—5600	Draht $z = 9800$ kg.
Deltametall, gewalzt, hart	1 000 000		5000—6000	
gegossen			3400—3600	
Duranametall, Guß			3700	
Aluminium	675 000—775 000	800—1000	1000—2000	
-Draht		1000—2000	2000—5000	
Zink, Blech und Draht	150 000		1300—1900	
Guß			200—500	
Zinn	400 000		300—350	
Blei, weich	50 000		100—130	
Hartblei			300	
S. a. Bd. 1, S. 582.				
Bauholz:				
Fichte und Kiefer, Kern	45 000—120 000		200—400	Lufttrocken, parallel der Faser
Umfang	80 000—140 000		700—1200	
Eiche	100 000—130 000		300—1000	
Buche	100 000—180 000		200—1400	
Baufeine u. f. w.:				
Granit	200 000—50 000		20—80	E, z sehr verschieden; f. a. Zugelastizität.
Dolomit	400 000—200 000		15—50	
Kalkstein	200 000—80 000		20—80	
Sandstein	200 000—20 000		10—40	
Ziegel			6—20	
Beton	300 000—100 000		10—25	Je nach Mischung, Alter, Wasserzufatz, Spannung.
Portlandzement, rein			65	
Normenmörtel (1:3)			16	Zement und Kalk eingestampft; Mörtel nach 28 Tagen [32], S. 208. Weitere Angaben f. [4], [25], S. 62, 69, 72, 75, 87, 95, [38], S. 25 u. f. w.
Romanzement, rein			20	
Normenmörtel (1:3)			10	
Schlackenzement, rein			35	
Normenmörtel (1:3)			16	
Hydraulischer Kalk			12	
Normenmörtel (1:3)			6	
Gips			6—12	
Glas	550 000—750 000		100—300	
Sonstige Stoffe:				
Lederriemen (Crownleder)	1000—2000		300—500	Weitere Angaben f. unter Zugelastizität [12], [13], [17].
Gummitreibriemen	500—2000		150—300	
Manila- u. Schleibhanfseil	8000—12000		600—1200	
Hanfseile, verschiedene	2000—10000		400—800	

Für einen geraden Stab homogenen Materials von konstantem oder veränderlichem Querschnitt F , welcher durch eine auf letzteren gleichmäßig verteilte Kraft P in der Achsrichtung ergriffen ist, beträgt die Beanspruchung pro Flächeneinheit von F :

$$\sigma = \frac{P}{F} \quad 2.$$

Hiernach ist σ um so größer, je kleiner F , also der Bruch im kleinsten Querschnitt zu erwarten. Bei konstantem F wären die σ aller Querschnitte gleichgroß, der Stab überall von gleichem Widerstande. Wird jedoch im Falle eines senkrechten Stabes, welcher am unteren Ende durch die Kraft P ergriffen ist, das Eigengewicht berücksichtigt, das von einem Ende bis zum betrachteten Querschnitt den Wert G haben möge, dann tritt an Stelle von 2.:

$$\sigma = \frac{P+G}{F}, \quad 3.$$

wonach bei konstantem F das größte σ und damit der Bruch am oberen Endquerschnitt zu erwarten wäre. Ueber Körper von gleichem Widerstande bei Berücksichtigung des Eigengewichts f. Bd. 5, S. 540.

Literatur: [1] Morin, Résistance des matériaux, Paris 1853, S. 1. — [2] Winkler, Die Elastizitäts- und Festigkeitskoeffizienten, Civilingenieur 1863, S. 405. — [3] Knut Styffe, Die Festigkeitseigenschaften von Eisen und Stahl, deutsch von Weber, Weimar 1870. — [4] Baufchinger, Mitteilungen aus dem mechanisch-technischen Laboratorium zu München, Heft II, 1874 (Kesselbleche, Walzeisen), IV, 1874 (natürliche und künstliche Bausteine), VIII, 1879 (Portlandzemente), IX, 1883 (Fichten- und Kiefernholz), X, 1884 (natürliche Bausteine Bayerns), XVI, 1887 (verschiedene Bauhölzer), XVIII, 1889 (verschiedene Steinmaterialien) u. f. w. — [5] Barba, Etude sur les allongements des métaux après rupture, Mémoires de la société des ingénieurs civils 1880, S. 628, 749. — [6] Confidère, Mémoire sur l'emploi du fer et de l'acier dans les constructions, Paris 1885/86, S. 8, 85, 113, 143, 204 u. f. w. (deutsch von Hauff, Wien 1888, S. 7, 76, 100, 128, 304 u. f. w.). — [7] Winkler, Die hölzernen Brücken, Wien 1887, S. 13. — [8] Weyrauch, Die Festigkeitseigenschaften und Methoden der Dimensionenberechnung von Eisen- und Stahlkonstruktionen, Leipzig 1889. — [9] Rudeloff, Untersuchungen über die Beziehungen zwischen der Zugfestigkeit von Drahtseilen und deren Konstruktion und Material, Mitteil. der Versuchsanstalten in Berlin, VII, 1889, S. 128 (auch XV, 1897, S. 137. Hanffelle f. XI, 1893, S. 89; XII, 1894, S. 1; XVI, 1898, S. 220). — [10] Martens, Untersuchungen über den Einfluß der Wärme auf die Festigkeitseigenschaften des Eisens, Berliner Mitteil., VIII, 1890, S. 159. — [11] Tetmajer, Methoden und Resultate der Prüfung der Festigkeitsverhältnisse des Eisens und anderer Metalle, Mitteil. d. Anstalt zur Prüfung von Baumaterialien in Zürich, IV, 1890, S. 30, 105, 244, 285; IX, 1900, S. 31, 72, 126, 170. — [12] Baufchinger, Einfluß der Zeit bei Zerreißversuchen mit verschiedenen Metallen, Münchener Mitteil., XX, 1891, S. 3. — [13] Baufchinger, Ueber den Einfluß der Gestalt der Probefstäbe auf die Ergebnisse der Zerreißversuche, Münchener Mitteil., XXI, 1892. — [14] Kintzlé, Lang- und Querproben bei Flußeisen, „Stahl und Eisen“ 1892, II, S. 686. — [15] Koch, Die natürlichen Bausteine Deutschlands, Berlin 1892. — [16] Voigt, Zerreißungsfestigkeit von Steinfalz, Bergkristall und Flußpat, Annalen der Physik 1893, III, S. 636, 663. — [17] Brandt, Ueber den Einfluß der Stabform auf die Dehnung bei Zerreißproben, Zeitschr. d. Oesterr. Ing.-u. Arch.-Ver. 1893, S. 528. — [18] Rudeloff, Untersuchungen über den Einfluß der Wärme auf die Festigkeiten von Metallen, Berliner Mitteil., XI, 1893, S. 292; XIII, 1895, S. 29; „Stahl und Eisen“ 1895, S. 623 (Schweißeisen, Martinstahl, Kupfer, Deltametall, Manganbronze). — [19] Martens, Berichte über die Ergebnisse von Vorversuchen über die Festigkeitseigenschaften von Kupfer, Berliner Mitteil. 1894, XII, S. 37 (weitere Versuche f. [24]). — [20] Rudeloff, Untersuchungen über den Einfluß der Kälte auf die Festigkeitseigenschaften von Eisen und Stahl, Berliner Mitteil., XIII, 1895, S. 197. — [21] Ledebur, Der Einfluß der Temperatur auf die Festigkeitseigenschaften der Metalle, insbesondere des Eisens, Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1896, S. 565, 596, 635. — [22] Knaudt, Ueber Ergebnisse von Zerreißversuchen (verschiedener Prüfungsanstalten), Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1897, S. 1115; „Stahl und Eisen“ 1897, II, S. 619, 684, 736, 818. — [23] Martens, Handbuch der Materialkunde für den Maschinenbau, Berlin 1898, S. 17. — [24] Rudeloff, Ueber den Einfluß der Wärme, chemischen Zusammenfassung und Bearbeitung auf die Festigkeitseigenschaften von Kupfer, Berliner Mitteil. 1898, XVI, S. 171. — [25] Krüger, Handbuch der Baustofflehre, Wien, Pest, Leipzig 1899. — [26] Bach, Versuche über die Abhängigkeit der Festigkeit und Dehnung der Bronze von der Temperatur, Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1900, S. 1745; 1901, S. 1477. — [27] Martens, Zugversuche mit eingekerbten Probekörpern, Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1901, S. 805. — [28] Handbuch der Ingenieurwissenschaften, II, Der Brückenbau, 2. Abt., Leipzig 1901, S. 66 (Der Baustoff und seine Widerstände, von Brik). — [29] Le Chatelier, Ueber den Einfluß von Zeit und Temperatur auf die mechanischen Eigenschaften der Metalle und auf die Materialprüfung, Baumaterialienkunde 1901, S. 157, 177, 209, 229, 247; 1902, S. 13, 80, 137, 152, 171, 185. — [30] Bach, Versuche über die Festigkeitseigenschaften von Stahlguß bei gewöhnlicher und höherer Temperatur, Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1903, S. 1762, 1812 (f. a. 1900, S. 694). — [31] Bach, Versuche über die Festigkeitseigenschaften von Flußeisenblechen bei gewöhnlicher und höherer Temperatur, Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1904, S. 1300, 1342. — [32] v. Tetmajer, Die angewandte Elastizitäts- und Festigkeitslehre, Leipzig und Wien 1904, S. 184. — [33] Bach, Elastizität und Festigkeit, Berlin 1905. — [34] Hfr, Prüfung der Zugelastizität des Holzes, Zentralbl. d. Bauverw. 1905, S. 298. — [35] Bergfeld, Ueber Beziehungen zwischen der Zug- und Druckfestigkeit, Annalen der Physik 1906, XX, S. 407. — [36] Baumann, Die Festigkeitseigenschaften der Metalle in Wärme und Kälte, Stuttgart 1907. — [37] Bach, Die Maschinenelemente, Stuttgart 1908, S. 1, 53. — [38] Mörfch, Der Eisenbetonbau, Stuttgart 1908, S. 25, 28, 30, 31, 33, 36. — [39] „Hütte“ 1908, I, S. 396. — [40] Kürth, Die Kugeldruckhärte als Maß der Zerreißfestigkeit, Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1908, S. 1608; ausführlicher: Forschungsarbeiten, herausg. vom Verein deutscher Ingenieure, Nr. 65 und 66. — S. a. Zugelastizität, Zugversuch, Normalbedingungen, Zulässige Beanspruchung, Qualitätszahlen, Arbeitsfestigkeit, Dauerversuche, Elastizitäts- und Festigkeitslehre u. f. w.

Zuggeschwindigkeit, f. Eisenbahnbetrieb, Fahrgeschwindigkeit.

Zuggurte, f. Gurtquerschnitte.

Zugkurven, f. Spannungstrajektorien.

Zugmesser, 1. f. v. w. Reifmesser, f. Böttcherei; 2. f. v. w. Meßinstrument

zur Messung von Druckdifferenzen von Gasströmen (f. Feuerungsanlagen, Bd. 4, S. 4); vgl. a. Manometer, Bd. 6, S. 296.

Zugorgan, Sammelname für Seile, Ketten, Riemen, Gurte.

Zugsignale, f. Signale am Zuge.

Zugspannungen, f. Spannungen, Flächenkräfte, Druck, Zugelastizität, Zugfestigkeit, Elastizitätslehre (allgemeine), Hauptspannungen, Spannungstrajektorien u. f. w.

Zugtabsystem, Zugtafelsystem, eigenartige Einrichtungen zur Verhütung von Gegenfahrten auf eingleisigen Bahnstrecken.

Für jede Blockstrecke (f. Blockeinrichtungen und Eisenbahnbetrieb VII) ist nur ein besonders gestalteter Stab vorhanden. Nur derjenige Zug hat Fahrrecht für diese Blockstrecke, dessen Führer sich im Besitz des Zugstabes befindet. Dies Verfahren ist entstanden aus dem Fahren mit Lössen (pilotman), der beständig zwischen den beiden Stationen einer so gesicherten Strecke hin und her fährt, ein Verfahren, das in Notfällen auch heute noch angewendet wird. Falls nicht stets Züge beider Fahrrichtungen miteinander abwechseln, hilft man sich so, daß die im Besitz des Zugstabes befindliche Abfahrtsstation bzw. der auf der Abfahrtsstation befindliche Löss dem ersten von zwei oder mehreren nacheinander in derselben Richtung fahrenden Zügen und auch den folgenden, außer dem letzten, einen Fahrberechtigungsschein mitgibt, während der letzte in derselben Richtung fahrende Zug den Zugstab erhält bzw. vom Lössen begleitet wird. Die hierin liegende Unvollkommenheit und Unsicherheit wird vermieden durch das elektrische Zugtabsystem. Bei diesem sind für jede Blockstrecke eine größere Anzahl gleichgeformter (aber von den Stäben der Nachbarstrecken verschieden geformter) Zugstäbe vorhanden. Diese sind in zwei auf den Endstationen der Blockstrecke befindlichen Behältern untergebracht, die derart elektrisch verbunden sind, daß stets nur ein Stab sich außerhalb der Behälter befinden kann. Befinden sich alle Stäbe teils in dem einen, teils in dem andern Behälter und es wird nun ein Stab einem der Behälter entnommen, so sind beide Behälter so lange für die Entnahme eines Stabes gesperrt, bis der erstentnommene Stab einem der beiden Behälter wieder eingefügt ist. Dies System gestattet, innerhalb der Zahl der vorhandenen Stäbe beliebige Fahrten nacheinander in gleichem Sinne oder mit Wechsel der Fahrrichtung. Ist der Verkehr dauernd in einer Richtung stärker, so muß die Möglichkeit bestehen, unter besonderen Sicherungen eine Anzahl Stäbe dem einen Behälter zu entnehmen und nach Ueberführung zum andern Ende der Blockstrecke dem andern Behälter einzufügen. Um auf Zwischenblockstellen die Zugstäbe ohne Anhalten der Züge auswechseln zu können, hat man besondere Austauschvorrichtungen gebaut. Fernere Vervollkommnungen machen die Signalstellung vom Zugtabsystem abhängig.

Das verbreitetste Zugtabsystem ist das von Webb & Thompson. Statt der Zugstäbe verwendet man auch runde Scheiben (Zugtafeln, Train tablets). In England ist für eingleisige Bahnen die Verwendung des einfachen Zugtabsystems oder eines elektrischen Zugtab- oder Zugtafelsystems vorgeschrieben. Auch in andern Ländern sind diese Systeme viel verwendet, dagegen nur ausnahmsweise in Deutschland. Neuerdings ist von Martin (Dresden) eine Einrichtung angegeben worden, bei der die beiden Zugtabbehälter nicht, wie bei den älteren englischen Systemen, durch Batteriestrom, sondern durch Wechselstromblockwerke von Siemens & Halske verbunden sind [3]. Inzwischen ist das System von Webb & Thompson für Betrieb mit Gleichstrominduktoren umgearbeitet worden, wodurch die Betriebssicherheit größer und die Unterhaltungskosten kleiner geworden sind [4].

