



UNIVERSITÄTS-  
BIBLIOTHEK  
PADERBORN

**Lexikon der gesamten Technik und ihrer  
Hilfswissenschaften**

**Lueger, Otto**

**Stuttgart [u.a.], [1910]**

Z

---

[urn:nbn:de:hbz:466:1-84161](#)

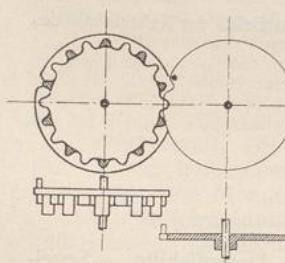
# Z

**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 Zahlscheiben, 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 Ableufszahl. Da die Ziffern entsprechend ihrer Stellung Einer-, Zehner-, Hunderter u. f. w. bedeuten, so werden die betreffenden Zahlscheiben als Einer-, Zehner- u. f. w. Scheibe bezeichnet. Bei jeder zu regulierenden Bewegung muß die Einer scheibe 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 Zehnrad s darf immer nur erfolgen, wenn das Einerrad den Wechsel der Ziffer 9 zu 0 vornimmt; daselbe ist der Fall beim Hundertrad u. f. w. Diese Bewegung wird in folgender Weise hervorgebracht (vgl. die Figur): Das schaltende Rad trägt einen Stift, der zwischen die zwei Zähne eines 20 zähnigen Zahnrads 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 abzulegen 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 Einfügen 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 abfältigem,  $2(u + 10)$  bei fländigem Betrieb (befonders für Übertragungen 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 Wasserradvorgelegten 36–54 Zähne als Mindestzahl. Meist ist die Zähnezahl ein Vielfaches der Armzahl (f. a. Uebersetzungsverhältnis). Lindner.

**Zangen, Zänghammer, -mühlen, -preffe, -walzwerk**, die Bearbeitung der Schweißeisenluppen (f. Schweißeisen) nach ihrer Entnahme aus dem Frischfeuer bzw. 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. Kobaltauflor.**

**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.  $\pi$ ,  $e$ . 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 (sie selbst natürlich ausgenommen) ist, z. B.  $28 = 1 + 2 + 4 + 7 + 14$ . Zwei Zahlen heißen befriedet (amikabel), wenn jede gleich der Summe sämtlicher Teiler der andern (die Zahlen selbst ausgenommen) ist, z. B. 220 und 284. Es ist nämlich  $220 = 1 + 2 + 4 + 71 + 142$ ;  $284 = 1 + 2 + 4 + 5 + 10 + 11 + 20 + 22 + 44 + 55 + 110$ . 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  $1 \cdot 2 \cdot 3 \dots (p-1) \equiv (p-1) \pmod{p}$ , z. B.  $1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 4 \cdot 5 \cdot 6 = 720 \equiv 6 \pmod{7}$ . 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  $4R+3$ . Reziprozitätsgebot 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  $a x^2 + 2 b x y + c y^2$ , wobei  $a, b, c$  ganze Zahlen sind. Mit diesen Untersuchungen hängt die ganzzahlige Lösung der unbekümmten Zahlen zusammen. Hieran schließt sich die Lehre von den sogenannten Pellischen Gleichungen  $x^2 - D y^2 = 1$  an. Hieran schließt sich die Lehre von den höheren Potenztreffen 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] Ders., 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 Maier, 3. Aufl., Bd. 1 u. 2, Leipzig 1893. — [12] Lejeune-Dirichlet, Vorlesungen über Zahlen von 1857, 3. Aufl., 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, Jahresbericht der Deutschen Mathematiker-Vereinigung, 1895. — [16] Hilbert, Die Theorie der algebraischen Zahlkörper, Jahresbericht der Deutschen Mathematiker-Vereinigung, Bd. 4, Berlin 1897. — [17] Kronecker, Vorlesungen über deutsche Mathematikervereinigung, Bd. 4, Berlin 1897.

Mathematik, Bd. 3, Vorlesungen über Zahlentheorie, herausgegeben von Henfel, 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.

*Wölffing.*

**Zahn**, 1. vorstehender, zahnähnlicher Maschinenteil: Zahn der Zahnräder, Sperrräder, Klauenkupplungen (vgl. Verzahnungen); 2. schneidender Zahn, Schneidzahn oder Messer zur Erzeugung eines Gewindeganges an Schrauben und Muttern; der Schneidzahn ist entweder im Schneidezunge (f. Bd. 7, S. 766, Fig. 2) oder wird als Drehstichel benutzt. Der Schneidzahn wird auch im Rohr- und Rundstangenabschneider (f. Bd. 7, S. 497, Fig. 6) verwendet. <sup>† E. Dachow.</sup>

**Zahnbreite**, die Breite des Zahnkränzes, ist mehr durch die Rücksicht auf Abnutzung als auf Festigkeit bestimmt.

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

*Lindner.*

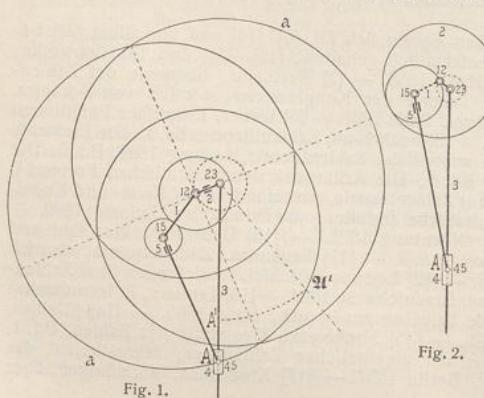
**Zahneisen**, 1. Eisen des Zahnhobels (f. Hobeln); 2. Eisen des Böttcherzahnhobels (f. Böttcherei); 3. Werkzeug des Graveurs zur Erzeugung feiner Furchen; es besitzt auf einer Längsseite feine parallele Rinnen, so daß durch das Anschleifen am einen Ende feine Zähne entstehen; 4. Werkzeug des Bildhauers; 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.

*A. Widmaier.*

**Zahnxzentrik** 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 Zahnräder 2 durch eine Achse 23 mit dem stangenförmigen Gliede 3 drehbar verbunden und das Zahnräder 5 durch die Achse 45 an eine auf 3 gleitende Hülse 4 drehbar angeschlossen ist [1]. Wird das stangenförmige Glied 3 als fest betrachtet, dann heißt dieser Mechanismus ein Zahnxzentrikgetriebe.

Das Zahnräder 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 Zahnräder 5 nebst der mit demselben einflüchtig 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 Zahnräder 2 ein Hohlräder, in welchem das Zahnräder 5 läuft.

Um in Fig. 1 die komplizierte schwingende Bewegung des Gliedes 4 auf der Stange 3 zu veranschaulichen, betrachten wir einfacheweise das Zahnräder 2 als fest und denken uns das Glied 1 um die jetzt feste Achse 23 gedreht; dann beschreibt der mit dem umlaufenden Räder 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 Zahnräder 2 verbunden, dann bewegt sich der Schnittpunkt A, welchen die



bewegte Epizykloide  $\alpha$  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  $\alpha$  in dem Sinne  $A^1 A^1$  um den Winkel  $A^1-23-A^1$ , so wird, wenn  $23-A^1 = 23-A^1$  gemacht ist, der Punkt  $A$  während dieser Drehung nach  $A^1$  bewegt. So vielfach wie der mit dem Radius  $23-A^1$  um 23 beschriebene Kreis die Epizykloide  $\alpha$  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 einstweilen 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  $\alpha$  in Fig. 1 der Schwingungsvorgang der Hülse 4 veranstaucht [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 Wanzer'schen 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**, lägeformig angeordnete Teile der inneren Einrichtung von Schränken zur Aufbewahrung von Hausrat, Wäsche, Büchern u. dergl.

### Zahnradbahn, f. Zahinstangenbahn.

**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 dazwischenliegendem halbhohem Bordring erfüllt man lieber durch Pfeilzähnräder (f. d.). Besonders behandelt sind

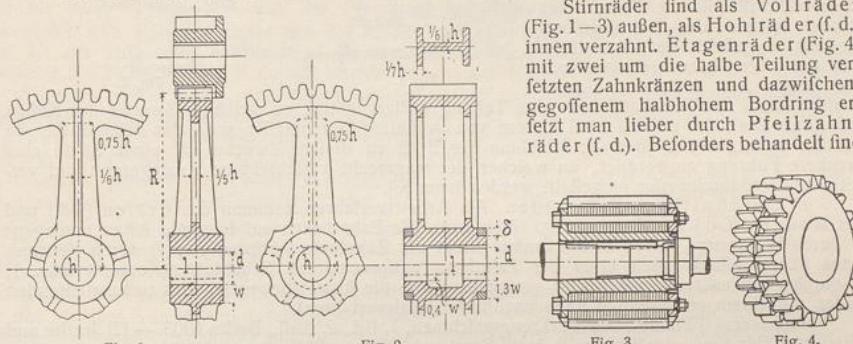


Fig. 1.

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, Zahnhärte.

An gewöhnlichen gußeisernen Rädern (Fig. 1) erhält der Radboden die Stärke 0,5  $t$  bis 0,6  $t$  oder 2  $r$ . Die Nabenzwischenwand  $w$  beträgt, wenn die Wellenstärke  $d$  dem Moment  $M$ , entsprechend  $d = \sqrt[3]{M/40}$ , angepaßt ist,  $w = \frac{1}{8}s d + 1$  cm, bei erweiterter Bohrung  $D$  aber  $w = \frac{1}{8}s D + \frac{1}{4}d + 1$  cm. Die Nabellänge  $l = b + 0,05R$  wird bei großen Abmessungen nach Fig. 2 ausgespart. Schwindringe an der Nabe werden etwa  $\delta = 0,2d + 1$  cm dick und breit. Die Armzahl sei  $i = \sqrt[3]{0,12ZD}$  für  $Z$  Zähne und  $D$  cm Raddurchmesser. Unter der Annahme, daß ein Viertel der Radarme (s. Bd. 7, S. 335) das Moment überträgt, berechnet man die Armhöhe  $h$  und Armbreite  $b$  für den bis ins Zentrum verlängerten Arm aus der Biegungsformel  $M = \frac{1}{4}i \cdot \frac{1}{16}b h^2 s$ , für kreuzförmigen Querschnitt. Mit  $b = 0,2h$  und  $s = 300$  folgt  $h = \sqrt[3]{M/2,5}i = r \sqrt[3]{80Z/i}$ . Die Nebenrippe erhält  $\frac{1}{6}h$  als Stärke und eine der Nabellänge und Kranzbreite angemessene Höhe. Bei  $i$ -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  $\frac{1}{9}s$  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  $b = 0,5h$  die Höhe  $h = r \sqrt[3]{50Z/i}$ . 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  $0,3h$  Höhe fort. Das Gewicht eines gußeisernen Stirnrades gibt die aus Tabellen abgeleitete Formel  $G = 0,01D b^2 (8 + i - 15/i \cdot Z)$ ; hierin ist  $Z$  die Zähnezahl,  $i$  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  $70 - 27 M/dz$ , und zwar  $70 M/dz$  für Stücke von 10—20 kg,  $33 M/dz$  bei 100 kg. Kegel- und Schneckenräder  $5 M/dz$  mehr; geteilte Räder 10% mehr, ebenso Triebe mit beiderseitigen Bord Scheiben. Das Einfassen von Zähnen in vollgeöffnete Kränze (oder mit eingegossenen Lücken bei Teilungen über 45 mm) kostet  $0,07 Z b r + 1 M$ .

Fertig bearbeitete Stirnräder haben einen Einheitspreis von  $300/\sqrt{\tau} \sqrt{Z} M/dz$ , 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 zusammengespannt 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) **Gegossene Zahnräder.** Zur Herstellung der Form (f. Eisengieberei) verwendet man bei kleineren Rädern ganze Modelle und bei Massenfabrikation Formmaschinen mit Durchzugsplatte. Das Modell wird nach dem Aufstampfen des Formmaterials durch eine den Zahnumrissen entsprechend ausgeschnittenen (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 aufruht; bei Rädern von größerem Durchmesser wird das Modell um die Teilung weitergedreht. Bei der Maschine Fig. 2 ist zu diesem Zweck auf einer Säule eine drehbare Führung angeordnet, an welcher der wagerecht verschiebbare Auslegerarm auf verschiedene Raddurchmesser eingestellt werden kann [3].

b) **Geschnittene Zahnräder.** Als Arbeitsverfahren kommen das Fräsen (f. d.) und das Hobeln (f. d.) zur Anwendung. Man kann die Zahnlücken auf folgende Arten erzeugen: 1) durch Werkzeuge, deren Schnittkanten direkt der Zahnlücke entsprechen; 2) durch Führung eines Schneidestahls nach einer der Zahnlücke entsprechenden Schablone (Kopierverfahren); 3) 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 Mietuschke, Handbuch der Fräserei, 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 Zahnpaares 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 Eingriffsdauer. Für den Fall  $\varepsilon = 2$  findet sich in [2] eine tabellarische Ausrechnung, nach der ein Reibungsverlust von etwa 2—5 % zu gewärtigen ist. Liegt  $\varepsilon$  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  $\varepsilon$  über 1—1,5 hinausgeht, um so günstiger sind die Reibungsverhältnisse. Für Zahnflangen ist  $Z = \infty$ , bei Hohlradverzahnung ( $1 : Z_1 - 1 : Z_2$ ) flach + 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 Gegenzahnes auch mit den tiefer liegenden Teilen der Fußflanke in Berührung, wobei sich die Abnutzungsfreizeit 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] Zeitschr. des Vereins deutscher 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.

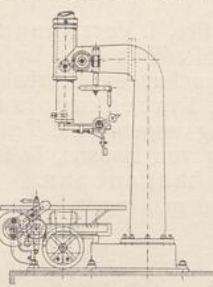


Fig. 1.

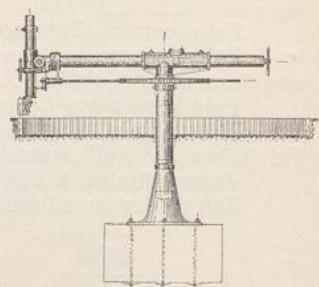


Fig. 2.

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

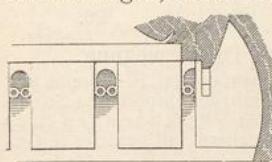


Fig. 2. Vom Tempel des Jupiter Tonans.

Der Zahnschnitt befindet sich als Zwischenglied zwischen dem Friese und unterhalb der Tragsteine und der Hängeplatte und wird durch einen Eierstab oder ein lesbisches Kymation begrenzt (f. Hauptgesims, Bd. 4, S. 788, Fig. 1). Die Unterficht der Zwischenräume zeigt zumeist eine breite vortretende Leiste; die kräftige Schattenwirkung des Zah-

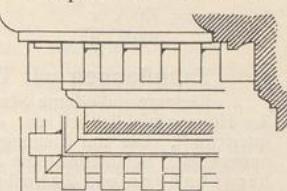


Fig. 1. Vom Forum Trajanum.  
Weinbrenner.

schnitts wird an den Gesimsen der römischen Kaiserzeit durch eine raffinierte tiefe Unterfichtung (f. Fig. 1 und 2) auf geschickte Weise erhöht.

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

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

Zur Berechnung der Teilung denkt man sich den zu übertragenden Zahndruck  $P$  am äußersten Kopfende des Zahnes in tangentialer Richtung wirken, im Abstande  $h$  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 Stichzahl  $\tau = t/\pi$  bezieht, kann man  $\frac{1}{6} (a_1/t)^2 s (h/t) = k$  setzen und erhält unter mittleren Verhältnissen mit  $h = 2^{1/6} \tau = 0,68 t$  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  $P = k b t = k (b/t)^2$  neben  $P = (b/t)^2 s/15$ . Hieraus ergibt sich der Modul  $\tau = t/\pi = \sqrt[3]{1,5 P/s (b/t)}$ . 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  $n =$  rund 250 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  $u = 1$  m/sec zulässigen Wert bedeutet; sie ist von Reuleaux angegeben und z. B. in einer von der Eisen- und Stahlgießerei von Otto Gruson 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  $\tau = \sqrt[3]{1,5 M/zs_1}$  für das Moment von  $M$  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, Maichinenstahl 900, Gußstahl 1000. Bei ständigem Betrieb geht man, zur Erhöhung der Lebensdauer, auf zwei Drittel bis drei Viertel der Werte herab. Bei den schrägstehenden Zähnen der Schnecken- und Pfeilzahnräder 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  $8 \pi \sim 10 \pi$  mm wird; ähnliche Werte finden sich an den Vorgelegenen 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 Eingriffsdauer  $e$  durchschnittlich wirkenden Druck  $P/e$  und der Umlaufszahl  $n$ , 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 Zahnezahlen 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  $u = 8$  m/sec  $s = 15$   $k = 75$  bzw. 125 wird.

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

Umfangs geschwindigkeit $u = 0 \sim 1/2$	1	2	3	5	8	12 m/sec
$b/t = 2 \sqrt[3]{u}$	= $\leq 2$	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

Lindner.

**Zahnstangen** mit Trieb vermitteln eine gerade und Drehbewegung.

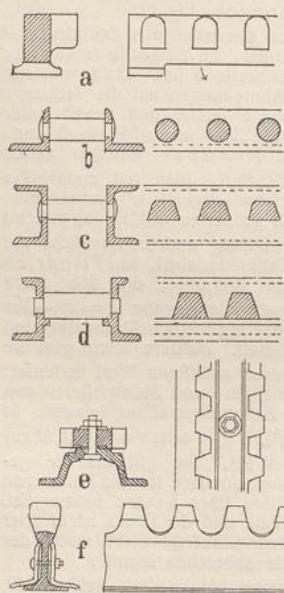
Kleinere gußeferne Stangen für Werkzeugmaschinen u. a. haben normal 10 r Breite und 9 r Höhe einschließlich der Zahnhöhe für  $\pi$ -Teilung; größere erhalten profilierten Schaftquerschnitt. Die auf Biegung wirkenden Seitendrücke sind bei den Verzahnungen (f. d.) angegeben. Schmiedeeferne Stangen werden geprägt oder als Zahnleitern kalt genietet (f. Gebirgsbahnen und Zahnstangenbahnen).

Lindner.

**Zahnstangenbahnen** (Zahnradbahnen) suchen mit möglichst geringen Anlagekosten bei Anwendung leichter Dampflokomotiven und geringer Fahrgeschwindigkeit fehr 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.

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 leichterer 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 Person- und Güterverkehr zu benutzen, und so entstanden die Eisenbahnen des sogenannten gemischten Systems, bei denen Reibungsfreien mit Zahnstangenstrecken, je nach den Steigungsverhältnissen, abwechseln und die Zugkraft von einer und derselben Maschine ausgeübt wird (vgl. a. Gebirgsbahnen). Die allmäßliche 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 Abtschen Zahnstange ist die vereinzelt auf der San Ellor-Saltino-Bahn bei Florenz verwendete Zahnstange von Tiefne, zu erwähnen, bei welcher zwei mit dem Rücken verbundene verstärkte Winkelisen, eventuell noch durch dazwischen geschobene Flacheisen in ihren aufrecht stehenden Teilen nach der Abtschen Weise gezahnt sind, während die horizontalen Schenkel zur Befestigung auf dem Sattel bzw. direkt auf der Querschwelle 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 Zahnrädern. 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 erreichter Einfachheit, hat einen konischen Kopf, wodurch es ermöglicht wird, Sicherheitszangen anzuwenden, die den Auftrieb des Fahrzeugs 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 möglichster Anschmiebung an das Gelände. Bisher wurde größtenteils die Meterpur 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—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 **Stahloberbau** besteht aus den beiden Fahrschienen, zwischen welchen in der Mitte des Gleises die Zahnstange liegt; die Fahrschienen sind mittels Klemmplatten und Fußschrauben auf eisernen Querschwellen befestigt und an den Stößen mit Winkellschalen verbunden. Die flüsseferne oder fläherne Leiterstange, die durch-



a System Blenkinsop, 1812 (Gußeisen).  
b . Marth 1858  
c . Rigggenbach 1871  
d . Bissinger &  
e . Klofe 1887  
f . Locher 1885

(Fluß- oder Gußstahl).

fchnittlich aus 2—3 m langen Segmenten besteht, wird entweder unmittelbar auf eiserne Quer- schwellen, oder, wenn eine große Höhenlage erforderlich, auf Sattel gebracht und an den Stößen verlacht; das Gewicht einer eisernen Querenschwelle beträgt 35 kg, und jenes eines kompletten Oberbaugesanges 150 kg pro Meter. Die aus Flußstahl hergestellten Zahnstangen haben je nach der Steigung verschiedene Lamellenstärken. Das Gewicht einer zweiteiligen Stange beträgt 30—50 kg pro Meter. Die Zusammensetzung der einzelnen, auf Stühlen ruhenden Zahnstangen- elemente erfolgt erst bei Verlegung auf den Schwellen. Die Fahrleitungen sind gewöhnlich Vignoleschienen von 20—23 kg Gewicht pro Meter. Zur Verhinderung des Wanderns des Oberbaues ist derfelbe bei den meisten Bahnen derart verankert, daß vor den Schwellen Winkel- eisen in Abständen von etwa 100 m im Unterbau befestigt sind. — Spurweiterungen und Uebergangskurven können wegen der geringen Fahrgeschwindigkeit entweder ganz entbehrt oder wesentlich beschränkt werden; dagegen ist die Ueberhöhung des äußeren Schienestranges 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 Einfahrtstück 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 Abtschen Systems sind in der Schweizerischen Bauzg. 1898 beschrieben. Andre neuere Lokomotiven s. [15].

#### Zahnstangenbahnen System R. Abt.

Bezeichnung	Spurweite mm	Länge Zahn- stange km	Steigung Total km	Minimaler Radius m	Gebaut	Lokomotiven								
						nur Zahnrad	Ad- halton und Zahnrad	Anzahl	Gewicht t	Zugkraft t	Zuggewicht t			
Harzbahn, Braunschweig . . . . .	1435	7,5	30,5	25	60	180	200	1884/86	—	A. und Z.	11	56	13	135
Lehesten, 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-Pab, Indien . . . . .	1676	11,2	20	60	300	300	—	1887	—	A. und Z.	2	56	12,5	130
Vifp—Zermatt, Schweiz . . . . .	1000	7,5	35,0	28	125	80	100	1889/90	Z.	—	8	29	9	45
Genero, 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
Elfenerz—Vordenberg, Steiermark	1435	14,5	20,0	25	71	150	180	1890	Z.	—	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
Diakophito—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
Glion—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 Saleve, Savoyen (elektrisch)	1000	9,0	9,0	250	—	35	1891	—	Z.	—	14	7	2,5	10
Ufni, Toje, 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—Sárgo Tarján, Ungarn . . . . .	635	0,2	3,2	35	146	8	8	1895	—	—	3	3	2,5	12
Snowdon, England . . . . .	800	7,3	7,3	183	—	80	1895	—	Z.	—	5	18	7	16
Tiszaolc—Zólyom brezo, 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
Schneegrat, Schweiz . . . . .	1000	10,0	10,0	200	80	—	1896	—	Z.	—	6	17	7	15
Hernald, Ungarn . . . . .	1000	10,0	10,0	200	80	—	1896/97	—	Z.	—	5	10	6	14
Silberminen, Peñoles, Mexiko . . . . .	1435	0,3	1,3	20	100	120	150	1896	—	A. und Z.	2	15	5	32
Goldminen, Mount Morgan, Australien . . . . .	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	—	—	3	10	2,8	12
Brohltal, Preußen . . . . .	1000	4,0	24,0	25	50	70	120	1899	—	—	5	30	7	100
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 . . . . .	1000	0,5	0,5	110	—	50	1899	Z.	—	2	9	1,5	12	
Wilanow Bahn, Rußland . . . . .	800	0,7	2,7	19	40	50	50	1899/1900	—	A. und Z.	1	22	6	100
Eulengebirgsbahn, Preußen . . . . .	1435	5,0	18,8	25	60	180	180	1900	—	—	3	36	12,5	135
Schulau, Hamburg . . . . .	600	0,5	2,0	40	100	25	50	1900	—	—	2	6	1,5	8
Tannwald—Grüntal, Oesterreich . . . . .	1435	5,5	7,5	22	56	180	200	1901/02	—	—	3	66	14	160
Schleifungen—Ilmenau, Preußen . . . . .	1435	6,3	31,4	25	60	180	200	1903	—	—	5	36	12,5	125
Görlitz—Krischa, Preußen . . . . .	1435	1,6	22,4	25	46	180	180	1904	—	—	3	33	7,5	100
Central Nordbahn, Argentinien . . . . .	1000	10,1	16,5	14	60	150	250	1904	—	—	3	60	14,5	150
Albruck, Baden . . . . .	1435	0,4	2,0	15	70	100	100	1905	—	—	2	16	5	40
Boppaw—Cafellau, Preußen . . . . .	1435	5,6	37,0	20	60	180	200	1905/07	—	—	2	56	12,5	125
Chilian—Tianandine, Chili . . . . .	1000	18,0	43,0	25	80	65	120	1905/07	—	—	7	83	20	140
Ozd, Eisenwerk, Ungarn . . . . .	1435	0,7	3,0	20	105	90	300	1906	—	—	3	32	9	50
Sawah—Loen Pandjang, Sumatra . . . . .	600	1,4	5,0	25	130	20	50	1907	Z.	—	7	5	1,6	8
Montreux—Glion, Schweiz . . . . .	800	2,5	2,5	130	—	60	1907/08	Z.	—	2	14	6	40	
Karánferber—Habszeg, Ungarn . . . . .	1435	5,4	76,0	25	50	200	250	1908	—	A. und Z.	7	72	14	160
Arica—La Paz, Chile . . . . .	1000	36,0	425,0	20	60	100	120	1909	—	—	5	64	14,5	150

Die **Personenwagen** bei Touristenbahnen sind in der Regel Ausichtswagen mit halb-offenem Oberteil des Wagenkäfigs und von möglichst leichter Bauart, was nur bei einer Wagenklasse und mit einfachster 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 zugehörigen 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 Reibungsfeldern bis 18 km pro Stunde, während jene mit getrennten Mechanismen sich wie gewöhnliche Lokomotiven von gleichem Raddurchmesser bewegen. — Aus Betriebsicherheitsrücksichten wird der Zug in der Bergfahrt von der Maschine gehoben, 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 Winterszeit 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 findet 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], Gornergrottbahn [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 Bissinger, Locher und Telfner, je 2 Bahnen das System Marsh und Kloofe, 53 Bahnen das System Abt, wie aus der Zusammenstellung S. 963 zu entnehmen ist, ferner 35 Bahnen das System Riggengbach und für Touristenbahnen das System Strub bei der Jungfraubahn, der Triest—Opcinabahn, der Mendelbahn in Tirol und der Vefuvbahn angewendet [14], [15].

**Literatur:** [1] Chemins de fer à fortes pentes et à crémaillère, système Riggengbach, Zürich 1889; Zwick, H., Die Riggengbahn mit Zahnradbetrieb, Leipzig 1873; Abt, R., Die drei Rigibahnen 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] Bissinger, 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; Derf., Mitteilungen über neuere Zahnradbahnen, ebend. 1891; Zwei neue elektrische Bergbahnen mit Abfacher Zahnstangen- und Reibungsfreccce, 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 Bauverwalt., 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, 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 Eisenerz—Vordernberg, 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 dem Harz, Berlin 1889; Derf., Erfahrungen im Bau und Betrieb von Zahnradbahnen, Berlin 1894; Kuntze, A., Die schmalpurige 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 Kleinbahnges., Berlin 1896, Nr. 40; Mayer, M. J., Le chemin de fer de la Vieille 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, Haye 1892; Chemin de fer de Saint Gall à Gais, Paris 1891. — [9] Die elektrische Zahnradbahn in Barmen, Oesterl. Eisenbahnges., Wien 1898, XXI. Jahrg.; Die elektrische Bergbahn in Barmen, Zeitschr. des Oesterl. Ing.- u. Arch.-Ver. 1895; Daubner, Die Barmer Bergbahn, Zeitschr. Deutsc. Ing. 1902. — [10] Chemin de fer électrique du Salève, La Revue technique, Paris 1897. — [11] Wilczek, Graf Ed., Die Bergbahn Tiszaújváros—Erdőköz in Ungarn, Zeitschr. für Eisenbahnen und Dampfschiffahrt, Wien 1897, 7. Heft, S. 109; Kritische Beschreibung der bis jetzt gebauten Zahnradlokomotiven für gemischten Betrieb, Glafer Ann. 1903. — [12] Dreihafenwechselstrombahn 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 Oesterl. 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 Eisenbahn-Vordernberger Lokalbahn, Oesterl. Eisenbahnges., 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 Rottstock—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 Opcina, Oesterl. Wochenschrift für den öffentl. Baudienst 1903. — [14] Roth, M., Die Schneebergbahn, Oesterl. Eisenbahnges., 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 Eisenbahn-technik der Gegenwart, herausg. von Blum, v. Borries und Barkhaufen, 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, Glafer Ann. 1903, Nr. 632; Zwei elektrisch betriebene weisschweizerische Bergbahnen mit Abtscher Zahnstange, Schweizerische Bauztg. 1902; Les chemins de fer montagne, Paris 1900; Zahnstangenbahn von Vayet—Saint Gervais 1901, Mitteil. des Ver. für die Förderung des Lokal- und Straßenbahnwesens 1901; The Nilgiri Mountain Railway, Engineering 1901; Elektrische Bergbahnlokomotive der Ouest—Lyonnaisseisenbahn, Zeitschr. für Elektrotechnik Heft 18, 1901; Die elektrische Bergbahn Triest—Opcina, Zeitschr. des Oesterl. 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 vorgeschnittenen 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, Weinbrenner. Bd. 2, S. 513, Holzdachstühle, 10. Zangen, Fig. 4, 5, 7—14).

**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. s. w. zu können. Hierher

gehören: 1 Blockzangen zum Transport der Blöcke in Hüttenwerken u. f. w. Fig. 1 selbst-schließende Zange für hängende Blöcke. Fig. 2 Blockzangen für liegende Blöcke besitzen eine mechanische Vorrichtung, um die Zangenschenkel 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 Klemmbäckchen fest. 3. Schmiedezangen. Die gebräuchlichen finden in den Fig. 4—6 dargestellt. Fig. 7 zeigt eine Zange mit Wolfsmaul, die ein gutes Erfassen der Arbeitsstücke gestattet. 4. Rohrzangen (f. d.). 5. Drahtzangen zum Biegen von Draht; Fig. 8

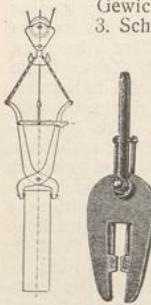


Fig. 1.



Fig. 3.

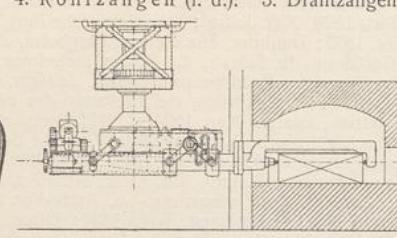


Fig. 2.

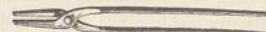


Fig. 4.

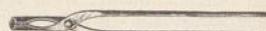


Fig. 5.



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.

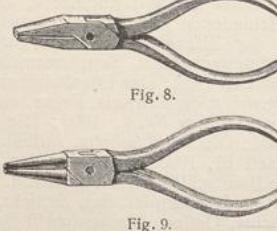


Fig. 8.



Fig. 10.

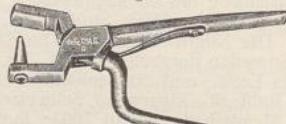


Fig. 12.



Fig. 11.

ausziehen bestimmt, wie z. B. die Zangen (Fig. 11), die zur Erleichterung des Ausziehens eine Hebelübersetzung besitzen. 7. Ziehzangen für Ziehbanke, f. Drahtfabrikation, Rohrher-

stellung. 8. Federzangen, Kornzangen, f. Pinzette. b) Zangen zum Durchtrennen. Hierher gehören:

1. Beißzangen und Draht(zwick-)zangen (f. Beißzange). 2. Lochzangen (Fig. 12). Zu diesen Zangen sind ferner die folgenden zu rechnen:

3. Bolzenzange oder Bolzenabschneider (Fig. 13). Eine Bolzenzange mit Druckluftbetrieb ist in Fig. 14 dargestellt. c) Zangen zur Formänderung durch Preissen. Zu diesen gehören insbesondere die Plombierzangen (f. d.). d) Zangen zum Messen der Dicke der Drähte, Drahtzange, f. Meßwerkzeuge. — S. a. Greifzeuge.