Literatur: [1] Wilson, H. R., Power Railway Signalling, London 1908. — [2] Scholkmann, Signal- und Sicherungsanlagen, Eisenbahntechnik der Gegenwart, II, 4, Wiesbaden 1904. — [3] Oder, Ein neues Zugtabwerk, Dingl. Polytechn. Journ., Bd. 323, Heft 13. — [4] Derf., Das Zugtabwerk von Webb & Thompson in seiner neuesten Ausführungsform, Dinglers Polytechn. Journal 1909. Cauer.

Zugstäbe, die nur auf Zug beanspruchten Stabglieder einer Fachwerkskonstruktion.

Man kann dieselben mit flachem, nicht steifen Querschnitte aus Flacheisen oder Blechen ausführen, und es zeigen die amerikanischen Fachwerksträger ihre konsequente Ausbildung aus sogenannten Augenstäben (f. d.), das sind Flacheisen mit augenförmigen Enden, mittels welcher sie an die Knotenpunktsbolzen angeschlossen sind. Bei den genieteten Konstruktionen von Brückenfachwerken zieht man es jetzt vor, auch die Zugstäbe steif auszubilden oder den aus Flacheisen bestehenden Stab wenigstens durch augenietete Formeisen auszusteuern. Melan.

Zugstangen haben vor Seilen und Ketten den Vorzug des geringeren Gewichtes und der stets geraden, unverkürzten Lage.

Die Querschnittsform hängt meist von der Befestigungsart der Enden ab (vgl. Brücke, Dachstuhl u. f. w.). Spannschlösser mit rechtem und linkem Gewinde dienen zur Einstellung der Länge runder Zugstangen an Eisenkonstruktionen. Eine Zugstange aus Aluminium fällt gerade so schwer aus wie eine aus gutem Flußeisen, weil ersteres ein Drittel so fest und ein Drittel so schwer ist. Lindner.

Zugversuch, die am meisten verbreitete statische Probe zur Bestimmung der Festigkeit und Zähigkeit der Baustoffe. Man läßt (abgesehen von der Prüfung ganzer Konstruktionsteile) auf einen geraden stabförmigen Körper äußere Kräfte derart wirken, daß sie parallel zur Achse des Stabes gerichtet sind, den Stab zu verlängern streben und sich möglichst gleichmäßig über den Stabquerschnitt verteilen.

Beobachtet werden beim vollständigen Zugversuch: die Belastungen an der Proportionalitäts-, Elastizitäts- und Streckgrenze, die höchste vom Stabe getragene Belastung, die Bruchlast, und die Belastung im Augenblick des Bruches, die Zerreißlast, ferner die Dehnung mit fortschreitender Belastung und nach dem Bruch sowie die Verminderung des Querschnittes (Kontraktion) an der Bruchstelle. Die Probe für den Zugversuch unterscheidet man, abgesehen von Sonderuntersuchungen an Drähten, Seilen und Riemen, bei denen die Prüfung an nicht weiter zugerichteten Abchnitten vorgenommen wird, nach der Form des Querschnittes in Rundstäbe mit kreisrundem und in Flachstäbe mit quadratischem oder rechteckigem Querschnitt.

Die normale Form des Rundstabes (vom Internationalen Verbands für die Materialprüfung der Technik als solche angenommen) zeigt Fig. 1. Flachstäbe werden in der Regel nach Fig. 2 hergerichtet. Von den verstärkten Enden, den sogenannten Köpfen, welche zur Einpannung in die Zerreißmaschine dienen (f. Einspannvorrichtungen) überführen bei den Normalrundstäben konische Strecken und bei den Flachstäben Hohlkehlen mit hinreichend großem Halbmesser zu dem mittleren zylindrischen oder prismatischen Stabteil. Seine Gesamtlänge (l_g) heißt Versuchs- oder Gebrauchslänge. Auf ihr wird vor dem Versuch durch

Fig. 1.

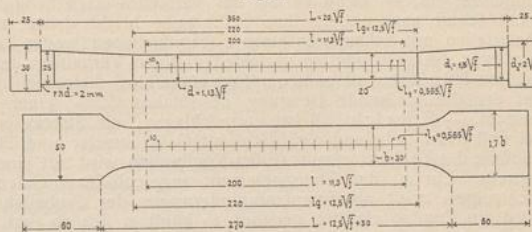


Fig. 2.

zwei Körner- oder Strichmarken eine bestimmte Länge, die Meßlänge l , zur Ermittlung der Dehnung nach dem Bruch abgegrenzt. Häufig wird die Meßlänge zur Ausübung eines später zu besprechenden Meßverfahrens mit Unterteilung versehen [28], [29], [53]. Die Abstände (l_1) ihrer einzelnen Marken nennt man Teilungsintervall oder Teilungslänge. Die Beziehungen zwischen den jeweiligen Belastungen (Kräften) und zugehörigen Formänderungen des Probestückes werden durch Schaulinien dargestellt. Sie werden entweder durch punktwises Auftragen der von der Festigkeitsprobiermaschine angezeigten Belastung als Ordinate und der zugehörigen, mit besonderen Meßapparaten festgestellten Formänderung, der Dehnung beim Zugversuch, als Abzissen erhalten oder von der Festigkeitsprobiermaschine mit Schreibapparat

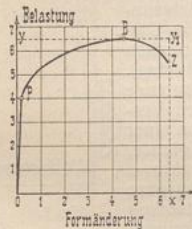


Fig. 3.

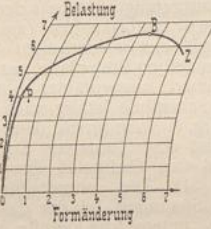


Fig. 4.

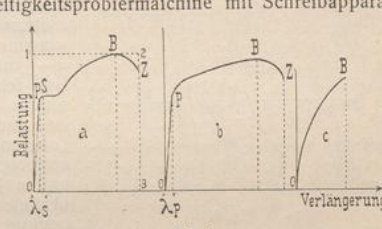


Fig. 5.

selbsttätig aufgezeichnet. Das zugehörige Koordinatensystem ist in der Regel das geradlinig-rechtwinklige, orthogonale, Fig. 3. Bei den selbsttätigen Schaulinienzeichnern findet sich indessen nicht selten die eine der beiden Koordinaten, und zwar besonders diejenige für die Belastung, als Kreisbogen verlaufend (Fig. 4).

Um die Eigenschaften verschiedener Materialien an Hand der Schaulinien in Vergleich stellen zu können, sind entweder alle Versuche mit Probestäben von genau den gleichen Abmessungen auszuführen oder die Schaulinien sind nicht nach Belastungen und Gesamtformänderungen, sondern nach Spannungen, Belastungen bezogen auf die Querschnittseinheit, und nach den Formänderungen, bezogen auf die Längeneinheit, aufzutragen. Dann ist dasjenige Material, bei dem die Schaulinie die größte Höhe erreicht, die größten Ordinate aufweist, das festeste und dasjenige mit der Schaulinie größter Länge in der Richtung der Abzisse das formänderungsfähigste.

Den verschiedenartigen Verlauf der Verlängerung bei stetig fortschreitender Belastung zeigen die Schaulinien a—c, Fig. 5. Die Linien a und b steigen bis P geradlinig an, d. h. die Verlängerung ist der Belastung proportional. Man nennt daher die durch die Ordinate von P gemessene Kraft die Belastung an der Proportionalitätsgrenze oder kurz Proportionalitätsgrenze. Ihr entspricht die Verlängerung λ_p . Sie ist für die Längeneinheit des Stabes nur gering, und daher kann die Proportionalitätsgrenze an den gebräuchlichen kurzen Probestäben nur mit Hilfe von Feinmeßapparaten (Spiegelapparaten, Mikrometer u. f. w., f. Dehnungsmesser) ermittelt werden, indem die Belastung stufenweise gesteigert und die Verlängerung jedesmal abgelesen wird. — Die Belastung, nach der beim Entlasten zuerst bleibende Verlängerung, ein Dehnungsrest, sich ergibt, heißt Elastizitätsgrenze. Sie fällt meist mit der Proportionalitätsgrenze zusammen, zuweilen liegt sie tiefer. Ihre Bestimmung ist abhängig von der Feinheit des Meßverfahrens und von der Dauer der Entlastung, indem der sofort nach dem Entlasten beobachtete Dehnungsrest infolge der elastischen Nachwirkung [1] bei längerer Entlastung sich allmählich verringert. Um zu einer einheitlichen Bestimmung der

Elastizitätsgrenze zu gelangen, ist vorgeschlagen, diese Grenze bei derjenigen Belastung anzunehmen, die eine bestimmte bleibende Dehnung hinterläßt, z. B. 0,03% der ursprünglichen Länge. — Oberhalb von P sind beide Schaulinien a und b (Fig. 5) gekrümmt, die konkave Seite der Abzissenachse zugewendet, d. h. die Dehnungen wachsen nach Ueberschreitung der Proportionalitätsgrenze in stärkerem Maße als die Belastungen. Bei Materialien mit den durch die Schaulinie a dargestellten Eigenschaften verlängert sich der Stab unter der dem Punkt S entsprechenden Belastung zunächst beträchtlich, bevor er höhere Belastungen zu tragen vermag. Man sagt, der Stab „streckt“ oder er „fließt“ [2]–[4] und nennt diese Belastung die Streck- oder Fließgrenze mit der zugehörigen Verlängerung λ_S . Beim Versuch ist eine derartig scharf ausgeprägte Streckgrenze leicht an folgenden Erscheinungen zu erkennen: 1. Bei gleichbleibender Arbeitsgeschwindigkeit des Spannwerkes der Festigkeitsprüfmaschine erfordert die Steigerung der Belastung um die die Streckgrenze umfassende Laststufe erheblich mehr Zeit als die vorhergehenden Laststufen. Häufig fällt der Wagenhebel sogar unter der Belastung plötzlich ab. 2. Bei Stäben mit Walzhaut (Zunder) springt letztere ab, da sie weniger dehnbar ist als das darunterliegende Material. 3. Sauber bearbeitete Staboberflächen werden rau und zeigen Fließfiguren [5]–[8], [53], und 4. tritt die erste mit rohen Meßwerkzeugen wahrnehmbare Verlängerung ein. — Beim Verlauf des Versuches nach Schaulinie b (Fig. 5) ist die Streckgrenze nicht scharf ausgeprägt. Ihre Festsetzung bleibt daher mehr oder weniger willkürlich [9]. Materialien mit Schaulinien nach c (Fig. 5) haben weder Proportionalitäts- noch Streckgrenze. Um trotz des geschilderten verschiedenartigen Verhaltens der Materialien die Streckgrenze einheitlich festzulegen, ist es neuerdings eingeführt, diejenige Belastung als Streckgrenze anzusehen, bei der die bleibende Dehnung des Stabes 0,2% seiner ursprünglichen Länge noch nicht erreicht. — E. Risch [50] hat vorgeschlagen, die Streckgrenze nach der Temperaturänderung bei steigender Belastung elektrisch mit Galvanometer und Thermoelement zu bestimmen. Die Lötstelle des Thermoelements (Eisen-Konstantan) wird mit einer Spange gegen die Staboberfläche gepreßt. Ein an das Thermoelement angeschlossenes Galvanometer (Spiegelgalvanometer mit Lichtzeiger) zeigt die Temperaturänderungen des Probestabes während des Zugversuches an. Wird ein Zugstab elastisch gedehnt, so kühlt er sich ab (vgl. Expansion der Gase). Wird jedoch die Zugkraft P stetig gesteigert, so treten zu den elastischen Dehnungen nach und nach bleibende Formänderungen. Dieser auf innere Reibung entfallende Teil der Dehnungsarbeit wird in Wärme umgewandelt. Der thermodynamische Gleichgewichtszustand wird dann überschritten, wenn die

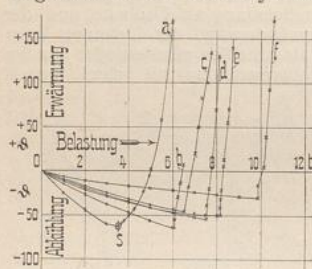


Fig. 6.

Wärmeerzeugung gleich oder größer wird als die Abkühlung durch elastische Dehnungsarbeit. Dieser kritische Punkt S gibt sich durch eine ausgeprägte Umkehr der Galvanometeranzeige β zu erkennen (vgl. die Diagramme Fig. 6 aus wiederholten Versuchen a – f mit demselben Probestabe aus Messing). Bei sehr scharf ausgeprägter Streckgrenze nimmt die Schaulinie häufig auch den Verlauf nach Fig. 7. Man spricht dann von einer „oberen“ und einer „unteren“ Streckgrenze, entsprechend den Ordinaten der Punkte o und u [3], [51]. Die „obere“ Streckgrenze ist diejenige Spannung, bei der das Strecken beginnt, die „untere“ die kleinste Spannung,

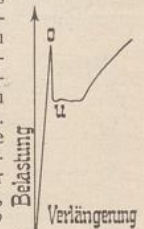


Fig. 7.

bei der es noch vor sich geht. Beide liegen oft weit auseinander. So fand Bach [51] Unterschiede bis zu 50% (19,9:29,7 kg/qmm). Sie ergeben sich bei dem geglätteten Material größer als bei dem unglätteten. Ferner fand Bach, daß besonders die „obere“ Streckgrenze stark abhängig ist von der Querschnittsform des Stabes [52]; sie lag bei kreisrundem Querschnitt höher als bei quadratischem oder gar T-förmigem.