A. Widmaier.

**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 Lagerschalen mit Spielraum liegen, aufgenommen werden. Die Höhe des Anlaufes wird passend nach Fig. 1 bemessen.

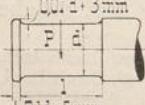


Fig. 1.

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  $P l / 2 = 0,1 d^3 s$  auf Biegung wirkt. Man nimmt das Längenverhältnis  $l : d$  vorläufig an und findet die Zapfenstärke  $d \text{ cm} = \sqrt[3]{5 P l / d s}$ . 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.

Der Flächendruck wird in einfacher Weise durch  $p = P/l d$  ausgedrückt. Hierfür gelten als Grenzwerte:  $p_1 = 150 \text{ kg/qcm}$  für Zapfen und Pfannen von gehärtetem Tiegelstahl, 90 für gehärteten Tiegelgußstahl auf Bronze; 60 für Stahl auf Bronze oder Weißmetall; 30—40 für Schmiedeeisen, je nach seiner 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 Wässerschmierung; 16 für Kurbelwellenlager; 60 bzw. 80 für Kurbel- und Kreuzkopfzapfen. Nicht andauernd laufende Zapfen dürfen bis zur doppelten Höhe belastet werden, z. B. die Druckzapfen an Scheren und Stanzen bis 200 kg/qcm.

Übersteigt die Reibungsarbeit am Zapfen ein gewisses Maß, so liegt die Gefahr des Warmlaufs und zu starker Abnutzung nahe. Rechnet man die Reibung zu  $P\mu$  (f. 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  $l d$  entfällt die Arbeit  $a = P\mu u l d = p \mu u$ . Dieser Wert darf  $\frac{1}{2}$  bis 1 mkg/sec an gewöhnlichen Lagern betragen, 1 bis 2, auch 3 bei Lagern mit Druckwechsel und Luftkühlung (f. Kurbelzapfen). Setzt man für  $p$  und  $u$  ihre Ausdrücke ein und  $u = 0,05$ , so folgt  $a = Pn/40000 l$ . Wären für  $a$  bestimmte Erfahrungszahlen gegeben, so könnte man hiernach  $l$  berechnen oder das Produkt  $p u$  bemessen, so daß der Flächendruck mit wachsender Geschwindigkeit abnimmt. Es scheint zutreffend, an Stelle von  $p = a/u u$  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  $a < 1$  foll  $n < 750/d_0$  fein. *Lindner.*

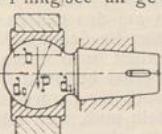


Fig. 2.

### Zapfenbohrer, Uhrmachergerät zum Bohren von Zapfenlöchern.

Sie entsprechen dem in Bd. 2, S. 187, Fig. 1, dargestellten Bohrgerät und werden zwischen einer Vertiefung am Schraubloch und der Uhrrplatte oder einem im Hand- oder Stielkloben gehaltenen Stück Messingdraht (aus dem das Futter für das ausgelaufene und aufgeriebene Zapfenloch hergestellt wird) eingehängt 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. Dalkow.*

### 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 Normaldruck 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 mm für die Schmierschicht, mit gleichmäßig verteilem Flächendruck  $p$  aufsetzt anliegt. An einem Tragzapfen mit halbzylindrischer Schale (vgl. Fig. 3) ist hierbei die tragende Komponente  $P = p l r \cos \beta d \beta$  von  $\beta = -90^\circ$  bis  $90^\circ$ , d. i.  $P = p l d$ ; aber die Reibung  $R = \mu_0 p l \pi d^2/2 = P \mu_0 \pi/2$ , daher die Zapfenreibziffer  $\mu = R/P = \mu_0 \pi/2 = 1,57 \mu_0$ . Für den ebenen Ringspurzapfen ist der axiale Druck  $Q = p \pi (r_2^3 - r_1^3)/(r_2^2 - r_1^2)$ , und die Reibung  $R = \mu_0 Q$  wirkt an dem Hebelarm  $\frac{2}{3}(r_2^3 - r_1^3)/(r_2^2 - r_1^2)$ , wie aus der Betrachtung eines Ichmalen 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 Kraftrichtung  $\beta = 0$  nach beiden Seiten mit  $\cos \beta$  ab; der Mittelwert des Flächendrucks ist  $P 8/\pi^3 l d$  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 halbzylindrisch, sondern beiderseits nur bis zu einem Winkel  $\beta_1 < 90^\circ$  am Zapfen anliegt, wie es bei Eisenbahnnachsen und Walzwerken allgemein üblich ist, so erfahren die schmalen Schalen wohl einen höheren Flächendruck, find aber hinsichtlich Reibung und Abnutzung gegenüber den vollen Schalen im Vorteil. Nach den Untersuchungen von Reuleaux [1] gelten folgende Verhältnisse:

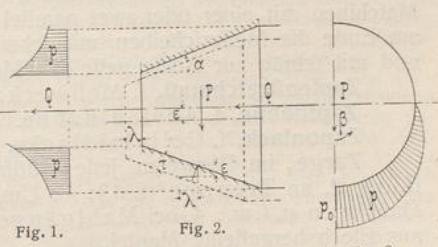


Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 3.

Halber Winkel der Schale $\beta_1 = 90^\circ$	75	60	45	30	22 $\frac{1}{2}^\circ$
Flächendruck: $P/l d$	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: $P u_0 4/\pi$	1,00	0,97	0,92	0,87	0,81

Am ebenen Ringspurzapfen 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  $R = u_0 Q$  wirkt am Hebelarm  $(r_2 + r_1)/2$ .

Als allgemeiner Fall sei hier ein Kegelflumpf (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 Querverschiebung der Zapfennmitte um  $\varepsilon$  und Eindringung um  $\lambda$ , 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  $d f = r d \beta d m$  proportional  $u_0 p r \omega t$  und für eine gewisse Zeit  $= pr$  sein. In axialer Richtung wirkt  $Q = \int p \sin \alpha d f$  mit Beziehung von  $\varepsilon$  auf den halben Umfang von  $\beta = -90^\circ$  bis  $90^\circ$  und von  $\lambda$  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  $P = \int p \cos \alpha \cos \beta d f = \frac{1}{2}\pi m \varepsilon \cos^2 \alpha$ . Unter Auscheidung von  $\varepsilon$  und  $\lambda$  erhält man hiernach den Flächendruck aus  $p r m 2\pi \sin \alpha = Q = 4P \operatorname{tg} \alpha/\pi + 4P \operatorname{tg} \alpha \cos \beta$ . Ferner bestimmt sich das Reibungsmoment zu  $M = \int u_0 p r d f = u_0 Q (r_1 + r_2)/2 \sin \alpha$ , wobei  $Q$  auch für Zapfen, die nur durch eine Seitenkraft belastet werden sollen, mindestens  $= 4P \operatorname{tg} \alpha/\pi$  sein 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  $\varphi$  seitwärts von der Kraftrichtung, wobei sich die Reibung auf  $P \sin \varphi$  ermäßigt [2]. In ähnlicher Weise verschiebt sich übrigens auch bei dem eingelaufenen Zapfen der größte Druck von fast  $2P/l d$  ein wenig seitwärts aus der Kraftrichtung mit starkem Abfall nach den Rändern der Schale; außerdem sinkt der Druck an den Enden der Schale, wo das Oel austreten kann [7].

Die *Zapfenreibziffer* „ $\mu$ “ hängt wesentlich von der Schmierung ab (f. d. Bd. 7, S. 751). Sie beträgt bei guten Lagern etwa 0,010, z. B. in Eisenbahnachslagern mit Weißmetall, und 0,014 bei Bronze; bei im Oelbad 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 Gußeisenbahnen 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 Umgangsgeschwindigkeiten über 1 m/sec, steigt aber bei

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

Literatur: [1] Reuleaux, *Zeitfchr. d. Ver. deutsch. Ing.* 1891, S. 932—937. — [2] Camerer, ebend. 1901, S. 1501—03. — [3] Stribeck, ebend. 1902, S. 1341—1470. — [4] Lascle, 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.

Lindner.

**Zapfenschneidmaschine**, Holzfräsmaschine, an deren senkrechter Spindel oben eine oder zwei in entsprechendem Abstande einstellbare Messerscheiben zum Einfäden in das Holz zur Bildung eines Zapfens sitzen. 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. + E. Dalchow.

**Zapfenstreicheinmaß**, 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, Prony'scher**, 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 Gefräuchern (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 Hafel, Weiden, Erlen u. dergl.; c) Pfahlzaun mit stärkeren Pfosten in Entferungen von 2—3 m, auf denen zwei oder drei wagerechte

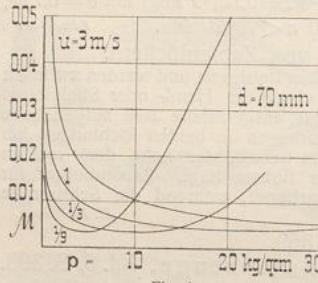


Fig. 4.

Querhölzer den aufrecht stehenden Stangen oder Planken Halt und Befestigung geben; d) Pali-faden (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** (Zechsteinformation), die oberste und jüngste der paläozoischen Formationen, unter dem Buntsandstein und über dem Rotliegenden lagernd oder letzteres vertretend.

In der Haupftache eine kalkig-mergelige Meeresablagerung mit untergeordneten Zwischenlagen von Schieferstein, Sandstein und Konglomerat. Vielfach sind die Kalksteine dolomitisch und aus Korallen zusammengesetzt. — Die Schichtengruppe umgibt die alten paläozoischen Gebirgsmaßen 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, fandiger Beschaffenheit dienen als Düngemittel (Dolomitasche). Besonders wichtig ist an der unteren Grenze der Formation der sogenannte Kupferfchiefer (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, Steinfalz und Kalifalzen in der oberen Abteilung der Formation in Thüringen, Hessen, Hannover, Meklenburg, Westfalen, Provinz Sachsen, Mark Brandenburg, Posen u. f. w.

Literatur: Beyfchlag u. Everding, Zur Geologie der deutschen Zechsteinfalten, in Deutschlands Kalibergbau, Berlin, Geolog. Landesanstalt, 1907; für Kupferfchiefer: Stelzner-Bergeat, Die Erzlagerstätten, Leipzig 1904—06, Bd. 2.

**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 ver-deutlicht, 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, Markfleckendekunde, 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 (abgefehlt 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 Verdecklung der abgebildeten Objekte wird auch vielfach Schattierung erforderlich (f. Beleuchtungskonstruktionen), wobei die Abtönung bei farbigen oder getulchten 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 Baugegenstandes 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 (befonders 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 f. [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 unbeschriebenem Zeichenpapier ohne vorherige Anfertigung einer Originalpausen 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 Braumblitzlichtpauspapier, f. Lichtpaußen), zweite Kopie mit blauen, braunen oder schwarzen Strichen auf hellem Grund. Beidemal muß die Strichseite der Zeichnung auf der lichtempfindlichen Seite des Lichtpauspapiers dicht aufliegen. Weiteres betrifft Ausziehen, Anlegen, Bemalen, Schaffen u. f. w. von Zeichnungen f. 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. Architekturmalerie), hat sich im Maschineningenieurwesen, der Elektrotechnik, dem Schiffbau (vgl. a. Schiffszeichnungen) eine befondere zweckentprechende Darstellungsmethode ausgebildet; die üblichen Gepflogenheiten sollen weiter unten eingehender besprochen werden, nachdem zunächst die Hilfsmittel zum Zeichnen erledigt sind. Die schwierigste Aufgabe des technischen Zeichners — 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, Kunftgewerbe,

Fig. 1.

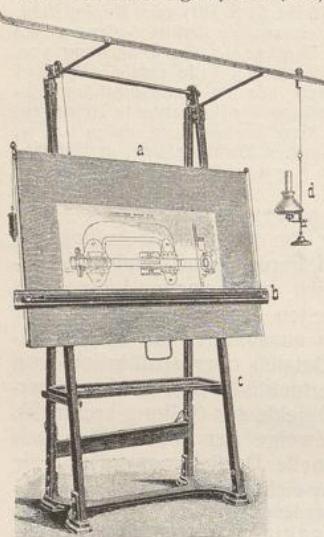


Fig. 2. Mechanische Zeichentafel. a Reißbrett, b Reißschiene, c Gefell, d Bewegliche Lampe.

Papier, auf welchem Quadrate von 1 oder 2 mm Seitenlänge in leichten Linien vorgezeichnet sind (Millimeterpapier). Das Zeichenpapier wird entweder mit Reißnägeln (Heitzwecken, Heftstiften), Fig. 1, die mit Schutzkapseln gegen das Durchdrücken der Stifte verfehen sind

und mit besonderer Ausziehgabel wieder entfernt werden, auf einem in der Regel aus Pappelholz gefertigten Brett (dem Reißbrett) befestigt oder auf diesem Brett aufgespannt. Dabei kann das Reißbrett liegend und von Hand auf einem Tische oder an besonderen Gefellen (f. 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 befreit man die Ränder der angefeuchteten Seite mit Klebestoff (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 Wafferfarben gut vorbereitet ist.

Zum Ziehen der Linien auf dem Papier benutzt man gerade und Kurven-Lineale sowie Dreiecke (Winkel). Gerade Lineale (Reißschielen) sind entweder, wie in Fig. 2 abgebildet, geführt oder frei beweglich (vgl. a. Lineal). An gewöhnlichen Reißbreitern, deren Kanten senkrecht aufeinander stehen und glatt abgehobelt sind, benutzt man entweder Reißschielen 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-

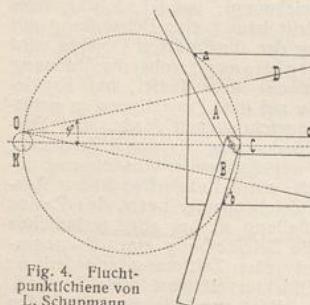


Fig. 4. Fluchtpunktschiene von L. Schapmann.



Fig. 2. Reißschielen.

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 eingefüllt 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 geschoben 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  $\gamma$  der zu zeichnenden Linien  $40^\circ$  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. Parabolkurvenlineal.  
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 seither genannten Arten werden in der Regel aus Birnbaumholz hergestellt; man verwendet aber auch Eschenholz, Mahagoni mit Ebenholzeinfassung, Aluminium, Zink, Eisen, Hartgummi, Celluloid u. f. w. Die Dreiecke (Winkel) dienen zum Ziehen gerader Linien unter verschiedenen Winkeln, von welchen Rets einer  $90^\circ$  beträgt. Man unterscheidet Böschungs-dreiecke für einfüßige, anderthalbfüßige und zweifüßige Böschung; Kreisdreiecke (Bingscher Kreiswinkel), deren längere Katheten sich zu den Hypotenuen 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  $45^\circ$  und einmal  $90^\circ$  oder  $30^\circ$ ,  $60^\circ$  und  $90^\circ$ . 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 find 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 find die mit Emaillack behandelten leichten Aluminiumdreiecke von Trott-Cannstatt. Glasdreiecke, welche die Zeichnung nicht verdecken, also sehr zweckmäßig wären, hat man wiederholt einzuführen ver sucht; doch ver mochten 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; Parallellelineale (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, Neufilber 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 Abstechen häufig vorkommender Maße; wir verweisen auf [1],



Fig. 6. Kurvenlineale von Gebrüder Wichmann, Berlin.

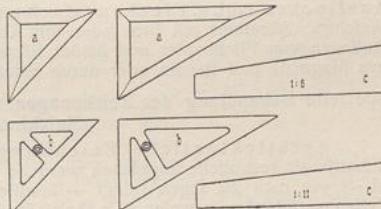


Fig. 7.



Fig. 8. Transversalmaßstab.

S. 54, und die Kataloge der genannten Geschäfte. Zum Messen der Längen von krummen Linien verwendet man Kurvenmesser und Kurvenräddchen, wie sie in den Art. Rektifizierinstrumente und Maßwerkzeuge (Bd. 6, S. 396, Fig. 1) beschrieben sind, sofern es nicht einfacher ist, direkt mit dem Zirkel zu messen. Flächenmesser f. Planimeter. Transporteure (Winkelmeffer) dienen zum Übertragen von Winkeln. Man unterscheidet Halbkreis- und Vollkreis- sowie Alhidadentransportiere; letztere sind in der Regel aus Neusilber hergestellt, ersteres vielfach auf Whatman-Papier, Pausleinwand und durchsichtiger Celluloidmasse, alle in Grade eingeteilt, auf deren Teilstriiche man von dem Mittelpunkte 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. Maßwerkzeuge. — Schraffierapparate sind in den mannigfältigsten Formen im Handel; sie dienen zu Strichzeichnungen, erfordern aber einige Übung und werden nicht in großem Umfang verwendet. Fig. 9 zeigt ein solches Instrument von E. O. Richter & Co., Chemnitz. Zur Handhabung derselben ist ein einziger Finger der linken Hand erforderlich, der den Niederdruck auf den Knopf des beweglichen Hebels ausführt und so lange festhält, bis die Linie gezogen ist. Die verschiedenen Weiten der Linien lassen sich durch die den Hebel führende Schraube bemessen. Ueber andre diesbezügliche Vorrichtungen s. [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 festgeklemmt werden kann. Für die holzbekleideten Stifte bestehen Bleistifparer: oben und unten gespaltene Blechhülsen, welche durch Federkraft oder übergehobene Ringe kleine Holzbleistifte 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 verschiedenen Sorten (s. [1], S. 24) im Handel zu haben ist (vgl. a. Gummiwarenfabrikation). Bei Zeichnungen mit Kohle wird zum Auslöschen Feuerschwamm verwendet. Zur Entfernung der in beiden Fällen entstehenden Krümel bedient man sich des Handfegers (eines kleinen Kehrwifches aus weichen Borsten). Zur Befestigung der Bleistift- und Kohlezeichnungen auf dem Papier verwendet man sogenannte Fixative: Schellack in Weingeist gelöst, farblose Ochsengalle, Milch, schwarzer Kaffee, Wafferdampf u. s. w.; s. [1], S. 42. Soll die Bleistiftzeichnung ausgezogen werden, so geschieht dies mit der Reißfeder oder der gewöhnlichen Zeichenfeder und mit angeriebenen Wafferdämpfen oder mit Ausziehtuschen (s. Aquarellmalerei, Bd. 1, S. 262, technische Farben). In der Regel werden die ausgezogenen Urzeichnungen koloriert; Kohle- oder Kreidezeichnungen werden mit Wischerin (Estamper), aus grauem Papier, gelbem Leder oder Kork hergestellten zugespitzten Rollen, abschattiert und in den Schnittflächen mit farbigen Kreidesstrichen 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, Wäfchen, 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 (s. a. Architekturmalerie). 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 Lichtpausen dient, da in der Regel für die Bauausführung mehrere Exemplare erforderlich werden. Nur dann, wenn es sich wie bei Konkurrenz u. f. w. um eine besonders exakte und elegante Ausführung handelt, werden auch Grundrisse und Schnittzeichnungen zum Vornherein mit Tuschre 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 Ausstellungssobjekte 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. Hauptfache 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 ersehen; allgemeines s. in [4].

Von den Zeichnungen im Bauingenieurwesen erhalten im allgemeinen wohl nur die Konkurrenzpläne bei Brücken, Wafferbauten 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 Hauptfache 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 (s. unten), sofern nicht eine

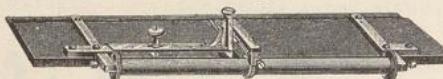


Fig. 9. Schraffierlineal.

festhält, bis die Linie gezogen ist. Die verschiedenen Weiten der Linien lassen sich durch die den Hebel führende Schraube bemessen. Ueber andre diesbezügliche Vorrichtungen s. [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 festgeklemmt werden kann. Für die holzbekleideten Stifte bestehen Bleistifparer: oben und unten gespaltene Blechhülsen, welche durch Federkraft oder übergehobene Ringe kleine Holzbleistifte 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 verschiedenen Sorten (s. [1], S. 24) im Handel zu haben ist (vgl. a. Gummiwarenfabrikation). Bei Zeichnungen mit Kohle wird zum Auslöschen Feuerschwamm verwendet. Zur Entfernung der in beiden Fällen entstehenden Krümel bedient man sich des Handfegers (eines kleinen Kehrwifches aus weichen Borsten). Zur Befestigung der Bleistift- und Kohlezeichnungen auf dem Papier verwendet man sogenannte Fixative: Schellack in Weingeist gelöst, farblose Ochsengalle, Milch, schwarzer Kaffee, Wafferdampf u. s. w.; s. [1], S. 42. Soll die Bleistiftzeichnung ausgezogen werden, so geschieht dies mit der Reißfeder oder der gewöhnlichen Zeichenfeder und mit angeriebenen Wafferdämpfen oder mit Ausziehtuschen (s. Aquarellmalerei, Bd. 1, S. 262, technische Farben). In der Regel werden die ausgezogenen Urzeichnungen koloriert; Kohle- oder Kreidezeichnungen werden mit Wischerin (Estamper), aus grauem Papier, gelbem Leder oder Kork hergestellten zugespitzten Rollen, abschattiert und in den Schnittflächen mit farbigen Kreidesstrichen 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, Wäfchen, 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.

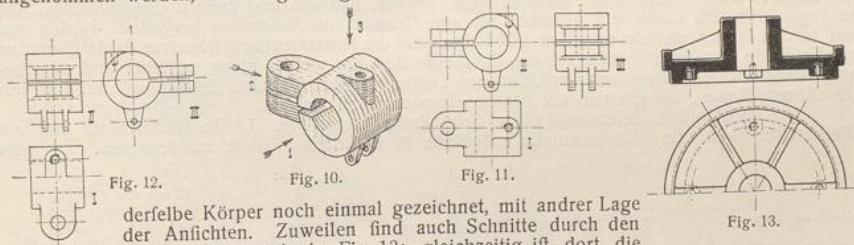
Architektonische Zeichnungen können nur bezüglich der Grundrisse und Schnitte als technische angesehen werden; die Behandlung der Ansichten, Perspektiven u. f. w. ist — wie man zu sagen pflegt — künstlerisch ungebunden und (wie die „Mode“) zu allen Zeiten verschieden gewesen (s. a. Architekturmalerie). 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 Lichtpausen dient, da in der Regel für die Bauausführung mehrere Exemplare erforderlich werden. Nur dann, wenn es sich wie bei Konkurrenz u. f. w. um eine besonders exakte und elegante Ausführung handelt, werden auch Grundrisse und Schnittzeichnungen zum Vornherein mit Tuschre 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 Ausstellungssobjekte 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. Hauptfache 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 ersehen; allgemeines s. in [4].

Von den Zeichnungen im Bauingenieurwesen erhalten im allgemeinen wohl nur die Konkurrenzpläne bei Brücken, Wafferbauten 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 Hauptfache 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 (s. 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) einzuführen, 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 Ge pflogenheiten 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, Wafferbauten, Gewölben die grapho statischen 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 Ueber einkommen 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 Werkstatt besitzen und zeichnet die Maschinen teile 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 Lichtpaufen angefertigt. Diese Lichtpaufen für die Werkstatt sind meist Blaupausen, bei denen Zeichnung und Schrift weiß auf blauem Grunde erscheinen. Für Projekt- und Offertzeichnungen werden auch Lichtpaufen mit dunklen Linien auf weißem Grund angefertigt. Die Blaupausen für die Werkstatt 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 (schnellaufender 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 Anichten 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  $90^\circ$  nach oben, so erhält man Ansicht II, entsprechend dem Pfeil 1 und durch Drehen dieser Ansicht um  $90^\circ$  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



derselbe Körper noch einmal gezeichnet, mit andrer 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 Lichtrand 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 Werkstatt bestimmten Blaupause. Auf Offert- und Projektzeichnungen wird häufig mit Wafferfarben 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 einem 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 Modelltischler, der Vorreißer und die meisten

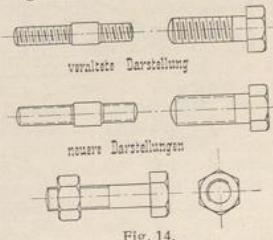


Fig. 14.

Bearbeiter des Gegenstandes in der Werkstatt 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 befonders angegeben.

In Fig. 15 ist die Zusammenstellungszeichnung für einen Kreuzkopf und, weil der selbe 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).

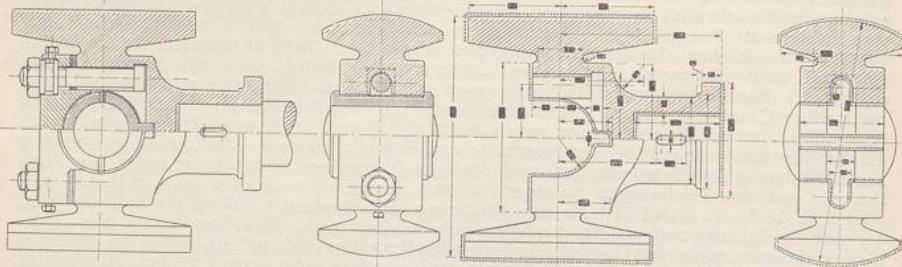


Fig. 15.

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 Modellfischler, daß für die darauf bezüglichen Maße am Gußmodell Zugaben zu machen sind. Die Maßzahlen sind in Fig. 16 abgedeckt (blockiert). Dies geschieht bei Riemzscheiben, 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 Blaupause 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 Werkzeichnungen alle Maschinenteile möglichst in natürlicher Größe zu zeichnen. Zu jeder Zeichnung einer Schubstange zeigt Fig. 17. In Wirklichkeit sind auf

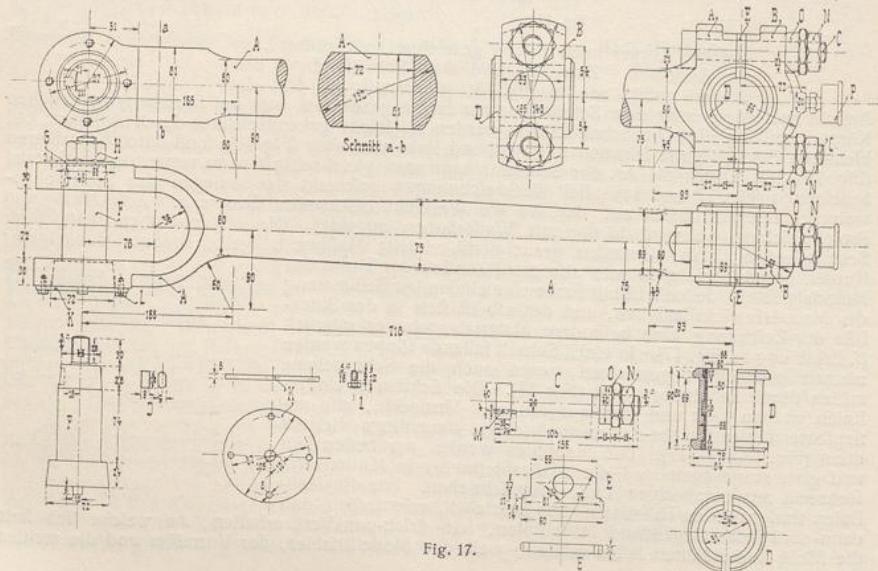


Fig. 17.

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
<i>A</i>	Schubstange	1	Siemens-Martin-Stahl	Im Gabelende Keilnut.
<i>B</i>	Verschlußstück	1	"	Mit $\frac{3}{4}$ "-Gewinde und je zwei Muttern <i>O</i> und <i>N</i> nebst Sicherung <i>M</i> .
<i>C</i>	Bolzen	2	Schmiedeeisen	"
<i>D</i>	Lager schalenhälften	2	Bronze	"
<i>E</i>	Zwischenlagen	2	Messing	"
<i>F</i>	Kreuzkopfbolzen	1	Stahl	Mit $\frac{3}{4}$ "-Gewinde und Keilnut.
<i>G</i>	Scheibe	1	Schmiedeeisen	"
<i>H</i>	Mutter	1	"	$\frac{3}{4}$ "-Gewinde.
<i>J</i>	Keil	1	Stahl	"
<i>K</i>	Scheibe	1	Schmiedeeisen	"
<i>L</i>	Kopfschrauben	4	"	$\frac{5}{16}$ "-Gewinde.
<i>M</i>	Sicherungsschraube	2	Stahl	"
<i>N</i>	Mutter	2	Schmiedeeisen	"
<i>O</i>	"	2	"	S. a. C.
<i>P</i>	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 Werkstatt 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.

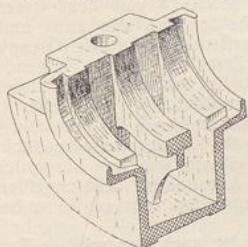


Fig. 19.

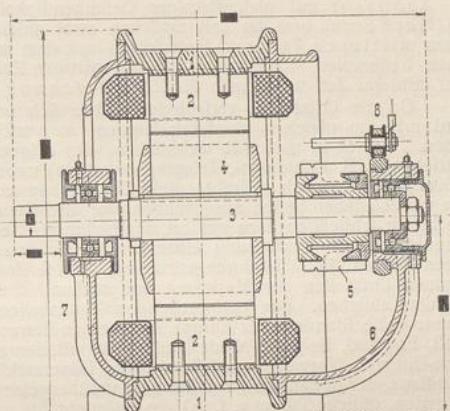


Fig. 18.

Für die Auffstellung (Montage) der Maschinen werden Auffstellungspläne (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 verzweigten 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] Geifendorfer, L., Schriftvorlagen für Techniker aller Fächer, 14. Aufl., München o. J.; Klins, K., Zierschriften, Frankfurt a. M. 1866; Supp, O., Alphabet u. Ornamente, München o. J.; Soennecken, F., Rundschrifthefte, 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 Werkstatt, Berlin 1906; Volk, C., Skizzieren von Maschinenteilen in Perspektive, Berlin 1906; Keiser, K., Skizzieren 1906; ohne und nach Modell, Berlin 1904.