Aus dem Bildungsgang der Fließfiguren und dem Verlauf im Abspringen der härteren Walzhaut erkennt man, daß das Fließen an einer Stelle beginnt, sich dann in der Regel über die ganze Versuchslänge fortpflanzt und daß hierauf alle Querschnitte zunächst gleichmäßig an der Verlängerung des Stabes teilnehmen [5] (f. a. Fließfiguren). Die Belastung steigt nach Ueberschreitung der Streckgrenze noch mehr oder weniger an, bis sie bei B Fig. 3–5 ihren höchsten Wert erreicht, den man mit Bruchlast (B) bezeichnet. Unter dieser Last verlängert sich der Stab besonders innerhalb einer geringen Strecke; sein Querschnitt verjüngt sich örtlich, der Stab „schrumpft ein“. Mit dieser starken Abnahme des Querschnitts verringert sich zugleich die Tragfähigkeit des Stabes, bis er unter der durch die Ordinate von Z gemessenen Belastung, der Zerreißlast (Z), zu Bruch geht. Der Bruch beginnt hierbei in der Regel im Kern des Stabes [10]–[13]. Stäbe mit der Schaulinie c (Fig. 5) zeigen meist keine örtliche Einschnürung: sie zerreißen unter der Höchstlast B . — Die von der Schaulinie gegen die Abzissenachse abgegrenzte Fläche stellt die Zerreißungsarbeit (A) dar. Das Größenverhältnis dieser Fläche zu der Fläche a des umschriebenen Rechtecks $o y y_1 x$ (Fig. 3) heißt Völligkeitsgrad (ξ). Um die an Stäben von verschiedenen Abmessungen ermittelten Ergebnisse in Vergleich stellen zu können, hat man die Belastungen auf die Einheit des Stabquerschnittes und die Verlängerungen λ auf die Einheit der Meßlänge (l) umzurechnen, d. h. an Stelle der Belastungen die Spannungen (σ) und statt der Verlängerungen die Dehnungen ($\epsilon = \lambda/l$) in Betracht zu ziehen. Der Berechnung der Spannungen, $\sigma_P = P:F$ an der Proportionalitätsgrenze, $\sigma_S = S:F$ an der Streckgrenze und $\sigma_B = B:F$ der Bruchspannung, wird der ursprüngliche Stabquerschnitt (F) zugrunde gelegt, der Berechnung der Zerreißspannung $\sigma_Z = Z:f$ dagegen der Querschnitt (f) an der Bruchstelle. — Ist die Schaulinie nach Spannungen und Dehnungen verzeichnet, so liefert die von ihr

abgegrenzte Fläche die spezifische Zerreiungsarbeit ($a = A:J$) für die Einheit (cmm oder ccm) der Stabmae (J) innerhalb der Meßlänge. Der Völligkeitsgrad (ξ) ist für Materialien gleicher Gattung konstant [14]; daher kann man an Stelle der Flächen a auch die Fläche des umschriebenen Rechtecks ($a:\xi = \sigma_B \cdot \epsilon_Z = \text{Bruchspannung mal Bruchdehnung}$) unmittelbar vergleichen. Bei technischen Untersuchungen wird die Dehnung in der Regel nicht auf die Längeneinheit bezogen, sondern in Hundertteilen der Meßlänge angegeben. Die prozentuelle Dehnung δ ist dann: $\delta = 100 \lambda:l$. Ebenso wird auch die Querschnittsverminderung (q) an der Bruchstelle in Hundertteilen des ursprünglichen Querschnitts berechnet nach der Gleichung $q = 100 (F - f):F$.

Wertziffern oder Qualitätszahlen sind Zahlenwerte, welche den Gebrauchswert oder die Widerstandsfähigkeit des Materials gegen die Inanspruchnahme ihrer Festigkeit im Betriebe, bedingt durch Festigkeit und Zähigkeit, zum Ausdruck bringen sollen. Die älteste Wertziffer ist die Whlersche [15]. Sie ist gegeben in der Summe aus Bruchspannung und Querschnittsverminderung ($\sigma_B + q$); sie soll aber um ein Bestimmtes größer sein als die Summe der für beide Größen vorgeschriebenen Einzelwerte, damit ein Weniger an Festigkeit durch größere Zähigkeit und umgekehrt ersetzt werden kann. Tetmajer führte die Zerreiungsarbeit oder das Arbeitsvermögen ($\sigma_B \cdot \delta$) als Wertziffer ein [14]. Urteile über die Bedeutung beider Wertziffern finden sich [16]–[23].

Umstände, welche das Ergebnis des Zerreiversuches beeinträchtigen, sind:

1. Die Art der Entnahme und Zurichtung der Proben. Die Entnahme hat auf kaltem Wege mit Hilfe schneidender Werkzeuge, am besten mittels Kaltfge oder auf der Hobelmaschine zu erfolgen. Mit der Schere abgeschnittene Blechstreifen sind unter der Presse oder mittels weicher Hmmer kalt gerade zu richten und längs der Schnittkanten abzuarbeiten, um den Einfluß des Scherenchnittes [24] zu beseitigen. Zerreißproben aus größeren Schmiedestücken [25] und Gustcken liefern, an der Oberfläche entnommen, meist höhere Festigkeit als die in der Mitte gelegenen. Bei Zerreißversuchen mit Schienenmaterial werden in der Regel Flachstäbe aus Fuß und Steg und Rundstäbe aus Mitte Schienenkopf entnommen. Tetmajer empfiehlt [26], auch aus dem Kopf Flachstäbe, und zwar unmittelbar unter der Lauffläche zu entnehmen, um etwa hier vorhandene Ungänzen aufzudecken, von denen die Dauerhaftigkeit der Schienen abhängt und die dadurch entstehen können, daß die Blasen bei Rückkohlung mittels siliciumreicher Zuschläge oder infolge zu heißen Gusses [27] an die Oberfläche des Blockes getrieben wurden. — Flachstäbe von der Dicke des Walzstckes (z. B. aus Blechen, Flachstäben u. f. w.) bleiben auf den Breitseiten unbearbeitet, um die Walzhaut zu erhalten [28] und [29]. Im übrigen müssen bearbeitete Flächen der Länge nach abgezogen werden, da Querrisse in der Oberfläche das Ergebnis beeinträchtigen, besonders bei hartem Stahl und Kupfer. — Bei Walzstcken ist zwischen Längs- und Querproben zu unterscheiden. Die ersteren haben beim Schweißen erheblich größere Festigkeit und Dehnung als die Querproben; beim Fluen ist der Einfluß der Walzrichtung auf die Festigkeit wechselnd, die Dehnung aber stets für die Querproben geringer. Am größten ist der Unterschied für Unversaleisen, geringer für Formeisen und Bleche [31]–[33]. Ausglühen der Proben ist nur zulässig, wenn das Material in geghltem Zustande Verwendung finden soll [20], [27], [33], [34].

2. Die Stabform. Ihr Einfluß auf das Versuchsergebnis setzt sich zusammen aus der Wirkung der stärkeren Stabkpfe und dem Einfluß der Größe des Querschnittes und der Meßlänge. Die stärkeren Stabkpfe behindern durch die auswärts gerichteten Seitenspannungen die Querschnittsverringern und, da das Volumen des Stabes sich wenigstens bis zum Beginn der örtlichen Einschnürung beim Strecken nicht ändert, auch die Dehnung [10] und [35]. Theoretisch muß dieser Einfluß mit wachsender Entfernung von den Köpfen abnehmen, aber von beiden Köpfen aus durch Uebertragung von Querschnitt zu Querschnitt bis zur Stabmitte reichen; durch Messung wahrnehmbar bleibt er z. B. bei Stäben von 20 mm Durchmesser innerhalb etwa 30 mm Länge. Auf die Festigkeit äußert sich dieser Einfluß bei dehnbarem Material derart, daß Stäbe von gleichem Querschnitt bei der Länge Null die größte Festigkeit liefern. Unter ihnen besitzen Stäbe mit scharfem Einschnitt (Fig. 8) weniger Festigkeit als solche mit eingearbeiteten Hohlkehlen nach Fig. 9. Dann nimmt die Festigkeit mit wachsender Länge allmählich ab, bis sie schließlich für alle größeren Längen konstant wird [11], [29] und [36]–[39]. — Der Einfluß der Größe des Querschnittes und der Meßlänge veranlaßt, daß die Bruchdehnung bei gleicher Meßlänge mit dem Querschnitt wächst und umgekehrt bei gleichem Querschnitt mit wachsender Länge abnimmt. Der Grund liegt darin, daß die mit der Einschnürung verbundene, rein örtliche Dehnung gegenüber der gleichmäßig verteilten Dehnung bei kurzer Meßlänge mehr ins Gewicht fällt. bereinstimmende Werte erhält man nach Lebateur und Mari [40] und nach Barba [10] mit verschiedenen Stabformen bei demselben Material dann, wenn die Stäbe in allen Teilen geometrisch ähnlich sind [41]. — Nach Baufhinger bleiben die ermittelten Dehnungswerte in allen Fällen vergleichbar, wenn sich die Melngen wie die Wurzeln aus den Querschnittsverhältnissen verhalten [42]. Er empfiehlt, die Stabformen an den Normalrundstab von 20 mm Durchmesser und 200 mm Meßlänge anzuschließen, d. h. stets die Meßlänge $l = 200 \cdot \sqrt{f:314} = 11,3 \sqrt{f}$ zu wählen. Für Stäbe, die in allen Teilen geometrisch ähnlich sein sollen, sind die Abmessungen dann nach den in Fig. 1 und 2 angegebenen Verhältniswerten zu berechnen [2], [43]–[45] und [53].



Fig. 9.

Fig. 8.

3. Die Lage des Bruches zur Meßlänge. Sobald der Bruch des Stabes nicht in der Mitte der Meßlänge, sondern in einer geringeren Entfernung von deren Enden erfolgt, fällt bei dehnbarem Material ein Teil der stärkeren örtlichen Dehnung, welche von der Einschnürung

am Bruch herrührt, über die Meßlänge hinaus. Mißt man die Dehnung dann, wie es in der Regel geschieht, zwischen den Endmarken, so wird sie kleiner gefunden als beim Bruch in der Mitte. Das Ergebnis entspricht dann nicht mehr den Eigenschaften des Materials. Praktisch wahrnehmbar wird dieser Einfluß, sobald der Bruch außerhalb des mittleren Drittels der Meßlänge erfolgt. Stäbe mit derartig einseitig gelegenen Brüchen sind daher von der Messung der Dehnung zwischen den beiden Endmarken auszuschließen [28]. Um dem Uebellande, daß auf diese Weise eine größere Zahl von Versuchen unbrauchbar wird, zu entgehen, hat man die Meßlänge vor dem Versuch durch Körner oder Strichmarken in 20 gleichgroße Stücke zu teilen (s. Fig. 10). Ist der Bruch nun z. B. in dem vierten Teilungsintervall, also zwischen Marke 3 und 4 erfolgt, so wird gemessen vom Bruch bis Marke 0 (3 Teile), ferner vom Bruch bis Marke 13 (10 Teile) und schließlich von Marke 6 bis 13 (7 Teile). Die Summe dieser drei Messungen entspricht der ursprünglichen Länge von 20 Teilen, also der vorgeschriebenen Meßlänge l , und die aus ihr sich ergebende Dehnung $\delta = 100 (\sum l_i - l) : l$ ist von der Lage des Bruches nicht beeinflusst. Vorausgesetzt wird hierbei, was erfahrungsgemäß zulässig ist, daß bei hinreichend langen Stäben die Dehnung zu beiden Seiten des Bruches gleich groß ist [28]. Häufig pflegt man die Dehnungen an Hand der Unterteilungen für zwei verschiedene Längen zu ermitteln, und zwar nicht nur für je zehn, sondern auch noch für je fünf Teilungsintervalle zu beiden Seiten des Bruches. Der Vergleich beider Werte läßt dann erkennen, ob die Dehnung gleichmäßig über die ganze Länge verteilt ist, und besonders wie sie durch die örtliche Einschnürung beeinflusst wird. Die Unterteilungen werden entweder mit Körnerzirkel eingegeschlagen oder mittels

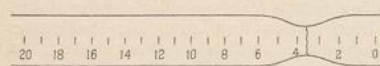


Fig. 10.

Schablonen (Fig. 11) und Reißnadel eingeritzt. Genauere Teilungen sind auf der Teilmaschine auszuführen.

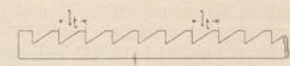


Fig. 11.

4. Einfluß der Versuchsdauer [17], [46]–[48]. Bei jeder Laststeigerung ist eine gewisse Zeit erforderlich, damit der Probefstab sich so weit dehnt, daß der Gleichgewichtszustand zwischen der äußeren Belastung und der inneren Materialspannung von neuem hergestellt ist. Innerhalb der Proportionalitätsgrenze sind die Dehnungen nur gering, die Zeit oder die Geschwindigkeit der Laststeigerung wird daher hier keinen meßbaren Einfluß ausüben. Er tritt aber hervor, sobald der Stab fließt, besonders bei Materialien mit Schaulinien nach Fig. 5 a und 7. Am besten ist er zu erkennen bei Versuchen auf solchen Maschinen, die mit selbsttätiger Belastungsvorrichtung und mit Schaulinienzeichner ausgerüstet sind. Die Kraftordinaten sind dann um so größer, d. h. den gleichen Dehnungen entsprechen um so größere Belastungen, je größer die Arbeitsgeschwindigkeit beim Versuch ist. Bei gewissen Materialien, besonders bei Zink [49], äußert der Einfluß der Geschwindigkeit sich bis zum Bruch. Dann nimmt mit wachsender Geschwindigkeit die Festigkeit zu, dagegen die Dehnung und in der Regel auch die Querschnittsverminderung ab. Um vergleichbare Ergebnisse zu erzielen, empfiehlt es sich daher, sämtliche Versuche mit gleicher Geschwindigkeit durchzuführen; geeignet ist hierzu die Geschwindigkeit von 1% der Meßlänge in der Minute.

Literatur: [1] Styffe, Knut, Die Festigkeitseigenschaften von Eisen und Stahl, Weimar 1870. — [2] Tresca, Sur l'écoulement des corps solides, Savant étrangers, Bd. XIII, S. 756. — [3] Vavra, Ueber einige Fließerscheinungen bei Zerreißversuchen von weichen Eisenorten, Prakt. Masch.-Konstr. 1892, S. 125. — [4] Unwin, On the Yield point of iron and steel etc., Proceedings of the Royal Society, vol. 57. — [5] Kirfch, Beiträge zum Studium des Fließens, Mitteil. a. d. Kgl. techn. Versuchsanstalten zu Berlin 1887, S. 69; 1888, S. 37 und 1889, S. 9. — [6] Martens, Untersuchungen mit Eisenbahnmaterial, ebend. 1890, Ergänzungsheft II. — [7] Kirkaldy, Strength and properties of materials, London 1891. — [8] Hartmann, Distribution des déformations sans les métaux soumis à des efforts, Paris 1896. — [9] Rudeloff, Untersuchungen über den Einfluß der Wärme auf die Festigkeit der Metalle, Mitteil. a. d. Kgl. techn. Versuchsanstalten zu Berlin 1893, S. 302. — [10] Barba, Etude sur la résistance des matériaux; Expériences à la traction, Mémoires de la Société des ingénieurs civils 1880. — [11] Considère-Hauff, Die Anwendung von Eisen und Stahl bei Konstruktionen, Wien 1888. — [12] The iron age 1890, S. 585. — [13] Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1896, S. 569. — [14] Tetmajer, Einheitliche Nomenklatur für Eisen und Stahl, Eisenbahn 1884. — [15] Glasers Ann. f. Gew. u. Bauw. 1882, S. 137. — [16] Kick, Gesetz der proportionalen Widerstände, Leipzig 1885, S. 79. — [17] Jenny, Ueber Festigkeitsversuche und die dabei verwendeten Maschinen und Apparate, Wien 1878, S. 46. — [18] „Stahl und Eisen“ 1882, S. 100. — [19] Wochenschr. d. Oesterr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1882, S. 114. — [20] „Stahl und Eisen“ 1883, S. 1 und 11. — [21] Civilingenieur 1884, S. 94 und 369. — [22] Wochenschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1882, S. 48. — [23] Mitteil. a. d. Kgl. techn. Versuchsanstalten zu Berlin 1893, S. 33. — [24] Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1891, S. 1089. — [25] Journ. of the Western Society of Engineers 1897, S. 589. — [26] Schweizerische Bauztg. 1884, S. 75. — [27] „Stahl und Eisen“ 1884, S. 266. — [28] Beschlüsse der Konferenzen über einheitliche Untersuchungsmethoden, München 1893, S. 24. — [29] Mitteil. a. d. mech.-techn. Laboratorium München, Heft XIV, S. 159. — [30] „Stahl und Eisen“ 1892, S. 15. — [31] Tetmajer, Mitteil. d. Anstalt zur Prüfung von Baumaterialien am eidgen. Polytechnikum in Zürich, Bd. 3, S. 186. — [32] Schweizerische Bauztg. 1892, Nr. 22 und 23. — [33] Oesterr. Zeitschr. für Berg- u. Hüttenw. 1885, S. 77. — [34] Glasers Ann. f. Gew. u. Bauw. 1885, S. 200. — [35] Barba und Duplaix, Sur les essais à la traction; Commission des méthodes d'essai des matériaux de construction, Bd. 3, 1895. — [36] Zeitschr. f. Bauw. 1866, S. 67. — [37] Oesterr. Zeitschr. f. Berg- u. Hüttenw. 1883, S. 557. — [38] Rudeloff, Beitrag zum Studium des Bruchaussehens zerrissener Stäbe, Baumaterialienkunde, Bd. 4, S. 85. — [39] Engineering 1897, Bd. 1, S. 187. — [40] Commission des méthodes d'essai

1894, Bd. 1, S. 120. — [41] Kick, Das Gesetz der proportionalen Widerstände, 1885. — [42] Mitteil. a. d. mech.-techn. Laboratorium München, Heft XXI, S. 22. — [43] Barba, Etude sur l'emploi de l'acier dans les constructions, Paris 1874. — [44] Marché, De la déformation permanente de l'acier, Comptes rendus de la Société des ingénieurs civils 1876, S. 474. — [45] Proceedings of the Inst. of civ. Eng. 1876, Bd. 66, S. 325. — [46] Dinglers Polyt. Journ. 1877, Bd. 223, S. 333. — [47] Gollner, Ueber die Untersuchung der Festigkeit des Flußeisens, Technische Blätter. — [48] Dinglers Polyt. Journ. 1884, Bd. 251, S. 337. — [49] Mitteil. a. d. Kgl. techn. Versuchsanstalten zu Berlin 1889, Ergänzungsheft IV. — [50] Kgl. Pr. Akademie d. Wissenschaften, 1908, X, S. 210. — [51] Bach, Zum Begriff der Streckgrenze, Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1904, S. 1040. — [52] Derf., Zur Kenntnis der Streckgrenze, ebend. 1905, S. 615. — [53] Martens, Materialienkunde für den Maschinenbau, Berlin 1898.

Rudloff.

Zuhaltung, f. Schloß, Bd. 7, S. 732.

Zulässige Beanspruchung (zulässige Spannung) auf Zug, Druck u. f. w. heißt in der Ingenieurmechanik diejenige rechnermäßige Zugbeanspruchung, Druckbeanspruchung u. f. w. pro Flächeneinheit, welcher das Material der Konstruktionen unterworfen werden darf. Bei der Wahl dieser Beanspruchung geht man gegenwärtig meist von der Festigkeit aus (f. d. und Zugfestigkeit, Druckfestigkeit, Knickfestigkeit, Biegezugfestigkeit, Schubfestigkeit, Torsionsfestigkeit), worunter hier allgemein diejenige Grenzspannung verstanden sein soll, für welche Bruch oder sonstige Aufhebung der Kohäsion, überhaupt ein Versagen des betreffenden Konstruktionsteils zu erwarten wäre. Zugleich pflegt man jedoch genügend weit unter solchen Spannungen zu bleiben, für welche in Betracht kommende bleibende Formänderungen eintreten würden (f. Elastizitätsgrenze, Dehnung, Zugelastizität, Druckelastizität u. f. w.). Ueber die Reduktion zusammengefügter Beanspruchungen auf einfachen Zug und Druck f. Festigkeitsbedingung, Bd. 3, S. 716. Das Verhältnis m der Festigkeit zur zulässigen Beanspruchung heißt die Sicherheit (f. d.), während $1/m$ der Sicherheitskoeffizient genannt wird. Wäre die Festigkeit f bekannt und der Sicherheitskoeffizient $1/m$ gewählt, so würde man durch Multiplikation dieser Werte die bei m -facher Sicherheit zulässige Beanspruchung erhalten: $b = f/m$. Vgl. Dimensionenberechnung Bd. 2, S. 772.

Die rechnermäßigen zulässigen Beanspruchungen bestimmter Materialien können je nach der Art der Verwendung und sonstigen Verhältnissen sehr verschieden sein. Sie sind um so kleiner zu wählen, je höher diejenigen Einflüsse zu schätzen sind, welche bei der statischen Berechnung der Konstruktion (Bd. 2, S. 772) außer Acht gelassen wurden, oder überhaupt nicht rechnerisch zu verfolgen sind. Es kommen hierbei in Betracht die Zuverlässigkeit der Theorie und der gewählten Berechnungsmethode, die Berücksichtigung oder Nichtberücksichtigung der ungünstigen Belastungen und sonstiger Einwirkungen (Winddruck, Temperaturänderungen u. f. w., vgl. Zusatzspannungen), die zu erwartenden Nebenspannungen (f. d.), dynamischen Einwirkungen, Stöße und Erschütterungen. Zu beachten sind ferner die Möglichkeit unbeabsichtigter Minderwertigkeiten im Material, in der Ausführung und Unterhaltung, Entartungen durch Rost und Verwitterung u. f. w. Es können also beispielsweise für die Zwischenträger von Eisenbahnbrücken, welche starken Stößen unmittelbar ausgesetzt sind, kleinere Beanspruchungen am Platze sein als für die Hauptträger, unter ungünstigen Fabrikations- und Montierungsverhältnissen kleinere als unter günstigen, für Konstruktionen von unbeschränkter Dauer kleinere als für provisorische Anlagen. Schablonenmäßiges Vorgehen ist zu vermeiden. Hiernach können auch alle gebräuchlichen Angaben nur Mittelwerte unter gewöhnlichen Verhältnissen bedeuten.

Im Hochbau kommen meist ruhende Belastungen in Betracht, wobei jedoch erhebliche Erschütterungen nicht ausgeschlossen sind (Fabriken u. f. w.). Bei Wahl der zulässigen Spannungen ist zu beachten, daß im Hochbau weniger als z. B. im Brückenbau auf Berücksichtigung aller besonderen Verhältnisse zu rechnen ist (exzentrische Beanspruchungen, Biegungen, seitliche Einwirkungen, Verwachsungen, Temperatureinflüsse u. f. w.) und daß leichter unkontrollierte Ueberlastungen vorkommen (Speicher u. f. w.). Tabelle I gibt die von der Berliner Baupolizei [42] und die nach Aufstellungen des Oesterreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereins [20] vom Wiener Stadtbauamt [30], [33] bei reinem Zug und Druck zugelassenen Beanspruchungen. Weitere Vorschriften f. [42], S. 406.

Im Brückenbau ist zu beachten, daß man es stets mit wechselnden Belastungen zu tun hat und die rasch auftretende Verkehrslast größere Spannungen als eine gleichgroße ruhende Last erzeugt, wozu noch Einflüsse der Wiederholungen (f. Arbeitsfestigkeit), Stöße und Erschütterungen treten. Diese Umstände kommen besonders bei Eisenbahnbrücken in Betracht, auf welche sich denn auch in erster Linie die zahlreichen Dimensionierungsmethoden beziehen, welche in verschiedenen Ländern vorgeschlagen und teilweise in die Praxis eingeführt worden sind. Die Methoden beruhen teils auf praktischem Gefühl (Mainzer Brücke 1865, ältere amerikanische Regel), teils auf den Versuchsergebnissen Wöhlers über die Arbeitsfestigkeit (Launhardt-Weyrauch, Gerber, Winkler u. f. w.), teils auf den Beziehungen der Elastizitätslehre für plötzliche Spannungsänderungen (Lippold, Clericetti u. f. w.), teils auf Anschauungen und Versuchsergebnissen Baufingers über die Elastizitätsgrenze (Landsberg, Häfeler u. f. w.). Sie führen jedoch alle zu ähnlicher Veränderlich-

Tabelle I. Hochbau.

Material	Zug, kg pro qcm		Druck, kg pro qcm	
	Berlin	Wien	Berlin	Wien
Schweißbeifen und Flußbeifen	750	1000	750	1000
(Schub: Berlin 600, Wien 800)				
Flußbeifen	875 ^{*)}	1000	875 ^{*)}	1000
Gewölbtes Eisenblech	500		500	
Eisendraht	1200			
Gußeifen	250	200	500	600
(Schub: Berlin 200, Wien 250)				
Zinkblech (für Biegung 150)	200		200	
Eichenholz	100	100	80	70
Buchenholz	100		80	
Kiefernholz	100	90	60	60
Tannenholz		70		60
Fichtenholz und Lärchenholz		70		55
Granit (Wien je nach Verwendung, [30], S. 82)			45	20—50
Sandstein je nach Härte			15—30	
Rüdersdorfer Kalkstein in Quadern			25	
Kalksteinmauerwerk in Kalkmörtel			5	
Ziegelmauerwerk, gewöhnliches, in Kalkmörtel			7	
Ziegelmauerwerk in Zementmörtel			11	
Klinkermauerwerk, bestes in Zementmörtel			12—14	
Mauerwerk aus porigen Steinen			3—6	
Mauerwerk, verschiedenes, [30], S. 82				Bd. 6, S. 343
Baugrund, guter			2,5	
Baugrund je nach Güte, [30], S. 83				1,5—3,5

^{*)} Bei Flußbeifenstäben genau berechneter zusammengefügter Konstruktionen läßt die Berliner Baupolizei 1000 kg pro Quadratcentimeter zu.

Tabelle II. Brückenbau. Schweißbeifen. Zug allein oder Druck allein.

Verfahren	Formel	ψ_0	$\psi = 0$	$\psi = \frac{1}{4}$	$\psi = \frac{1}{2}$	$\psi = \frac{3}{4}$	$\psi = 1$
Früher allgemein	$k = \text{Conf.}$	beliebig	700	700	700	700	700
Mainzer Brücke 1865	$k = \frac{1600}{3 - 2\psi}$	*	533	640	800	1067	1600
Schäffer (nach Gerber), ähnlich Bayern	[3], [18], S. 171	$\frac{\psi}{2} + 1$	646	795	997	1270	1600
		$\frac{\psi + 1}{2}$	680	845	1066	1328	1600
		1	703	910	1140	1404	1600
Winkler, ähnlich Sachfen	$k = \frac{770}{1,3 - 0,585\psi - 0,165\psi_0}$	$\frac{\psi}{2} + 1$	592	692	832	1044	1400
		$\frac{\psi + 1}{2}$	632	733	871	1074	1400
		1	678	779	914	1106	1400
Lippold	$k = \frac{1300}{2 - \psi}$	beliebig	650	743	867	1040	1300
Landsberg	[13], [18], S. 199	$\frac{\psi}{2} + 1$	700	764	840	933	1050
		$\frac{\psi + 1}{2}$	790	884	933	988	1050
		1	908	1018	1050	1050	1050
Häfeler	[17], [18], S. 208	$\frac{\psi}{2} + 1$	672	709	749	793	842
		$\frac{\psi + 1}{2}$	705	770	793	817	842
		1	735	842	842	842	842
Tetmajer	$k = 600 + 350\psi + 80\psi^2$	beliebig	600	692	795	907	1030
Engesser (für Spannweiten über 20 m, [28])	$k = \frac{1800}{3 - \psi - 0,2\psi_0}$	$\frac{\psi}{2} + 1$	600	666	750	857	1000
		$\frac{\psi + 1}{2}$	620	686	766	867	1000
		1	643	706	783	878	1000
Launhardt-Weyrauch	$k = 700 \left(1 + \frac{\psi}{2}\right)$	beliebig	700	787	875	962	1050
Frankreich	$k = 600 \left(1 + \frac{\psi}{2}\right)$	*	600	675	750	825	900
Schweiz	$k = 700 \left(1 + \frac{2\psi}{7}\right)$	*	700	750	800	850	900

keit der zugelassenen Beanspruchungen, wie die in Tabelle II und III angeführten Werte für Zug und Druck (ohne Knickwirkungen) bei Brückenhauptträgern aus Schweißbleichen zeigen. Wenn also die Dimensionen unter Berücksichtigung der sonst in Betracht kommenden Verhältnisse (vgl. Dimensionenberechnung) nach einem vorichtigeren dieser Verfahren bestimmt werden, so pflegen sie auch nach den ändern zu genügen. Demgegenüber trüge die früher allgemein üblich gewesene Wahl einer immer gleichen zulässigen Beanspruchung k nicht einmal dem Umfange Rechnung, daß die Verkehrslast bei Eisenbahnbrücken rasch und ungünstigenfalls (auch ohne Stoß) fast plötzlich wirkt, wobei schon nach der gewöhnlichen Elastizitätslehre Spannungen bis zum doppelten der einer gleichgroßen ruhenden Belastung entsprechenden entstehen können [12], S. 75. Hierauf beruht z. B. das Lippold'sche Verfahren [5], [18], S. 254. Wenn vielfach darauf hingewiesen wurde, daß jahrelang im Gebrauch gewesene Konstruktionsteile keine Anhaltspunkte für eine Verminderung der Festigkeit zeigten [14], so war dies auch nach den neueren Anschauungen zu erwarten, wozu wären sonst die Sicherheitskoeffizienten da? (Vgl. Sicherheit.) Im Falle die Dimensionierung eines solchen Konstruktionsteils nach der älteren Methode erfolgt war, kommt hinzu, daß die neueren Methoden bei Beanspruchungen einerlei Sinnes noch größere Beanspruchungen als die ältere zugelassen hätten (vgl. Tabelle II). In den Tabellen II und III sind gesetzt für Zug allein oder Druck allein, wenn B_0 , $\max B$, $\min B$ die Absolutwerte (ohne Vorzeichen) der bleibenden Beanspruchung und der numerisch größten und numerisch kleinsten Grenzbeanspruchung bezeichnen:

$$\psi = \frac{\min B}{\max B}, \quad \psi_0 = \frac{B_0}{\max B},$$

und für Wechsel von Zug und Druck, wenn B_0 , $\max B$, $\max B'$ die Absolutwerte der bleibenden Beanspruchung und der numerisch größten und kleinsten Beanspruchung vertreten:

$$\psi = -\frac{\max B'}{\max B}, \quad \psi_0 = \pm \frac{B_0}{\max B}.$$

Im letzten Ausdruck gilt das obere oder untere Vorzeichen, je nachdem B_0 in gleichem oder entgegengesetztem Sinne wirkt wie $\max B$. Zu Tabelle II sei bemerkt, daß bei Brücken ψ meist nicht über $1/2$ hinausgeht, was bei Beurteilung der Zahlen in Betracht kommt. Alle Zahlen bedeuten Kilogramm pro Quadratzentimeter.

Tabelle III. Brückenbau. Schweißbleichen. Wechsel von Zug und Druck.