R. Krause.

**Z-Eisen**, f. Normalprofile für Walzeisen.

**Zeit**, hier das aus astronomischen Beobachtungen gewonnene Maß für die Auseinanderfolge 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 Keplerschen Gesetze mit ungleichförmiger Geschwindigkeit in ihrer Bahn fortstreifen; daher kommt es, daß die wahre Sonnenzeit kein gleichförmiges Zeitmaß sein kann. Die einzelnen aufeinander folgenden Meridiandurchgänge der Sonne werden daher nicht um gleiche Zeittoleranzen auseinander liegen, ihre Vergleichung mit künstlichen Zeitmeffern, den Uhren, die zweckmäßigsterweise 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, fiktive 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** (s. 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 Länderebiete dienenden Betrieben (z. B. Eisenbahn-, Telegraphenbetrieb) unbequem. Deshalb hat man schon seit den 1880er Jahren danach gestrebt, die 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  $15^{\circ}$  — 1h von dem Greenwichmeridian abstehen. 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, Österreich-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  $9^{\text{m}} 21^{\text{s}}$  der westeuropäischen Zeit vorgeht. — Dem Vorschlag, auch den astronomischen Tag ebenso wie den bürgerlichen um 12h 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 **Zeitmessen** gilt der Sterntag oder auch der mittlere Tag, denn das Zeitintervall, welches verstreicht zwischen zwei aufeinander folgenden 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 Taufenden 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 Tertien, die aber wieder ganz zugunsten der dezimalen Teilung der Sekunden 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 moslemischen 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 Grundätze, 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 Festssetzung 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 — ( $9 \times 532$ ) 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 Ausichten 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 (Pendeluhren, 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. Dazu 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 Chronodekks 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 Meridiandurchgangs muß aber eine richtig nach Sternzeit gehende Uhr so viel anzeigen, als der beobachtete Stern Rektaszension ( $\alpha$ ) besitzt. Kann man also diese aus einem Jahrbuche (Ephemeride) entnehmen, so ist der Fehler der Uhr  $\Delta u$  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“ (find die beiden Beobachtungen nicht am Vormittag, sondern am Nach- und Vormittag gemacht, so tritt an die Stelle des Mittags die Mitternachtsverbesserung, die sich von der ersten nur durch den konstanten Faktor  $f = (12 - \tau)/\tau$  unterscheidet) — wo  $\tau$  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,  $\varphi$  die geographische Breite,  $\delta$  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 Vertikalebenen oder den mehreren Gestirnen 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  $\cos z = \frac{\cos \varphi}{\cos \varphi \cos \delta} - \operatorname{tg} \varphi \operatorname{tg} \delta$ , 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 Uhrkorrektion  $\Delta u$  wieder die Beziehung:  $\Delta u = \alpha + t - U$ , wo dann  $U$  die zu der gemessenen Zenitdistanz gehörige Uhrangabe ist. — Ist der Stern im

Osten 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 aufgefelt, daß seine Abfehnslinie sehr nahe im Meridian liegt, so werden die Durchgänge einer Anzahl (zwei würden ausreichen) richtig ausgewählter Gefirne 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°) bestimmt sind, was durch Messungen an irdischen Objekten bezw. durch die Libelle oder den Quecksilberhorizont geschehen kann. Zwischen der Uhrangabe  $U$ , dem Fehler der Uhr  $\Delta u$ , und der Rektaszension eines beobachteten Gefirns besteht dann wieder die einfache Relation  $\Delta u = a - U_{ick}$ , wo  $U_{ick}$  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 Gesagte zu vergleichen.) In einem solchen Instrument ist dann nicht nur ein Faden, sondern eine ganze Anzahl ausgespannt, 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 Auffstellung und vor allem von der Sorgfalt und Geschicklichkeit des Beobachters, mit der er die jeweiligen Fehler des Instruments zu bestimmen vermag. Bei der Ausführung folch großer Beobachtungen spielen sehr viele Umstände, auf die man sonst nicht zu achten braucht, eine Rolle, besonders auch Fehler, die durch die Unvollkommenheit unsrer Sinne herbeigeführt werden (physiologische Fehler). Dahin gehört z. B. der Unterschied in der Auffassung eines Stern durchganges durch einen Faden im Gesichtsfeld des Instruments durch das Auge und der Wahrnehmung der Schläge der Beobachtungsuhren durch das Ohr oder der Abgabe des Durchgang auf einem Chronographen (f. d.) markierenden Zeichens durch die Hand. Auch die verschiedene Helligkeit der Gefirne bedingt solche Auffassungsfehler. Man hat durch Einführung bestimmter Beobachtungsmethoden und besonders konstruierter Mikrometer (Repfoldisches unperfönlches 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 Konfianz 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 diesferhalb 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 Auffstellung ist Sache der Sternwarten und Astronomen. Für transportable Uhren, speziell Schiffsuhrn, bestehen in allen ausgedehnten Seefahrt treibenden Staaten besondere Institute zu ihrer Prüfung und Auswahl für die Schiffe. In Deutschland z. B. die Deutschen 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 Tafelfammlungen.

Übertragungen 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 Übertragungen durch optische und elektromagnetische Signale mit Vorteil bewirken, z. B. werden solche Signale von Berlin aus jeden Tag allen Telegraphenämtern zu bestimmter Stunde gemeinfam gegeben. Auch die Hamburger Sternwarte hat in neuester Zeit einen solchen für Private nutzbaren automatischen Zeitignalienst 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 (genannte 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, Sternzeitekunden verstreichen. 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 Sternstage. Daher ist das Verhältnis der Dauer einer Sternzeitsekunde zu einer mittleren Zeitsekunde gleich  $365 \cdot 2422 : 366 \cdot 2422$  oder wie  $1 : 1.00273972$ , 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 Überlegung, daß die Änderung der Rektaszension der mittleren Sonne in 24 Stunden mittlerer Zeit den  $365 \cdot 2422$ . Teil dieser Zeit selbst, nämlich  $3^{\text{m}} 56\text{s}.56$  oder pro Stunde  $9\text{:}86$  beträgt; 1 mittlerer Tag (gleich  $24^{\text{h}}$  mittlere Zeit), ist also gleich 1 Sterntag +  $3^{\text{m}} 56\text{s}.56$  Sternzeit, 1 Sternstag (gleich  $24^{\text{h}}$  Sternzeit) ist also gleich 1 mittlerer Tag —  $3^{\text{m}} 55\text{s}.91$  mittlere Zeit. Die „Connaissance des Temps“ gibt z. B. für den 7. Oktober 1909 als Sternzeit im mittleren Mittag für Paris  $13^{\text{h}} 1^{\text{m}} 56\text{s}.30$ ; daraus findet man die Veränderung der Sternzeit für den mittleren Mittag deselben Tages für Göttingen =  $\frac{30\text{s}.4 \times 9\text{:}86}{60} = 5\text{s}.00$  und die Sternzeit selbst für den

mittleren Mittag des 7. Oktober für Göttingen gleich  $13^{\text{h}} 1^{\text{m}} 56\text{s}.30 - 5\text{s}.00 = 13^{\text{h}} 1^{\text{m}} 51\text{s}.30$ , weil Göttingen sehr nahe  $30\text{s}.4$  östlich von Paris liegt. Wollte man die Sternzeit für  $6^{\text{h}} 3^{\text{m}} 50\text{s}$  mittlere Zeit Göttingen für diesen Tag wissen, so hätte man noch die seit dem mittleren Mittag verstrichenen, in mittlerer Zeit ausgedrückten  $6^{\text{h}} 3^{\text{m}} 50\text{s}.0$  in Sternzeit zu verwandeln und diesen Betrag zur Sternzeit im mittleren Mittag zu addieren, man findet also:

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

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

Ortssternzeit . . . . .  $18^{\text{h}} 0^{\text{m}} 0\text{s}.00$ ,  
Sternzeit im mittleren Mittag  $13^{\text{h}} 1^{\text{m}} 40.96$  ( $= 13^{\text{h}} 13^{\text{m}} 45.96$  [Paris] —  $5\text{s}.00$ ),  
Differenz . . . . .  $5^{\text{m}} 46^{\text{s}} 19.04$  = verflossene Zeit seit dem mittleren Mittag,  
Reduktion auf mittlere Zeit . . . . .  $56.74$  (aus den Tafeln genommen),  
Mittlere Zeit . . . . .  $5^{\text{h}} 45^{\text{m}} 22.30$ .

Also  $18^{\text{h}} 0^{\text{m}} 0\text{s}$  Sternzeit entspricht am Oktober 10 für Göttingen  $5^{\text{h}} 45^{\text{m}} 22\text{s}.30$  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; Förster, 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; Neuauflage von L. Idelers 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 beitzüglichen Instrumente zur Bestimmung der persönlichen Gleichung sind ausführlich beschrieben in Ambronn, Handbuch der astronomischen Instrumentenkunde, Berlin 1898. Neuerdings sind die unperfönl. 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 Durchgangsinstr., zwei Abhandlungen von Döllens, 1863 und 1874. — [11] Mitteilung über ein von der Hamburger Sternwarte abgehendes Zeitignal, 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 auseinandergeetzt, 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 Äquator statt 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  $-14^{\text{m}} 25^{\text{s}}$ , am 14. Mai mit  $+3^{\text{m}} 50^{\text{s}}$ , am 26. Juli mit  $-6^{\text{m}} 18^{\text{s}}$  und am 3. November mit  $+16^{\text{m}} 21^{\text{s}}$ . — Die nebenstehende Kurve läßt den Verlauf im einzelnen gut erkennen. Man findet folche oder ähnliche Kurven häufig auf Sonnenuhren mit verzeichnetem

*Ambrooni.*

**Zeitübertragung**, f. Längenbestimmung.

**Zeitzähler**, f. Elektrizitätszähler.

**Zelle** (Zellenspeicher), f. Silospeicher.

**Zellschalter**, f. Akkumulatorenenschaltungsystème 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 Pilöcken bezw. 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 Feftzelte assyrischer Könige und folche 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 Mietshäusern, Gabentempel u. f. w. Ferner dient das Zelt als Garten- oder Jagdzelt, Musikpavillon in einfacher oder reicher Ausstattung [2].

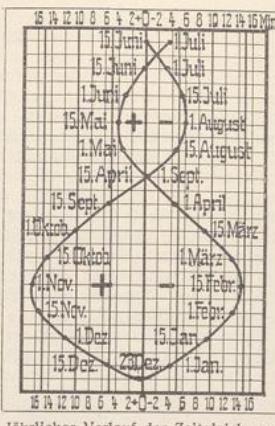
Literatur: [1] Semper, G., Der Stil, Frankfurt a. M. 1860, Bd. 1, S. 308. — [2] L. Stromeyer & Co., Konstanz, Zelte, Baracken und transportable Gebäude (Katalog mit Abb.). *Weinbrenner*.

**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 verschüttenden hydraulischen Zusätze, z. B. Puzzonale (das sind durch Glühen aufgeschlossene Aluminiumsilikate (f. d.), die in der Natur als Santorinerne in Griechenland, als Puzzolane in Italien und Frankreich vorkommen), Traß (f. d.), Ziegelmehl, 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 bevorzugte der Portlandzement [1] — ein meist blaugraues Pulver —, das im Mittel 60% Kalk, 23% Kieselsäure, 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 (Waffereinfüllung) von Collofus lässt sich Schlackenzement wesentlich verbessern. Natürlich vorkommende, zur direkten Erzeugung von Portlandzement geeignete Gesteine sind selten; es finden sich solche bei Perlmoos 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 Ausfügen u. f. w. Verwendung findet. — Die Anwendung der Zemente f. unter Mörtel und Beton. Erwähnt sei noch, daß neuerdings zu wasserdiichten Zementverputzen eine Zugabe von fein geschlämmtem Ton zum Mörtel mit Erfolg verwendet wird.

Literatur: [1] Büsing 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.



Jährlicher Verlauf der Zeitgleichung.

Zementwässer erzeugen sich in verlassenen, eroffneten Kupfererzgruben. Wässer, welche 100 g Kupfer in 1 cm 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.

Treptow.

### Zementdächer, f. unter Holzzement.

**Zementdielen** (Zementbretter), von Otto Böklen in Lauffen a. N. 1892 erfundener Kunstdstein aus Portlandzement und Bimssteinsand 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 Zementenhöldielen durch J. Wygasch in Beuthen.

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

**Zementefrich** (Zementgußböden), fugenlose, sehr harte und widerstandsfähige Fußbodenbildung; f. a. Efriche, Bd. 3, S. 517.

Der Zementefrich 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 Steinfischlag mit Sand und Zement, welch letzterer den 5. bis 20. Teil der Masse, je nach seiner Bindefähigkeit, ausmachen kann. Der zweite Auftrag, aus 1 Teil Zement und 1 Teil Sand gemischt, unter Zufügung von wenig Wasser, bildet die Oberfläche in Stärke von 2—3 cm. Die Unterlage wird durch Stampfen mit dem Stößel bearbeitet, bis Schwitzwasser austritt, die Ober- oder Glättsschicht aber mit einer Eisenwalze gewalzt oder mit der Stahlkelle geglättet. Die Erhärtung erfolgt rasch. — Der Auftrag gleicht in beiden Fällen nicht in breiten Flächen, sondern in Bahnen von ca. 1 m Breite, welche zwischen Latten oder Eifenschienen 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 Eifenhüttenwesen die Herstellung von Stahl (Zementstahl) aus gewöhnlichem, d. h. nicht härtbarem, schmiedbarem Eisen durch Kohlung (f. d.) in festem, rotglühendem Zustand des Eisens.

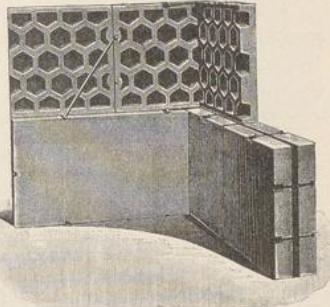
Als Rohmaterial benutzt man Schweißeisenstäbe von etwa 10—20 mm (und darüber) Stärke und 50—100 mm Breite, die in gemauerte, von außen geheizte Kästen von 2,75—3,5 m Länge, 0,8—1,2 m Höhe und 0,8—1,0 m Breite zwischen gefügte Holzkohle von Nuß- bis Erbengröße eingelegt werden. Die Dauer der Beheizung des luftdichten vermauertern 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 Schweißeisen enthaltenen Schlacke herführen; 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 Kohlenstoffes, 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 Oberflächenhärteten (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.

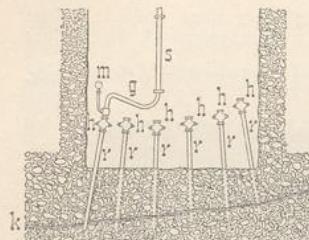
Literatur: Lehrbücher über Eifenhüttenkunde.

A. Widmaier.

**Zementieren.** Beim Schachtabteufen in festem, aber von wasserführenden Klüften durchzogenem Gebirge ist zuerst von Wiede [1] in Reinsdorf das Absperren 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 fast durch einige Vorbohrlöcher untersucht, welche dem Abteufen 2—3 m vorangehen. Wird eine wasserführende Kluft angetroffen, so wird im Schachtquerchnitt eine größere Anzahl Vorbohrlöcher hergestellt (Figur S. 982) und durch Gasrohre  $r$  mit Hanfunwicklung, die mit einem Dreiegehähnen  $h$  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  $fo$  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 abgebundenen Zement geschlossen sind. Am schwersten find die feinsten Klüfte zu verschließen. Es macht sich zuweilen nötig, in der Richtung dieser Klüfte befondere 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 erzeugt werden.

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

Treptow.

**Zementstahl**, f. Zementieren.**Zementwasser**, f. Kupfervitriol, Zementation.**Zengelstange** (Zenkelstange), f. Floß.

Zenit nennt man den Punkt des Himmels, in dem die Richtung des Lotes die oberhalb des Beobachters gelegene Himmelshalkugel 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 Mikrokopen ableben würde, wenn die Absehnslinie des Fernrohres genau nach dem Zenit gerichtet sein würde. An größeren Instrumenten, namentlich festlauffeststellten, 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 Ablegungen 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 sphäroidischen 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 ersten nennt man die geozentrische ( $\gamma'$ ), den letzteren die geographische Breite ( $\gamma$ ) des Beobachtungsortes (f. Geographische Koordinaten). Zwischen geozentrischer und geographischer Breite besteht die einfache Beziehung  $tg \gamma' = \frac{b^2}{a^2} \ tg \gamma$ , wo  $a$  und  $b$  die beiden Halbachsen der Erdellipse sind. Ueber weitere Beziehungen find 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  $90^\circ$ . In der praktischen Meßkunde mißt man mit Vorteil die Zenitdistanz, da diese sich ohne Rücksicht auf die Lotlinie selbst finden läßt, aus der Differenz der beiden Ablegungen an einem Höhenkreis, die man bei Fernrohr rechts und Fernrohr links erhält unter der alleinigen Voraussetzung, daß die Lage der Nullpunktlinie der Ablegeförrichtungen gegenüber dem Horizont konstant geblieben ist. — Bei cöllestischen 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 Poincaré in die Mechanik eingeführt (f. Poincaré, Éléments de statique, 9<sup>me</sup> 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 Seiten- teile, 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 schaffen 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, Holtzinger, 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  $r, \vartheta$ , 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  $\varphi$  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 Sektorengechwindigkeit 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  $p v = C$ , 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, denn die Beschleunigung  $\varphi$  fällt in die Schmiegeungsebene, und diese enthält mithin stets das Zentrum. Sie ist aber die Ebene zweier aufeinander folgender Tangenten, und es fallen daher alle Schmiegeungsebenen 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  $\varphi$  als Funktion von  $u$  oder  $\vartheta$ . 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 Krätfunktion 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  $t - t_0 = \int_{r_0}^r \frac{r dr}{\sqrt{2r(U+h)-C^2}}$ ,  $\vartheta - \vartheta_0 = \int_{r_0}^r \frac{C dr}{r \sqrt{2r^2(U+h)-C^2}}$ .

Eine der wichtigsten Zentralbewegungen ist die Planetenbewegung, welche dem Newtonschen Gesetze  $\varphi = \frac{u}{r^2}$  entspricht (f. Keplers Gesetze, Bd. 5, S. 431). Für sie gelten die Gleichungen

$$U - U_0 = - \int_{r_0}^r \frac{\mu}{r^2} dr = \frac{\mu}{r} - \frac{\mu}{r_0}, \quad r^2 \frac{d\vartheta}{dt} = C, \quad \frac{1}{2} v^2 = \frac{\mu}{r} + \frac{1}{2} v_0^2 - \frac{\mu}{r_0} = \frac{\mu}{r} + \frac{1}{2} H, \quad \text{wo } H = v_0^2 - \frac{2\mu}{r_0}.$$

Die Differentialgleichung der Bahn liefert, wenn  $\psi$  den Winkel bezeichnet, den der Radiusvektor  $r$  mit dem kleinsten Radiusvektor  $r_0$  bildet,  $r = \frac{p}{1 + e \cos \psi}$ , wo

$\epsilon = \left[ 1 + \left( \frac{C}{\mu} \right)^2 H \right]^{\frac{1}{2}}, p = \frac{C^2}{\mu}$ . Dies ist die Gleichung eines Kegelschnittes, dessen einer Brennpunkt das Zentrum  $O$ , dessen Parameter  $2p$  und dessen numerische Exzentrizität  $\epsilon$  ist. Derselbe ist eine Ellipse, Parabel oder Hyperbel, je nachdem  $v_0$  kleiner, gleich oder größer als  $2\mu : r_0$  ist. Die weitere Entwicklung dieser Theorie liefert die Koordinaten  $r, \varphi$  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 Aufsuchen und Anzeichnen der Lage der Drehachse eines Arbeitsstückes; 2. ein Arbeitsstück nach einer Drehachse einspannen; 3. ein kegelförmiges Loch (Körner) in ein Arbeitsstück in der Richtung der Drehachse bohren, damit es zwischen Spalten (f. d.) eingespant werden kann.

1. Zum Aufsuchen und Anzeichnen der Lage der Drehachse eines Arbeitsstückes verwendet man Zentrierwinkel (Mittellucher, f. d.); die beiden Schenkel des Zentrierwinkels legt man an die Mantelfläche eines zylindrischen Arbeitsstückes 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 Einstellschlüsse (f. Futter, Bd. 4, S. 227).

3. Beim Bohren der Körner (f. d.) in ein Arbeitsstück, um es z. B. zwischen den Spalten einer Drehbank aufspannen zu können, ist zu beachten, daß das Loch dem Konus der Körner spitze 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

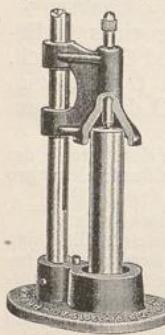


Fig. 1.

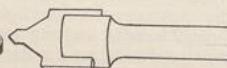


Fig. 2.



Fig. 3.

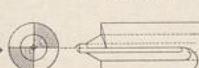


Fig. 4.

dargestellten Gestalt. Der Bohrer Fig. 4 (Droop & Rein in Bielefeld) besteht aus drei ineinander fleskenden Werkzeugen. Diese Bohrer erfordern eine Bohrmaschine oder einen Bohrapparat mit nur einer Spindel. Für das Zentrieren von Wellen größerer 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 indest eine zweispindlige Zentriermaschine notwendig; die eine Spindel trägt einen Spiralbohrer, die andre einen Verfenkbohrer. Das Arbeitsstück wird in einem auf der Maschine festen Zentrierfutter eingespant. Um das Arbeitsstück nicht einzupassen 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 gezwungenen 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 (sel tener) 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 Zentrifugengehäuses durch abtropfendes Öl oder durch Rost eintreten kann. Die Spindeln der Zentrifugen sind entweder festgelagert oder, um Erzitterungen 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 indessen 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 gesenkt oder der Trommelboden ist mit Durchbrechungen versehen, die mittels einer Haube oder mittels Radialschlitzten 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 Trommelmittels 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; — zusammengefasste, 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. Ziellich leicht schmelzbar und von Salzfäure zerstörbar. Vorwiegend in basischen Eruptivgesteinen auf Klüften und in Mandeln (Diabas, Melaphyr, Bafalt). Hierher gehören Chabasit (Kalk-Tonerde-Silikat), Desmin (Kalk-Natron-Tonerde-Silikat), Harmotom oder Kreuzstein (Baryt-Tonerde-Silikat), Mefotyp 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** (Vapour), die feinsten, locker gewebten, leinwandartigen Baumwollstoffe (Muffelinarten), doch verfleht man in einzelnen Gegenden auch darunter ein feines, dünnes, schafwollenes Gewebe in der Art der Damantuch; dickere und derartige tuchartige Gewebe werden dann Halbtuch, Dreivierteltuch und Dicktuch genannt (s. Weberei).

E. Müller.

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

**Zerfaerung**, 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 (f. 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 & Kamp [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 (f. d. und [1], [2]) und Walzenstuhl;

2. in solche, welche das Material zerfließen, 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];  $\beta$ ) durch Schlagstifte, welche an einer Scheibe (Trommel) sitzen und die das Mahlgut entweder gegen feststehende Schlagflüsse (wie bei den Dismembratoren [2]) oder gegen rippenbesetzte Wände (wie bei den Diffusatoren) oder gegen die Stifte einer entgegengefetzten rotierenden Trommel werfen (wie bei den Desintegratoren, f. Bd. 6, S. 525, Fig. 4); die allgemeine Bezeichnung für diese Zerkleinerungsmaschine ist Schleuder- oder Schlagflüsmühle;  $\gamma$ ) durch Stempel, welche auf das Mahlgut herabfallen; Poch- oder Stampfwerke, f. Bd. 7, S. 162 mit Figur, und [1], [2];

3. in folche, welche das Material zerschneiden (abscheren): Glockenmühle (Konusmühle), f. Bd. 4, S. 574, Fig. 1 und 2; Exziliarmühle, 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, Glasmühlen, Bd. 4, S. 558, Fig. 1 und 2, Farbenreibemaschinen, 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.

**Zerkleinerung**, f. Lithoklafen, Bd. 6, S. 176.

**Zerreißmaschinen**, f. Festigkeitsprobiermaschinen, Förderseile.

**Zerreißversuch**, f. Zugver such.

**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 entstehende Gemisch aus angefaulter oder zugeflossener Flüssigkeit mit Luft, oder aus Flüssigkeit und zum Teil noch gasförmigem, zum Teil kondensiertem Dampfe in Nebelform fort schleudern. 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 beispielweise 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 Dünnschlüssigwerdens angewärmte Flüssigkeit wie Teer u. dergl., in dünner Schicht ausfließt und dabei durch einen 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 aufgebobt 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 vermittelt 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 eben beschriebenen dadurch, daß das Brennstoffausflußrohr horizontal liegt und nur eine Ausflußöffnung schräg nach unten gerichtet ist. Der darunter horizontal durchströmende Dampf faßt zunächst durch eine DampfstrahlLuftpumpe (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 Ansaugen und Verdichten von Luft wird an Dampf gespart und die nötige Verbrennungsluft in das Gemisch gebracht.

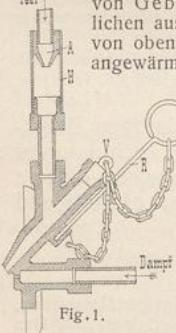


Fig. 1.

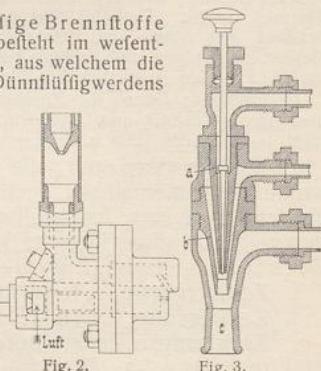


Fig. 2.

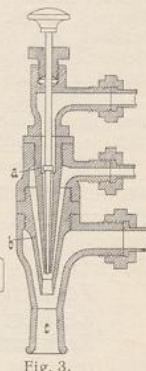


Fig. 3.

Die Zerstäubungsvorrichtung von W. G. Armstrong, Whitworth & Co. (Fig. 3) hat drei teleskopartig 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 vergasst 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 Brennstoff zu vermeiden, haben Gebr. Körting A.-G. in Hannover einen Zerstäuber (Fig. 4) konstruiert, dem das Öl in überhitzen Zustand unter Druck durch eine Röhre *a* zugeführt wird. Nachdem die Flüssigkeit sich bei *c* durch eine enge regulierbare Öffnung 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 nebelähnlichen Staub aufgelöst. Da hier der Flüssigkeitsstrahl den ihn zerstäubenden Dampfdruck selbst erzeugt, bildet diese Vorrichtung einen Übergang zur zweiten Klasse der Zerstäuber.

Bei den Zerstäubungsvorrichtungen der zweiten Klasse wird der unter starkem Druck mit großer Geschwindigkeit austretende Flüssigkeitsstrahl durch die ihm selbst innenwohnende lebendige Kraft zerstäubt, und zwar geschieht dies wiederum auf zweierlei Art, entweder durch Aufschlagen des Strahles auf einen Prallkörper, indem der Strahl gegen eine Spitze, eine Kante oder eine Fläche des letzteren prallt, oder dadurch, daß man die geradlinig fortlaufende Bewegung des Strahles in eine schraubenförmige Drehung um seine Längsachse verwandelt, was

auf einen Prallkörper, indem der Strahl gegen eine Spitze, eine Kante oder eine Fläche des letzteren prallt, oder dadurch, daß man die geradlinig fortlaufende 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 Gartenspritze, 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 Strahl unter stärkerem Druck gegen eine Spitze prallen läßt, die relativ zum Mundstück festgehalten ist. Bei solchen sogenannten Streudüsen oder Zerstäubungsbrausen wird meist darauf ausgeganen, 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.

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 die eintreten läßt. Soll der Sprühstrahl in der Richtung des Zuleitungsröhres 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 Zuleitungsröhres 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, Kohlenseparationstrommeln u. f. w., zum Niederschlagen von Staub in Staubkammern und Staubabsaugeleitungen in Brikettfabriken, Sägereien und an Hadernschneidemaschinen 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 Beneten des Formfandes in Gießereien, zum Decken des Zuckers (Auswaschen des Sirups) in den Zentrifugen der Zuckerfabriken, zum feinen Zerteilen von Flüssigkeiten in chemischen Fabrikaten und in der atmosphärischen Luft als Erfrischungsmittel in industriellen Etablissements im allgemeinen, zum Kühlen



Fig. 7.

Fig. 5.

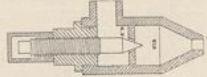


Fig. 4.

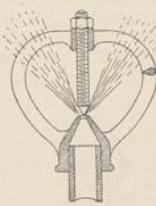


Fig. 6.

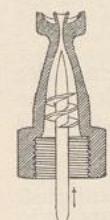


Fig. 8.

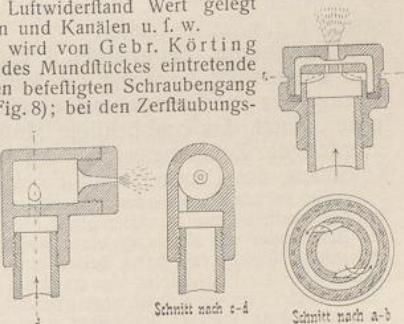


Fig. 10.

Schnitt nach a-a

Schnitt nach b-b

Fig. 9.

von Feuerrosten sowie von heißen Gafen, zum Reinigen von Hochofengasen und zur Ausscheidung schädlichen Staubes aus abziehenden Rauchgaten, 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 Kühlturne, über einem Bassin oder über einem Kanal in der Luft zerstäubt, wobei es sich sofort abkühlt und es wieder sammelt, zum Besprühen von Pflanzen mit Kupfer-vitriollösung oder andern Flüssigkeiten, zum Auswaschen kleiner Gefäße u. s. w.

Zur Befeuchtung von Stoffen und zu ähnlichen Zwecken benutzt man Streudüsen mit  $\frac{1}{2}$  bis  $1\frac{1}{2}$  mm Bohrung des Mundstückes bei einem Wassertdruck 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 Wassertdruck wird durch den aus der Brause gestoßenen Wasserstaub die Wettergeschwindigkeit erhöht, die Luft auf eine Entfernung von etwa 20 m mit Feuchtigkeit gefäßtigt, dadurch von Kohlenstaub gereinigt und werden Kohlenstaubexplosionen verhindert. — Wird in ein Staubsaugerohr eine Streudüse so eingesetzt, 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 Raum verteilt werden, so läßt man den Sprühstrahl noch gegen eine senkrecht stehende Prall scheibe stoßen, an der die nicht ganz feinen Tröpfchen, sofern sie nicht weiter zerstäubt werden, sich niederfallen, herabfließen und durch eine Rinne weggeleitet werden.

— Die eingangs erwähnten Luftpinsel, Farbenzerstäuber oder Preßluftspritzapparate sind ähnlich wie der Armstrongsche Zerstäuber (Fig. 3) konstruiert, jedoch nur mit zwei ineinander gefleckten Düsen, wovon die innere streichfertige Anstrichfarbe, die äußere Preßluft nach der Mündung hinführt, wo die Zerstäubung erfolgt. In feiner äußerer 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 gefäßt auch sparsames, glattes Auftragen selbst dickflüssiger Oel- und Lackfarben auf beliebig geformte Gegenstände aus jedwdem 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, flattet man diesen mit einer Wärmevorrichtung aus. Bei älteren Konstruktionen des Apparates wirkte die Preßluft durch den Farbenbehälter; bei den neuen der Minimaxparapäbaufgeföllschafft 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. 87544, 95211, 97505, 105063, 124801, 139214, 158492, 175129, 198604, 202463. Th. Beck.

### Zettel, f. Weberei.

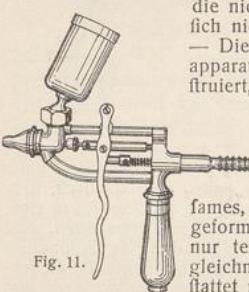
**Zeug**, 1. f. v. w. Bierhefe; 2. f. v. w. Schriftmetall, auch die unbrauchbar gewordenen Typen; 3. Halzeug, Ganzzeug, f. Papierfabrikation; 4. feemännisch f. v. w. Takelung.

### Zeugbaum, Zeugringel, f. Weberei.

**Zeugdruck** beweckt 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 Farbstofflösung, welche entweder eine Lösung des Farbstoffes bzw. Farbbildners oder eine folche der Beize oder die Mischung eines gelösten oder ungelösten Farbstoffs mit der Beiz- bzw. Fixierungslösung ist, 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; fadann 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 Leiogomme, 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 Farbstoffs bzw. der Beize ab. Im Seitedruck 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 dunklen 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

Fig. 11.



Verdickungsmittel besonderer Art ist das Albumin, infofern 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 Blatalbumins auf einen Stoff gedruckt und dann der Wirkung von Waffer dampf ausgesetzt, so gerinnt das Albumin und befestigt, auf dem Gewebe fest haftend und den farbigen Körper umhüllend, diesen mit der Fafer. — Die physikalische Beschaffenheit, d. h. die größere oder geringere Konstanz der Druckfarbe, hängt von der Größe des zu erzeugenden Musters ab. Ist daselbe ein schweres, d. h. nimmt es eine verhältnismäßig große Fläche ein, so pflegt man sie zähflüssiger zu halten, als wenn ein leichtes, d. h. kleines Muster vorliegt. Der Pfaltz- oder Klotzprozeß, wie er auf der Klotzmaschine (f. d.) oder mittels der Walzendruckmaschine ausgeübt wird, bei dem es sich um ein einseitiges bezw. beiderseitiges vollständiges Bedecken des Gewebes mit der Druckfarbe, also um ein möglichst vollständiges Auslaufen der letzteren handelt, bedient sich ganz dünner Farblöslichkeiten.

Die Zusammensetzung einer Druckfarbe richtet sich nach den farbigen Wirkungen, welche erzielt werden sollen, nach den Farbstoffen und Farbbildnern bezw. 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. Ift er ein substantiver und wasserlöslich, so findet neben der Verdickung nur Substanzen wie Essigfärre und Glyzerin vorhanden, welche keine Löslichkeit und keine Vereinigung mit der Fafer 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 Fafer, 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 Fafer einzudringen ermöglicht (Anwendung im Baumwolldruck).

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

4. Die Druckfarbe enthält die Beize. Nach deren Fixierung und nach Entfernung der Verdickung führt die Ausfärbung im Bade eines Beizenfarbstoffes zur Bildung farbiger Muster an den von der Druckfarbe vorher bedeckten Stellen (Kombination von Druckerei und Färberei, Herstellung gemulter 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 Fafer aufgenommen wird, um nach Verflüchtigung des Lösungsmittels unlöslich in der Fafer zu bleiben (Genre vapour et application, Anwendung im Baumwolldruck).