Verfahren	Formel	ψ_0	$\psi = 0$	$\psi = \frac{1}{4}$	$\psi = \frac{1}{2}$	$\psi = \frac{3}{4}$	$\psi = 1$
Früher allgemein	$k = \text{Conf.}$	beliebig	700	700	700	700	700
Ältere amerik. Regel	$k = \frac{700}{1 - \psi}$	"	700	560	467	400	350
Schäffer (nach Gerber), ähnlich Bayern	[3], [18], S. 171	ψ	646	538	459	399	351
Winkler, ähnlich Sachsen	$k = \frac{770}{1,3 - 0,585\psi - 0,165\psi_0}$	0	646	550	469	406	356
		1	704	572	474	404	351
		ψ	592	518	460	413	376
		0	592	556	523	495	408
		1	592	636	590	553	448
Lippold	$k = \frac{1300}{2 - \psi}$	beliebig	650	578	520	473	433
Landsberg	[13], [18], S. 199	ψ	700	614	541	493	448
		0	700	646	600	560	525
		1	700	820	659	533	448
		ψ	672	579	500	432	373
Häfeler	[17], [18], S. 204	0	672	588	504	420	336
		1	735	604	502	414	373
Tetmajer	$k = 600 + 350\psi + 80\psi^2$	beliebig	600	518	445	383	330
Engesser (für Spannweiten über 20 m [28])	$k = \frac{1800}{3 - \psi - 0,2\psi_0}$	ψ	600	545	500	462	428
		0	600	553	507	480	450
		1	643	590	546	507	471
Launhardt-Weyrauch	$k = 700 \left(1 + \frac{\psi}{2}\right)$	beliebig	700	612	525	437	350
Frankreich	$k = 600 \left(1 + \frac{\psi}{2}\right)$	"	600	525	450	375	300
Schweiz	$k = 700 \left(1 + \frac{2\psi}{7}\right)$	"	700	650	600	550	500

Beziehungen der in den Tabellen angeführten Art sind vielfach in Gebrauch [28]. Für Schub pflegt im Brückenbau bei Schweißbleichen und Flußbleichen etwa vier Fünftel der gebräuchlichen Beanspruchungen für Zug zugelassen zu werden. Vgl. Schubfestigkeit, Bd. 7, S. 819, und Nietverbindungen, Bd. 6, S. 626, auch Torsionsfestigkeit, S. 579.

In Preußen sind für die auf Zug beanspruchten Teile gegliederter Hauptträger und die Gurtungen vollwandiger Hauptträger von Spannweiten $l > 10$ m der Staatsbahnen zugelassen [34], S. 303:

bei Flußeisen wenn $l = 20 \quad 40 \quad 80 \quad 120 \quad 160 \quad 200 \text{ m}$
 ohne Rücksicht auf Winddruck bis zu $k = 850 \quad 900 \quad 950 \quad 1000 \quad 1050 \quad 1100 \text{ kg/qcm}$
 mit $k = 1000 \quad 1050 \quad 1100 \quad 1150 \quad 1200 \quad 1250$

Beim Schweißeisen sind diese Werte um 10% zu ermäßigen. Für Druckglieder gelten die gleichen Zahlen und ist außerdem auf Grund der Eulerischen Formel (Bd. 5, S. 520) eine mindestens fünffache Sicherheit gegen Knicken nachzuweisen. Bezüglich der Gegen-diagonalen (Bd. 4, S. 341) f. [34], S. 303. Für vollwandige Hauptträger von $l < 10 \text{ m}$ Spannweite kann bei Flußeisen bis $k = 800 \text{ kg}$, bei Schweißeisen bis $k = 750 \text{ kg}$ pro Quadratcentimeter gegangen werden. Diese Beanspruchungen sind auch für Quer- und Längsträger zulässig, wenn das Schotterbett über die Brücke geführt, also eine unmittelbare Auflagerung des Oberbaues auf die Fahrbahnträger nicht vorhanden ist. Liegen die Schienen mittels Querschwellen auf den Längsträgern, so dürfen diese und die Querträger bei Flußeisen bis 750 kg , bei Schweißeisen bis 700 kg pro Quadratcentimeter beansprucht werden. Wenn die Schienen ausnahmsweise unmittelbar oder mittels eiserner Unterlagsplatten auf den Längsträgern liegen, so sind letztere bei Flußeisen nur bis 700 kg , bei Schweißeisen nur bis 650 kg pro Quadratcentimeter zu beanspruchen. Das gleiche gilt von Querträgern, wenn sie in Ermangelung von Längsträgern die Schienen unmittelbar tragen. In betreff der Wind- und Eckverbände, Nietverbindungen, Nebenspannungen f. [34], S. 304. Im übrigen ist die Wahl des Rechnungsverfahrens und der Querschnittsermittlung freigestellt.

In Oesterreich sind für Hauptträger von Eisenbahnbrücken aus Flußeisen und Schweißeisen die in Tabelle IV angeführten Beanspruchungen zugelassen [36]. Für Straßenbrücken sind die zulässigen Beanspruchungen etwa 50 kg pro Quadratcentimeter höher. Näheres f. Oesterr. Zeitschr. f. den allg. Baudienst 1904.

Tabelle IV. Brückenbau (Oesterreich).

Für die Stabkräfte		Beanspruchungen k , kg pro qcm	
		Flußeisen	Schweißeisen
I. Nur aus Eigengewicht und Verkehrslast:			
a) Beanspruchungen auf Zug und Druck			
bei Spannweiten $l = 0$ bis 10 m		$750 + 5 l$	$700 + 2 l$
" $l = 10 \quad 20$		$760 + 4 l$	$700 + 2 l$
" $l = 20 \quad 40$		$800 + 2 l$	$700 + 2 l$
" $l = 40 \quad 80$		$840 + l$	$720 + 1,5 l$
" $l = 80 \quad 120$		$840 + l$	$700 + l$
" $l = 120 \quad 160$		$840 + l$	$820 + 0,5 l$
bis höchstens		1000	900
b) Beanspruchung auf Abfcheren		600	500
c) Beanspruchungen der Niete auf Abfcheren		700	600
" " Lochwand		1600	1400
II. Unter Berücksichtigung aller Einflüsse:			
a) Beanspruchungen auf Zug und Druck		1200	1000
b) Beanspruchung auf Abfcheren		700	600
c) Beanspruchungen der Niete auf Abfcheren		700	600
" " Lochwand		1600	1500

Betreffend Frankreich und die Schweiz f. die Tabellen II, III und [21], [22], über amerikanische Vorschriften [37], [41], S. 789, sonstige Bestimmungen [28].

Tabelle V. Maschinenbau.

Beanspruchungsart		Schweißeisen		Flußeisen		Flußstahl		Stahlguß		Federstahl, gehärtet	Gußeisen
		von	bis	von	bis	von	bis	von	bis		
Zug . . .	$\psi = 1$	900	900	1200	1200	1500	600	900	—	—	300
	$\psi = 0$	600	600	800	800	1000	400	600	—	—	200
	$\psi = -1$	300	300	400	400	500	200	300	—	—	100
Druck . . .	$\psi = 1$	900	900	1200	1200	1500	900	1200	—	—	900
	$\psi = 0$	600	600	800	800	1000	600	900	—	—	600
	$\psi = -1$	300	300	400	400	500	250	350	—	—	—
Biegung . . .	$\psi = 1$	900	900	1200	1200	1500	750	1050	7500	—	—
	$\psi = 0$	600	600	800	800	1000	500	700	5000	—	—
	$\psi = -1$	300	300	400	400	500	250	350	—	—	—
Schub . . .	$\psi = 1$	720	720	960	960	1200	480	840	—	—	—
	$\psi = 0$	480	480	640	640	800	320	560	—	—	—
	$\psi = -1$	240	240	320	320	400	160	280	—	—	—
Torsion . . .	$\psi = 1$	360	600	840	900	1200	480	840	6000	f. [40].	—
	$\psi = 0$	240	400	560	600	800	320	560	4000	S. 55.	—
	$\psi = -1$	120	200	280	300	400	160	280	—	—	—

Im Maschinenbau herrscht die größte Mannigfaltigkeit angreifender Kräfte wie sonstiger Einflüsse und Rücklichten, welche bei der Dimensionierung in Frage kommen, so daß hier früher als im Brückenbau für verschiedene Konstruktionen und Konstruktionsteile sehr verschiedene

Beanspruchungen zugelassen waren. Der Zusammenhang zwischen denselben und zuverlässigere Grundlagen für die Auswahl der Beanspruchungen wurden aus ähnlichen Gesichtspunkten wie im Brückenbau zu erreichen gesucht (vgl. Vorwort zu [40]). Dabei kam jedoch in Betracht, daß es sich um geringere Materialmengen und weniger Konstruktionsteile unter gleichen Verhältnissen handelt, so daß man sich mit der Angabe von Beanspruchungen für einige Hauptfälle begnügte, zwischen welchen ohne Formeln schätzungsweise interpoliert werden kann. Tabelle V enthält z. B. zulässige Beanspruchungen in Kilogramm pro Quadratzentimeter nach Bach [40], welche auch in der „Hütte“ [42] empfohlen werden. Dabei sind stetig anwachsende und abnehmende Beanspruchungen vorausgesetzt und entsprechen wie oben $\psi = 1$ ruhender Belastung, $\psi = 0$ beliebig oft wiederholten Beanspruchungen gleichen Sinnes zwischen 0 und derselben oberen Grenze, $\psi = -1$ beliebig oft wiederholten Beanspruchungen zwischen zwei gleichgroßen Grenzwerten entgegengesetzten Sinnes (vgl. Arbeitsfestigkeit, Bd. I, S. 285). Die angeführten Zahlen setzen gutes, für die in Frage stehende Verwendung geeignetes Material, zweckmäßige Formgebung und fachgemäße Behandlung voraus. Bei Verwendung von Material, das mit Rücksicht auf seinen Zweck in besonders geeigneter Beschaffenheit hergestellt wird, kann je nach den Verhältnissen mehr oder minder darüber hinausgegangen werden. Näheres f. [40]. Für vorzügliches Schweißblech (Feinkornblech) können die Spannungen bis zu einem Drittel über die in der Tabelle angeführten hinausgehen. Die angegebenen höheren Werte für Flußeisen und Flußstahl sind nur bei durchaus zuverlässigem und nicht zu weichem Material zu verwenden. Für Draht sind der größeren Zugfestigkeit wegen höhere Beanspruchungen zulässig (ein Fünftel bis ein Drittel der Zugfestigkeit). Wenn durch die angenommenen Spannungen Formänderungen entstehen, welche mit dem Zwecke der Konstruktion nicht verträglich sind, so ist natürlich von den größten zulässigen Formänderungen auszugehen.

S. a. Dimensionenberechnung, Zugfestigkeit, Druckfestigkeit, Knickfestigkeit, Biegezugfestigkeit, Schubfestigkeit, Torsionsfestigkeit, Mauerstärken.

Literatur: [1] Morin, *Résistance des matériaux*, Paris 1853, S. 54, 85, 119. — [2] Winkler, *Die Elastizitäts- und Festigkeitskoeffizienten*, Civilingenieur 1863, S. 405. — [3] Schäffer, *Bestimmung der zulässigen Spannung für Eisenkonstruktionen*, Zeitschr. f. Bauw. 1874, S. 398 (f. a. Deutsche Bauztg. 1875, S. 385, 396; 1876, S. 516, 524; 1877, S. 498). — [4] Winkler, *Wahl der zulässigen Inanspruchnahme der Eisenkonstruktionen*, Zeitschr. d. Oesterr. Ing.- u. Arch.-Vereins 1877, S. 45 (f. a. Wochenfchr. 1877, S. 263). — [5] Lippold, *Die Inanspruchnahme von Eisen und Stahl mit Rücksicht auf bewegte Last*, Organ f. d. Fortfchr. d. Eisenbahnw. 1879, S. 22. — [6] Mohr, *Ueber die Verwertung der Wöhler'schen Versuche für die Querschnittsbestimmung der Eisenkonstruktionen*, insbesondere der eisernen Brücken, Civilingenieur 1881, S. 1 (f. a. Wöhler, 1882, S. 251, und [18], S. 195). — [7] Böhme, *Die zulässige Belastung des Mauerwerks*, Mitteil. a. d. Techn. Versuchsanstalten zu Berlin, II, 1884, S. 80. — [8] Krohn, *Ueber Dimensionierung von Eisenkonstruktionen und über Wertziffern*, Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1885, S. 153. — [9] Laible und Schübler, *Zur Bestimmung der Festigkeitskoeffizienten von Eisenbauten*, Zentralbl. d. Bauverw. 1885, S. 138 (vgl. [18], S. 197). — [10] Löwe, *Zur Frage der zulässigen Spannung*, Wochenbl. f. Baukunde 1885, S. 143, 152. — [11] Baker, *Vortrag über Dimensionenberechnung vor der British Association Engineering* 1885, II, S. 289, 313 (Auszug in Zeitschr. d. Oesterr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1885, S. 295). — [12] Weyrauch, *Aufgaben zur Theorie elastischer Körper*, Leipzig 1885, S. 75, 254. — [13] Landsberg, *Ueber die Bestimmung der Querschnitte von Eisenkonstruktionen*, Zentralbl. d. Bauverw. 1885, S. 357; Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1888, S. 575; *Die Statik der Hochbaukonstruktionen*, Stuttgart 1899, S. 60 (auch Flußeisen). — [14] Zentralbl. d. Bauverw. 1885, S. 154; 1891, S. 355; 1893, S. 511; 1894, S. 175, 397; 1895, S. 414; 1896, S. 200; 1900, S. 363; 1905, S. 22. — [15] Grove, *Ueber die Annahme von Spannungen bei Festigkeitsberechnungen, mit Berücksichtigung der Wöhler'schen Versuche*, Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1886, S. 312 (betr. Maschinenbau). — [16] Winkler, *Die hölzernen Brücken*, Wien 1887, S. 13. — [17] Häfeler, *Ueber die zulässige Inanspruchnahme der eisernen Brücken*, Deutsche Bauztg. 1886, S. 290; *Der Brückenbau, I, Die eisernen Brücken*, Braunschweig 1888–1908, S. 31, 488. — [18] Weyrauch, *Die Festigkeitseigenschaften und Methoden der Dimensionenberechnung von Eisen- und Stahlkonstruktionen*, Leipzig 1889. — [19] Engesser, *Ueber die Spannungszahlen bei Eisenbauten*, Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1889, S. 324. — [20] *Normen für die Berechnung der Belastung und Inanspruchnahme von Baumaterialien und Baukonstruktionen*, Wochenfchr. d. Oesterr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1889, S. 1. — [21] *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 (Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1892, S. 159; Zentralbl. d. Bauverw. 1892, S. 277). — [22] *Verordnung betreffend Berechnung und Prüfung der eisernen Brücken- und Dachkonstruktionen auf schweizerischen Bahnen*, Schweiz. Bauztg. 1892, XX, S. 86. — [23] v. Emperger, *Eiserne Gerippbauten der Vereinigten Staaten*, Zeitschr. d. Oesterr. Ing.- u. Arch.-Vereins 1893, S. 396, 410, 422, 497, 521 (Beanfpr. S. 499). — [24] *Bedingungen für die Lieferung von Eisenkonstruktionen zu Brücken und Hochbauten der sächsischen Bahnen*, Schweiz. Bauztg. 1894, XXIV, S. 32. — [25] Gerber, *Bestimmung der Querschnitte von Eisenkonstruktionen*, Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1894, S. 1039, 1067, 1103. — [26] Leitholf, *Die Konstruktion hoher Häuser in den Vereinigten Staaten*, Zeitschr. f. Bauwesen 1895, S. 217 (Beanfpr. S. 228). — [27] Ebert, *Ueber zulässige Beanspruchungen von Eisenkonstruktionen*, Deutsche Bauztg. 1896, S. 13, 24, 35, 47, 95, 227 (vgl. [29]). — [28] Hauger, *Belastung und Berechnung eiserner Brücken*, Allgem. Bauztg. 1896, S. 110 (insbes. S. 114). — [29] Gerber, *Ueber die zulässige Beanspruchung der Eisenkonstruktionen*, Deutsche Bauztg. 1896, S. 227 (f. a. Kräfte, S. 294). — [30] Bayer, *Handbuch zur Berechnung der im Hochbau vorkommenden Konstruktionen in Eisen, Stein und Holz*, Wien 1896. — [31] Hauger, *Ueber zulässige Beanspruchungen von Eisenkonstruktionen*, Deutsche Bauztg. 1898, S. 184, 189. — [32] v. Emperger