6. Die Druckfarbe enthält teils mechanisch wirkende, wie Harze, Fette, Ton, Bleiulfat, teils chemisch wirkende Substanzen, wie Zinkoxyd, Rhodankalium, Calciumacetat, Kupferulfat und -nitrat, Bleinitrat, Zinnsalz, Kaliumulfid, welche das Eindringen des Farbstoffes oder des Beizmittels in das ungefärbte oder gefärbte Gewebe an denjenigen Stellen verhindern, welche von ihnen bedeckt sind (Reserve, Schutzwapp. Anwendung des Reservagedrucks im Baumwoll- und Seidedruck. I. Reserveg. e.).

7. Die Druckfarbe enthält Substanzen, die dazu dienen, einem bereits gefärbten oder gebeizten Gewebe den Farbstoff oder die Beize auf chemischem Wege durch Ueberführung in lösliche Form stellenweise zu nehmen (wegzuätzen). Gegenüber Beizen, die meist Metalloxyde sind, benutzt man Alkalifalte schwacher, die Fafer nicht angreifender Säuren, wie Zitronen-, Oxal-, Weinfärre; gegenüber Farbstoffen oxydierende Agentien, wie Kaliumbichromat (mit Zinn-Schweifelsäure), rotes Blutlaugenfatz (mit Natronlauge), oder reduzierende Substanzen, wie Zinnsalz, Zinnoxylnatron, Zinkstaub, Formaldehydsulfoxylat (Rongalit c.). (Aetze, Enlevage, Anwendung im Baumwoll-, Woll- und Seidedruck, f. Aetzarben.)

Bereitung der Verdickungen und Druckfarben f. in [2], [10], [14], [18], [19], [21].  
 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, teils aus Holz, teils aus Metall hergestellt, trägt und nach dem Benetzen mit der Druckfarbe diese durch die Hand des Druckers dem Gewebe übermittelt, welches sich auf dem elastischen Drucktisch 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 erhalten wiedergegeben ist und die meist zu drei abwechselnd mit mäßigem Federdruck gegen das Zeug schlagen, nachdem sie durch Farbwalzen mit Druckfarbe verlehen 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, auch tuchüberzogene Walzen mit der Druckfarbe gepfeist und durch elastische Stahlfischneiden (Abstreicheisen), welche sich dicht an die Walzen anlegen, von aller 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 zwölfarbige Walzendruckmaschinen (Rouleaux) gebaut.

## Baumwoldruck (f. Bd. 1, S. 589).

1. Anwendung der Beizenfarbstoffe. Die selben 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 Dampffarben 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 Fettfäureverbindungen, die fast immer durch vorherige Behandlung des Stoffes mit Türkischrotlösungen appliziert werden, ferner gewisse Substanzen, meist freie organische Säuren, darunter als wichtigste die Essigfärre, 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 Ueberfluss der flüchtigen Säuren wegzuschaffen, dann erst die Ware zu dämpfen. Dies geschieht entweder in liegenden zylindrischen Dämpfapparaten, welche die Ware, farn einer Unterlage zu einem breiten Bande aufgewickelt, auf einem wagenartigen Gefüll 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 Abtumpfung des Restes der Säure und zur Vervollständigung der Fixation der Farblacke auf zwei Rollenständern die Kreidepassage (in 1 l Waffer von 80° 10 g Schlemmkreide enthaltend), wäscht am Clapot, malzt zur Entfernung der Stärkeverdickung und zur Reinigung des Weiß im Kuhkotmalzbade (auf 300 l Waffer von 75° 2 kg Kuhmist und 1 kg Malz enthaltend) und seift in gleicher Absicht und zur Beliebung der Farben auf der Färbeküfe mit Marfeiller Seife (3—5 g Seife pro 1 l Waffer von 70°, Dauer  $\frac{1}{2}$ —1 Stunde). Um das Weiß des Musters, welches nach dem Seifen und Waschen meist geträbt erscheint, rein erscheinen zu lassen, wird die Ware gehchlort. Man unterscheidet ein Dampfchlor und ein Trockenchlor. Bei ersterem werden die Stücke auf der Klotzmashine mit einer schwachen Chlorkalklösung imprägniert, worauf sie einen mit Wasser dampf gefüllten Kasten passieren. Beim Trockenchlor läuft die mit Chlorkalklösung befeuchtete Ware direkt über die Trommeln einer Trockenmashine. 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 Essigfärre 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 Essigfärre entweicht teils schon beim Trocknen, vollständig aber beim Dämpfen, und der Tanninlack bleibt unlöslich auf dem Gewebe zurück. Diefer 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 Waffer 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 fauern Kaliumtartrats ein Gemisch von Brechweinstein und Kreide, demnach auch unlösliches basisches Antimonfatz, welches aber durch das saure Kaliumtartrat fortwährend gelöst wird. Nach der Behandlung in der Antimonlösung wird die Ware gewaschen und kalt geöfft. Die meisten Tanninfarbstoffe gewinnen an Lebhaftigkeit, wenn sie auf Gewebe gedrückt werden, welches durch Klotzen in einer mit Kasein nebst Borax verdickten Lösung von zinnfaulern Natron präpariert ist. In dieser Weise werden sie in Kombination mit Säurefarbstoffen und verschiedenen Metallsalzen bei der Herstellung des Lucca-Artikels, einer Imitation der indischen Schals, auf der Faser fixiert. Tanninfarben lassen sich durch Vordruck einer Antimonfatzreserve reservieren und teilweise durch Aufdruck starker Natronlauge und Glukose oder eines Gemisches von Blautaugensalz und Chloraten und nachfolgendes Dämpfen ätzen (f. Aetzfarben).

3. Anwendung der Küpenfarbstoffe. Bezuglich der Anwendung des Indigo f. Indigodruck. — Das Indanthren der Badischen Anilin- und Soda-fabrik gibt mit Natronlauge und einem geeigneten Reduktionsmittel, am besten Natriumhydrofult, 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 Färbe, welche sich, aus dem Färbebad 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 Zinnoxyd und nachheriges Dämpfen, sodann durch Aufdruck von Indanthren S mit Eifenvitriol und Zinnsalz und darauffolgende Passage durch Natronlauge. Indanthren S eignet sich auch vorzüglich für Reserveartikel. Man bedruckt den Stoff mit einem Schutzpapp aus British-Gum-Verdickung, Natriumchlorat und Weinsäure, trocknet bei 50°, überdrückt mit Indanthren S-Druckfarbe (Eifenvitriol und Zinnsalz), trocknet ein zweites Mal, zieht durch Natronlauge von 20° Bé bei 70°, wäscht und säuert nach dem Kallechen D.R.P. Nr. 167077 zweckmäßig in verdünnter Oxalsäurelösung, weil auf diese Weise stets lebhafte 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% Hydrofulfat 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 Alizarinreisen 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. 109 800 und 126 596 beschriebenen Dämpfapparat gedämpft. Hierbei wird der Farbstoff reduziert und in Form seiner Leukoverbindung auf der Fafer fixiert. Beim Auswaschen der Stücke entwickelt sich dann durch Reoxydation das Thioindigorot.

4. Anwendung der Entwicklungsfarben. Die Anwendung der auf der Fafer entwickelten Azofarben ist dieselbe wie in der Färberei. Man präpariert das Gewebe mit Betanaphthol, trocknet und drückt mit der verdickten Lösung des diazierten Amins (f. Entwicklungsfarben). Betreffs Kombinationen mit Paranitranilinrot f. Rotblauartikel. — Ueber Anwendung des Anilinschwarz f. d. Die im Baumwolddruck auf der Fafer entwickelten Mineralfarben sind dieselben, die auch zum Glattfärbigen verwendet werden. Ueber ihre Anwendung f. Eisenchamois, Kaliblau, Manganbister. Für Chromgelb wird meist ein Gemisch von effig- und salpeterfauerm Blei entsprechend verdickt aufgedrückt, 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 aufgedrückt, und infolge Gerinnung des Albumins wird ihre Fixierung durch Dämpfen bewerkstelligt. Aber auch Lösungen von Farbstoffen wie Fuchsin und Methylviolett werden in dieser Weise befeigt. 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 Refervagedrucks. 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 (f. Refervagen) an den bedruckten Stellen zu verhindern. Die wichtigsten Refervartikel sind die gemusterten Indigofärbearbeitel (f. Blaudruck), Anilinschwarzartikel (Prudhommes Aetzverfahren, f. Anilinschwarz), die mehrfarbigen Alizarinrot- und Alizarinviolettartikel (f. Alizarin) und die mehrfarbigen Azoartikel (f. Rotblauartikel).

7. Anwendung des Aetzdrucks. Diese geflättet, 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 aufdrückt, nach deren Fixierung man die Farbe durch späteres Ausfärben entwickelt, gelingt es, auch andre Farben als Weiß zum Vorschein zu bringen (f. Aetzfarben).

8. Gemusterte Färbeartikel. Die Herstellung derartiger, stets Weiß im Muster enthaltender Ware, welcher zum Teil auch die durch Refervieren und Aetzen fabrizierten Artikel zuzurechnen sind, besteht in einer Kombination von Druckerei und Färberei, insfern eine oder mehrere Beizen auf das Gewebe aufgedrückt und nach deren Fixieren die Farbe durch Ausfärben mit Beizenfarbstoffen entwickelt wird. (Näheres f. 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 Wollfafer leichter zu bewerkstelligen ist. Sie erfolgt durch bloße Anwendung von Wasser dampf. Die mit Gummi, British Gum, Dextrin verdickten, unter Zufüzung einer organischen Säure, meist Effigsäure, zuweilen auch Glyzerin, bereiteten Druckfarben werden entweder durch Handdruck (bei fehr breiter Ware) oder durch Walzendruck auf das Gewebe übertragen. Letzteres muß fehr sorgfältig gereinigt, unter Umständen auch (mit Wasserstoffsuperoxyd und Natriumbisulfat) gebleicht sein (f. 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 unterchlorigfauerm Natron und Schwefelfäure, 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 Zinn präpariert, sie flanniert. In der Regel vereinigt man beide Präparationen in der Weise, daß man die Ware erst mit einer Lösung von zinnfauerm 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. Formaldehydnatriumfulloxylat (Rongalit c) für Weißätzen, Zinnfalz für Buntätzen. Leicht ätzbar sind die meisten Azofarbstoffe, als Buntätzen geeignet finden die meisten Tanninfarbstoffe, die Eosine und die Säurefarbstoffe der Triphenylmethanreihe.

## Seidendruck.

Derfelbe arbeitet mit den selben Hilfsmitteln wie der Wolldruck; er gestaltet sich infofern noch einfacher, als ein Präparieren des zu bedruckenden Materials sich erübrigert. Die Aetzartikel werden wie im Wolldruck fabriziert; zum Unterschied von letzterem werden einige Artikel durch Referieren mit Fettreferen und Ausfärb'en hergestellt.

Literatur: [1] Badische Anilin- und Soda-fabrik, Die Anwendung der Alizarinfarben, Ludwigshafen a. Rh. 1898. — [2] Benade und Storck, Der Zeugdruck, Artikel in Karmarsch und Heerens Technischem Wörterbuch, Prag 1890. — [3] Bregha, L., Handbuch des gesamten 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] Dépierre, 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 Gebiet 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 Baumwolldruckerei, Höchst 1907. — [10] v. Georgiewics, Lehrbuch der chemischen Technologie der Gespinstfasern, Leipzig und Wien 1908. — [11] Joclet, Woll- und Seidendruckerei, Wien 1879. — [12] Kertész, Die Anilinfarbstoffe, Braunschweig 1888. — [13] v. Kurrer, Geschichte des Zeugdrucks, Nürnberg 1840; Lehrbuch der Färberei und des Kattundrucks; Das Neueste in dem Gebiet der Färberei und des Kattundrucks, 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] Noeling 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. Zobelfell), ganzwollner 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, Fassadenziegel, Firstziegel, Fliesen, Flurziegel, Formziegel, Gewölbesteine, Gratziegel, Hartbrandsteine, Hohlziegel, Kaminsteine, Kehlziegel, Keilziegel, Klinker, Mettlacher Platten, Pflasterklinker, Steine, feuerfeste, Steinprüfung, Ziegelfabrikation. — Ueber **Ziegeldach** f. ferner Dachdeckung, Hohlziegeldach, italienisches Dach, Pfannendach.

**Ziegelrot**, ein Gemenge von Rotkupfererz mit Brauneisenerz; ziegelrot bis rötliehbraun, erdig. Verwendung wie Rotkupfererz zur Kupferdarstellung.

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

**1. Das Rohmaterial und dessen Vorbehandlung.** Die reine Tonsubstanz ist ein kieselfaures Aluminiumoxyd mit 2 Molekülen Hydratwasser, die sich in der Natur nicht unvermischt findet; 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 entgegenstellt; 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 Zusammentrecknen (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 vor kommender oder für diesen Zweck durch Mahlen hergestellter Quarzland, Schamotte, Ziegelmehl, Graphit sowie Kohlenklein, Sägespäne u. dergl. Die letztergenannten Stoffe werden nicht nur als eigentliche Magerungsmittel, sondern zu dem Zweck zugesetzt, um porige, leichtere Waren zu erhalten. — Andre Stoffe, welche den Tonen noch zugesetzt werden (wenn sie nicht von Hause schon darin enthalten sind), sind Flußmittel, welche die hohe Feuerfestigkeit der reinen Ton-

substanz herabsetzen: Kieselfäure 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 Eifengehaltes nehmen die Tone beim Brand Farben an vom schwachen Gelb durch Rot bis zu einem dunkeln Braun. Etwas aufgehoben wird diese färbende Wirkung der Eisenverbindungen durch die Flüßmittel, namentlich durch kohlenfauern Kalk; solche Tone nehmen dann keine rote, sondern eine gelbe Brandfarbe an, die bei scharfem Brand in Gelblich-grün übergeht.

In vielen Tonen 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 schwefelfauern Salze, wie z. B. Gips. — Die schädlichen Bestandteile zu entfernen, notwendige fehlende Stoffe zuzufügen 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 einzufüßen. Hier sind die größeren Kiese auszulefen, ebenso wie größere Kalkstücke, Wurzeln u. f. w. Das Reinigen der Massen kann am besten durch Schlämme bewirkt werden. Zu diesem Zweck werden die Tone unter Beigabe von viel Wasser aufgeschlämmt und die Verunreinigungen durch Absieben zurückgehalten. Die Ton-schlämme wird dann nach Absitzbecken geleitet, in welchen sich der Ton-schlamm zu Boden setzt. Das obenstehende Wasser wird von Zeit zu Zeit abgelassen. Für Massenfabrikation von Ziegeln muß die weitere Anstrengung der Witterung überlassen werden; für feinere Waren wird der Ton-schlamm durch Filterpressen (f. d.) entwässert. Die Schlämmaparate, durch welche der Ton aufgelöst wird, bestehen aus größeren Behältern, in welchen mit eogenartigen Armen versetzte 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 plastischen Zustande vor, dabei sind diefelben 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 erste Art der Zerkleinerung eine längere Zeitspanne erfordert, um den gewünschten Erfolg zu erzielen, so werden vielfach auch Zerkleinerungsmaschinen benutzt, welche teils durch Zertrümmerung des Materials, teils durch Zerreißung, 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 Steinausförderungsmaßchinen (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 steinigen, festen, stückigen, ungewinternten Ton; Feinwalzwerke haben glatte, zylindrische oder konische Walzen eventuell mit Differentialgeschwindigkeit und jedenfalls mit einstellbarer Spaltweite. Abbildungen und Beschreibungen in den am Schlüsse des Artikels angegebenen Katalogen. An Stelle der Brechwalzwerke treten, besonders für Ziegelbruch und andre feste Materialien (Kalk, Kokes, Dinasandsteine u. f. w.), die sogenannten Tommühlen 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 Mischquirle vgl. [4], S. 33, Naßkollergänge [10], S. 20, Trommelnäßmühlen [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 Ziegeleipresse 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 Walzenspeifer ([6b], S. 52), Vorknetapparate ([9]), besonders aber die Ton-schneider ([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 Ziegeleipresse angeordnet werden und eine innige Mischung mehrerer Materialien bei einmaligem Durchgang ermöglichen. — Werden Ziegelsteine durch Trocken- oder Halbtrockenpressung hergestellt [5], so find für die Vorbereitung des Materials Teil- und Mischmaschinen, System Jochum [7], empfehlenswert.

**2. Das Formen der Ziegel.** Wenn durch die Vorbereitungsarbeiten eine möglichste 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 Ziegelgutes 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 Ziegeleipresse (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

das auf *D* gebrochene Material zur Sümpfe *F*; von dieser gelangt der Ton in den Tonföhrer *G*, sodann in das Feinwalzwerk *H* und endlich in die Ziegeleipresse *J*; *N* ist die Betriebsdampfmaschine mit Dampfkessel *O*. Eine moderne Anlage von Schlickeyen f. [14]. — Die wichtigste Maschine ist die Naßpresse bzw. Ziegeleipresse; Fig. 2 zeigt Längsschnitt und Querschnitt einer Strangpresse von Schlickeyen, Berlin, mit Erklärung der Einzelteile. An der Meißerwelle *M* im Innern des Preßzylinders befinden sich die schraubenförmig angeordneten Messer zum Zerschneiden und Vorschlieben des Ziegelgutes gegen den

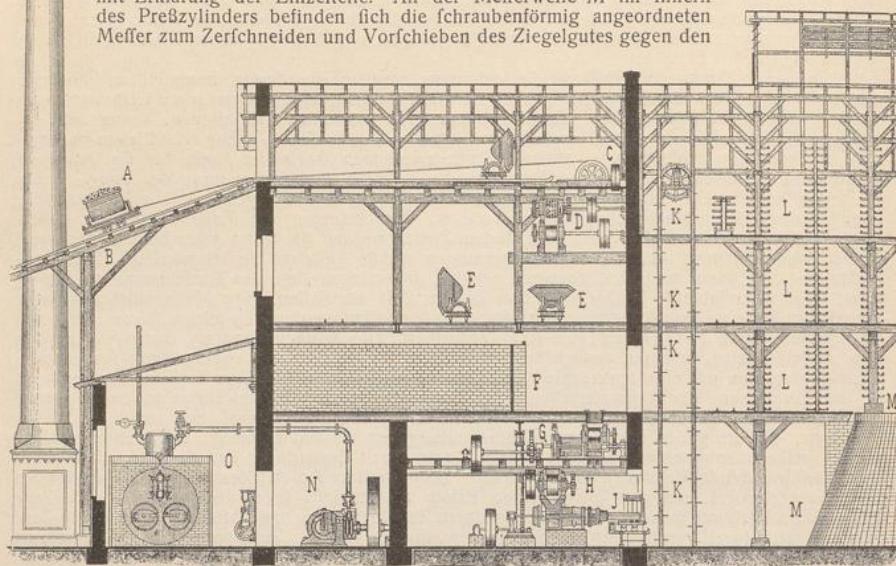


Fig. 1.

Preßkopf *F*, vor den die Preßformen für Voll- oder Hohlziegel geschraubt werden. Die Ziegeleipressen 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 Ziegeleipressen befinden sich die Abfördereinrichtungen, 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 gefaltete Falzziegel, Krampenziegel u. f. w., werden dagegen mit besonderen Pressen aus Tonstückchen — Blätter, Kuchen —, die von den Vorbereitungsmaschinen kommen, geformt. Die Kuchen müssen ein größeres Tonvolumen enthalten als der geprägte Ziegel; der Überfluss 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* geschoben und zurückgezogen werden muß, und Revolverfalzziegelpressen, ([6 c], S. 12,

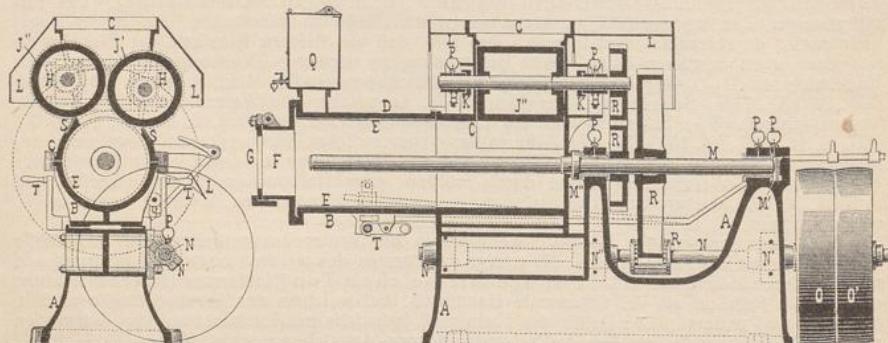


Fig. 2. *A* Maschinenuntergestellte. *B* Untere Zylinderhülse. *C* Trichter. *D* Zylinderdeckel. *E* Futterblech zum Auswechseln. *F* Preßkopf. *G* Platte zum Anschrauben der Preßform. *H* Walzenlager. *J*, *J'* Erste und zweite Walze. *K* Schuttringe der Walzenlager. *L* Schutzdecken der Räder und Lager. *M* Meißerwelle von Stahl. *M'* Spurlager der Meißerwelle. *M''* Reservegegenlaufrad der Meißerwelle. *N* Riemscheibenwelle. *N'*, *N''*, *N'''* Lager der Riemscheibenwelle. *O*, *O'* Riemscheibe. *P*, *P*' Selbstförderer. *Q* Wafferkästen zum Bewälfen der Schluppenform. *R*, *R'* Stirnräder. *S*, *S'* Walzenfächler. *T*, *T'* Austräcker.

[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 fogenannten Nachpreffern werden die zu preffenden Formsteine, Verblender, Klinker, Keilziegel, Plättchen u. f. w., durch-

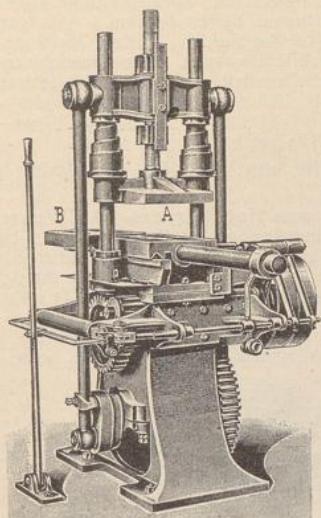


Fig. 3. Falzziegeletpresse von Th. Groke, Merseburg.

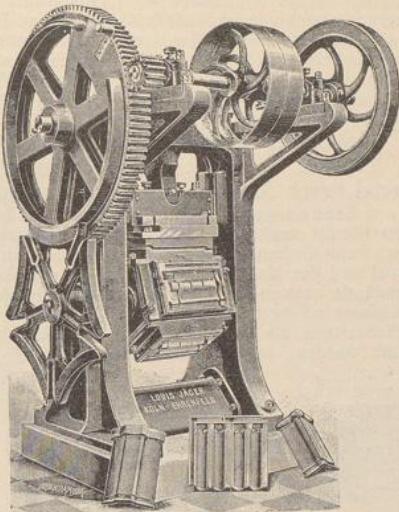


Fig. 4. Dampfpreffe (Revolverpreffe) mit fünf rotierenden Formen zur seiftäglichen Herstellung von Falz- und Firstziegeln von Louis Jäger, Köln-Ehrenfeld.

gearbeitet, homogenisiert und vorgeformt übergeben, um hier eine bestimmte Faßon zu erhalten. Preßformen, Preßstempel bzw. Einlageplatten müssen entweder geölt oder die zu preffenden 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 besondern Mundflücken [6], S. 14) hervorgehen, bestehen besondere Schniedapparate ([6 c], S. 46 ff., ebenso Falzziegeletputzapparate [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 gepräßt; vielfach werden auch gefärbte Massen (f. Farben, keramifche) verwendet. Ueber die Herstellung der Steine ist hoher Druck erforderlich (f. Mettlacher 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 Materials, zu dessen Vorbereitung Pulverisatoren (f. S. 993) u. f. w. verwendet werden. — Mittels Handstrichs formt ein Arbeiter ca. 200—300 Mauerziegel pro Stunde; eine Strangpreffe (Naßpreffe) formt dagegen bis zu 4000. Die erforderliche Betriebskraft hängt von der Beschaffenheit des Tones ab; ist derselbe rein und von Natur gleichmäßig befeuchtet, so findet für 20000 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 Trockenpreffe [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 Trockenforschuppen, welche möglichst über den Brennöfen angeordnet werden (vgl. Fig. 5).

**4. Das Brennen der lufttrockenen Ziegel** (f. Bd. 6, S. 746). Der fogenannte Feldbrand liefert unanfehnliche Steine bei vielem Abfall. Zur billigen Massenfabrikation dient zumeist der Ringofen. Für Verblendsteine, Dachziegel, Röhren, Schamotte u. f. w. werden fogenannte Kammerringöfen, Gasringöfen u. f. w. benutzt. Vgl. Backsteine, Engobe, Enkaufieren, Glauren, Glasurmühlen, Glasuröfen, Kunststeine, Steine, feuerfeste, Terrakotten, Tonwaren, Ziegel.

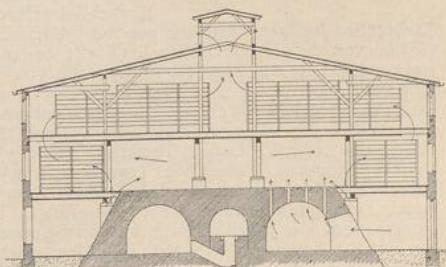


Fig. 5.

Literatur: [1] Zwick, H., Die Natur der Ziegeltonne 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] Dorff, G., Oberlind-Sonneberg. — [5] Dorftener Eisengießerei, Dorften, Westfalen. — [6] Groke, Th., Merseburg: a) Zerkleinerungsmaßchinen; b) Maßchinen zur Ziegelfabrikation; c) Dachziegelfabrikation mittels Maßchinen. — [7] Grufonwerk Magdeburg-Buckau; Spezialkataloge über Zerkleinerungsmaßchinen und selbsttätige Teile- und Mischmaßchinen, System Jochum. — [8] Jäger, L., Ehrenfeld-Köln. — [9] Pfeiffer, Gebr., Kaiserslautern. — [10] Polyfius, G., Deffau, Maßchine zur Hartzerkleinerung u. w. — [11] Rheinische Maßchinenfabrik Duisburg, Ziegeleimaßchinen. — [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 Zieglereitzg. 1893, Nr. 37.

Dümmler.

### 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 indefeff bei größerer Tiefe des Hohlkörpers beim Ziehen Falten am Rande der Blechscheibe auftreten und diese sich zwischen den Stempel und die Matrize einklemmen, so daß das Blech zerreißen würde, so ist es für tiefer 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 Auschneiden der zu ziehenden Blechscheiben ausgebildet werden; ferner können die Unterseite des Ziehstempels und die Matrize bzw. der

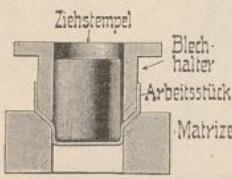


Fig. 1.

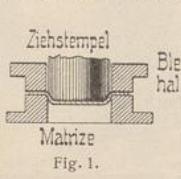


Fig. 2.

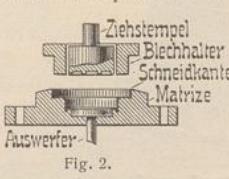


Fig. 3.

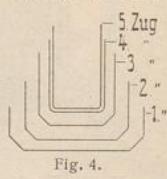


Fig. 4.

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 herzufüllen (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 Preßern. 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 Druckfläbe auf eine gegen die Feder sich legende Druckplatte. Der Ziehstempel ist in den das Schnittwerkzeug bildenden Führungsrings für den Blechhalterring eingefräst. 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 Blechhalterring nach abwärts gedrückt wird. — Die einfach wirkenden Preßern sind gewöhnlich entweder Kurbel- oder Exzenterpreßern (f. Preßern). Die doppelt wirkenden

Ziehpreßern 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 Preßern gebildet werden. Die verschiedenen Ziehpreßern unterscheiden sich weiterhin durch den Antrieb (Exzenter-, Kurbel- oder hydraulische Preßern), ferner durch die Form des Gestells, durch die Lage des Gestells (senkrecht, schräg oder wagerecht), ferner durch selbsttätige Zuführvorrichtungen (Walzen oder Revolver u. s. w.) voneinander; ferner dadurch, ob die Bewegung des Blechhalters durch unrunde Scheiben unter direkter Einwirkung auf feinen Schlitten oder durch Einführung eines Kniegelenks erfolgt. Die letztere Anordnung wird gewählt, um eine Rückwirkung des Blechhalterdrucks auf die unrunden Scheiben und eine Abnutzung dieser und der auf ihr laufenden Rolle zu vermeiden. Ueber die verschiedenen Ausführungen von Ziehpreßern f. [1]—[8]. Ueber den Vorgang beim Ziehen der Bleche und über das Kalibrieren der Werkzeuge f. [6], [8].

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 Zahntstange verbunden ist.

c) Ziehen von Stangen, Stäben, Wellen u. f. w. Der Zweck besteht teils darin, die Stange mit einer blanken Oberfläche zu verfehen, ohne sie durch Spanabnahme bearbeiten zu müssen oder Stäbe von folchem Profil herzufstellen, 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 endlofen Gallischen Kette (vgl. Bd. 3, S. 24, Fig. 14) oder hydraulisch.

d) Ziehen von Röhren, Geschoffen, 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 röhfförmigen 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 Dornstange gesteckt und durch Druck auf das freie Ende der Dornstange durch den Ziehring hindurchgedrückt; vgl. z. B. Rohrherstellung. Die hierfür verwendeten Maschinen sind für kleinere Höhe Kurbelpressen, für größere Höhe dagegen Schraubenspindelpressen (stehender oder liegender Anordnung) oder hydraulische Pressen. 2. Ziehen über den Dorn: Das Rohr wird zwischen einen Ziehring und einen an einer Dornstange befestigten feststehenden Dorn hindurchgezogen. Das Ziehen erfolgt entweder auf Schleppzangenziehbänken oder auf Schraubenspindelziehbänken. — Ueber Ziehen von Röhren bei der Herstellung geschweißter Röhren s. Rohrherstellung.

e) Ziehen von Draht f. Drahtfabrikation.

Literatur: [1] Smith-Kannegießer, Das Prellen, 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. Masch.-Mechanik, Bd. 3, 3. Abt., 2. Hälfte, 2. Aufl., Braunschweig 1901. — [5] Cordon, C., Procédés de forgeage dans l'industrie, Paris 1897. — [6] Dinglers Polyt. Journ. (Musiol), Das Ziehen auf Ziehpaffen in Theorie und Praxis, Bd. 315, S. 428, 442. — [7] Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1902, S. 1508 (Ziehpaffen). — [8] „Stahl und Eisen“ 1907, S. 477 (Musiol, Die Kalibrierung der Ziehpaffenwerkzeuge); ebend. 1906, S. 329 (Fortschritte im Ziehpaffenbau).

**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 sogenannte Springbrunnen durch Mächtigkeit der Wassermengen und Strahlhöhen große Wirkungen erzielen.

Wir erwähnen außer den verschiedenen monumentalen Brunnen in den Städten die Springbrunnen in Kassel, Herrenhausen, 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 befondere 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  $h = 2 \cdot d$  kreiszylindrisch 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 Strahlmundstück 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 verpumpt.



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

nämlich  $\varphi = 0,00025 : (d + 1000 \cdot d^3)$ . 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 (Kaloßpinthechromokrene) entsendet werden [7]. Für kleinere Springbrunnen sind zahlreiche Modelle aus Metall im Handel (Brunnenschalen, Mundstücke, Brunnenfiguren u. f. w.); wir verweisen als Bezugsquellen auf Schäfer & Walcker, Berlin, Deutsche Wafferverwerksgesellschaft, Höchst a. M., und andre Fabriken bezw. 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, Gewerbeblatt 1870, Heft 7. — [4] Handbuch der Architektur, Teil 4, Halbbd. 8, Abt. 8, Abchn. 2, Kap. 3. — [5] Lueger, O., Die Wafferverfassung der Städte, Abt. 2, S. 273 ff., Leipzig 1908. — [6] Fontänenmundstücke, Journal f. Gasbeleuchtung u. Wafferverfassung, 1882, S. 148. — [7] Morton, Illuminated fountains, Frankl. Journ., 3. S., Bd. 59, 1870, S. 358.

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

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

A. Widmaier.

**Ziervogelprozeß**, f. Silber, S. 119.

**Zifferblatt**. Für Turmuhrnen 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: Lehrbogen, Pfahl- und Schwellrösste, Verfetzgerüste, Balkenlagen und Fachwerkwände, Dachstühle, Türzargen, Brettschalungen, Blindböden, Holztreppen u. f. w. Diese Arbeiten werden erstellt auf dem Zimmer- oder Werkplatz, einem weiten, ebenen Hofraum, der zum Abbinden oder Zulegen der Balkenlagen sowie des Werksatzes für die Dachstühle dient. Nötig ist außerdem ein Werkshuppen für kleinere Arbeiten und ein Stapelplatz für Vorräte u. f. w.

Weinbrenner.

**Zimmergeräte**, 1. sämtliche Werkzeuge des Zimmermanns, als: a) Bund-, Schrot- und Trummäge für zwei Mann und einhändige Handfälle; 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 Schlitzhobel (f. Hobeln, Bd. 5, S. 67 ff.); e) Stemmeisen oder Stechbeutel, Hohleisen und Gehreifen (f. Stemm- und Stechzeug, S. 306); f) Schnitzer oder Schnitzeisen; g) Zirkel und Winkeleisen; h) Schnur und Lot mit Hafspel zum Abschnüren (f. Schnurfschlag, Bd. 7, S. 770); i) Kantring (f. Bd. 5, S. 371); k) Hebegefschirr oder Hebeschrauben zum Heben großer Lasten, z. B. ganzer Gebälke, oder auch zum Fortbewegen und Versetzen ganzer Häuser [1], [4]. — 2. Das zur Ausstattung eines Zimmers dienende Gerät, als Möbel, Vorhänge, Ofen, Wandfichmuck u. f. w.

Literatur: [1] Baukunde des Architekten, 1. Teil, Berlin 1893, Bd. 1, S. 106. — [2] Deutsche Bauzg., Berlin 1881. — [3] Baugewerkzg., Berlin 1884. — [4] Artingstall, 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 fogenannten 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 weißen Schicht von wafferhaltigem, basischem Zinkkarbonat, welches das darunter liegende Metall vor weiterer Oxydation schützt. Zink zerstetzt Waffer in der Rotglut und löst sich leicht in Salz- und Schwefelsäure sowie in Alkalien, unter Freiwerden von Wafferstoff. Es fällt die meist schweren Metalle aus ihren Salzlösungen. Das Zink ist als solches erst seit Anfang des 18. Jahrhunderts (in China seit dem 16. Jahrhundert) bekannt, während feine Legie-

zung mit dem Kupfer, das Messing, schon von den Alten benutzt wurde. — Die wichtigsten Zinkerze sind: Zinkpat, edler Galmei  $ZnCO_3$  (faft völlig abgebaut), Zinkblende  $ZnS$ , Kiefzinkerz, Kieselfgalmei  $Zn_2SiO_4 + H_2O$ , 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, Arfen, Antimon u. f. w. Von den Erzen wird der Galmei in Schach- oder Flammöfen zu Oxyd gebrannt (calciniert), die Blende aber sowohl in Flamm- als in Gefäßöfen geröstet, z. B. in den Liebig-Eichhornischen Öfen (f. Bd. 7, S. 846 und [1]). Bei den erstenen Öfen enthalten die Röstgale nur bis zu 2 Vol.-Proz. schwefliger Säure und müssen entweder mittels fehr hoher Eßen oder durch Abforption für die Umgebung der Fabriken unschädlich gemacht werden. Die Gefäßöfen dagegen liefern 5—8% schweflige Säure enthaltende Gase, so daß hier die schweflige Säure zur Darstellung von Schwefelfäure oder zu andern Zwecken benutzt werden kann. Beim Rösten bildet sich neben dem Oxyd auch Zinkulfat, das erst bei höherer Temperatur zersetzt 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 schleifischen Prozeß oder nach einer Kombination beider Systeme (in Westfalen) vorgenommen. Bei dem schleifischen Prozeß dienen als Reduktionsgefäße feuerfeste tönerne 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 Blechtüten zur Aufnahme der Vorlage versehen. Die Muffeln (10—16 Stück) stehen zu beiden Seiten des Rofes, 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 Siemensche Regenerativfeuerung. Der schleifische 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—3,1 m Länge und 3 cm Wandstärke statt, welche durch Rost- oder Gasfeuerung geheizt werden; Vorlage und Allonge sind ähnlich wie beim schleifischen 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 Verdunstung 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 Zinklöschungen unter Benutzung von Erzen oder von Rohzink als Anoden als auch Zinklösungen oder gefchmolzene Zinkalze unter Benutzung unlöslicher Anoden auf electrolytischem 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 Umfchlmen 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 Verzincken von Eifen („Galvanisieren“), zum Entzillbern des Bleis, zur Darstellung vieler Legierungen (f. Zinklegierungen) und der Zinkpräparate. Zinkflaub wird gegebenenfalls auf Kadmium verarbeitet, dient ferner zu grauer Anstrichfarbe und wird in Laboratorien und Fabriken als Reduktionsmittel benutzt. Zinkalze 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, Elektro-metallurgie, 2. Aufl., S. 266, Braunschweig 1896.

**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 un durchsichtig. 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 Passeir, 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 (Schwefelantimonsilber), beide, weil selten, technisch unwichtig. **Leptita.**

**Zinkchlorid** (Chlorzink, Zinkbutter)  $ZnCl_2$ , eine weiche, weißgräue, stark hygrokopische, 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 Zinksulfat mit Kochsalz gewonnen.

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

zentrierte Lösung verkohlt Papier, Holz und andre organische Stoffe ähnlich wie Schwefelsäure. Eine Doppelverbindung mit Salmiak  $ZnCl_2 + 2NH_4Cl$  dient als Lötfalz. — Zinkoxychlorid, durch Mischen von Chlorzinklösung mit Zinkoxyd (1 : 1) erhalten, gibt eine plastische, bald erhärtende Masse (Sorels Zahnpulpa). Eine Lösung von Zinkoxyd in überschüssiger starker Chlorzinklösung soll Seide auflösen. Zinkchlorid ist giftig. *Moye.*

**Zinkchromat**  $ZnCrO_4$  bildet sich als gelber Niederschlag, wenn man Lösungen von Kaliumbichromat und Zinkulfat zusammenfügt, und findet in der Kattundruckerei als Ultramarin gelb (sonst Name für Baryumchromat) Verwendung. Aehnlich das mit Kaliumchromat erhaltene basische Salz  $Zn_3(OH)_6CrO_4$ .

**Zinkdach** ist das am meisten zur Anwendung gebrachte Blechdach (s. d., Bd. 2, S. 47) und wird in sehr mannigfacher Deckungsweise ausgeführt.

a) Deckung mit stehenden Falzen oder Wulst, nur für kleine Flächen und starke Neigungen geeignet. Die Seitenröße sind als Falze oder Wulste gebildet, die durch Heftbleche (s. d., Bd. 5, S. 4) niedergehalten werden. Die Ueberdeckung der oberen Bahn geschieht durch Lötung. b) Die Deckung mit übergeschobenem Wulst dient ebenfalls für kleine Flächen.

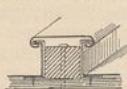


Fig. 1.

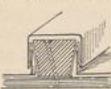


Fig. 2.

Jede Tafel wird seitlich abgebogen, gefälzt und durch gemeinsame Haften auf der Unterlage befestigt. Ueber den Stoß wird ein rundlicher Wulst oder eine dreikantige Deckkappe, die von der Traufe bis zur First läuft, übergeschoben. c) Das belgische oder rheinische Leistenystem ist das gebräuchlichste und vollkommenste. Dabei ist alle Lötung ausgeschlossen, und alle Verbindungen werden durch Faltung, die Befestigungen durch Heftbleche bewirkt. Auf die Schalung werden Holzleisten (Fig. 1 und 2) von quadratischem oder trapezförmigem Querschnitt aufgeschraubt, zwischen die Leisten die umgefältzten Stöße der Blechtafeln eingepaßt und darüber Deckkappen geschoben, die von der Traufe bis zur First reichen. — Für flache Dächer, die begehbar sein sollen, sind diese in Abständen von 60 cm überstehenden Leisten störend und unbequem. Oft werden dann Lattenböden übergelegt, die jedoch von kurzer Dauer sind. Besser dient in solchem Falle d) das Rinnenystem, mit tiefegelegten Rinnen, die als Kanäle das Tagwasser ableiten. Hierbei reicht die Unterlage nur von Sparren zu Sparren (Fig. 3 und 4). Zur Abhaltung von Laub u. f. w. werden

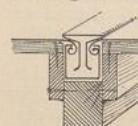


Fig. 4.

die oben offenen Rinnen durch eine eingeschobene Deckschiene verschlossen. e) Das Rauteystem wird lichuppenförmig eingedeckt mit 30 bis 70 cm großen quadratischen Tafeln in Stärken von Nr. 10—13. Es kann nur für steile Dächer verwendet werden (vgl. Fig. 5). Verwandte Formen sind fechseckige Tafeln und Schuppenziegel. f) Das Blechfazzygeldach (System Klehe, D.R.P. Nr. 14835) [4]. Die einzelnen Tafeln sind nach Art der Falzziegel (s. d., Bd. 3, S. 598) aus Blech geflanzt; sie werden auf der ca. 32 cm weiten Lattung aufgelegt und mittels angelöteter Haften festgenagelt; für kleinere Zelt- und Kegeldächer brauchbar.

Literatur: [1] Baukunde des Architekten, 1. Teil, Berlin 1893, Bd. 1, S. 500 ff. — [2] Handbuch der Architektur, 3. Teil, Bd. 2, Heft 5, S. 182, Darmstadt 1894. — [3] Musterbuch der anonym. Gesellschaft Vieille-Montagne (Altenberg), Lüttich 1883. — [4] Musterbuch von Hermann Klehe in Baden-Baden. *Weinbrenner.*

**Zinkgelb**, aus Doppelfalzen von basisch chromfauerm Zinkoxyd mit andern chromfauern Salzen, meistens aber aus chromfauerm Zinkoxyd bestehende, lebhafte gelbe Körperfarbe.

Es wird dargestellt durch Kochen von Zinkweiß mit einem Ueberschuß von Natronlauge durch längere Zeit, wobei ein Teil sich löst, Zufügen von doppeltchromfauerm Kali, so daß ein Ueberschuß an diesem vorhanden ist. Man erhält die Farbe auch, wenn man eine Mischung von 1 Äquivalent Zinkweiß = 40,2 Gewichtsteilen mit 1 Äquivalent Natron = 31,2 Gewichtsteilen kocht, nach dem Kochen mit 1 Äquivalent Zinkvitriol = 143,2 Gewichtsteilen verfetzt, wodurch das angewendete Aetznatron neutralisiert wird, und nun doppeltchromfaures Kali hinzufügt. — Gelbes Ultramarin, Permanentgelb, ist im wesentlichen ein Gemenge von basisch chromfauerm Zinkoxyd mit chromfauerm Kalk. Diese Sorte stellt man her, indem man Zinkweiß mit Salzsäure kocht, bis es sich fast vollständig aufgelöst hat, der Lösung Chlorcalcium zufügt und mit neutralem chromfauerm Kali ausfällt. Eine überaus schöne, alle andern Zinkgelbe übertreffende gelbe Farbe erhält man dadurch, daß man Zinkweiß mit wenig konzentrierter Natronlauge verfetzt, verröhrt, dann 12—15% Pikrinäure mit ziemlich viel Wafer und hierauf einen Ueberschuß von Alaun, um freies Natron zu neutralisieren, hinzufügt. Mit Blei gemischt, liefert diese Farbe sehr schönes Grün und hat als Wasserfarbe große Deckkraft. *Andes.*

**Zinkhochätzung**, im allgemeinen die Erzeugung von Buchdruckklischees durch Aetzen von Zinkplatten, einerlei, welches Verfahren hierbei zur Aufbringung des Bildes auf die Metalltafel diente. Im besonderen jedoch, und zwar als Zinkotypie oder Chemigraphie, die Herstellung von Zinkklischees ohne Zuhilfenahme der Photographie. Vgl. dagegen Autotypie und Phototypie.

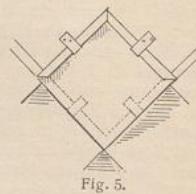


Fig. 5.

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 Tufche (f. Lithographie) unmittelbar auf die Zinkplatte gezeichnet. Zumeist zieht man es vor, die Zeichnung auf befonders dazu vorgereichtem Papier (f. Umdruckpapier) mit lithographischer Tufche und Feder oder mit fetter Kreide herzustellen und dann auf die Platte zu übertragen, indem das Zeichnungsblatt schwach gefeuert 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 Übertragung haftende Isolierschicht abgewaschen. Der Umdruck wird sodann „ätzfest“ gemacht. Dies geschieht, indem zunächst die ganze Platte gummiiert, hierauf „angerieben“ (man überfährt die Fläche mit einem Gemenge von Gummi, versetzt mit wenig Phosphorfäure, und fetter Schwärze; hierbei lagert sich nur an den Bildstellen die Fettenschärze an) und mit Harzpulver (Asphalt-, Drachenblutstaub u. s. w.) bestäubt und erhitzt wird (das Harzpulver verfchlmitzt dadurch mit der fetten „Farbe“ zu einer festen Kruste). Sehr häufig werden auch Steinradierungen oder -gravuren (f. Lithographie) umgedruckt, während direkte Übertragungen von Buchdruckformen mangelhafte Klischees ergeben. Das Asetzen von Zinkklischees erfolgt am besten in Salpetersäurebädern verschiedener Konzentration. Wegen der sich entwickelnden schädlichen Gase müssen bei der Chemigraphie Aetzerde, 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 Asetzen von Autotypieplatten (f. Autotypie) der Fall ist, denn die Zwischenräume zwischen den einzelnen Druckelementen sind viel breiter und tiefer. Zuerst wird die Anäzung, die nur eine geringe Freitstellung des Druckbildes bewirkt, vorgenommen. Sodann muß, um ein seitliches Unterriesen der Druckkörper hinzuhalten, das Bild mit Schwärze eingewalzt, mit Harzpulver überstäubt und die Platte erhitzt werden, bis das schmelzende Gemenge über die Kanten der Druckkörper hinunterläuft und die seitlichen Flächen schützt. Dies geschieht auch bei den mehreren Etappen der Tiefätzung. Dann erfolgt die Rundätzung zur Entfernung der Aetzstufen, deren Oberfläche durch die Reinätzung endlich weggenommen wird. Durch Abdecken mit Asphaltlösung werden genügend tiefgeätzte Stellen vor weiterer Aetzung bewahrt. Große leere Metallstellen werden nicht herausgeätz, sondern mittels sogenannter Rautemaschinen herausgefräst; für kleinere Betriebe eignet sich sehr gut der Tschörnerische 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.

**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 Zimalium. Ferner ist Zink ein Bestandteil der Kupfermünzen, vieler Bronzen und Lagermetalle. Von der Zinksilberlegierung macht man Gebrauch zur Abscheidung des Silbers aus Blei (f. S. 116). Die Legierung mit Eisen zeichnet sich durch ihre Härte (Hartzirk) 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 Elektrisiermaschine enthält Zink (2 Quecksilber, 1 Zinn, 1 Zink). S. a. die Tabelle bei **Zinnlegierungen**.

**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 Waffer 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. Stein druck ma schinen) vorgenommen. Um Korrekturen vornehmen zu können, behandelt man die Stellen mit Zitronensäure (vgl. Entfärern 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 Stein druck ma schinen) 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 Tufche, oder gekörnte Platten mit fetter Kreide bezeichnet oder durch Umdruck mit dem Bilde versehen, gummiert, zur Kräftigung mit einer Asphaltinktur ausgewaschen, dann eingewalzt und schließlich, nach Entfernen des Gummiarabikums und Einstauben mit Kolophoniumpulver, mit einer (für das Strecker'sche Verfahren wesentlichen, aus Gummi, Waffer und Salzen bestehenden) Aetz-

flüssigkeit behandelt. Die „Aetze“ bewirkt die Bildung einer als weiße Schicht erkennbaren Zinkverbindung, die außerordentlich fest haftet und großes Aufsaugungsvermögen dem Wasser gegenüber besitzt. Daß selbst bei sehr hohen Auflagen ein Schmutzen (Tonen) des „Planiums“ (d. f. 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. w., 2. Aufl., Halle a. S. 1910; Blecher, H., Die Verwendung des Zinks für den lithographischen Druck nach dem Verfahren von Strecke, 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. w. benutzt.

Moye.

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

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

Kristallisiert hexagonal rhomboedrisch; auch derb, fabrig bis dicht. Farblos, grün, grau oder braun (eisenreich), stark glänzend, 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.

Leppla.

**Zinkulfat**, f. Zinkvitriol.

**Zinkulfid**, 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  $2\frac{1}{2}$ ; spez. Gew. 2,0—2,1. Leicht löslich, widerlich schmeckend; schmilzt sehr leicht. Vielfach aus Zinkblende sich bildend. Wie künstliches Zinkvitriol als Arzneimittel, zur Konserverierung, zu Lackfarben, Firnißen, in der Zeugfärberei verwendet.

Leppla.

**Zinkvitriol**, Zinkulfat, 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 erfordern.

Die Deckkraft des Zinkweiß ist dem Gewichte nach mindestens ebenso groß als jene des Bleiweiß. Als Wafferfarbe 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 Zutsätze anderer Körper enthalten, sind nach [2] und [3] bis jetzt nicht angetroffen worden, wohl aber werden im Handel vielfach mit Schwerpat vermischte Zinkweißsorten vertrieben. Reines Zinkweiß muß sich in Salzsäure und verdünnter Schwefelsäure vollständig lösen, also den schwefelfauren Baryt (Schwerpat) zurücklassen.

Literatur: [1] Berich, Fabrikation der Mineral- und Lackfarben, 2. Aufl., Wien 1894. — [2] Gentele, Lehrbuch der Farbenfabrikation, 2. Aufl., Braunschweig 1880. — [3] Mierczinski, Die Erd-, Mineral- und Lackfarben, 4. Aufl., Weimar. — [4] Zerr und Rübencamp, 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 eigenartiges Geräusch (Zinngeschrei) sowie beim Anätzen, z. B. von Weißblech, durch eisblumenartige Bildungen (moiré métallique) kundgibt. Zinn läßt

sich zu sehr dünnen Blättern (Zinnoptik, Stanniol) auswalzen, ist auch duktil, aber wenig fest. Spez. Gew. 7,29—7,31. Schmelzpunkt 230°.

Geschmolzenes Zinn bedeckt sich an der Luft mit einer grauen, aus Zinnoxyd und Zinn bestehenden Haut; durch fortgesetztes Schmelzen verwandelt es sich in gelblichweißes Zinnoxyd (Zinnaufschmelze); fiedet bei Weißglut, und die Dämpfe verbrennen an der Luft mit weißer Flamme zu Zinnoxyd. Das Metall hält sich bei gewöhnlicher Temperatur an der Luft ziemlich unverändert und büßt nur mit der Zeit seinen Glanz ein; es zersetzt Wasser in der Rotglut, wird von Salzfäure, Königswasser, heißer konzentrierter Schwefelfläure und von stark verdünnter Salpeterfärre gelöst; gewöhnliche Salpeterfärre verwandelt es in weiße Metazinnsäure; mit Kali- und Natronlauge bildet es unter Wasserstoffentwicklung zinnsaure Salze. Vereinzelt werden bei starker Winterkälte Zinngegenstände, z. B. Orgelpfeifen, warzig und beginnen zu zerfallen, indem sich das Zinn in graues (weniger metallisches) Zinn vom spez. Gew. 5,8 umwandelt. Dies schreitet auch über 0°, aber nur unterhalb 20° C. fort und wirkt auf andre Zinngegenstände bei Berührung ansteckend („Zinnpfeif“). — Für die Gewinnung des Zinns kommt nur der Zinnstein  $SnO_2$  in Betracht, der entweder als Bergzinnerz in Gängen und Stöcken im Gebirgsstein oder als Seifenzinn (Zinnstein an sekundären Lagerstätten) auftritt. Wegen des hohen spezifischen Gewichts des Zinnsteins genügt bei dem reineren Seifenzinn meistens die mechanische Aufbereitung, während bei Bergzinnerz die Verunreinigungen zweckmäßig durch Handcheidung entfernt werden und häufig noch oxydierende Röfung und Auslaugen (fremde Oxyde entfernen) mittels Säuren vorgenommen werden müssen. Man gewinnt das Metall in Deutschland in Schachtofen von etwa 3 m Höhe, deren lichte Weite oben etwa 1 m, unten im Schmelzraum 60—70 cm beträgt. Das Erz wird mit Holzkohle und mit Schlacken von früheren Reduktionen im Ofen geschichtet und mit Hilfe von Gebläsewind reduziert. Das reduzierte Metall fließt in einen Vorherd, von dem aus die Schlacke abgezogen und das Zinn in einen Stechherd abgelassen wird, den es als Roh- oder Werkzinn verlässt. Die noch zinnhaltigen Schlacken werden wiederholt im Schachtofen umgeschmolzen (Schlackentreiben) und liefern das unreinere Schlackenzinn. Bei dem Schlackentreiben wie auch bei dem Erzschnelzen entsteht noch eine Art Ofensauen, die sogenannten Härtlinge, Zinneisenlegierungen, welche neben den bei dem Gießen des Zinns auftretenden Zinnkrätzten, in der Hauptsache Zinnoxyd, dem Erz- oder Schlackenschmelzen wieder zugeführt werden. — Die Raffination des Rohzinns erfolgt in Deutschland durch Saigern; das flüssige Zinn wird auf den schwachgefeigten, mit glühenden Kohlen bedeckten Paufchherd aufgegossen, das reine Metall fließt ab und wird in Formen zu Block-, Platten- oder Rollenzinn gegossen, während unreineres in Gestalt der Saigerdörner zurückbleibt. — In England werden die pulverförmigen Erze in Flammöfen von etwa  $3\frac{1}{3}$  m Länge und  $2\frac{1}{3}$  m Breite reduziert, und das Rohzinn wird durch Polen mittels grüner Holzflammen gereinigt, indem die dadurch bedingte lebhafte Gasentwicklung die Schmelze zum Sprudeln und in alleitige Berührung mit der Luft bringt. Die verunreinigenden Metalle werden nebst einem Teil des Zinns oxydiert und sammeln sich als Krätzten oder Poldreck auf der Oberfläche an. Bei dem ebenfalls in England gebräuchlichen Tostingprozeß oxydiert man die fremden Metalle, indem man das mittels Kellen fortwährend ausgehöpfte Zinn wieder in dünnem Strahl in den Kessel zurückfallen lässt. — Das reinst Zinn, das englische Kronzinn, wird durch Einzichmelzen sehr reinen Zinns und Granulieren desselben gewonnen. — Näheres über die vorerwähnten Prozesse s. [1]—[3].

Elektrometallurgische Gewinnung des Zinns aus den Erzen ist nach Borchers ausgeführt; dagegen verarbeitet man Weißblechabfälle auf elektrolytischem Wege mit Erfolg. Näheres s. [4].

Das Zinn findet Verwendung zu Legierungen (s. Zinnlegierungen), als Amalgam zum Belegen der Spiegel; ferner zum Verzinnen des Kupfers und des Eisens (Weißblech) sowie zur Darstellung der Zinnpräparate.

Literatur: [1] Schnabel, Handbuch der Metallhüttenkunde, Bd. 2, S. 390, Berlin 1896. — [2] Hildebrandt, Lehrbuch der Metallhüttenkunde, S. 440, Hannover 1906. — [3] Fischer, Handbuch der chem. Technologie, 14. Aufl., S. 307, Leipzig 1893. — [4] Borchers, Elektrometallurgie, (Rathgen) Moye, 2. Aufl., S. 301, Braunschweig 1896.

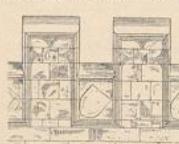
**Zinncchloride** (Zinncchlorür, Zweifach-Chlorzinn, Stannochlorid)  $SnCl_2$ , durch Erhitzen von Zinn in Salzfäuregas als weiße Masse gewonnen, gibt mit 2 Mol. Kristallwasser das sogenannte Zinnsalz  $SnCl_2 + 2H_2O$ , welches durch Auflösen von Zinn in Salzfäure dargestellt wird und sich in großen, monoklinen, durchsichtigen, in Wasser leicht löslichen Kristallen aus der Lösung ausscheidet.

Die wässrige Lösung trübt sich an der Luft unter Abscheidung basischer Salze. Die Lösung dient unter den Namen: Salpeterfaures Zinn, Physik, Komposition, Rosiersalz, Zinnsolution in der Färberei und Druckerei als Reduktions- und Beizmittel. — **Zinncchlorid**, Vierfach-Chlorzinn, Stannichlorid  $SnCl_4$ , durch Ueberleiten von trockenem Chlor über geschmolzenes Zinn gewonnen, ist eine farblose, an der Luft rauchende Flüssigkeit (Spiritus fumans Libavii). Dient zur Seidenbeschwerung. Ein Doppelsalz mit Salmiak  $SnCl_4 + 2NH_4Cl$  (Ammonium-Zinncchlorid), Pinkfatz genannt, wird in der Kattundruckerei als Beize benutzt. Moye.

**Zinne** (Mauerzacke, Schartenpfeiler), besteht aus verschiedenen geformten, abwechselnd höher geführten und dann wieder tiefer angelegten Mauerkörpern, die den obersten Abschluß einer Mauer bilden.

Diese Mauerkörper dienen als Bekrönung und hatten früher auch einen strategischen Zweck, indem sie bei Belagerungen den verteidigenden Krieger einsteils schützen, anderenteils

durch die Zwischenräume den Angriff auf die Feinde erleichterten. Die Zinne ist eine urale Form, die bereits bei den Aegyptern, Affyrern, den Arabern, Mauren u. f. w. gebräuchlich war, außerdem aber auch bei den Burgen des Mittelalters häufig Verwendung fand und auch in neuerer Zeit noch zuweilen angewendet wird (f. die Figur). Ihrer Form nach gibt es stufenförmige Zinnen, die namentlich im Assyrien vorkommen, Rundzinnen, die nach oben halbkreisförmig abgeschlossen erscheinen, mittelalterliche Burgzinnen (f. Burg, Bd. 2, S. 405, Fig. 1), die meist mit Kaffgesimsen versehen sind, zierlich gestaltete Frührenaissancezinnen (z. B. auf der Prokuration zu Venedig) u. f. w. Wird die allgemeine Umrißlinie der Zinne als fortlaufende Dekoration auf Mauerflächen verwendet, so entfehlt der Zinnenfries, der namentlich bei mittelalterlichen Bauten häufig verwendet wurde. Auch an Treppengiebeln (f. Bd. 4, S. 525) findet sich diese Bekrönungsform.



Weinbrenner.

**Zinnerz**, f. v. w. Zinnstein (f. d.).

**Zinfolie**, f. Blech, Folien, Stanniol.

**Zinnlegierungen**. Die wichtigsten sind die Legierungen mit Kupfer (Bronze), mit Blei für Geschirre (ein Zusatz von Blei bewirkt besseres Ausfüllen der Formen und größere Härte des Zinns; in Deutschland sind jetzt höchstens 10% Blei für Eßgeschirr gestattet) und als Schnellot; mit Blei und Antimon (Weißmetall); mit Antimon und Kupfer, oft zugleich mit Zink (Britanniametall); mit Zink (Schlagsilber); mit Zink und Kupfer (Silberfrosch, d. i. unechtes Blattgold). Auch weiße Bronze, Dewrancs Metall, Drittelmetall, Kompositionsmetall und Spiauter sind Zinnlegierungen.

Folgende Tabelle zeigt Namen und Zusammensetzung einer Reihe von Zinnlegierungen.

	Zinn	Kupfer	Blei	Eisen	Zink	Arten	Antimon	Silber
Antike Bronzen	3,2	96	0,8	—	—	—	—	—
" "	5,5	94,2	—	0,3	—	—	—	—
" "	11,6	87,9	—	0,3	—	—	—	—
Gefühtzbronze	8–10	90–92	—	—	0–1	—	—	—
Glockenmetall	20	80	—	—	—	—	—	—
Spiegelmetall	26	71	—	—	1,8	—	—	1,2
Spiegelmetall	31,7	68,21	—	—	—	—	—	—
Lagermetall	30	65,30	—	—	0,70	2	2	—
Statuenmetall	16	84	—	—	—	—	—	—
Statuenmetall	15,5	83	—	—	—	—	1,5	—
Statuenmetall	9,20	88,66	0,77	—	1,28	—	—	—
Statuenmetall	2,37	71,74	0,91	—	25,28	—	—	—
Britanniametall	90,62	1,46	—	—	—	—	7,81	—
Weißmetall	81,90	1,84	—	—	—	—	16,25	—
Weißmetall	76,04	8,54	2,76	0,12	24,3	—	12,70	—
Letternmetall	30,95	1,68	49,98	0,05	—	—	17,38	—
Letternmetall	9,1	1,7	69,2	—	—	—	19,5	—
Schnellot	20,2	—	61,3	—	—	—	18,8	—
Babbits Metall	50	—	50	—	—	—	—	—
Königinmetall	66,6	—	33,3	—	—	—	—	—
Wismut	25	0,5	—	—	—	—	2	—
Fahlener Diamanten, Sargbeschläge, Spielsachen	9	—	1	—	—	—	1	—
60	—	40	—	—	—	—	—	—

(Rathgen) Moye.

**Zinnober** (Bergzinnober, Karminzinnober, chinesischer Zinnober, Chinesischrot, Stückzinnober, Vermillon, Scharlachrot), sehr geschätzte rote Malerfarbe, die sich auch in der Natur als sogenannter Bergzinnober findet; die Hauptmenge des Zinnobers wird aber künstlich hergestellt.

Zinnober, Quecksilberulfid (f. d.), besteht aus je 1 Äquivalent Quecksilber und Schwefel, enthält mithin in 100 Teilen 86,3 Quecksilber und 13,7 Schwefel; er ist gegen äußere Einflüsse ziemlich beständig. An starkem Lichte jedoch wird er nach und nach dunkler, indem er zum Teil wieder in die schwarze Modifikation des Schwefelquecksilbers übergehen scheint. Nach Jahren ist diese Rückbildung so weit vorgeschritten, daß er braun und zuletzt ganz schwarz wird. Bei der Fabrikation selbst werden verschiedene Nuancen von gelbrot bis violettröt und bräunlichrot erhalten; die violettrote Farbe, frei von Stich ins Bräunliche, ist die geschätzteste Sorte und heißt Karminzinnober. Zinnober wird vielfach verfälscht, auch mit Teerfarbstoffen nuanciert; auch werden dem mit Schwerpat versetzten Zinnober Teerfarbstoffe hinzugefügt, um die Intensität zu erhöhen. Da reiner Zinnober in der Hitze vollständig flüchtig ist, können andre Zufüsse leicht ermittelt werden, wenn man eine kleine Menge des zu prüfenden Zinnobers über der Weingeißelampe in einem Porzellantiegel erhitzt. Bleibt ein weißer Rückstand, so röhrt dieser von Schwerpat her. Schwarze Rückstände zeigen Bleifarben an, rote Rückstände Eisenoxydfarben. Teerfarbstoffe können durch Behandeln mit Wasser und Alkohol nachgewiesen

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 nafsem 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 Aetzkaliolösung hinzu, bis sich keine Quecksilberkügelchen mehr zeigen. Das entstandene schwarze Schwefelquecksilber wird mit 160 Teilen Aetzkali gelöst, unter Zufügung des verdunstenden Wassers. Nach einigen Stunden tritt Farbenänderung ins Braune ein, dann viel rascher in Rot, und man digeriert nun ohne Wasserzufügung unter stetigem Umrühren, bis die Masse gallertartig geworden ist und das höchste Feuer erreicht hat.

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

**Zinnobergrün** (Chromgrün), f. Chromfarben.

**Zinnoxyde**. Zinnoxydul, Zinnmonoxyd, Stannoxyd  $\text{SnO}$ , ist als ein schwarzes Pulver durch Trocknen und Erwärmen des durch Kaliumkarbonat aus Zinnoxydulsalzlösung ausgefällten Oxydulhydrats zu erhalten.