Die Tragfähigkeit von Ziegelmauerwerk, Zeitschr. d. Oesterr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1899, S. 665. — [33] Derl., Die zulässigen Inanspruchnahmen des Eisens im Hochbau, Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1899, S. 1499 (f. a. Tetmajer 1900, S. 67). — [34] Vorschriften über das Entwerfen der Brücken mit eisernem Ueberbau (für die preuß. Staatsbahnen), Zentralbl. d. Bauverw. 1903, S. 301. — [35] v. Tetmajer, Die angewandte Elastizitäts- und Festigkeitslehre, Leipzig und Wien 1904, S. 220, 293, 296. — [36] Die neuen österreichischen Vorschriften für den Bau und die Unterhaltung der Eisenbahn- u. f. w. -brücken mit eisernen und hölzernen Tragwerken, Zentralbl. d. Bauverw. 1904, S. 581 (Wortlaut vom 28. August 1904 in der Oesterr. Zeitschr. f. d. allg. Bau- dienst). — [37] Denicke, Neuere Eisenbahnbrücken in Nordamerika, Zentralbl. d. Bauverw. 1906, S. 248, 267 (Beanpruchungen S. 248). — [38] Förster, Das Material und die statische Berechnung der Eisenbetonbauten, Leipzig 1907. — [39] Mörfch, Der Eisenbetonbau, Stuttgart 1908, S. 89, 92, 343, 356. — [40] Bach, Die Maschinenelemente, I, Leipzig 1908, S. 54, 94. — [41] Mehrrens, Eisenbrückenbau, I, Leipzig 1908, S. 103, 588, 787, 791. — [42] „Hütte“ 1908, I, S. 394, 404, 411, 414; II, S. 93, 367. — S. a. Dimensionenberechnung, Elastizitäts- und Festigkeitslehre und die am Schlusse obigen Artikels erwähnten Stichworte. *Weyrauch.*

Zulage, 1. das vom Zimmermann zugerichtete, zur Balkenlage, Fachwänden und Dachstuhl gehörige Holzwerk, das in der Art, wie es zusammengehört, aufeinandergelegt ist; 2. ein Holzstück, das beim Furnieren geschweiften Flächen dazu dient, das Furnier beim Verleimen mittels der Leimzwinge (f. Bd. 6, S. 132) fest in die Form zu pressen. *Weinbrenner.*

Zulegeplatte, -zeug, f. Grubeninstrumente, Bd. 4, S. 643.

Zunder bezeichnet die beim Erhitzen von gewissen Metallen, insbesondere von Eisen und Kupfer, sich bildende Oxydschicht, die bei der mechanischen Bearbeitung abfällt und auch als Hammerichlag, Walzfinter bezeichnet wird.

Zundererz, f. Heteromorphit.

Zungenstuhl, Webstuhl mit festem Blatt (f. Weberei).

Zungenvorrichtung, f. Weichen.

Zuppinger-Rad, f. Wassermotoren, S. 856.

Zurron (Tercio), Gewicht in Mittelamerika für Indigo und Kochenille, = 150 Libras = 69,014 kg.

Zusammendrückbarkeit, f. Kompressionskoeffizient.

Zusatzspannungen heißen Spannungen (f. d.) der Träger (f. d.), welche nicht von der Belastung (Eigengewicht und Verkehrslast) herrühren. Es handelt sich dabei um Spannungen, welche sich unter den üblichen Voraussetzungen ergeben, also um Teile der Grundspannungen, nicht um Nebenspannungen (f. d.).

Die häufigst vorkommenden Zusatzspannungen sind bedingt durch Winddruck (Dachstühle, Brücken u. f. w.), Temperaturänderungen (statisch unbestimmte Bogen u. f. w.), Bewegungen von Stützpunkten (durchlaufende Balken, statisch unbestimmten Bogen u. f. w.), Zentrifugalkräfte in Kurven und Seitenstöße der Fahrzeuge. Daneben können je nach Umständen Zusatzspannungen, durch ungleichmäßige Erwärmung (durchlaufende Balken u. f. w., Bd. 1, S. 513), durch künstlichen Horizontalschub (Bogen mit zwei Gelenken, Bd. 5, S. 139), durch Bremskräfte, Reibung der Lokomotivräder u. f. w. zu berücksichtigen sein. Mitunter werden Zusatzspannungen geeigneten Sinnes absichtlich herbeigeführt, um die Zahlenwerte der Gesamtspannungen herabzusetzen. Vgl. Horizontalschub, künstlicher, Bd. 5, S. 139, Montierungsspannungen, Bd. 6, S. 489, und [1], S. 125, 148, [14], S. 90, 92, 98, 272, 279, 290. Dynamische Einwirkungen bewegter Lasten pflegen obiger Definition entsprechend nicht zu den Zusatzspannungen gerechnet zu werden und eine gesonderte Behandlung zu erfahren. Man sehe darüber [11], [17], [20], S. 39, [21] und Verkehrslast, S. 768.

Literatur: [1] Weyrauch, Allgemeine Theorie und Berechnung der kontinuierlichen und einfachen Träger, Leipzig 1873, S. 10, 43, 125, 148 (Vertikalbewegungen der Stützpunkte). — [2] Ferron, Theorie der Bremsen, Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens 1878, S. 141, 204; 1879, S. 135 (f. a. 152, 193). — [3] Weyrauch, Ueber Temperatureinflüsse bei kontinuierlichen Trägern, Zeitschr. f. Baukunde 1879, S. 437. — [4] Engesser, Ueber den Einfluß der Temperatur auf die Lastverteilung bei Brücken mit mehreren Hauptträgern, Zentralbl. der Bauverw. 1881, S. 355. — [5] Huth, Inanspruchnahme eiserner Eisenbahnbrücken durch das Bremsen der Züge, Deutsche Bauztg. 1885, S. 334, 337, 346. — [6] Winkler, Theorie der Brücken, I, Wien 1886; II, Wien 1881; Eiserne Brücken, IV, Wien 1884. — [7] Fleck, Ueber die Beanspruchung der Fachwerkbrücken durch wagerechte Kräfte in der Trägerebene, Zentralbl. der Bauverw. 1886, S. 502 (f. a. 1887, S. 80). — [8] Weyrauch, Beispiele und Aufgaben zur Berechnung der statisch bestimmten Träger für Brücken und Dächer, Leipzig 1887 (Winddruck). — [9] Zimmermann, Die Seitenkräfte zwischen Schiene und Rad, Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1890, S. 1387 (f. a. S. 1023, 1124, 1215). — [10] Engesser, Die Zusatzkräfte und Nebenspannungen eiserner Fachwerkbrücken, I, Die Zusatzkräfte, Berlin 1892. — [11] Melan, Ueber die dynamische Wirkung bewegter Lasten auf Brücken, Zeitschr. d. Oesterr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1893, S. 293. — [12] Engesser, Zusatzspannungen durch Bremsen, Zeitschr. f. Bauwesen 1894, S. 306. — [13] Weyrauch, Berechnung der neuen Bogenbrücke über den Neckar zwischen Berg und Cannstatt, Allg. Bauztg. 1895, S. 49, 57, 73, 85 (Künstlicher Horizontalschub S. 77, Temperaturänderungen S. 79, Aus-

weichen der Widerlager S. 86). — [14] Zschetzke, Das Fachwerk mit künstlich gespannten Gliedern, Civilingenieur 1895, S. 425. — [15] Riedenaier, Künstliche Spannungen in Eisenbrücken, Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1895, S. 896. — [16] Hauger, Belastung und Berechnung eiserner Brücken, Allg. Bauztg. 1896, S. 110 (Vorschriften S. 125, 127). — [17] Zimmermann, Die Schwingungen eines Trägers mit bewegter Last, Zentralbl. der Bauverw. 1896, S. 249, 257, 264 (auch separat, Berlin 1896). — [18] Weyrauch, Die elastischen Bogenträger, München 1897 (Temperatureinflüsse, Ausweichen der Widerlager, künstlicher Horizontalschub). — [19] Mörfch, Nebenspannungen (nach obiger Definition Zusatzspannungen) in Brückengewölben mit drei Gelenken, Zeitschr. f. Arch. u. Ingenieurwesen 1900, S. 193. — [20] Handbuch der Ingenieurwissenschaften, II, Der Brückenbau, 2. Abt., Leipzig 1901, S. 34, 39, 57, 65; Bd. I, Leipzig 1904, S. 68, 136. — [21] Reißner, Schwingungsaufgaben aus der Theorie des Fachwerks, Zeitschr. f. Bauwesen 1903, S. 135 (f. a. 1899, S. 477). — [22] Häfeler, Der Brückenbau, 4. Lief., Braunschweig 1903–1908, S. 545, 661, 758, 823. — Ueber Winddruck (f. d.), Erddruck (f. d.) u. f. w. geben alle einschlagenden Lehrbücher der Baumechanik Aufschluß.

Zuschlag, im Hüttenwesen f. v. w. Zusätze schlackenbildender Materialien, z. B. Zuschläge beim Hochofenprozeß, f. Roheisen, Bd. 7, S. 461.

Zuschneidemaschinen, Maschinen zum Ausschneiden von Geweben, Leder, Papier u. dergl., um Bestandteile für Massenartikel, z. B. Schirme, Blumen, Kleider, Ledergalanteriewaren, Luxuspapiere zu gewinnen.

Kleinere Bestandteile werden mit Auschlageisen oder Ausstanzmessern (f. Bd. 1, S. 412) unter geeigneten Pressen (Schrauben-, Kurbel- oder Exzenterpressen) ausgeschnitten. Größere Bestandteile, besonders für Leibwäsche, Kleider u. dergl., werden in eigentlichen Zuschneidemaschinen mit beweglichen Messern zugeschnitten. Die Messer sind entweder kreisförmig oder blattförmig. Das kreisförmige Messer ist an einem aus zwei gelenkig verbundenen Teilen bestehenden drehbaren Ausleger gelagert, wird mit großer Geschwindigkeit um eine wagerechte Achse gedreht und läßt sich mit dem Ausleger nach allen Richtungen über den auf dem Tische liegenden Stoff hinbewegen und gleichzeitig um eine senkrechte Achse beliebig drehen. Das blattförmige Messer ist in ähnlicher Weise in einer beweglichen Vorrichtung gelagert und wird mit großer Schnelligkeit auf und nieder bewegt, um in den Stoff einzuschneiden. Bei der Maschine von Philippson & Lefschiner in Berlin (D.R.P. Nr. 2510) besteht die senkrechte Welle, von der aus das Kreismesser mittels Kegelrädern umgetrieben wird, aus zwei ineinander verschiebbaren Teilen, von denen der untere von einem Handgriff umgeben ist, der mit der Hand erfaßt und einer Schablone folgend bewegt wird, um den Schnitt zu vollführen. Der Stoff liegt auf einer nachgiebigen Unterlage. Vgl. a. D.R.P. Nr. 48592, 78763, 83206, 83377. + E. Daltow.

Zustände, übereinstimmende, Begriff der Wärmelehre.

Zwischen dem spezifischen Drucke p , dem spezifischen Volumen v und der absoluten Temperatur T eines homogenen gasförmigen oder flüssigen Körpers nahm van der Waals die Beziehung an [1], S. 62 (vgl. Bd. 4, S. 277):

$$\left(p + \frac{C}{v^2}\right)(v - b) = RT, \quad 1.$$

worin C , b , R von der Körperart abhängige Konstante bedeuten. Setzt man hierin:

$$p = m p_c, \quad v = n v_c, \quad T = w T_c, \quad 2.$$

unter p_c , v_c , T_c die kritischen Werte verstanden (f. Kritische Temperatur, Bd. 5, S. 711), so folgt:

$$\left(m p_c + \frac{C}{n^2 v_c^2}\right)(n v_c - b) = w R T_c,$$

und mit den Bd. 5, S. 712, nach van der Waals gegebenen Ausdrücken von p_c , v_c , T_c :

$$\left(m + \frac{3}{n^2}\right)(3n - 1) = 8w. \quad 3.$$

Da hiernach für alle dem Gesetze 1. folgenden Körper bei gleichen m , n , w die gleiche Beziehung 3. zwischen p , v , T besteht, so bezeichnete van der Waals Zustände verschiedener Körper, für welche deren p , v , T in den gleichen Verhältnissen m , n , w zu den betreffenden kritischen Werten p_c , v_c , T_c stehen, als übereinstimmende Zustände der Körper. Die Theorie der übereinstimmenden Zustände, welche sich in ähnlicher Weise auf Grund anderer Zustandsgleichungen aufstellen läßt [1], S. 129, [5], S. 891, [14], S. 937, und durch Versuche für eine Anzahl Stoffe annähernde Bestätigung fand [4], [5], [6], [14] u. f. w. ist durch van der Waals u. a. weiter ausgebildet worden. Nach ihr könnten z. B. Tabellen der p , v , t gegebener Stoffe auf Grund vorhandener Tabellen anderer Stoffe ergänzt werden. — Vgl. Siedetemperaturen, korrespondierende.