Zinnoxyd, Stannioxyd, Zinnsäure  $\text{SnO}_2$ , kommt in der Natur als Zinnstein vor; entsteht beim Verbrennen des Zinns oder beim Glühen der wasserhaltigen Zinnsäuren als gelblichweißes, in Säuren unlösliches Pulver. Wird eine Zinnchloridlösung durch Alkalien oder eine Lösung von Alkaliferrat durch Salzfäure gefällt, so entsteht die gewöhnliche Zinnsäure  $\text{H}_2\text{SnO}_3$ , 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 Metazinnsäure als ein weißes, in Säuren unlösliches Pulver. Beide Zinnsäuren können unter bestimmten Bedingungen ineinander übergehen. Wichtige Verwendung für weiße Glasuren und Emails.

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

**Zinnoxydnatron** (zinnsaures Natron)  $\text{Na}_2\text{SnO}_3$  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 Präparierfatz in der Färberei und Druckerei Verwendung. *Moye.*

**Zinnstein** (Kaffiterit, Zinnerz), Mineral, Zinnoxyd  $\text{SnO}_2$  ( $78,6\%$  Sn), durch Eifenoxyd, Kiefelsäure 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 auffüllbar. Unlöslich in Säuren. Vorkommen: Erzgebirg (Zinnwald, Altenberg, Schlaggenwald), Cornwall, Spanien, Insel Banka u. f. w. Wichtigstes und einziges Erz für Zinngewinnung. Mitunter radioaktiv. *Lepta.*

**Zinnulfate**. Schwefelsaures Zinnoxydul, Stannosulfat  $\text{SnSO}_4$  entsteht durch Auflösen von überschüssigem Zinn in wenig verdünnter Schwefelsäure oder durch Fällen einer Zinnchloridlösung mit Schwefelsäure. Letztere Lösung wird unter dem Namen Bancrofts Beizmittel in der Färberei benutzt. — Schwefelsaures Zinnoxyd, Stannisulfat, entsteht durch Auflösen von Zinn in überschüssiger Schwefelsäure. Beide sind weiß. *Moye.*

**Zinnulfide**. Zinnulfür, Einfach-Schwefelzinn, Stannosulfid  $\text{SnS}$ , entsteht durch Zusammenschmelzen von Zinnfeile mit Schwefel als blätterige, sublimierbare Masse; durch Einleiten von Schwefelwasserstoff in eine Zinnchloridlösung bildet sich braunschwarzes Sulfhydrat.

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

**Zinnweiß** (Emailweiß), für sich als Farbe ohne Anwendung, dagegen als Zufügung 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.*

**Zinfeszins- 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 Zinfeszins wächst ein Kapital von  $a$  M. in  $n$  Jahren zum Betrag von  $c = a q^n$  an. Der heutige Wert  $a$  einer in  $n$  Jahren fälligen Summe von  $c$  M. ist  $a = c : q^n$ . Der Wert einer

jährlichen Rente von  $r \text{ M.}$  nach  $n$  Jahren beträgt  $s = (q r^n - 1) : (q - 1)$ . 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., Cöln 1880, § 84. — [3] Kleyer, Lehrbuch der Zinseszins- und Rentenrechnung, Stuttgart 1886. — [4] Baerlocher, V., Zinseszins-, Renten-, Anleihen und Obligationenrechnung, Zürich 1885. — [5] Bleicher, Grundriß der Theorie der Zinsrechnung, Berlin 1888. — [6] Spitzer, Tabellen für die Zinseszinsen- und Rentenrechnung, 3. Aufl., Wien 1886. — [7] Cantor, M., Politische Arithmetik, Leipzig 1898, Kap. 2.

*Wüffing.*

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

**Zirkon**, Mineral, wasserfreie Zirkon- und Kiefelfäure  $ZrO_2 + SiO_2$ .

Kristallisiert quadratisch fäulenförmig; farblos oder gefärbt und zwar meist rot und braun; glas- bis diamantglänzend, durchsichtig bis durchscheinend; beim Glühen entfärbten 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 Schwefelfäure. Vorkommen in Eruptivgesteinen, besonders in Granit, sekundär in Sandsteinen u. s. w. Der schön gefärbte, gelbrote oder orangefarbige, klare Zirkon oder Hyazinth wird als Schmuckstein wie Diamant verschliffen; weniger geschätzt ist der blaßfrohgelbe Zirkon (Jargon) von Ceylon. Die durch Glühen entfärbten Zirkone (von Matura auf Ceylon) werden als sogenannte Maturadiamanten wie Brillanten verschliffen und verwendet. — Ein großer Teil der Hyazinthe des Handels ist ein ähnlich gefärbter Granat (Kaneelstein). — Vgl. Bauer, Edelsteinkunde, 2. Aufl., Leipzig 1909.

*Leppia.*

**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 Gasglühlampen und dient auch zu einer elektrischen Glüh(faden)-lampe, der „Zirkonlampe“ (f. Glühlampe).

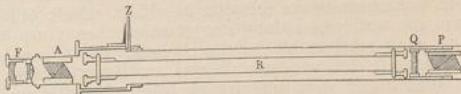
*Moye.*

**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 beobachteten 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 Beschränkung 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 einem Viertel Wellenlänge oder von einer ungeraden Anzahl von Viertelwellenlängen zirkularpolarisiert. — Zum Verständnis der Erfcheinungen der Zirkularpolarisation mögen zwei phänomatische Sätze über Zusammensetzung und Zerlegung schwingender Bewegungen eines Punktes vorangestellt werden: 1. Jede geradlinige Schwingung kann ebenfogt als Resultante zweier geradliniger Komponenten angesehen werden, in welche sie sich nach dem Parallelogrammgesetz zerlegen läßt, als auch als Uebereinanderlagerung zweier entgegengesetzter rotierender Bewegungen im Kreise. 2. Jede kreisförmige Bewegung kann angesehen werden als Uebereinanderlagerung zweier senkrecht geradliniger Oszillationen, die beide gleiche Schwingungszeit, aber eine um eine Vierteloszillation verschobene Phase besitzen. — Um den Phasenunterschied der zwei geradlinigen Komponenten des elliptisch bzw. zirkular polarisierten Lichtes zu messen, dient der Kompenator von Babinet. Zwei schwach keilförmig verschliffene Platten aus Bergkristall, die, aufeinander gelegt, eine planparallele Platte bilden, sind so verschliffen, daß die optischen Achsen der Platten parallel, und zwar in der einen parallel der Keilfläche, in der andern senkrecht zur Keilfläche gerichtet sind. Ein durch den Kompenator 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 Kompenator 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 kristalliferer, 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 durchlichtigen 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 präzistischen Farben durch aktive Substanzen verschiedene Lagen der Polarisationsebenen erhalten, eine Rotationsdispersion erfahren. — Unter den Kristallen zeigt der Quarz schon in feiner äußerer Gestalt eine Unsymmetrie, die sogenannten Trapezflächen, welche neben den abwechselnden Ecken seiner 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 Analytors 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  $300^\circ$  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 angegeben 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 bekannten 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  $20^\circ\text{C}$ . zugrunde gelegt. — Beispiele rechtsdrehender Körper sind: Rohrzucker (spezifische Drehung bei der Temperatur  $20^\circ\text{C}$ . von  $70^\circ$  bis  $64^\circ$ , je nach Konzentration), Milchzucker ( $52,53^\circ$ ), Traubenzucker oder Dextrose (Anhydrid  $52,50^\circ$  bis  $59,55^\circ$ ), Dextrin ( $138,68^\circ$ ), Weinsäure ( $18,6^\circ$  bis  $14,9^\circ$ ) Kampher, Saccharin u. a. Linksdrehend sind Fruchtzucker oder Lävulose, arabisches Gummi, Chinin und feine Salze, Morphin, Asparagin, Nikotin, Strychnin, Salizin, Eiweißstoffe, Kirschlorbeerwasser u. a. Weinsäure ist rechtsdrehend und istomer mit der linksdrehenden Traubensäure, Terpentiniöl ist je nach seinem Herkommen rechts- oder linksdrehend. Sind zwei entgegengesetzte 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 ersten. 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 Mineraläsuren 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 Analytoren Nikolscher Prismen (f. 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 Traubenfettes mit Dextrose- und mit Weinsteinsäurelösungen erkennen läßt. Gallierter 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 abzulegen gestattet, um welchen nach Einschalten des zu prüfenden Körpers in Q der Analytor 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 Analytors die Verschiebung eines Kompenators, der mit einer Quarzplatte so verbunden ist, daß ohne Einschaltung des Rohrs der Kompenator 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 & Hänsch, Berlin, letztere besonders für Lippichsche Halbschattenapparate. Ein drittes, sehr empfindliches Erkennungsmittel der Einstellung bieten die Interferenzstreifen.



eines Savartschen Polariskops, das bei dem Polaristrobometer von Wild Verwendung findet. Zwei unter  $45^\circ$  gegen die Achse geschliffene Quarzplatten mit gekreuzten Haupt schnitten 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 gegossener, geschmiedeter u. f. w. Arbeitsstücke, insbesondere von Kunstgegenständen mittels Feile, Meißel, Stichel, Punze u. f. w. S. a. Gravieren. — Zifelieren im Sinne von Treiben (s. 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 Absaugen 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 des selben soll gegen Wärme und Frost durch ausreichende Bodendeckung geschützt werden. Näheres f. Lueger, Wasserversorgung der Städte, Darmstadt 1895, Abschn. 3.

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

**Zitronensäure** (*Acidum citricum*, *Oxytricarballylfäure*) ist eine dreibasische, organische Säure, welche sich von der einfachsten dreibasischen Säure, der Tricarballylfäure, 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  $0,75^\circ$ , bei Siedhitze in 0,5 Teilen Wasser lösen und stark, aber angenehm sauer schmecken. Auch in Alkohol löst sie sich leicht, weniger leicht in Aether. Beim Erhitzen auf  $70$ — $75^\circ$  schrumpft die wasserhaltige Säure unter Abgabe von Wasser ein und verliert daselbe vollständig bei etwa  $130^\circ$ . Die wasserfreie Säure schmilzt bei  $153^\circ$ . Diese erhält man auch in farblosen Kristallen, wenn man die wässrige Lösung der gewöhnlichen Säure bis zu einer Temperatur von  $130^\circ$  eindampft und dann erkalten läßt. Beim Umkristallisieren aus kaltem Wasser schließt sie dann bemerkenswerterweise stets wieder wasserfrei an. Beim Erhitzen für sich auf  $175^\circ$  zerfällt die Zitronensäure in Wasser und eine ungesättigte dreibasische Säure, die Akonitinsäure  $C_6H_6O_6$  [2], welche sich ebenfalls natürlich gebildet in der Runkelrübe, im Zuckerrohr u. f. w. findet. Beim Erhitzen der Zitronensäure mit konzentrierter Schwefelfäule wird zunächst Ameisensäure abgepalten, 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 Calciumzitrat  $(C_6H_8O_7)_2Ca_3 + 4 H_2O$ , die bemerkenswerte Eigenschaft besitzt, in kochendem Wasser schwerer löslich zu sein wie in kaltem. Die übrigen Salze wie die Eier sind ohne technische Bedeutung; das Eisenoxydsalz, Ferrum citricum oxydatum, und das Eisenchininsalz (f. Bd. 1, S. 144) sind offizinell. 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 fleischende Dämpfe entwickelt. Verfetzt man ihre wässrige Lösung mit Kalkwasser im Überschuß, so findet erst beim Kochen eine Fällung statt, während weinfäuler Kalk schon in der Kälte fällt und Apfelsäure (f. d.) überhaupt keinen Niederschlag 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 feingeblämmtem kohlenfauerm Kalk versetzt, als sich noch Kohlenföre entwickelt. Dann wird Kalkmilch zugesetzt und das sich auscheidende Calciummalz mit kochendem Wasser ausgewaschen, bis das Filtrat farblos abläuft. Das so gereinigte Salz wird mit der berechneten Menge Schwefelföre 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 verleibten das entstandene Nitril zur Dichloracetonsäure, erhielten durch Einwirkung von Cyankalium auf diese die Dicyanacetonsäure, welche durch Salzsäure zur Zitronensäure verfeist 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 Iof-zitronensäure f. [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), f. Gabro.

Zollabfertigung, f. 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 Grenzeingangsbahnhof unterfucht und verzollt, oder sie gehen unter Raum- oder Kolloverschluß nach dem Inlandsbahnhof, auf dem sie zur endgültigen Abfertigung oder Weiterfendung unter Zollverschluß gelangen, bezw. nach einer zollfreien Niederlage, oder endlich, wenn sie zur Durchfahrt 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 festgelegt durch die Vorschriften über die zollsichere Einrichtung der Eisenbahnwagen im internationalen Verkehr (f. 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 bzw. an sie angebaut sind, oder befondere Gebäude bilden. Die Zollschuppen unterscheiden sich in der Einrichtung nicht wesentlich von den gewöhnlichen Güterschuppen (f. Güterbahnhöfe). Die Anordnung von Innengleisen ermöglicht die Abfertigung unter Verschluß, empfiehlt sich daher namentlich für befondere Zollschuppen. Außer den zur Untersuchung und einstweiligen Lagerung der Güter dienenden Schuppenräumen, die mit Wagen auszustafften 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 befondere Einrichtungen, auch wegen der veterinarpolizeilichen Untersuchung, erforderlich.

Das Reisegepäck wird in der Regel auf dem Grenzeingangsbahnhof untersucht, bisweilen 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 Durchfahrt bestimmtes aufgegebenes Gepäck wird in der Regel nicht untersucht.

Der Grenzeingangsbahnhof ist mit einem Revisionsraum nebst anschließenden Bureauräumen ausgestattet, der von allen aus dem Auslande ankommenden Reisenden, die Gepäck haben, zu durchschreiten ist. Dorthin wird das aufgegebene Gepäck von Bahnbiediensteten 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 (Bazel, Luino, Chiasso, Salzburg u. f. w.). Diese enthält dann befondere Revisionsräume für beide Zollverwaltungen, bei geringem Verkehr auch wohl einen gemeinsamen Revisionsraum, 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) verschiedene 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 Ausweich- und weitere Überreibungen des dichten Bauens und Wohnens durch Polizeivorschriften verhindern. Aber ein wesentlich weiträumigeres und gesunderes 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 viergeschossige 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 die Beschränkung der Zahl der Wohngechosse 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 Geländeanteile der offenen oder halboffenen Bebauung (f. d.) vorbehalten; man kann in gewissen Ortsteilen die zulässige Zahl der Wohnungen in einem Haufe auf eine oder zwei oder drei beschränken; man kann bezirkswise 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, obwohl 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 grifflichen Übertragung des Wortes Zonenbauordnung auf geometrische Kreiszonen ist gegen den Grundsatz 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 Gebäudetypen. Die letztere Abstufung beruht auf der Erwagung, 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 Gefchosse, 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; dasselbe gilt für ein großes Warenhaus oder eine umfangreiche Fabrik im Verhältnis zur kleinen Werkstatt oder Ladeneinrichtung. — Was hiernach anfangs als „Zonenbauordnung“ bezeichnet und eingeführt wurde, ist allmählich zur örtlich und sachlich abgeflachten Bauordnung geworden und steht gegenwärtig ziemlich allgemein als „Staffelbauordnung“ in Anwendung.

*J. Stübben.*

**Zonengewölbe** sind Gewölbe, die nach der Richtung der Stoßflächen in einzelne Streifen oder „Zonen“ zerlegt sind, welche untereinander nicht im Verbande 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 gegenseitiges Ueberschneiden der Bogen entsteht (f. Fig. 1).

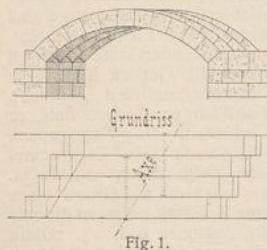


Fig. 1.

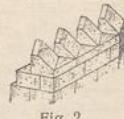


Fig. 2.

Gewölbēn (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] Zeitschrift des Arch.- und Ing.-Ver. zu Hannover 1878, Taf. 758. — Die übrige Literatur f. unter Steinschnitt.

*J. v. Willmann.*

**Zonttarif**, f. Eisenbahntarife.

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

**Zr**, in der Chemie Zeichen für Zirkonium.

**Zscherper** (Tzscherper), f. Fahrzeug, Bd. 3, S. 592.

**Zubringen**, f. v. w. Speisegraben (f. d.).

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

**Zuckerarten**, gewisse kristallifizierbare, wasser- und alkohollösliche, süß schmeckende Kohlehydrate.

Man unterscheidet drei Gruppen: 1. die Traubenzuckergruppe, 2. die Rohrzuckergruppe, 3. die Melitosegruppe 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 ersten 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 Difaccharide oder Biofen) oder der Formel  $C_{18}H_{32}O_{16}$  (Trifaccharide oder Triafen). 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, Milchzucker, Mycose, Maltose, Ifomaltose, von der Formel  $C_{18}H_{32}O_6$  Melitose, Melitose 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 Akrofe in zwei Modifikationen (E. Fischer).  $\alpha$ -Acrofe 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 Ketongehaltes 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 einbaufische 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 einbaufischen und fechsatomigen Säuren zu Hexosen (Monosaccharide) reduzieren. Auch aus Pentosen lassen sich durch die Cyansynthese 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.

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 forstfamen 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 Rübenfamen gelten: „1 kg Rübenfamen soll in 14 Tagen wenigstens 70 000 Keime liefern; hiervon müssen in 6 Tagen wenigstens 46 000 Keime ausgetrieben sein. Von 100 Samenkäueln müssen mindestens 75 gekeimt haben. Je nach der Beschaffenheit des Bodens muß derselbe durch Düngung mit Chilifalpeter 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 Zusammensetzung 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 sogenannte 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 Gefäß 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 durchlochtem Blech. Das Innere des Rades ist hohl, so daß das Schwemmwasser 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 sogenannte 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, Hebeschnecken (f. bei [1]), und die bereits beschriebenen Hubräder, deren Kästen aber in diesem Falle natürlich nicht durchlöchert sind. Von den Rübenschwämchen ist die älteste die sogenannte Trommelwäsche. Sie besteht aus einem großen, eisernen, mit Wasser nahezu ganz gefüllten vierseckigen Kasten, auf welchem sich die auf einer Welle sitzende, siebartig durchbrochene Waschtrommel dreht; die offenen Enden der Waschtrommel berühren nahezu die Wandungen des Kastens. Eine im Innern der Waschtrommel angebrachte Rührvorrichtung bringt die Rüben durcheinander und führt dieselben zwei an dem Trommelseite angebrachten Ausflußöffnungen zu, von wo sie in einen Kasten fallen, den sogenannten Steinfänger. Auf der dem ebenerwähnten Ausflußöffnungen der Siebtrommel gegenüber liegenden Seite geschieht der Einwurf der Rüben durch einen mit schrägem Boden versehenen Rumpf. Eine andre Form der Rübenschwämme ist die sogenannte 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 Rübenebeschnecke f. [1]. Sie besteht aus einem etwa 3 m langen Troge mit schrägem Boden, in dessen vorderem Teil ein mit Längsschlitzten versehenes und gebogenes Blech einen Doppelboden bildet. Auf einer Welle, die zweckmäßigsterweise durch eine Riemscheibe gedreht wird, sitzen schraubenförmig angebrachte Rührarme, welche schwertartig geformt sind und eine nach der Auswurfsseite hin breite, schräg nach vorn gerichtete, also schiebende Fläche besitzen. Von weiteren konstruierten Wäschern sei erwähnt die von Raudé, welche von F. Scheibler in Burtscheid-Aachen gebaut wird. Da die Wäschern natürlich an dem tiefeleggenen Teil der Fabrik liegen, so müssen nach dieser Operation die Rüben durch den sogenannten Rübenelevator gehoben werden. Der selbe besteht aus einer mit großen Blechkästen versehenen schweren Kette ohne Ende, welche an einem Gestell als Paternoosterwerk über zwei passend geformte Scheiben läuft.

Nun mehr werden zum Zwecke der Betriebskontrolle, speziell hinsichtlich der Ausbeute, die Rüben verwogen. Eine gewöhnliche, zuverlässige, nicht automatisch arbeitende Rübenelage 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 Rübenerückstände.** — 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 Öffnungen sogenannte Messerkästen eingefetzt werden können. Auf diese Schnitzelscheibe werden nun von oben her durch einen Rumpf Rüben gebracht, und die abgehobenen 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 Rübenechte direkt in Wagen, welche sie nach den Diffuseuren bringen oder bei geeigneter Anordnung direkt in diese. Die Gewinnung des Zuckersaftes aus den Rübenechtern geschieht nämlich jetzt noch fast ausschließlich nach dem sogenannten 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 sogenannten 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 Beschickung des Diffuseurs in den Hals ein

Siebboden 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 Waffer in Berührung gebracht. Die Diffuseure stehen deshalb alle durch eine Rohrleitung mit der Wafferleitung und untereinander durch Uebersteigrohre in Verbindung. Da die Diffusion des Zuckers aus den Schnitzeln bei erhöhter Temperatur leichter erfolgt, benutzt man die Uebersteigrohre als Kalorifatoren 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 Scheidefaßleitung, entfernt den fertigen Diffusionslaft. Alle drei Leitungen können an jedem Diffuseur durch ein Ventil abgesperrt werden; ein weiteres Ventil gefüllt die Fortführung des Waffers von den erdföpften Schnitzeln. Ferner gehört zur Ausrüstung ein Dampfventil und ein Retourventil für Kondenswaffer am Kalorifator und im oberen Mannlochdeckel ein Lufthahn. Fig. 1 zeigt ein Bruchstück einer Diffusionsbatterie der Braunschweigischen Maschinenbauanstalt, und Fig. 2 das Schema einer Diffusionsbatterie.

Batterie von neun Diffuseuren. Die Arbeit in letzterer stellt sich so: In den letzten Gefäßen der Batterie (VII, VIII und IX) wird Waffer 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, paffiert 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 Waffer durch  $C_9$  und  $s_9$  und  $u_9$  und  $w_1$  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

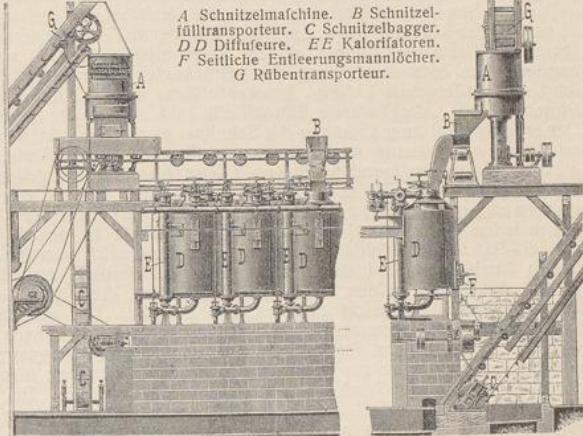


Fig. 1.

Operation, der Scheidung, abgelassen. Inzwischen füllt sich III mit dem dünnen 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 Waffer gefüllten

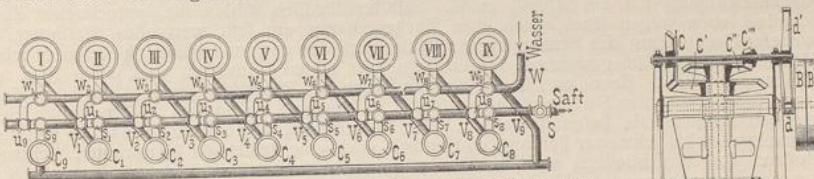


Fig. 2. Schema einer Diffusionsbatterie von neun Diffuseuren. I bis IX Diffuseure.  $w_1$  bis  $w_9$  Wafferventile.  $s_1$  bis  $s_9$  Saftventile.  $u_1$  bis  $u_9$  Uebersteigventile.  $C_1$  bis  $C_9$  Kalorifatoren.  $V_1$  bis  $V_9$  Verbindungsrohren zwischen dem unteren Teile der Diffuseure und dem unteren Teile der Kalorifatoren.  $S$  Saftventile.  $W$  Wafferleitung.

Diffuseure auch eingeschaltet, so beginnt der regelmäßige Betrieb. Ist IX mit Schnitzeln befüllt, 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% Trockenfusflanz, weshalb von ihnen der größte Teil des anhaftenden Waffers abgepreßt werden muß. Dies geschieht in den sogenannten Schnitzelpressen, von denen es verschiedene Konstruktionen gibt. Die erste und heute noch benutzte Schnitzelpresse wurde von

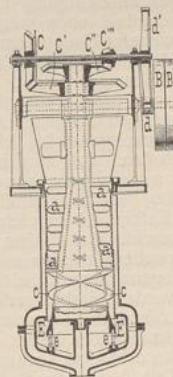


Fig. 3. Schema der verbesserten Klumemann'schen Schnitzelpresse (Patent Berggreen).  $B$  Riemenscheibe und Leerscheibe.  $C C' C'' C'''$  Zahnräder.  $E$  Schnitzelablaß.  $a$  Druckmesser des unteren Hohlkegels.  $d$  Zahnräderkegel.  $ee$  Stellschrauben.

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 anderm 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 (Hallesche 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 Druckmeister nach abwärts geführt und gegen den gelochten Apparatemantel gepreßt, der Saft fließt außen ab, während die Schnitzel unten herabfallen. Mit dieser Presse erhält man von 100 kg Rüben 30 kg Brürlauge mit 10—12% Trockenstoffzanz, die zum Teil frisch verfüttert, zum Teil konferviert wird. Die Zusammensetzung der Trockenstoffzanz der Schnitzel ist im Mittel nach Stammer folgende: Rohprotein 8,7%, Stickstofffreie Extraktivstoffe 62,27% (inklusive Fett), Rohfaser 23,36%, Asche 5,67%.

Die älteste Methode der Konfervierung der Schnitzel ist die des Einfäubens. Hierbei werden sie in Erdgruben (Mieten) oder in gemauerte Behälter gebracht und mit Erde bedeckt. Bei diesem Verfahren entstehen aus den vorhandenen Kohlehydraten Milchsaure, Butterfäure, Eiweißsaure u. f. w., und auch die vorhandenen Eiweißstoffe werden gespalten. Der Nährwert der gefärbten Schnitzel ist übrigens annähernd derselbe wie derjenige der ungefärbten, dagegen ist der bei der Säuerung bzw. Lagerung eintretende Gewichtsverlust ein sehr hoher, ca. 20—30%. Durch Trocknung können diesem Futtermittel sämtliche wertvollen Bestandteile erhalten werden. Die Zusammensetzung der getrockneten Schnitzel gibt Rümpler [1] im Mittel wie folgt an: Waffergehalt 12,58%, Trockenstoffzanz 87,42%; Rohprotein 6,54%, darin verdauliches Protein 5,59%, Stickstofffreie Extraktivstoffe 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. 149 593), das fogenannte Brühverfahren: Bei demselben fallen die Schnitzel von der Maschine direkt in den fogenannten Brühtrug, wo sie mit 95—98% heißem Rohsaft durch ein Rührwerk rasch verföhrt werden. Auf 100 kg Schnitzel finden hierbei ca. 600 l Brühsaft Anwendung. Infolge der plötzlichen Temperaturerhöhung gerinnt das Eiweiß in den Zellen der Rübchnitzel, die selbst werden lederartig, zäh, und der flüssige Zellinhalt vermischte sich mit dem Brühsaft. Die gebrühten Schnitzel werden alsdann sofort durch Schneekengänge in die Höhe gehoben und nach den bereits beim Diffusionsverfahren beschriebenen Pressen gebracht, von wo der Saft wieder in den Brühtrug 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 anderseits in erheblich zuckerhaltige Schnitzel zerlegt. Die Preßrückstände enthalten nämlich ca. 30% Trockenstoffzanz, wovon 10% Zucker sind. Das Brühverfahren besitzt gegenüber dem älteren Diffusionsverfahren erhebliche Vorteile: 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 Waffer weniger zu verdampfen sind als beim Diffusionsverfahren. Weiter fallen die schwer zu befeitigenden Diffusions- und Schnitzelpreßwaffer weg und somit ist bei dem Brühverfahren der schwierigste Teil der Abwasserbefestigung (f. a. am Schluß) gelöst. Selbstverständlich bilden die getrockneten Zuckernitzel eben wegen ihres erheblichen Zuckergehaltes ein sehr wertvolles Maßfutter. Ein weiterer Hauptvorzug 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 Rübenstaft gereinigt wird, passiert er noch den fogenannten Pülpengänger (f. [1]), in welchem die in dem Saftstrom noch schwimmenden Schnitzelteile befeitigt werden. Der so erhaltene rohe Rübenstaft ist von trüber, dunkelgrauer bis schwarzer Färbung und enthält noch eine Reihe von fogenannten Nichtzuckerstoffen. Fast ausschließlich wird zur Reinigung des Saftes jetzt das fogenannte Kalkverfahren angewendet. Hierbei wird der Rohstaft in den Vorwärmern angewärmt, wobei ein Teil der Eiweißstoffe infolge Gerinnung sich abscheidet und dann so viel abgelöschter Kalk (Kalkmilch) zugefügt, 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 Scheidefchlamm ausgefällt; andre Stoffe, wie die Amide und der Invertzucker, werden hierbei zersetzt. Nunmehr folgt in der von dem Scheidefchlamm abgezogenen klaren Lösung die fogenannte „Saturation“. Hierbei wird Kohlenfäure oder schweflige 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 kohlenförmige Calcium ist nur in kochend heißem Zuckerstaft unlöslich. Der hierzu Anwendung findende fogenannte Vorwärmer wird in der Regel geheizt durch den bei der Eindickung des in der Zuckerklösung enthaltenen Waffers entstehenden Dampf, die fogenannten „Brüden“. Diese Brüden dampfe werden weiterhin dann in besonderen Kondensatoren zu Waffer, dem fogenannten Brüdenwaffer verdichtet. Die Vorwärmern sind nach dem Prinzip der Kalorifatoren 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 Heizschlange,

die der Kohlensäure durch ein Rohr mit zahlreichen nach unten gerichteten Öffnungen, 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 Kohlensäure wird fortgesetzt, bis die Alkalität 0,1—0,15% beträgt. Eine Probe des Saftes muß einen sich schnell absetzenden Niederschlag enthalten. Der Schlammstaft wird dann filtriert und einer zweiten und dritten Saturation unterworfen. Hierbei wird noch einmal  $\frac{1}{2}$ —1 kg Kalk auf 100 kg Rüben zugefügt, faßt bis zum Kochen erhitzt und der Kalk auf 0,06 bis 0,08% ausgefällt. Nach dem Filtrieren wird der Rest des Kalks mit Kohlensäure und darauf mit schwefriger 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 Calciumsulfat ausscheidet, und wirkt überdies entfärbend. Der Saft wird vom Schlamm in den sogenannten Filterpressen (s. 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 Schlammzuckers zu gewinnen, mit Abflußvorrichtungen 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, Kohlensäure 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 Ablösung von Kohlensäure ( $CO_2$ ) aus dem Kalkstein (kohlensaurer Kalk =  $CaO \cdot CO_2$ ) gebrannter Kalk  $CaO$ , der sich beim Ablöschchen mit Wasser ( $H_2O$ ) zu Kalkmilch  $Ca(OH)_2$  umsetzt. Die Gichtgase des Kalkofens, in der Hauptfache aus Kohlensäure bestehend, werden zur Saturation (s. 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 Abfaugung der Kohlensäure aus dem Koksofen und zum Transport derselben nach den Laveuren sowie den Saturationspfannen dienen doppelt wirkende 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 Oefen hergestellt (s. [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 Filtervorrichtungen konstruiert worden, von denen erwähnt sei das Abraham'sche Sandfilter, das Kasalsky'sche Beutelfilter, das Ehrenstein'sche Zwischenfilter sowie das Beeg'sche und das Dehn'sche Saftfilter (Näheres s. [1]). Bei dem eben erwähnten Harmischen Verfahren werden die im Zuckeraft gelösten Alkalien, deren Beseitigung aus dem Zuckeraft bisher technisch nicht möglich gewesen war, ausgechieden, 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 s. [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 Dicksaftes bis zu einem Gehalt von 88—90% Zucker (das Verkochen des Dicksaftes). 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 s. [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 Dicksaftkörpers, geleitet. Der aus dem letzten Körper entweichende Dampf wird zum Vorwärmern von Diffusionssaft 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 vercließbare Rohrleitung ist der höchste Teil des Heizraums mit dem oberen Teil des Saftraumes 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 Dicksaftkörper 63° C. Ist in letzterem die Verdampfung so weit fortgeschritten, daß der Saft nur wenig über den Heizrohren 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 saturiert und filtriert; er ist nun zum Verkochen geeignet.

Beim Verkochen will man entweder eine klare, heiß gefärbte 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 Auscheidung von Kristallen. Die so erhaltene Füllmasse wird, um sich in Zentrifugen, wie sie ähnlich bei der Stärkefabrikation (f. d.) Verwendung finden, in Rohrzucker und Sirup trennen zu lassen, in besonderen Brechwerken zerkleinert und mit gleich reinem Sirup früherer Operationen gemischt, das sogenannte „Maischen“. 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 Maischen und Schleudern erzielte zweite Produkt ist unreiner als das erste. Bei Herstellung eines dritten Produkts läßt man die Füllmasse meist einige Monate zur Kristallisierung stehen. Das Kochen der sogenannten Nachprodukte auf Korn ist sehr schwierig und gelingt nur mittels besonderer Einrichtungen und Verfahren. Hierzu seien erwähnt: das Großeche, das Freitag-Lenzeche und das Claaffensche Verfahren (D.R.P. Nr. 117531, 134915 und 137812) sowie der Neumannsche Kornkocher (D.R.P. Nr. 131931), Näheres f. [1].

Der Rohrzucker, wie er aus den Zentrifugen kommt, wird nun mittels der mannigfältigsten 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 Gelchmack beeinträchtigt. Bei der Verarbeitung des Rohrzuckers auf Konsumzucker wird dieser Sirup entfernt, und zwar durch die sogenannten Deckverfahren. Von diesen unterscheidet man: die Wafferdecke, die Klärfelddecke, die Dampf- und die Dampfnebeldecke. Bei der Wafferdecke wird, nachdem der sogenannte Grünsirup bereits in den Zentrifugen abgeschleudert ist, mittels einer feingelochten Brause-Waffer auf die Füllmasse gespritzt. Beim weiteren Zentrifugieren werden dann die einzelnen Wassertropfen gegen die an den Zuckerkrystallen haftenden Siruptropfen 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 Klärfelddecke wird in der sogenannten Lösepflanne eine gefärbte Zuckerlösung, die sogenannte Deckkläre, hergestellt. Diese wird unter Zufügung 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 Nicotin-Zuckerstoffe) wird durch diese Deckkläre verdängt und läuft durch die Löcher der Zentrifuge ab.

Bei der Dampfkläre läßt man Dampf von geringer Spannung durch den Deckel der Zentrifuge eintreten; derfelbe verdichtet sich in den kalten Zuckerkrystallen zu Waffer, welches dann ebenso wirkt wie bei der Wafferkläre 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 Lösepflannen, sie soll 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 dem 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, farbloser glänzender Krystalle. Er ist das Hauptprodukt folcher Fabriken, die Rüben direkt auf Konsumzucker verarbeiten, da er aus Zuckerlösungen von geringerem Reinheitsgrad hergestellt werden kann. Bei seiner Herstellung muß durch vorsichtiges und langfames Kochen auf die Bildung möglichst gleichmäßiger Krystalle hingearbeitet werden. Nach dem Abschleudern des Grünsirups von den erhaltenen Krystallen werden diese in der Regel unter Zufügung von etwas Ultramarin gedeckt und damit „geblaut“. Der Zufügung von Ultramarin zum Deckwaffer muß so bemessen werden, daß kein blauer Schein entsteht und der Zufügung 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 Österreich für den italienischen Konsum hergestellt wurde; er besteht aus etwa erbsengroßen, in besonderen Pilébrechwerken mit zwei Walzenpaaren unregelmäßig

gebrochenen Stücken (Knopfern), denen das beim Zerbrechen entstehende Mehl beigegeben ist. Pilé wird meist aus einer reineren Zuckerlösung hergestellt als der Kristallzucker. — Bei der Raffinade oder Melis in Brot oder Würfeln sind die mannigfältigsten Formen am Markt. 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 geblähte Sud wird zunächst in eine mittels Dampfschlangen geheizte Rührmaschine abgelassen und von da mittels mechanischer Füllvorrichtungen in die, je nach der gewünschten Faßform 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 füllen 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. Letztet werden die Zuckerhüte noch feucht in der sogenannten Ansitzmaschine 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 Dampfdecke „abgedeckt“ und passiert alsdann eine Zuckerröhre, 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 dichtem Schlüsse 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 gesägt und in Würfel zerhackt.

Aus dem bei der Konfumzuckerfabrikation 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 kristallisierungsfähig. Bei einem mittleren Reinheitsquotienten von ca. 64 ist die Zusammensetzung einer Melasse ungefähr im Mittel (nach [1]) folgende: Waffer ca. 20%, Trockensubstanz ca. 78%, Zucker ca. 50%, Nichtzucker ca. 25%, Aische 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 (f. d.), bei welcher die die weitere Kristallisation des Zuckers verhindern Nichtzuckerstoffe durch Dialyse (f. d.) aus der Melasse entfernt werden. — 2. Die Entzuckerung mittels Kalk; hierbei wird der Zucker durch Zufügung von gebranntem Kalk aus der Melasse als eine chemische Zuckerkalkverbindung, das Tricalciumfacharat, ausgefällt. Speziell findet hierbei das sogenannte Steffen-sche Aufscheidungsverfahren Anwendung; dasselbe beruht auf der Tatsache, daß man imfande ist, aus einer verdünnten, auf ca. 15° C. abgekühlten Lösung von Monocalciumfacharat fast die Gesamtmenge des Zuckers als Tricalciumfacharat auszufällen, indem man der Lösung unter ständiger Kühlung nach und nach in kleinen Portionen feingepulverten gebrannten Kalk zufügt. — 3. Die Strontianentzuckerung, wobei der Zucker als Difrontiumfacharat gefällt wird. — 4. Das Barytverfahren, bei dem der Zucker als Monobaryumfacharat ausfällt. — 5. Das Wohlfsche Bleiverfahren, bei dem der Zucker in Verbindung mit Bleioxyd ausgefällt wird. — 6. Bei den Verfahren Nr. 2—5 erhaltenen Saccharate werden alsdann durch Einleiten von Kohlensäure wieder in Zucker und die entsprechenden kohlensauern 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 Häcksel, Trebern, Baumwollfammenmehl u. f. w. vermischt, in welchen Formen sie ein bequem dosiertes, wegen seines Zuckergehaltes wertvolles Maßfutter vorstellt.

Es sei zum Schluß noch kurz auf die große Menge der in Zuckerfabriken anfallenden, meist leicht faulenden und daher lästigen Abwasser hingewiesen, deren Befestigung und Reinigung reicht viele Schwierigkeiten bereiten (Näheres f. [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 Stockla, Die Rübenemodaten, 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.*

**Zuckersäure**, Handelsname für Oxalsäure (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 rauhen oder chemisch präparierten Flächen anbrennenden Wachsgerzen, Papierzünder, Streichhölzer u. f. w. (vgl. a. Feuerzeug, pneumatisches, Initialzündungen, Platinfeuerzeug, Tauchfeuerzeug).

Die mit Zündkopf versehenen Wachsgerzen und die Papierzünder (Papierröllchen und flache Kartonschnitzel) werden nur in geringen Mengen verbraucht. Bei den Wachsgerzen (Wachszündhölzern) vereinigt man mehrere Baumwollfäden durch eine Spulmaschine zu einem Strang, zieht diesen durch geschmolzenes Wachs und nach dem Erstarren durch Zieheisen; sodann werden die von dem Strange abgeteilten Stücke in Zündmasse getaut. Papierröllchen werden auf besonderen Maschinen [1] aus Papierstreifen gewickelt, paraffiniert, gewachst, poliert und in Zündmasse eingetunkt. Kartonschnitzel (Sicherheitszündspänchen) 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. getaut 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 chlorfauerem Kali und Schwefelantimon (Congrewesche Streichhölzer) oder einer Masse mit Phosphorzufatz (an Stelle von Schwefelantimon, sogenannte Phosphorfreischuhhölzer) versehen. — Glimmspäne 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 manigfachen 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 deselben, 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 Holzstämme zunächst in Klötze, entsprechend der sieben- bis zehnfachen Zündholzlänge, zerfegt, mit besonderen Entrindungsmaschinen [2] entrinnt und in Bottichen gedämpft oder gekocht werden. Hierauf erfolgt auf sogenannten Schälmaschinen [2] mit einem festen oder leitlich bewegten Messer die Abtrennung eines langen, gleichmäßig starken Holzspans in ganzer Klotzbreite; durch Wechselräder 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 Spanpakte aus 50—60 Spänen, die mittels der Abschlagsmaschine [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 beorgt werden. Bei kleinen Abschlagsmaschinen werden in der Regel die Späne schon auf der Schälmaschine auf Zündholzlänge geschnitten; ebenso bei Handbetrieb. Die Spanpakte gelangen bei allen diesen Vorrichtungen in eine Packlade, werden auf der Stirnseite durch gefüllte 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 Zündholzschneidemaschine „Vivax“. Die verschiedenen

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

Vor Weiterverarbeitung des Holzdrähtes muß derselbe getrocknet werden, was im Großbetriebe in besonderen Trockenschränken [2] geschieht. Das sogenannte Polieren des rauhen Holzdrähtes 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 abzufcheiden, sind Holzdrähtputzmaschinen im Gebrauch [2], die im wesentlichen aus einem schrägliegender Gestell bestehen, auf welchem ein 2–3 m langer, in Schwingen gelagerter Schüttelrost (Reiß-, 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 Gleichlegemaschinen [2]. Bei letzteren ist auf einem Schwingerrahmen ein Holzrahmen befestigt, in welchen ein Fächerkasten mit festem Boden eingesetzt wird, in den sich 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, Stearinfaure u. f. w. Sauerstoff liefernde Substanzen sind das Kaliumchromat, Kaliumnitrat, Kaliumbichromat, Baryumnitrat, Strontiumnitrat, Mennige und Braunstein. Als Füllstoffe werden Eisenoxyd, Schwefelkies, Grauspießglanz, Glaspulver, Kieselgur, Quarzmehl, Bimssteinpulver, Zinkweiß, Kienruß, Kreide u. f. w. benutzt. Als Bindemittel kommt Leim, Stärke, Dextrin und Gummi, als Imprägnierungsstoff Phosphorsäure, Ammoniumphosphat und -ulfat zur Anwendung. Zur Färbung dienen hauptsächlich Anilinfarbstoffe. Zur Herstellung von Zündkerzen wird dem gewöhnlichen Wachs (f. d.) Carnaubawachs zugefügt, um das Weichwerden und Zusammenkleben zu verhindern. — Alle zur Herstellung von Zündmassen benutzten Materialien müssen fein gepulvert und häufig gemischt werden. Die Gemenge werden mit Wasser zu einem Brei angerührt und gehen durch eine Massenmühle (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 entzünden sich nur an besonderen Reibflächen, deren Hauptbestandteile amorpher Phosphor und Schwefelantimon sind. Für braune Hölzchen verwendet man unter andern folgende in Gewichtsteilen angegebene Zündmasse: 150 Teile Senegalgummi, gelöst in 200 Teilen Wasser und 20 Teilen Tragant, aufgewiecht in 300 Teilen Wasser, werden gekocht und 1000 Teile Kaliumchlorat eingerührt. Dann werden gefiebt 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 eingerührt. Zur Anstrichmasse der Reibfläche weicht man 400 Teile Dextrin in 400 Teilen Wasser auf (24 Stunden), kocht es und mischt der erkaltenen 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 feiner Benutzung angekauft und den deutschen Zündholzfabricanten zur Verfügung gestellt wurde (ohne daß diese dafür dankbar gewesen sind). Diese Masse besteht, in nachträglich verbesselter 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 Cahensche (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 Sulfophosphithmasse der Chemischen Fabrik Griesheim-Elektron.

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

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

Vor dem Paraffinieren der Zündhölzer müssen sie vorgewärmt werden; dann erfolgt die Weiterbehandlung auf dem sogenannten Paraffinierherde, wobei die Paraffinierpfanne 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 Holzdrahtbüscheln (Büschelware); neuerdings geschieht es mit Hilfe von Einlegerahmen (Tunkrahmen), in welche die Hölzchen mit Einlegemaschinen reihenweise eingordnet, 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 Abstreichen auf gleichmäßige Stärke über der Tunkfläche eingestellt. 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 gleichzeitig in die Zündmasse eintunkt. Die sogenannten Walzentunkmaschinen arbeiten mit einem im Wässerbad sitzenden Massebehälter, aus dem sich eine Walze am ganzen Umfang gleichmäßig mit Masse bedeckt, deren Höhe durch ein Abstreichenlineal 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 Hölzler 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 Bleifullid 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 verhindert werden soll. Früher wurden die getrockneten Zündhölzer von Hand den Tunkrahmen entnommen und in Schachteln gefüllt; in neuerer Zeit werden hierzu die sogenannten Auslegemaschinen [2] benutzt, welche aus einem Gestelle bestehen, auf dem ein Schüttelkasten ruht, der die zu entleerenenden 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 Arbeitsgang die Zündhölzchen einlegen, paraffinieren, schwefeln, tunken (maffieren), trocknen und in Schachteln füllen, d. h. alle feither unter 2. beschriebenen Herstellungsarbeiten beorgen. Diese Automaten haben sich bewährt und in die größeren Fabriken eingeführt; wir verweisen auf [2].

3. Die Herstellung der Zündholzschachteln sowie das Etikettieren, die Zufassungsfeststellung in Pakete u. f. w. erfolgt ebenfalls maschinell; die Späne kommen zunächst auf Schachtelpanteilmaschinen, auf welchen sie in jene Form gebracht werden, die man zur Erzeugung der runden und ovalen Büchsen bezw. der Schiebeschachteln (Schwedenchruppen) 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 Flammgarben von beträchtlicher Größe. Von diesem Verhalten der pyrophoren Cer-Eisenlegierungen macht man neuerdings auch Gebrauch, um leicht entflammbare Flüssigkeiten wie Methyl- und Aethylalkohol 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 Köln 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 Grubensicherheitslampen (D.R.P. Nr. 212 255), für Fahrrad- und Automobilatatern, für Motoren- und Sprengpatronenzündung u. f. w. benutzt. Zwecks Erzielung besonders glänzender Eifekte 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 Zündholzfabrication; 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, Fettinger, 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 (Eisenbahnnzug), 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,  $d\lambda = \frac{dl}{l}$  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

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

1. Fig. 1.

$E$  der Elastizitätsmodul oder speziell der Zugelastizitätsmodul des Stabs in der Längsrichtung [9], S. 119 (vgl. Elastizitätsmodul, Elastizitätsgebot, 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  $\gamma$  den Neigungswinkel der entstehenden  $\sigma$ -Kurve bei  $\lambda$ ,  $\sigma$ , 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.:  $\sigma = E\lambda = E \frac{dl}{l}$ ,  $P = EF\lambda = EF \frac{dl}{l}$ ,

unter  $dl$  die ganze elastische Längenänderung durch die Spannung  $\sigma$  verstanden. Die Grenze  $\sigma = p$ , bis zu welcher die hierdurch ausgedrückte Proportionalität zwischen  $\sigma$  und  $\lambda$ , d. h. auch zwischen  $\sigma$  und  $dl$  oder zwischen  $P$  und  $\lambda$ ,  $dl$  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  $\lambda$  und Spannungen  $\sigma$  für Fälle, in welchen keine Proportionalität zwischen denselben besteht und also der Elastizitätsmodul  $E$  in 1. veränderlich ist, s. Elastizitätsgebot.

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. Verziehungsarbeit und Arbeitskapazität, vgl. Qualitätszahlen. Unter Dehnung sind entsprechende Zahlenwerte mitgeteilt. Wir führen als weitere Beispiele an die Mittelwerte, welche Tetzmajer mit Eisen von der Wendel in Hayingen erhielt [15], IV, S. 106, 114, 130, 136:

Flußeisen	Rundfeisen	Stabfeisen	Universaleisen	Winkeleisen
Elastizitätsmodul	$E = 2144000$	2167000	2173000	2140200 kg pro qcm
Proportionalitätsgrenze	$p = 1980$	1990	2810	2250
Streckgrenze	$s = 2880$	2580	3360	2760
Zugfestigkeit	$z = 4340$	4260	4500	4210
Bruchdehnung auf $l = 10$ cm	$\delta = 32,6$	34,3	33,2	35,1 %
" $l = 20$ "	$\delta = 24,9$	27,8	27,1	27,9 %
Kontraktion	$c = 63,8$	59,3	59,5	62,9 %
Arbeitskapazität	$a = 1,06$	1,18	1,22	1,16 cm tn

Schweißeisen	Rundfeisen	Stabfeisen	Universaleisen	Winkeleisen
Elastizitätsmodul	$E = 1987000$	2011000	2095000	1987000 kg pro qcm
Proportionalitätsgrenze	$p = 1490$	1560	2130	1700
Streckgrenze	$s = 2420$	2310	2730	2330
Zugfestigkeit	$z = 3780$	3650	3790	3450
Bruchdehnung auf $l = 10$ cm	$\delta = 21,2$	17,9	16,4	12,0 %
" $l = 20$ "	$\delta = 18,6$	16,0	15,1	10,7 %
Kontraktion	$c = 28,7$	21,4	17,3	12,6 %
Arbeitskapazität	$a = 0,70$	0,60	0,58	0,42 cm tn

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

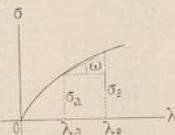
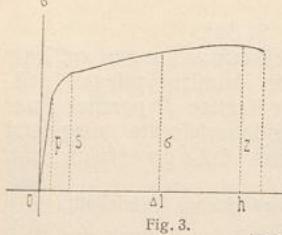


Fig. 2.

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



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 Bauschinger bei Versuchen mit dem auch in den Artikeln über Druckelastizität, Biegungselastizität, Torsionselastizität, Schubfestigkeit vorgeführten Ternitzer Bessemerstahl erhielt [5]. Die Versuchsfüllen waren speziell zu diesem Zwecke von gleicher Gattierung, aber verschiedenem Spiegeleisenzusatz hergestellt.

Tabelle I. Ternitzer Bessemerstahl.

Kohlenstoff %	Elastizitätsmodul $E$ kg pro qcm	Elastizitätsgrenze kg pro qcm	Zugfestigkeit $z$ kg pro qcm	$z$ berechnet f. Zugfestigkeit	Bruchdehnung $\delta$ 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 Bauschingers (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  $\lambda$  schneller als die Spannungen  $\sigma$  wachsen. Wird für solche Fälle anstatt  $E$  ein Mittelwert  $E'$  eingeführt, welcher von  $\sigma=0$  bis  $\sigma=z$  die gleiche Dehnung  $\lambda$  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  $E' = \frac{\sigma}{\lambda} = \operatorname{tg} \psi$ . Aus 3. findet beispielweise nach den in Tabelle II angeführten mittleren Versuchsresultaten Hodgkinsons für Gußeisen von 0 bis  $\sigma$  die Werte von  $E'$  der fünften Kolumne berechnet, während sich die Werte der letzten Kolumne ergeben, wenn in 3. anstatt der elastischen die vollständigen Verlängerungen verwendet werden, wie dies früher häufig geschah. Die gewöhnlich zugelassenen  $\sigma$  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 $\sigma$ , kg pro qcm	Verlängerungen in cm pro m			Mittlerer Elastizitätsmodul $E'$ von 0 bis $\sigma$ kg pro qcm	Mittlerer Verlängerungsmodul $E'$ von 0 bis $\sigma$ 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

Anstatt von 0 bis  $\sigma$  kann man auch für andre Intervalle, von Anfangswerten  $\sigma_a, \lambda_a$  bis zu Endwerten  $\sigma_e, \lambda_e$  der Größen  $\sigma, \lambda$  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

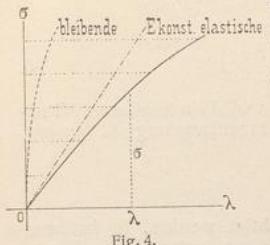


Fig. 4.

in Fig. 5  $E' = \frac{\sigma_e - \sigma_a}{\lambda_e - \lambda_a} = \tan \omega$ . Nach 4. find

z. B. die Werte der letzten Kolumne von

Tabelle III berechnet,

welche Versuchsergebnisse

Bachs mit einem Stab

von 10,5/14,07 cm Quer-

schnitt aus feinkörnigem

blauem Granit von Eden-

feld in Bayern wieder-

gibt, dessen Druckfestig-

keit 1006 kg, Biegungsfestigkeit 83 kg, Torsions-

festigkeit 77,6 kg und Zugfestigkeit 45,4 kg waren [20], S. 247. Jede Belastung und volle Ent-

lastung wurde so oft wiederholt, bis keine Änderung der Verlängerungen mehr eintrat.

Tabelle III. Granit (Fig. 6).

Belastung pro qcm $\sigma$	Verlängerungen in 1/1200 cm auf 50 cm Meßlänge			Mittlerer Elastizitätsmodul $E$ in kg pro qcm	
	vollständige	bleibende	elastische	von 0 und $\sigma$	zw. d. 2 letzt. $\sigma$
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 zufammengehörigen Dehnungen  $\lambda$  auch die elastische Nachwirkung (f. Bd. 3, S. 378) hervortritt. Die  $E'$  sind auf Grund der sofort erhaltenen  $\lambda$  berechnet.

Tabelle IV. Kautschuk (Fig. 7).

Belastung kg pro qcm $\sigma$	Dehnungen $\lambda$	Mittlerer Elastizitätsmodul $E'$ kg pro qcm		
		sofort	nach einiger Zeit	von 0 bis $\sigma$
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

Bei Beton kommt für die Elastizität und Festigkeit sowohl der Wafferzufatz 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% Wafferzufatz durchgängig größer als bei 14%. Den Einfluß des Alters auf den Zugelastizitätsmodul bei Probekörpern der Zusammensetzung 1:3 mit 14% Wafferzufatz läßt Tabelle V erkennen. Die  $\lambda, E'$  des 3 Monate alten Betons sind Mittel aus je drei Versuchen, die  $\lambda, E'$  des 2 Jahre alten Betons wurden für je einen Probekörper erhalten.

Tabelle V. Beton.

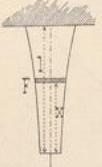
Beanspruchung kg pro qcm	3 Monate alt			2 Jahre alt		
	Dehnung $\lambda = \frac{\Delta l}{l}$	$E'$ von 0 bis $\sigma$	$E'$ zwischen den 2 letzten $\sigma$	Dehnung $\lambda = \frac{\Delta l}{l}$	$E'$ von 0 bis $\sigma$	$E'$ zwischen den 2 letzten $\sigma$
1,6	0,000007	230 000	230 000	0,0000047	340 000	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	303 000
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  $d x$  konstant (Fig. 8), dann gilt nach 1. für diese Länge:

$$d\sigma = E d(d\lambda) = E \frac{d(dx)}{dx}, \quad dP = EF d(d\lambda) = EF \frac{d(dx)}{dx}, \quad 5.$$

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

$$\Delta l = \int_0^l \frac{d(x)}{F} \int_0^x \frac{P dP}{E}. \quad 6.$$



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

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

Fig. 8. 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 der 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 lebender Kraft nach außen, Umwandlung in Wärme u. f. w. rasch abnehmen, bis die den obigen Längenänderungen  $\Delta l$ ,  $\lambda l$  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] Bauschinger, Versuche über die Festigkeit des Bessemerstahls 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 elasti. Körper, Leipzig 1884, S. 119, 210 u. f. w. (auch Aufgaben dazu, Leipzig 1885, S. 75, 121, 254, 257, 277 u. f. w.). — [10] Bauschinger, Ueber die Veränderung der Elastizitätsgrenze und der Festigkeit des Eisens und Stahls durch Strecken und Quetschen, durch Erwärmen und Abkühlen und durch oftmals wiederholte Belastung, Münchener Mitteil. XIII, 1886. — [11] Winkler, Die hölzernen Brücken, Wien 1887, S. 13. — [12] Bach, Elastizität von Treibriemen und Treibseilen, Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1887, S. 221, 241. — [13] Bauschinger, Versuche über die Elastizität und Festigkeit von Treibriemen, Seilen und Ketten, Münchener Mitteil. XVII, 1888. — [14] Weyrauch, Die Festigkeits-eigenschaften und Methoden der Dimensionierung von Eisen- und Stahlkonstruktionen, Leipzig 1889. — [15] Tetmajer, Methoden und Refutate der Prüfung der Festigkeitsverhältnisse des Eisens und anderer Metalle, Mitteil. d. Anstalt zur Prüfung von Baumaterial 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 Oesterr. Zeitschr. f. Berg- u. Hüttenwesen 1892). — [17] Rudolff, 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-, Biegungs- und Schubfestigkeit sowie in Hinblick auf Zug-, Druck- und Biegungselastizität; 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 Materialkunde für den Maschinenbau, Berlin 1898, S. 17. — [23] Bach, Ermittlung der Zug- und Druck-elastizität an dem gleichen Veruchskörper, Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1898, S. 35. — [24] Föppl, 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 Probefläche auf die Ergebnisse der Zugverfuge, Mitteil. d. technol. Gewerbemuseums in Wien, 1902, S. 91 (Refultate S. 132). — [31] Bach, Die Elastizitäts- und Festigkeitseigenschaften der Eisenarten (Schweißeisen, Flußeisen, 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] Dörf., Elastizität und Festigkeit, Berlin 1905, S. 1, 91. — [36] Keck-Hotop, Vorträge über Elastizitätslehre, I, Hannover 1905, S. 49. — [37] Wüllner, Lehrbuch der Experimentalphysik, I, Leipzig 1907, S. 218. — [38] Mörsch, Der Eisenbetonbau, Stuttgart 1908, S. 25. — S. a. Zugfestigkeit, Zug, exzentrischer, Körper von gleichem Widerstande, Elastizitätsgefüge, Elastizitätsmodul, Elastizitätsquotient, Elastizitätsgrenze, Elastische Nachwirkung, Elastizitäts- und Festigkeitslehre u. f. w.

### Zugentgleitung, -eingleitung, f. Leitschienen, Schutzschienen.

**Zug, exzentrischer.** Bei Behandlung deselben 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 Stabenden in gleicher Weise angeordnet sind, so daß auch gleiche Biegemomente dafelbst entstehen. Letztere seien durch  $M=Pc$  bezeichnet, wobei  $c$  nicht allgemein einen unmittelbar angebaren Hebelarm darstellt, sondern auch von der Anordnung der Stabenden abhängt und zunächst unbekannt ist. Die Biegungen sollen nur elastisch und so klein sein, daß  $\cos \varphi = 1$  gesetzt werden kann, unter  $\varphi$  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 Achsschicht 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 Achsschicht (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  $\sigma$  am ganzen Stab für  $x=0$  und  $l$  in den äußersten Querschnittselementen nach der Richtung der positiven  $y$  (den untersten in Fig. 1), wo  $y=0$ ,  $v=a$ ,

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

Der größte Druckwert oder kleinste Zugwert von  $\sigma$  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  $y=0$ ,  $v=-a'$ ,

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

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

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

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

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

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

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,  $\beta$  die Tangente des Neigungswinkels der deformierten Stabachse bei 0 ( $\operatorname{tg} \varphi$  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:  $y = c \left( 1 - \frac{e^{n-kx} - e^{-n+kx}}{e^n + e^{-n}} \right)$ ,  $\operatorname{tg} \varphi = c k \frac{e^{n-kx} - e^{-n+kx}}{e^n + e^{-n}}$ , während das Biegmomment bei  $x$  ausgedrückt ist:

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

Fig. 2. I. Frei drehbare Stabenden (Fig. 2). In diesem Falle ist  $c$  in  $M = P c$  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. Festgepannte Stabenden (Fig. 1, 3–6). Für solche hängt alles von der Art der Festsprbung ab. Wäre die Richtung der Stabachse bei  $x = 0$  und  $l$  vollkommen unveränderlich, so hätte man:  $\beta = 0$ ,  $c = 0$ ,  $\sigma = \sigma' = \frac{P}{F}$ ,

es fände überhaupt keine Biegung statt und die Kraft  $P$  wäre auf die Stabachse gleichmäßig verteilt. Dies trüfe auch bei nicht vollkommen unveränderlicher, aber symmetrischer Festsprbung zu (Fig. 3). Bei einseitiger Vernietung

der Füllungsglieder von Fachwerkträgern mit Knotenblechen, Stehblechen u. f. w. hat  $\beta$  immer dann einen sehr kleinen Wert,

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

finden unter sonst gleichen Verhältnissen größere  $\beta$  denkbar als im Falle von Fig. 5, so daß ein allgemeiner Ausdruck von  $\beta$  nicht gegeben werden kann. Durch geeignete Anordnungen läßt sich  $\beta$  stets nahe an Null bringen, worauf bei einseitigen Vernietungen besondere Sorgfalt zu ver-

wenden ist. Insbesondere soll die Befestigung nicht durch nur einen Niet oder nur eine Nietreihe (senkrecht zur Kraftrichtung) erfolgen. Sobald für einen Fall  $\beta$  durch Messung, Rechnung oder Schätzung bekannt wird, sind die obigen Formeln verwendbar.

Beispiel. Für eine Fachwerkdagonale aus Schweißeisen mit  $l = 600$  cm Länge, 30:1 cm Querschnitt und  $E = 2000000$  kg pro Quadratzentimeter 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  $7^\circ$ ):  $c = 1/30$  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 Festsprbung der Enden unberücksichtigt lassen, also beispielsweise an Stelle des Trägers mit festgepannten 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 Verlaschung oder von Ueberlappungsnietungen, Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1892, S. 553. — [4] Engefer, Die Zufatzkräfte 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 (I. S. 58). — [6] Weyrauch, Ueber exzentrische Zugbeanspruchung von Fachwerkfläben, Zeitschr. f. Architektur u. Ingenieurwesen 1899, Wochenausgabe, S. 249. — [7] v. Tetzlaff, Die angewandte Elastizitäts- und Festigkeitslehre, Wien und Leipzig 1904, S. 360. — [8] Föppl, Die elastische Formänderung von Gußleistenstäben 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 s. 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 Quadratzentimeter, 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 Einfassung (s. Zugversuch) auch Form und Größe des Querschnitts von Einfluß sein könnten. Mit wachsendem Querschnitt wäre eher eine Abnahme zu erwarten, was manche Versuche bestätigten, 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 dünnen, und überhaupt bei größeren Querdimensionen etwas größer als bei kleinen. Alle diese Unterschiede sind jedoch sehr gering und werden durch zufällige, von Materialungleichheiten herrührende weite übertroffen. b) Die Zugfestigkeit wird von der Querschnittsform nicht beeinflußt. c) Die Kontraktion des Bruchquer schnitts ist bei Flachstäben von der Form und Größe des Querschnitts unabhängig. Dicke Rundstäbe liefern etwas kleinere Kontraktion als dünnere, doch ist der Unterschied nicht bedeutend. d) Die Bruchdehnung  $\delta$  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 Probefläbe 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  $\delta$  zu ermitteln, daß auf jedem Bruchstück, 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 Probeflächen sorgfältig 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 (s. 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. s. w. durch verschiedene Beimengungen beeinflußt und durch Walzen, Hämmern, Strecken, Härteln, 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 Gehalt von Kohlenstoffgehalten (innerhalb gewisser Grenzen) die Zugfestigkeit zu, Bruchdehnung und Kontraktion ab. Die in der Kolumne 5 der Tabelle angeführten Versuchswerte beispielsweise werden annähernd durch die Formel  $z = 4350(1 + K^2)$  mit  $K$  Prozentgehalt Kohlenstoff wieder gegeben [8], S. 63, wie der Vergleich mit Kolumne 6 zeigt. Ueber die Zugfestigkeit bei hohen und niedrigen Temperaturen s. [10], [18], [20], [21], [26], [29], [36], über häufig wiederholte Anstrengungen Arbeitsfestigkeit, Dauerversuche.