Literatur; [1] Van der Waals, Die Kontinuität des gasförmigen und flüssigen Zustandes, deutsch von Roth, Leipzig 1881, S. 124. — [2] Natanfon, Sur la correspondance des équations caractéristiques des gaz, Comptes rendus 1889, CIX, S. 855 (f. a. S. 890). — [3] Mathias, Remarque sur le théorème des états correspondants, Comptes rendus 1891, CXII, S. 85. — [4] Young, On the generalizations of van der Waals corresponding temperatures, pressures and volumes, Philosophical Magazine 1892, XXXIII, S. 153; 1894, XXXVII, S. 1. — [5] Willner, Lehrbuch der Experimentalphysik, II, Die Lehre von der Wärme, Leipzig 1896, S. 891. — [6] Amagat, Vérification d'ensemble de la loi des états correspondants de van der Waals, Comptes rendus 1896, CXXIII, S. 30 (f. a. S. 83 u. 1897, CXXIV, S. 547). — [7] Bakker, Zur Theorie der übereinstimmenden Zustände, Zeitschr. f. physik. Chemie 1897, XXI, S. 127, 507. — [8] Raveau, Le théorème des états correspondants etc., Journal de phys. 1897, IV, S. 432. — [9] Berthelot, Sur la loi des états correspondants, Comptes rendus 1900, CXXXI, S. 175. — [10] Hilton, A note on van der Waals equation (rein mathematische Behandlung), Philosophical Magazine 1900, I, S. 579; f. a. II,

Lueger, Lexikon der gesamten Technik. 2. Aufl. VIII.

S. 108. — [11] Weinflein, Thermodynamik und Kinetik der Körper, I, Braunschweig 1901, S. 472, 474. — [12] Happel, Bemerkungen zum Gesetz der korrespondierenden Zustände und zur Zustandsgleichung, Ann. der Physik 1904, XIII, S. 346. — [13] Chwolson, Lehrbuch der Physik, III, Die Lehre von der Wärme, Braunschweig 1905, S. 844. — [14] Winkelmann, Handbuch der Physik, III, Wärme, Leipzig 1906, S. 655, 936. Weyrauch.

Zustand eines Körpers (Bd. 5, S. 539) oder sonstigen materiellen Systems (Bd. 6, S. 333). Derselbe wird in der Energielehre und Wärmetheorie durch diejenigen Größen x, y, \dots charakterisiert, welche als Unabhängigvariable die Energie E des Systems bestimmen. Als Zustandsänderungen sind dann die Aenderungen von x, y, \dots und der dadurch bestimmten Größen (E, S, T , f. Bd. 3, S. 450; S. 815) ins Auge zu fassen. Kehrt das System nach irgendwelchen Zustandsänderungen in seinen Anfangszustand zurück (d. h. zu den anfänglichen x, y, \dots und damit auch zu den anfänglichen E, S, T), so hat man es mit einem Kreisprozeß (f. d.) zu tun.

Bei beliebigem Koordinatensystem besteht die Gesamtenergie $E = F(x, y, \dots) = N + U$ aus der augenblicklichen (erkennbaren) lebendigen Kraft oder aktuellen Energie N und der sonst im System vorhandenen Arbeitsfähigkeit oder virtuellen Energie U , welche in der Wärmetheorie für $N=0$ als Energie schlechtweg (S. 815) und in der Mechanik bei Existenz eines Kräftepotentials als potentielle Energie bezeichnet zu werden pflegt (Bd. 3, S. 450). Die Größen, welche N bestimmen, charakterisieren den äußeren Zustand, diejenigen, welche U bestimmen, den inneren Zustand des Systems. In der mechanischen Wärmetheorie (f. d.) werden in erster Linie Fälle betrachtet, in welchen von äußeren Kräften (Bd. 1, S. 103) nur ein auf die Oberfläche gleichmäßig verteilter Normaldruck von p pro Flächeneinheit wirkt und dieser zusammen mit dem Volumen v den inneren Zustand bestimmt, $U = F(p, v)$. Wenn dann noch, wie gewöhnlich, $N=0$ angenommen wird, so hat man auch die Gesamtenergie $E = U = F(p, v)$. Zugleich besteht eine Beziehung $\psi(p, v, t) = 0$ zwischen p, v und der Temperatur t , welche die Zustandsgleichung heißt.

Die Aenderung der Energie eines Systems kann nur durch Aufnahme von außen oder Abgabe nach außen bedingt sein, wobei sowohl die Arbeit dK äußerer Kräfte (vgl. Äußere Arbeit) als die sonstige Energie dQ (Wärme u. f. w.) in Betracht kommen, $dE = dK + dQ$. Umkehrbare Zustandsänderungen lassen sich derart rückgängig machen, daß unter Verwendung ungeänderter Energiequellen für die Abgabe und Aufnahme von dQ, dK die den Zustand bestimmenden Größen x, y, \dots (in der Wärmetheorie meist p, v) beim Rückgange genau in entgegengesetzter Folge durchlaufen werden wie beim Hingange, womit das Gleiche für die Energie und andre durch x, y, \dots bestimmte Größen gilt (für E, S, T bzw. U, S, T), und an jeder Stelle, wo beim Hingange gewisse Energiemengen dQ, dK zuzuführen waren, beim Rückgange genau die gleichen Quanta zu entziehen sind, und umgekehrt. Gelangt das System nach beliebigen, sämtlich umkehrbaren Zustandsänderungen in seinen Anfangszustand zurück, so hat man einen umkehrbaren Kreisprozeß (Bd. 5, S. 690). Die Bedingungen der Umkehrbarkeit sind von den auftretenden Energieformen abhängig. Bei Volumenänderungen müssen stets die auf die Oberfläche wirkenden äußeren Kräfte mit den ihnen von innen entgegenwirkenden Kräften im Gleichgewichte sein (abgesehen von unendlich kleinen Verschiedenheiten, wie sie zum Beginne der Volumenänderungen nötig sind), weil sonst nicht nacheinander Expansion und Kompression stattfinden könnte. Während eines Wärmeübergangs zwischen dem betrachteten System und einem äußeren Körper müssen die beiderseits in Frage kommenden Teile fortwährend von gleicher Temperatur sein, weil bei verschiedenen Temperaturen der Uebergang nur in der Richtung von der höheren zur niederen Temperatur erfolgen könnte (vgl. Temperatur). Unendlich kleine Verschiedenheiten, wie sie der Beginn des Uebergangs erfordert, sind auch hier zugelassen. Unter den gewöhnlichen Voraussetzungen der mechanischen Wärmetheorie (f. d.) genügen diese zwei Bedingungen der Umkehrbarkeit, welche zwar häufig als zutreffend angenommen werden, aber auch dann im allgemeinen nur annähernd erfüllt sind. Beziehungen für die Zustandsänderungen der Wärmetheorie f. d. und Gase, Dampf (gesättigter und überhitzter), Äußere Arbeit, Kreisprozeß, Adiabatische, Adiabatische, Isothermische, Isodynamische, Polytropische Zustandsänderung, Ifodiabatische Zustandsänderungen u. f. w.

Literatur f. Energie, Wärmetheorie und die zuletzt erwähnten Stichworte. Weyrauch.

Zustandsdiagramme, Aufzeichnungen der verschiedenen Temperaturen, bei denen Zustandsänderungen (Schmelzen bzw. Erstarren, Zersetzen u. f. w.) von Legierungen bzw. Lösungen aller möglichen Mischungsverhältnisse der Komponenten auftreten.

Durch gleichzeitige Angabe der Zusammenfassung (Zustand) der Legierungen innerhalb der durch die Temperaturkurven bestimmten Temperaturgrenzen erhält man durch das Zustandsdiagramm einen raschen Ueberblick über den Aufbau der Legierung. Näheres f. Literatur unter Metallographie. A. Widmaier.

Zustandsgleichung, f. Zustand eines Körpers, Wärmetheorie. Vgl. Gase, Bd. 4, S. 276 (Boyle-Gay-Lussacsches Gesetz), 277; Dampf, überhitzter, Bd. 2, S. 544.

Zwangsläufigkeit heißt die einem starren Körper erteilte Beweglichkeit,

die durch stetige Berührung des bewegten Körpers mit einem starren Körper oder mit mehreren starren Körpern so beschränkt wird, daß die Punkte des bewegten Körpers sich in bestimmten Bahnen bewegen.

Burmester.

Zwangschienen, f. Radlenker.

Zwecke, vom Schuhmacher verwendete Nägel zur Befestigung der Absätze und des Leders auf den Leisten.

Zweigelenkbogen, Bogenträger mit zwei Kämpfergelenken ohne Zwischengelenke, f. Bogen, einfache, Bogenfachwerke; vgl. a. Dreigelenkbogen.

Zweikrempelsystem, f. Halbkammgarne.

Zweileitersystem, f. Beleuchtung, elektrische.

Zwickel, im allgemeinen spitz zulaufende Fläche oder deren Ausfüllung; insbesondere 1. ein Wandfeld, das durch Verbindung des Bogens mit Säulenstellungen entsteht, wobei dieses durch die Archivolte (f. d.), den Architrav und die Säule bzw. den Pilafter begrenzt wird. Die Zwickel pflegten in der römischen Architektur zumeist durch schwebende Gestalten, in der Renaissance durch mannigfaltige Ornamente ausgezeichnet zu werden. 2. Bei Kuppelbauten der Teil, der sich zwischen die Bogen und den kreisrunden Unterteil der Kuppel einschiebt (f. Gewölbezwickel, Bd. 4, S. 521, Kuppel, Bd. 5, S. 790); 3. beim Straßenpflaster diejenigen Pflastersteine von dreieckiger Form, die man beim spitzwinkligen Zusammentreffen oder Endigen von Pflastersteinreihen als Anfangsstücke verwendet, auf welche die rechteckigen Steine folgen.

Weinbrenner.

Zwicker (Zwicksteine), f. Auszwicken, Bd. 1, S. 415.

Zwickzange, f. Beißzange.

Zwiebeldach, entwickelt aus dem Kaferdach (f. Dach, Bd. 2, S. 490, Fig. 10), die in der Spärenaissance mit Vorliebe angewendete, geschwungene Dachform, welche im allgemeinen mit der Gestalt einer Zwiebel viel Ähnlichkeit und namentlich bei Kirchtürmen reichliche Verwendung gefunden hat.

Anfänglich gedrückt und breit, wie an den Türmen der Stadt Augsburg, wovon die meisten von Elias Holl († 1640) erbaut sind, wurde es im Zopfstil zu hohen und schlanken Helmen entwickelt, meist von origineller Form (f. die Figur, von der Peterskirche in Bruchsal).

Weinbrenner.

Zwiebelmarmor, f. Cipollin.

Zwiefelkette, f. Schachtförderung, S. 584.

Zwillich (Zwilch), f. Weberei, S. 884.

Zwillingsskurbelgetriebe ist ein spezielles Doppelkurbelgetriebe (f. d.), bei welchem die vier Glieder bzw. die vier Seiten des Gelenkviereckes ein Antiparallelogramm bilden.

Es sind demnach in der schematischen Zeichnung Fig. 1 die beiden Kurbeln ϕF , ΛL , welche sich bzw. um die festen Achsen ϕ , Λ drehen, von gleicher Länge $\phi F = \Lambda L$, und ferner sind die Längen des festen Gliedes $\phi \Lambda$ und der Koppel FL gleich, also $\phi \Lambda = FL$. Ist eines der beiden längeren Glieder, wie z. B. das Glied $\phi \Lambda$ fest, so drehen sich die beiden Kurbeln ϕF , ΛL um

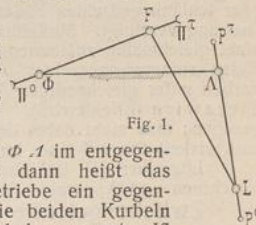


Fig. 1.

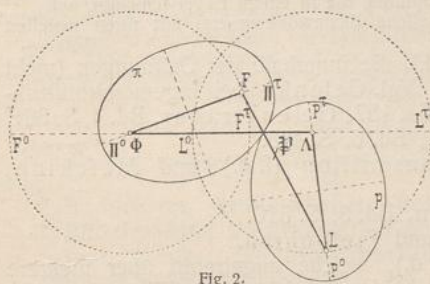


Fig. 2.

beschreibt der Schnittpunkt \mathfrak{P} der beiden in gleichem Sinne rotierenden Kurbeln $\phi \Lambda$, FL in bezug auf das feste Glied ϕF eine Ellipse π , deren Brennpunkte ϕF sind und deren große Achse $\Pi^0 \Pi^\pi$ gleich der Länge der Kurbeln $\phi \Lambda$, FL ist; denn infolge der kongruenten Dreiecke $\phi F \mathfrak{P}$, $L \Lambda \mathfrak{P}$

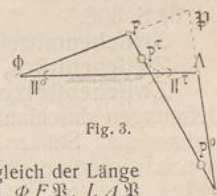


Fig. 3.



ist die Summe $\phi \mathfrak{P} + F \mathfrak{P} = \phi A = FL$, also konstant. In gleicher Weise ergibt sich, daß der Punkt \mathfrak{P} in bezug auf das bewegte Glied AL eine Ellipse p beschreibt, deren Brennpunkte A, L sind, und deren große Achse $P^0 P^e$ gleich der Länge der Kurbeln $\phi A, FL$ ist. Diese beiden kongruenten Ellipsen πp berühren sich im Punkt \mathfrak{P} und liegen symmetrisch zu der im \mathfrak{P} berührenden gemeinsamen Tangente. Denken wir uns die Ellipse π mit dem festen Gliede ϕF und die Ellipse p mit dem bewegten Gliede AL verbunden, dann rollt bei dem gleichläufigen Zwillingskurbelgetriebe die Ellipse p auf der festen Ellipse, und es wird dabei in den Durchschlagslagen der Scheitel P^0 mit dem Scheitel Π^0 , sowie der Scheitel P^e mit dem Scheitel Π^e in Berührung kommen. Betrachten wir dagegen das Glied ϕA als fest, dann erhalten wir das gegenläufige Zwillingskurbelgetriebe, und bei diesem rotieren die beiden aufeinander rollenden Ellipsen π, p mit den Kurbeln $\phi F, AL$ bzw. um die festen Achsen in den Brennpunkten ϕ, A . Werden die Ellipsenflächen als Scheiben betrachtet und die elliptischen Ränder mit ineinander greifenden Zähnen versehen, so bewirken diese elliptischen Räder (f. d.) ohne die Koppel FL dieselbe Bewegung der Glieder $\phi F, AL$ wie das gegenläufige Zwillingskurbelgetriebe. Um bei dem Zwillingskurbelgetriebe eine stetige Bewegung über die Durchschlagslagen zu vermitteln, welche eintreten, wenn die Koppel FL nach $F^0 L^0$ und $F^e L^e$ gelangt, kann man, wie in Fig. 1, es einrichten, daß jene Scheitel P^0, Π^0 , sowie P^e, Π^e gleichsam als Zahn und Lücke ineinander greifen. In Fig. 3 befinden sich die Punkte Π^0, Π^e auf dem festen Gliede ϕA und die Punkte $P^0 P^e$ auf der Koppel FL ; denn durch analoge Betrachtungen wie vorhin ergibt sich, daß der Schnittpunkt \mathfrak{P} der verlängerten Kurbeln $\phi F, AL$ in bezug auf das feste Glied ϕA , eine Hyperbel beschreibt, deren Brennpunkte ϕ, A sind, und deren Hauptachse $\Pi^0 \Pi^e$ gleich der Länge der Kurbeln $\phi F, AL$ ist; ferner in bezug auf das bewegte Glied FL eine gleiche Hyperbel beschreibt, deren Brennpunkte E, L sind, und deren Hauptachse $P^0 P^e$ gleich der Länge der Kurbeln sind. Einer gleichförmigen Umdrehung der einen Kurbel des Zwillingskurbelgetriebes entspricht eine ungleichförmige Umdrehung der andern Kurbel, und diese ungleichförmige Bewegung kann durch ein Geschwindigkeitsdiagramm (f. d.) veranschaulicht werden [2].

Literatur: [1] Reuleaux, Theoretische Kinematik, Braunschweig 1875; Grashof, Theoretische Maschinenlehre, Hamburg u. Leipzig 1883, Bd. 2, S. 118. — [2] Burmeister, L., Lehrbuch der Kinematik, Leipzig 1888, Bd. 1, S. 302, 320, 822.

Burmeister.

Zwirl (Dreizack), f. v. w. Mitnehmer für Arbeitsstücke aus Holz, die auf der Drehbank bearbeitet werden, aus einer gegabelten Spitze bestehend; er wird in die Drehbankspindel eingeschraubt oder mit einem konischen Zapfen in sie eingesteckt.

Zwirn, Zwirnen. Zwirnen ist die Erstellung eines aus mehreren gesponnenen Fäden zusammengedrehten Zwirnfadens auf einer Maschine (Auszwirnmachine), welche, nach Art der Mulespinnmaschine oder der Waterpinnmaschine (f. Bd. 1, S. 612) konstruiert, als Aufsteckung direkt die Windung der Spinnmaschine oder dann diese umgepult besitzt, als Spindel eine nackte Spindel, eine Flügelspindel (Flügelzwirnmachine) oder eine Ringspindel (Ringzwirnmachine) hat, und deren Lieferwalzen immer nur ein Paar glatte Zylinder sind, weil der gesponnene Faden nicht gestreckt werden darf [1].

Nach Anzahl (zwei bis acht) der mehr oder weniger fest zusammengedrehten Fäden heißt der Zwirn zwei-, drei-, vier- u. f. w. drätiger; der Draht bzw. die Fadenzahl bestimmt die Festigkeit des Produkts (vgl. a. Garn und Garnprüfung). Doubliertes Garn besteht aus lose oder schlank gedrehten Fäden; beim gezwirnten Garn (Nähzwirn) sind die Fäden unter starker Drehung vereinigt. Maffeldrätig oder hohldrätig, auch meißeldrätig, wird der Zwirn bei nicht gleichmäßig zusammengedrehten Fäden. Mit Stärke appetierter, aus zwei, drei oder vier Fäden zusammengedrehter Nähzwirn heißt Eifengarn. Werden Fäden von verschiedenen Farben unter gleichzeitiger Veränderung der Drehung und Spannung verarbeitet, so entsteht der Zierzwirn (Effektzwirn). Vielfach wird der Zwirn mit der Knäuelwickelmaschine auf Knäuel gezogen; man zieht dabei den Faden durch eine in einer rotierenden Gabel angebrachte Oese und wickelt ihn auf einer langsamer gehenden Spindel, die in einem Bügel schwingt, auf.

Literatur: [1] Boßhard, O., Die mechanische Baumwollzwirnerlei mit ihren neuesten Maschinen und Apparaten, Weimar 1891.

Boßhard.

Zwischengelenke bei Trägern (f. d.), die innerhalb der Oeffnungen (nicht an den Auflagern) gelegenen Gelenke. Vgl. Gelenke bei Ingenieurkonstruktionen, Bd. 4, S. 358, Bogen, Bd. 2, S. 154, 157, Gelenkträger, Bd. 4, S. 361, Träger, S. 585, Mittengelenkbalken, Bd. 6, S. 448.

Weyrauch.

Zwischenmaschinen, f. v. w. Transmiffion (f. d.) und Maschine, Bd. 6, S. 308.

Zwischenmittel, f. Erzlagerstätten, Bd. 3, S. 510.

Zwischenstück, f. Obergestänge und Tiefbohren.

Zwischenstützen bei Trägern (f. d.), welche ungetrennt über mehrere Oeffnungen durchlaufen, die außer den beiden Endstützen (Widerlagern) vorhandenen Stützen. Vgl. Träger, S. 585; Pfeiler, Bd. 7, S. 83; Balken, durchlaufende, Bd. 1, S. 507; Bogen, durchlaufende, Bd. 2, S. 153, Gelenkträger, Bd. 4, S. 361, u. f. w.

Weyrauch.

Zwischenträger, diejenigen Träger zwischen den Hauptträgern einer Brücke, welche die Fahrbahnlast auf die Hauptträger übertragen. Meist sind es Längsträger (Schienenträger u. f. w.) und Querträger. Vgl. Brücken, eiserne, Bd. 2, S. 333, Fahrbahngerippe, Bd. 3, S. 573, und Schnittkräfte, Bd. 7, S. 768.

Zwischentransport in der Aufbereitung zwischen den einzelnen Maschinen einschließlich der zugehörigen Verladung soll tunlichst selbsttätig erfolgen. Man ordnet daher die Apparate in mehreren Etagen untereinander an, wodurch die einzelnen Produkte in der Hauptfläche abwärts zu befördern sind. Sie gelangen durch ihre eigene Schwere in Abfallrohren, in geneigten Gerinnen oder auf Rutschen an den Ort ihrer Bestimmung. Müssen die Gerinne so flach liegen, daß ein selbsttätiges Gleiten des Gutes nicht mehr stattfinden würde, so kann dasselbe durch Zuführung von Wasser oder durch Schüttelbewegung der Gerinne befördert werden. — Zum Heben der Produkte auf größere Höhen dienen ausnahmslos Becherwerke (f. Bd. 1, S. 641), während für kleinere Höhen Heberäder, auch Schöpfräder genannt (f. Bd. 7, S. 275), zur Verwendung gelangen. Trübe für die Herdarbeit (f. Bd. 5, S. 41) wird wohl auch durch Zentrifugalpumpen (f. Bd. 7, S. 286) gehoben, doch findet hierbei ein nachteiliges Zerflagen der Erzteilchen statt [1]. — Ueber die Fördermittel in wagerechter oder wenig geneigter Richtung f. Förderrinne, Gurtförderer, Schnecken und Massentransport.

Literatur: S. die Lehrbücher über Aufbereitung Bd. 1, S. 350. — [1] Seemann, L., Mitteilungen aus dem Gebiete der Aufbereitung, Jahrbuch für das Berg- und Hüttenwesen im Königreich Sachsen 1893, S. 83. — [2] Broja, K., Der Steinkohlenbergbau in den Vereinigten Staaten von Nordamerika, Leipzig 1894, S. 70.

Zylinder. Bei parallelen Endflächen und beliebig gestalteter Grundfläche ist der Kubikinhalt gleich Grundfläche mal Höhe. Kreiszylinder mit parallelen Endflächen (r = Halbmesser der Grundfläche, h = Höhe): Inhalt = $\pi r^2 h$, Mantelfläche = $2\pi r h$, gefamte Oberfläche = $2\pi r(r+h)$. Schief abgeschnittener Kreiszylinder (r = Halbmesser der Grundfläche, h_1 = kürzeste Mantellinie, h_2 = längste Mantellinie): Inhalt = $\pi r^2 \frac{h_1+h_2}{2}$, Mantelfläche = $\pi r(h_1+h_2)$.

Zylinder, 1. Hauptbestandstück der Zylinderhemmung, f. Uhr; 2. Bestandteil (Prisma) des Jacquardgetriebes, f. Weberei; 3. in der Müllerei, f. Sichterei.

Zylinderbälge, f. Blasebälge.

Zylinderflächen entstehen, wenn eine gerade Linie sich ohne Aenderung ihrer Richtung nach irgend einem Gesetz bewegt, z. B. so, daß sie fortwährend eine gegebene Kurve (Leitkurve, Leitlinie) trifft oder eine gegebene Fläche berührt.

Jede Lage der Erzeugenden wird eine Mantellinie genannt. Jede Zylinderfläche kann als Kegelfläche betrachtet werden, deren Spitze (in der Richtung der Mantellinien) unendlich fern liegt. Je zwei ebene Schnittkurven einer Zylinderfläche sind perspektiv-affine Figuren, deren Affinitätsachse die Schnittlinie der beiden Ebenen ist. Von parallelen Ebenen wird die Fläche in kongruenten Kurven geschnitten. Ebenen parallel zu den Mantellinien schneiden in Mantellinien. Die Tangentialebene in einem beliebigen Punkt berührt längs der durch diesen Punkt gehenden Mantellinie. Die Krümmungslinien bestehen in den Mantellinien und den Schnittkurven mit den zu den Mantellinien senkrechten Ebenen. Die eine der Hauptkrümmungen ist in jedem Punkt gleich Null. Die Zylinderflächen gehören zu den abwickelbaren Flächen. Bei der Abwicklung verwandeln sich die Mantellinien in parallele Gerade; jeder senkrechte Schnitt verwandelt sich in eine zu den Mantellinien senkrechte Gerade. Alle Zylinderflächen, deren Mantellinien die Richtungs-Cosinus l, m, n haben, genügen der partiellen Differentialgleichung

$$l \frac{\partial z}{\partial x} + m \frac{\partial z}{\partial y} - n = 0,$$

deren allgemeinste Lösung $\Phi(x-lz, x-mz)=0$ ist, wobei Φ eine willkürliche Funktion bezeichnet.

Zylinderform, -knotenfänger, -kocher, f. Papierfabrikation.

Zylindermange, f. Kaland, Mange.

Zylinderpresse, f. Tuchfabrikation, S. 636.

Zylinderprisma wird zuweilen das auch als Prismenlupe zu bezeichnende besondere Glasprisma genannt.

Es unterscheidet sich vom gewöhnlichen gleichschenkligen-rechtwinkligen Prisma dadurch, daß an diesem die eine Kathetenfläche durch eine Zylinderfläche ersetzt ist, deren Achse parallel zu den Prismenkanten ist (vgl. die Figur S. 1046). Während das gleichschenkligen-rechtwinklige

Prisma das Bild eines Gegenstands um einen rechten Winkel zu drehen geflattet, so daß z. B. ein horizontal liegender Teilstrich vertikal erscheint, gewährt das Zylinderprisma dabei zugleich noch eine Vergrößerung des Bildes. Es wird bei manchen geodätischen Instrumenten angewendet, z. B. bei der Buffole von Schmalkalder (f. Bd. 2, S. 410), wo dem Blick in der Vertikalebene des Diopters zugleich die Striche und Zahlen der in Wirklichkeit horizontal liegenden Teilung aufrecht und vergrößert erscheinen sollen; bei manchen Nivellierinstrumenten (z. B. den beim neuen französischen Fein-nivellement eingeführten), bei denen zugleich mit dem Blick in die Ziellinie des Fernrohrs die Enden der Libellenblase scharf beobachtet werden sollen u. f. w.

Zylinderfchermaschine, f. Tuchfabrikation, S. 634.

Zylinderschützen, f. Kammerfchleufe und Waffermotoren.

Zytase, f. Malz, Bd. 6, S. 288.



Zufätze und Berichtigungen.

In den Artikeln des Unterzeichneten aus der Wärmetheorie, Elastizitäts- und Festigkeitslehre und Statik der Baukonstruktionen sind zur Vermeidung falscher Berechnungen folgende Berichtigungen vorzunehmen:

- Band 1. S. 358 in den Formeln 19. und 23. ist $\frac{3}{2}$ durch 12 zu ersetzen; S. 662 sollen die zweiten Formeln in Zeile 4 und 7 von unten beginnen: $\frac{1}{s}P$; S. 744, Zeile 5 von oben, vor der eckigen Klammer, hat + an Stelle von — zu treten.
- Band 2. S. 164 im Nenner des ersten Bruches von Formel 21. ist + durch — zu ersetzen.
- Band 3. S. 118 sollen die beiden Formeln 4. E' an Stelle von E enthalten; S. 385 im Zähler des Ausdrucks von E unter 16. hat σ an Stelle von i zu treten; S. 536 sind die Nummern der Figuren 17 und 18 zu vertauschen; S. 552 hat die Formel 3. zu lauten: $\sum Qq + \sum Rr = \sum Ss$.
- Band 4. S. 358, Zeile 7 von unten, ist 219 anstatt 299 zu setzen; S. 735, Zeile 13 von unten, hat 233 an Stelle von 223 zu treten.
- Band 7. S. 364 über Kolumne 4 der Tabelle, ist w_v durch w_p zu ersetzen.
- Band 8. S. 175, Zeile 6 von unten, soll 0,033266 an Stelle von 0,33266 stehen.

Weyrauch.

Ferner sind außer den in Band 2, S. 800, und Band 3, S. 794, bereits angegebenen Berichtigungen und Zufätzen noch nachfolgende erforderlich:

- Band 1. S. 46, Zeile 17 von unten, soll es in der Formel für P heißen $\left(\frac{\partial U}{\partial y}\right)^2$ statt $\left(\frac{\partial U^2}{\partial y}\right)$.
- S. 192, unterste Zeile, ist im Nenner der Gleichung für v zu setzen $n \cdot 60$ statt 60.
- S. 243, Zeile 23 von oben lies Schlippes Salz statt schlippes Salz.
- Band 2. S. 592, unterste Zeile, ist an Stelle von p^2 zu setzen p_2 ; ferner sind in beiden Formeln für p_2 die zweiten, unter dem Wurzelzeichen stehenden Glieder noch mit 10^{10} zu dividieren.
- S. 712 ist in der Tabelle statt Erdkugel Erdkrümmung zu lesen.
- Band 3. S. 123, Zeile 4 von unten, lies $y = (p - p_0) \cdot \gamma$ statt $y = (p - p_0) \cdot \gamma$.
- S. 689, Zeile 25 von unten, lies meist heteromorphe statt isomorphe.
- Band 4. S. 709, Fußnote, lies W = Widerstandsmoment, G = Gewicht in Kilogramm pro laufenden Meter und $W \sim \begin{cases} 45 \text{ cm}^3 \\ 100 \text{ „} \end{cases}$ statt Querschnittsfläche, Gewicht in Kilogramm und qcm.
- Band 5. S. 7 soll an Stelle von Gleichung 10 gesetzt werden: $ps = pa \left(\frac{va}{vs}\right)^{1,333}$ und an Stelle von Gleichung 11: $Lü = 4 pa va + 4,407 ps vs - 8,407 po w_{o1}$; [S. 206, Zeile 13, gehört u_1 als Multiplikator vor das erste Glied auf Zeile 14; S. 374, Zeile 1 von oben, lies Kopf statt Knopf.
- Band 6. S. 323, Tabelle, Zeile 22 von unten, lies in der fünften Spalte 241,0 statt 24,1.
- S. 711, unter Fig. 33, lies Befestigung statt Befeitigung.
- Band 7. S. 723, Zeile 27 von oben, lies Griesländer statt Griesfeiler.