Material	Elastizitätsmodul $E$	Elastizitätsgrenze (f. d.) $p$	Zugfestigkeit $z$	Bemerkungen
<b>Eisen und Stahl:</b>				
Schweißeisen	2000000	1300—1600	3300—3800	
-Draht			5000—8000	
Flußeisen	2150000	1800—2300	3400—4500	
-Draht			6500—8500	
Flußstahl	2200000	2200—5000	4500—10000	
-Draht			6500—20000	
Stahlguß	2150000	> 2000	3500—7000	
Gußeisen	1000000—700000		1000—2000	
<b>Andere Metalle:</b>				
Kupfer	1100000	200—400	2000—3000	
-Draht	1300000	1200	3000—5000	
Messing	650000	500	1200—2000	
-Draht	1000000	1300	3000—5000	
Geschützbronze	1100000	300	3000	
komprimiert		900	3100	
Manganbronze, 10% Guß		1500	2500	
Phosphorbronze		2800	2400—4000	
Oerlikoner Bronze			4400—5600	Nr. A, überschmiedet.
Aluminiumbronze	1100000—1300000	500—800	3600—5600	
Deltametall, gewalzt, hart	1000000	1900—2300	5000—6000	Draht $z = 9800 \text{ kg}$ .
gegossen			3400—3600	
Duranamettal, Guß			3700	
Aluminium	675000—775000	800—1000	1000—2000	
-Draht		1000—2000	2000—5000	
Zink, Blech und Draht	150000		1300—1900	
Guß			200—500	
Zinn	400000		300—350	
Blei, weich	50000		100—130	
Hartblei			300	
<b>Baumaterial:</b>				
Fichte und Kiefer, Kern	45000—120000		200—400	
Umfang	80000—140000		700—1200	
Eiche	100000—130000		300—1000	
Buche	100000—180000		200—1400	
<b>Bausteine u. f. w.:</b>				
Granit	200000—50000		20—80	
Dolomit	400000—200000		15—50	
Kalkstein	200000—80000		20—80	
Sandstein	200000—20000		10—40	
Ziegel			6—20	
Beton	300000—100000		10—25	
Portlandzement, rein			65	Je nach Mischung, Alter, Wasserzufatz, Spannung.
Normenmörtel (1:3)			16	
Romanzement, rein			20	
Normenmörtel (1:3)			10	
Schlackenzement, rein			35	
Normenmörtel (1:3)			16	Zement und Kalk ein- gestampft; 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.
Hydraulischer Kalk			12	
Normenmörtel (1:3)			6	
Gips			6—12	
Glas	550000—750000		100—300	
<b>Sonstige Stoffe:</b>				
Lederriemen (Crownleder)	1000—2000		300—500	
Gummittreibriemen	500—2000		150—300	
Manila- u. Schleißhanfseil	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 letzterem gleichmäßig verteilte Kraft  $P$  in der Achsrichtung ergriffen ist, beträgt die Beanspruchung pro Flächeneinheit von  $F$ :

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

Hiernach ist  $\sigma$  um so größer, je kleiner  $F$ , also der Bruch im kleinsten Querschnitt zu erwarten. Bei konstantem  $F$  wären die  $\sigma$  aller Querschnitte gleich groß, 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  $\sigma$  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 (Kefelbleche, 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, Unterforschungen über die Beziehungen zwischen der Zugfestigkeit von Drahtteilen und deren Konstruktion und Material, Mitteil. der Versuchsanstalten in Berlin, VII, 1889, S. 128 (auch XV, 1897, S. 137). Hanfseile f. XI, 1893, S. 89; XII, 1894, S. 1; XVI, 1898, S. 220. — [10] Martens, Unterforschungen 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 Probekläbe auf die Ergebnisse der Zerreißverfiche, Münchener Mitteil., XXI, 1892. — [14] Kintzler, Lang- und Querproben bei Flußeisen, „Stahl und Eisen“ 1892, II, S. 686. — [15] Koch, Die natürlichen Bausteine Deutschlands, Berlin 1892. — [16] Voigt, Zerreißfestigkeit von Steinsalz, 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. Oeff. 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, Martintafahl, 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 Materialienkunde für den Maschinenbau, Berlin 1898, S. 17. — [24] Rudeloff, Ueber den Einfluß der Wärme, chemischen Zusammensetzung und Bearbeitung auf die Festigkeitseigenschaften von Kupfer, Berliner Mitteil. 1898, XVI, S. 171. — [25] Krüger, Handbuch der Baustofflehre, Wien, Pfeff, 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] Mörsch, 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.

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

Für jede Blockstrecke (f. Blockeinrichtungen und Eisenbahnbetrieb VII) ist nur ein besonders gefalteter 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 Lotzen (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 Fahrtrichtungen miteinander abwechseln, hilft man sich so, daß die im Besitz des Zugstabes befindliche Abfahrtstation bzw. der auf der Abfahrtstation befindliche Lotse 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 Lotzen begleitet wird. Die hierin liegende Unvollkommenheit und Unsicherheit wird vermieden durch das elektrische Zugstabsystem. 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 Fahrtrichtung. 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 Überführung zum andern Ende der Blockstrecke dem andern Behälter einzufügen. Um auf Zwischenblockstellen die Zugfläche ohne Anhalten der Züge auswechseln zu können, hat man besondere Austrauchvorrichtungen gebaut. Fernere Vervollkommenungen machen die Signalsstellung vom Zugstabsystem abhängig.

Das verbreitetste Zugstabsystem ist das von Webb & Thompson. Statt der Zugfläche verwendet man auch runde Scheiben (Zugtafeln, Train tablets). In England ist für eingleisige Bahnen die Verwendung des einfachen Zugstabsystems oder eines elektrischen Zugstab- oder Zugtafelsystems vorgeschrieben. Auch in anderen Ländern sind diese Systeme viel verwendet, dagegen nur ausnahmsweise in Deutschland. Neuerdings ist von Martin (Dresden) eine Einrichtung angegeben worden, bei der die beiden Zugstabbehälter 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 Betriebsicherheit größer und die Unterhaltskosten 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 Zugstabwerk, Dingl. Polytechn. Journ., Bd. 323, Heft 13. — [4] Derf., Das Zugstabwerk 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 Fachwerkträger 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 Brückengelenken zieht man es jetzt vor, auch die Zugstäbe steif auszubilden oder den aus Flacheisen bestehenden Stab wenigstens durch aufgenietete Formeisen auszusteifen. *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 fortwährender Belastung und nach dem Bruch sowie die Verminderung des Querschnittes (Kontraktion) an der Bruchstelle. Die Probefläbe für den Zugversuch unterscheidet man, abgesehen von Sonderuntersuchungen an Drähten, Seilen und Riemens, bei denen die Prüfung an nicht weiter zugerichteten Ab schnitten 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 Verbande 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 Einfassung in die Zerreißmaschine dienen (Einspannvorrichtungen) überführen bei den Normalrundstäben konische Strecken und bei den Flachstäben Hohlkehlen mit hinreichend großem Halbmesser zu dem mittleren zylindrischen oder prismatichen Stabteil. Seine Gesamtlänge ( $l_g$ ) heißt Versuchslänge oder Gebrauchslänge. Auf ihr wird vor dem Versuch durch 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 beprechenden Meßverfahrens mit Unterteilung versehen [28], [29], [53]. Die Abstände ( $l_1$ ) ihrer einzelnen Marken nennt man Teilstrecken oder Teilstreckenlängen. Die Beziehungen zwischen den jeweiligen Belastungen (Kräften) und zugehörigen Formänderungen des Probekörpers werden durch Schaulinien dargestellt. Sie werden entweder durch punktweises Auftragen der von der Festigkeitsprobiermaschine angezeigten Belastung als Ordinate und der zugehörigen, mit besonderem Meßapparaten festgestellten Formänderung, der Dehnung beim

Zugversuch, als Abszissen erhalten oder von der Festigkeitsprobiermaschine mit Schreibapparat

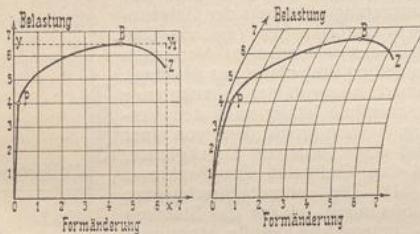


Fig. 3.

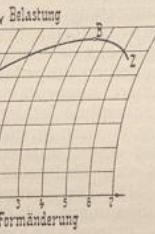


Fig. 4.

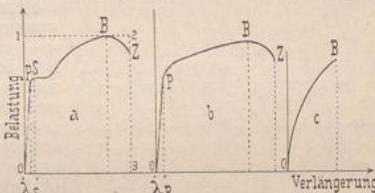


Fig. 5.

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 Eigenarten verschiedener Materialien an Hand der Schaulinien in Vergleich stellen zu können, sind entweder alle Versuche mit Probekörpern 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 stofflich und dasjenige mit der Schaulinie größter Länge in der Richtung der Abszisse das formänderungsfähigste.

Den verschiedenartigen Verlauf der Verlängerung bei fiktiv fortwährender 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  $\lambda_P$ . Sie ist für die Längeneinheit des Stabes nur gering, und daher kann die Proportionalitätsgrenze an den gebräuchlichen kurzen Probekörpern 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 Abszissenachse 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  $\lambda_s$ . Beim Versuch ist eine derartig scharf ausgeprägte Streckgrenze leicht an folgenden Erscheinungen zu erkennen: 1. Bei gleichbleibender Arbeitsgeschwindigkeit des Spannwerkes der Festigkeitsproberaumchine erfordert die Steigerung der Belastung um die die Streckgrenze umfassende Laufstufe erheblich mehr Zeit als die vorhergehenden Laufstufen. 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 rauh 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 Fortsetzung 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% feiner ursprünglichen Länge noch nicht erreicht. — E. Räsch [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 angegeschlossenes 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

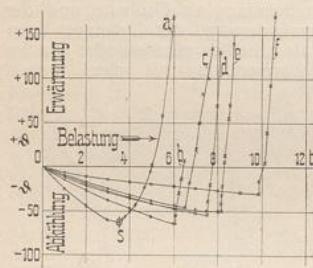


Fig. 6.

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 geglühten Material größer als bei dem ungeglühten. 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 I-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 fortsetzt und daß hierauf alle Querschnitte zunächst gleichmäßig an der Verlängerung des Stabes teilnehmen [5] (s. 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 „schnürt 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 Abszissenachse 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 ( $\xi$ ). Um die an Stäben von verschiedenen Abmessungen ermittelten Ergebnisse im Vergleich stellen zu können, hat man die Belastungen auf die Einheit des Stabquerschnittes und die Verlängerungen  $\lambda$  auf die Einheit der Meßlänge ( $l$ ) umzurechnen, d. h. an Stelle der Belastungen die Spannungen ( $\sigma$ ) 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

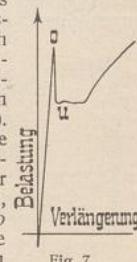


Fig. 7.

abgegrenzte Fläche die spezifische Zerreißungsarbeit ( $a = A : J$ ) für die Einheit (emm oder ccm) der Stabmaße ( $J$ ) innerhalb der Meßlänge. Der Völligkeitsgrad ( $\xi$ ) ist für Materialien gleicher Gattung konstant [14]; daher kann man an Stelle der Flächen  $a$  auch die Fläche des umschriebenen Rechtecks ( $a : \xi = \sigma_B \cdot \varepsilon_Z$  = Bruchspannung mal Bruchdehnung) unmittelbar vergleichen. Bei technischen Untersuchungen wird die Dehnung in der Regel nicht auf die Längeneinheit bezogen, sondern in Hunderterteilen der Meßlänge angegeben. Die prozentuelle Dehnung  $\delta$  ist dann:  $\delta = 100 \lambda : l$ . Ebenso wird auch die Querschnittsverminderung ( $q$ ) an der Bruchstelle in Hunderterteilen 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 Wöhler'sche [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 Zerreißungsarbeit 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 Zerreißversuches beeinträchtigen, sind:

1. Die Art der Entnahme und Zurichtung der Proben. Die Entnahme hat auf kaltem Wege mit Hilfe schneidender Werkzeuge, am besten mittels Kaltäge oder auf der Hobelmashine zu erfolgen. Mit der Schere abgeschnittene Blechstreifen sind unter der Presse oder mittels weicher Hämmer kalt gerade zu richten und längs der Schnittkanten abzuarbeiten, um den Einfluß des Scherenchnittes [24] zu beseitigen. Zerreißproben aus größeren Schmiedestücken [25] und Gußstücken 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 Rundplatte 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 Blocks getrieben wurden. – Flachstäbe von der Dicke des Walzstückes (z. B. aus Blechen, Flacheisen u. s. 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 Walzstücken ist zwischen Längs- und Querproben zu unterscheiden. Die ersten haben beim Schweißen erheblich größere Festigkeit und Dehnung als die Querproben; beim Flußfeisen ist der Einfluß der Walzrichtung auf die Festigkeit wechselnd, die Dehnung aber stets für die Querproben geringer. Am größten ist der Unterschied für Universaleisen, geringer für Formeisen und Bleche [31]–[33]. Ausglühen der Proben ist nur zulässig, wenn das Material in geglühtem Zustand Verwendung finden soll [20], [27], [33], [34].

2. Die Stabform. Ihr Einfluß auf das Versuchsergebnis setzt sich zusammen aus der Wirkung der stärkeren Stabköpfe und dem Einfluß der Größe des Querschnittes und der Meßlänge. Die stärkeren Stabköpfe behindern durch die auswärts gerichteten Seitenspannungen die Querschnittsverringerung 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 Übertragung 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. Übereinstimmende Werte erhält man nach Lebauféur und Marié [40] und nach Barba [10] mit verschiedenen Stabformen bei demselben Material dann, wenn die Stäbe in allen Teilen geometrisch ähnlich sind [41]. – Nach Bauschinger bleiben die ermittelten Dehnungswerte in allen Fällen vergleichbar, wenn sich die Meßlängen wie die Wurzeln aus den Querschnitten 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].

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



Fig. 9.

Fig. 8.

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 finden daher von der Messung der Dehnung zwischen den beiden Endmarken auszuschließen [28]. Um dem Uebelstande, 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 (Fig. 10). Ist der Bruch nun z. B. in dem vierten Teilsinterval, 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  $\delta = 100 \cdot (\frac{2}{l} - 1)$ :  $l$  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 Teilsintervalle 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 Einführung beeinflußt wird. Die Unterteilungen werden entweder mit Körnerzirkel eingeschlagen oder mittels

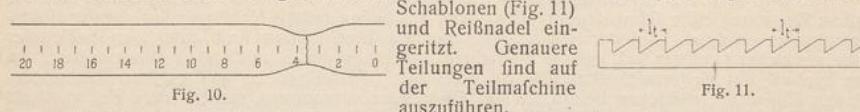


Fig. 10.

Fig. 11.

Schablonen (Fig. 11) und Reißnadel eingetragen. Genauere Unterteilungen sind auf der Teilmaschine auszuführen.

4. Einfluß der Versuchsdauer [17], [46]–[48]. Bei jeder Laststeigerung ist eine gewisse Zeit erforderlich, damit der Probestab 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 Festigkeitsseigenschaften von Eisen und Stahl, Weimar 1870. — [2] Trescà, Sur l'écoulement des corps solides, Savant étrangers, Bd. XIII, S. 756. — [3] Vavra, Ueber einige Fließerscheinungen bei Zerreißversuchen von weichen Eisenforten, 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] Kirsch, 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 Eisenbahnmateriel, ebend. 1890, Ergänzungsheft II. — [7] Kirkaldy, Strength and properties of materials, London 1891. — [8] Hartmann, Distribution des déformations sans les métal 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] Glaßers 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] Wochenfchr. 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] Wochenfchr. 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 Unterluchungsmethoden, 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] Glaßers 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 Bruchausfeins 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 Flüßeifens, 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.

Rudeloff.

### Zuhaltung, f. Schloß, Bd. 7, S. 732.

**Zulässige Beanspruchung** (zulässige Spannung) auf Zug, Druck u. f. w. heißt in der Ingenieurmechanik diejenige rechnungsmäßige 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, Biegungsfestigkeit, 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 rechnungsmäßigen 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 ungünstigsten 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. Hierach 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, Verschwächungen, Temperatureinflüsse u. f. w.) und daß leichter unkontrollierte Überlastungen vorkommen (Speicher u. f. w.). Tabelle I gibt die von der Berliner Baupolizei [42] und die nach Aufstellungen des Österreichischen 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 Versuchsresultaten 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 Annahmen und Versuchsresultaten Bauschingers über die Elastizitätsgrenze (Landsberg, Häfeler u. f. w.). Sie führen jedoch alle zu ähnlicher Veränderlich-

Tabelle I. Hochbau.

Material	Zug, kg pro qcm Berlin	Zug, kg pro qcm Wien	Druck, kg pro qcm Berlin	Druck, kg pro qcm Wien
Schweißeisen und Flußeisen . . . . .	750	1000	750	1000
(Schub: Berlin 600, Wien 800)				
Flußeisen . . . . .	875*)	1000	875*)	1000
Gewölbtes Eisenblech . . . . .	500		500	
Eifendraht . . . . .	1200			
Gußeisen . . . . .	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, festes 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 Flußeisenstäben genau berechneter zusammengefügter Konstruktionen lässt die Berliner Baupolizei 1000 kg pro Quadratzentimeter zu.

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

Verfahren	Formel	$\psi_0$	$\psi = 0$	$\psi = \frac{1}{4}$	$\psi = \frac{1}{2}$	$\psi = \frac{3}{4}$	$\psi = 1$
Früher allgemein	$k = \text{Const.}$	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	$\frac{\psi + 1}{2}$	646	795	997	1270	1600
		1	680	845	1066	1328	1600
		$\frac{\psi}{2}$	592	692	832	1044	1400
Winkler, ähnlich Sachsen	{ $k = \frac{770}{1,3 - 0,585\psi - 0,165\psi_0}$	$\frac{\psi + 1}{2}$	632	733	871	1074	1400
		1	678	779	914	1106	1400
Lippold	{ $k = \frac{1300}{2 - \psi}$	beliebig	650	743	867	1040	1300
		$\frac{\psi}{2}$	700	764	840	933	1050
Landsberg	{ [13], [18], S. 199	$\frac{\psi + 1}{2}$	790	884	933	988	1050
		1	908	1018	1050	1050	1050
		$\frac{\psi}{2}$	672	709	749	793	842
Häfeler	{ [17], [18], S. 208	$\frac{\psi + 1}{2}$	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
Engeffer (für Spannweiten über 20 m, [28])	{ $k = \frac{1800}{3 - \psi - 0,2\psi_0}$	$\frac{\psi + 1}{2}$	600	666	750	857	1000
		1	620	686	766	867	1000
		$\frac{\psi}{2}$	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 Schweißseifen zeigen. Wenn also die Dimensionen unter Berücksichtigung der sonst in Betracht kommenden Verhältnisse (vgl. Dimensionenberechnung) nach einem vorsichtigeren dieser Verfahren bestimmt werden, so pflegen sie auch nach den andern zu genügen. Demgegenüber trüge die früher allgemein üblich gewesene Wahl einer immer gleichen zulässigen Beanspruchung  $k$  nicht einmal dem Umstande Rechnung, daß die Verkehrslast bei Eisenbahnbrücken rasch und ungünstigstens (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 gewogene 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 getestzt 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  $\psi$  meist nicht über  $\frac{1}{2}$  hinausgeht, was bei Beurteilung der Zahlen in Betracht kommt. Alle Zahlen bedeuten Kilogramm pro Quadratzentimeter.

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

Verfahren	Formel	$\psi_0$	$\psi = 0$	$\psi = -\frac{1}{4}$	$\psi = -\frac{1}{2}$	$\psi = -\frac{3}{4}$	$\psi = -1$
Früher allgemein	$k = \text{Const.}$	beliebig	700	700	700	700	700
Aeltere amerik. Regel	$k = \frac{700}{1-\psi}$	*	700	560	467	400	350
Schäffer (nach Gerber), ähnlich Bayern	{ [3], [18], S. 171	$\psi$	646	538	459	399	351
		0	646	550	469	406	356
		1	704	572	474	404	351
Winkler, ähnlich Sachsen	{ $k = \frac{770}{1,3 - 0,585\psi - 0,165\psi_0}$	$\psi$	592	518	460	413	376
		0	592	556	523	495	408
Lippold	$k = \frac{1300}{2-\psi}$	beliebig	650	578	520	473	433
Landsberg	{ [13], [18], S. 199	$\psi$	700	614	541	493	448
		0	700	646	600	560	525
		1	700	820	659	533	448
Häfeler	{ [17], [18], S. 204	$\psi$	672	579	500	432	373
		0	672	588	504	420	336
Tetmajer	$k = 600 + 350\psi + 80\psi^2$	beliebig	600	518	445	383	330
Engesser (für Spannweiten über 20 m [28])	{ $k = \frac{1800}{3-\psi-0,2\psi_0}$	$\psi$	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 finden vielfach in Gebrauch [28]. Für Schub pflegt im Brückenbau bei Schweißseifen und Flusseisen etwa vier Fünftel der gebräuchlichen Beanspruchungen für Zug zugelassen zu werden. Vgl. Schubfestigkeit, Bd. 7, S. 819, und Nietverbindungen, Bd. 6, S. 626, auch Torsionfestigkeit, 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 Flüsseifen	wenn $l =$	20	40	80	120	160	200 m
ohne Rücklicht auf Winddruck bis zu	$k =$	850	900	950	1000	1050	1100 kg/qcm
mit	$k =$	1000	1050	1100	1150	1200	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  $l < 10$  m Spannweite kann bei Flüsseifen bis  $k = 800$  kg, bei Schweißeisen bis  $k = 750$  kg pro Quadratzentimeter 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 Flüsseifen bis 750 kg, bei Schweißeisen bis 700 kg pro Quadratzentimeter beansprucht werden. Wenn die Schienen ausnahmsweise unmittelbar oder mittels eiserner Unterlagsplatten auf den Längsträgern liegen, so sind letztere bei Flüsseifen nur bis 700 kg, bei Schweißeisen nur bis 650 kg pro Quadratzentimeter zu beanspruchen. Das gleiche gilt von Querträgern, wenn sie in Ermangelung von Längsträgern die Schienen unmittelbar tragen. In betreff der Wind- und Eckverbände, Nietverbindungen, Nebenfassungen f. [34], S. 304. Im übrigen ist die Wahl des Rechnungsverfahrens und der Querschnittsermittlung freigestellt.

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

Tabelle IV. Brückenbau (Österreich).

Für die Stabkräfte				Beanspruchungen $k$ , kg pro qcm	
				Flüsseifen	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
" "	$l = 10$ " 20 "	.	.	760 + 4 l	700 + 2 l
" "	$l = 20$ " 40 "	.	.	800 + 2 l	700 + 2 l
" "	$l = 40$ " 80 "	.	.	840 + l	720 + 1,5 l
" "	$l = 80$ " 120 "	.	.	840 + l	700 + l
" "	$l = 120$ " 160 "	.	.	840 + l	820 + 0,5 l
bis höchstens				1000	900
b) Beanspruchung auf Abscheren				600	500
c) Beanspruchungen der Niete auf Abscheren				700	600
", Lochwand				1600	1400
II. Unter Berücksichtigung aller Einflüsse:					
a) Beanspruchungen auf Zug und Druck				1200	1000
b) Beanpruchung auf Abscheren				700	600
c) Beanspruchungen der Niete auf Abscheren				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	Flüsseifen	Flußstahl	Stahlguss	Federstahl, gehärtet	Guss-eisen
Zug . . . .	$\psi = 1$	900	900	1200	1500	600
	$\psi = 0$	600	600	800	1000	400
	$\psi = -1$	300	300	400	500	200
Druck . . . .	$\psi = 1$	900	900	1200	1500	900
	$\psi = 0$	600	600	800	1000	600
Biegung . . . .	$\psi = 1$	900	900	1200	1500	750
	$\psi = 0$	600	600	800	1000	500
	$\psi = -1$	300	300	400	500	250
Schub . . . .	$\psi = 1$	720	720	960	1200	480
	$\psi = 0$	480	480	640	800	320
	$\psi = -1$	240	240	320	400	160
Torsion . . . .	$\psi = 1$	360	600	840	900	480
	$\psi = 0$	240	400	560	600	320
	$\psi = -1$	120	200	280	300	160

Im Maschinenbau herrscht die größte Mannigfaltigkeit angreifender Kräfte wie sonstiger Einflüsse und Rücksichten, 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 zuverlässigeren 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 der selben oberen Grenze,  $\psi = -1$  beliebig oft wiederholten Beanspruchungen zwischen zwei gleichgroßen Grenzwerten entgegengesetzten Sinnes (vgl. Arbeitsfestigkeit, Bd. 1, 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 befonders geeigneter Beschaffenheit hergestellt wird, kann je nach den Verhältnissen mehr oder minder darüber hinausgegangen werden. Näheres s. [40]. Für vorzügliches Schweißeisen (Feinkornerfeisen) können die Spannungen bis zu einem Drittel über die in der Tabelle angeführten hinausgehen. Die angegebenen höheren Werte für Flüsseisen 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. Dimensionierung, Biegefestsigkeit, Druckfestsigkeit, Knickfestsigkeit, Biegungsfestsigkeit, Schubfestsigkeit, Torsionsfestsigkeit, Mauerstärken.

Literatur: [1] Morin, *Résistance des matériaux*, Paris 1853, S. 54, 83, 119. — [2] Winkler, *Die Elastizitäts- und Festigkeitskoeffizienten*, Civilingenieur 1863, S. 405. — [3] Schäffer, *Bestimmung der zulässigen Spannung für Eifkonstruktionen*, Zeitschr. f. Bauw. 1874, S. 398 (f. a. Deutscher Bauztg. 1875, S. 385, 396; 1876, S. 516, 524; 1877, S. 498). — [4] Winkler, *Wahl der zulässigen Inanspruchnahme der Eifkonstruktionen*, Zeitschr. d. Oesterr. Ing.- u. Arch.-Vereins 1877, S. 45 (f. a. Wochenschr. 1877, S. 263). — [5] Lippold, *Die Inanspruchnahme von Eifen und Stahl mit Rückficht auf bewegte Last*, Organ f. d. Fortchr. d. Eifenzahnw. 1879, S. 22. — [6] Mohr, *Ueber die Verwertung der Wöhlerschen Versuche für die Querschnittsbefestigung der Eifkonstruktionen, 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. Verfuchsanstalten zu Berlin, II, 1884, S. 80. — [8] Krotin, *Ueber Dimensionierung von Eifkonstruktionen und über Wertziffern*, Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1885, S. 153. — [9] Laible und Schübler, *Zur Bestimmung der Festigkeitskoeffizienten von Eifbauten*, Zentralbl. d. Bauverw. 1885, S. 138 (vgl. [18], S. 197). — [10] Löwe, *Zur Frage der zulässigen Spannung*, Wochenschr. f. Baukunde 1885, S. 143, 152. — [11] Baker, *Vortrag über Dimensionierung 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 Eifkonstruktionen*, 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 Flüsseisen). — [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 Wöhlerschen 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 Festigkeitsseigenschaften und Methoden der Dimensionierung von Eif- und Stahlkonstruktionen*, Leipzig 1889. — [19] Engesser, *Ueber die Spannungszahlen bei Eifbauten*, Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1889, S. 324. — [20] Normen für die Berechnung der Belastung und Inanspruchnahme von Baumaterialien und Baukonstruktionen, Wochenschr. 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 Geripptäute der Vereinigten Staaten*, Zeitschr. d. Oesterr. Ing.- u. Arch.-Vereins 1893, S. 396, 410, 422, 497, 521 (Beanpr. S. 499). — [24] Bedingungen für die Lieferung von Eifkonstruktionen zu Brücken und Hochbauten der fächerischen Bahnen, Schweiz. Bauztg. 1894, XXIV, S. 32. — [25] Gerber, *Bestimmung der Querschnitte von Eifkonstruktionen*, 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 (Beanpr. S. 228). — [27] Ebert, *Ueber zulässige Beanspruchungen von Eifkonstruktionen*, Deutsche Bauztg. 1896, S. 13, 24, 35, 47, 95, 227 (vgl. [29]). — [28] Hauger, *Belastung und Berechnung eiserner Brücken*, Allgem. Bauztg. 1896, S. 110 (Insb. S. 114). — [29] Gerber, *Ueber die zulässige Beanspruchung der Eifkonstruktionen*, Deutsche Bauztg. 1896, S. 227 (f. a. Kräutle, S. 294). — [30] Bayer, *Handbuch zur Berechnung der im Hochbau vorkommenden Konstruktionen in Eif, Stein und Holz*, Wien 1896. — [31] Hauger, *Ueber zulässige Beanspruchungen von Eifkonstruktionen*, Deutsche Bauztg. 1898, S. 184, 189. — [32] v. Emperger

Die Tragfähigkeit von Ziegelmauerwerk, Zeitschr. d. Oesterr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1899, S. 665. — [33] Derf., Die zulässigen Inanspruchnahmen des Eifens 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-dienstl.). — [37] Denicke, Neuere Eisenbahnbrücken in Nordamerika, Zentralbl. d. Bauverw. 1906, S. 248, 267 (Beanspruchungen S. 248). — [38] Förster, Das Material und die statische Berechnung der Eisenbetonbauten, Leipzig 1907. — [39] Mörsch, Der Eisenbetonbau, Stuttgart 1908, S. 89, 92, 343, 356. — [40] Bach, Die Maschinenelemente, I, Leipzig 1908, S. 54, 94. — [41] Mehrtens, 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 Dachfuß gehörige Holzwerk, das in der Art, wie es zufammengehört, aufeinandergelegt ist; 2. ein Holzstück, das beim Furnieren geschweifter 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 Hammerschlag, Walzsinter bezeichnet wird.

**Zundererz**, f. Heteromorphit.

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

**Zungenvorrichtung**, f. Weichen.

**Zuppinger-Rad**, f. Waffermotoren, 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 (Dachfühle, Brücken u. f. w.), Temperaturänderungen (statisch unbeflümte Bogen u. f. w.), Bewegungen von Stützpunkten (durchlaufende Balken, statisch unbeflümten Bogen u. f. w.), Zentrifugalkräfte in Kurven und Seitenftöfe 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 herabzufsetzen. 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 gefonderte 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] Engeffer, 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; Eiserner Brücken, IV, Wien 1884. — [7] Fleck, Ueber die Beanspruchung der Fachwerksbrücken 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] Engeffer, Die Zusatzkräfte und Nebenspannungen eiserner Fachwerksbrücken, 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] Engeffer, 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] Zschetzsche, Das Fachwerk mit künstlich gespannten Gliedern, Civilingenieur 1895, S. 425. — [15] Riedenauer, Künstliche Spannungen in Eisenbrücken, Zeitschr. d. Ver. deutsh. 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 (Temperaturinflüsse, Ausweichen der Widerlager, künstlichen Horizontalschub). — [19] Mörsch, Nebenspannungen (nach obiger Definition Zufatzspannungen) in Brückengewölben mit drei Gelenken, Zeitfchr. f. Arch. u. Ingenieurwesen 1900, S. 193. — [20] Handbuch der Ingenieurwissenschaften, II, Der Brückenbau, 2. Abt., Leipzig 1901, S. 34, 39, 57, 65; Bd. 1, Leipzig 1904, S. 68, 136. — [21] Reißner, Schwingungsaufgaben aus der Theorie des Fachwerks, Zeitfchr. 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 einschlägigen Lehrbücher der Baumechanik Aufschluß. *Weyrauch.*

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

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

Kleinere Bestandteile werden mit Aufschlageisen oder Ausstanzmessern (f. Bd. 1, S. 412) unter geeigneten Preßern (Schrauben-, Kurbel- oder Exzenterpressen) ausgefertigt. 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 Philipson & Lefchner in Berlin (D.R.P. Nr. 2510) befehlt die senkrechte Welle, von der aus das Kreismesser mittels Kegelräder 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. Dalchow.

**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] Natafon, 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] Wüllner, 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, Zeitfchr. 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, Waals equation.

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

S. 108. — [11] Weinstein, 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 Änderungen 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 Koordinatenystem 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 schlechtheg (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 Änderung 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 Rückgang 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 Rückgang 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 Beginn 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 Übergang nur in der Richtung von der höheren zur niederen Temperatur erfolgen könnte (vgl. Temperatur). Unendlich kleine Verschiedenheiten, wie sie der Beginn des Übergangs 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, Isothermische, Isodynamische, Polytropische Zustandsänderung, Isodiabatische 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, Zerfallen u. f. w.) von Legierungen bzw. Lösungen aller möglichen Mischungsverhältnisse der Komponenten auftreten.

Durch gleichzeitige Angabe der Zusammensetzung (Zustand) der Legierungen innerhalb der durch die Temperaturkurven bestimmten Temperaturgrenzen erhält man durch das Zustandsdiagramm einen raschen Überblick 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.

Burmeister.

**Zwangshienen**, f. Radlenker.

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

**Zweigelenkbogen**, Bogenträger mit zwei Kämpfergelenken ohne Zwischen-gelenke, f. Bogen, einfache, Bogenfachwerke; vgl. a. Dreigelenkbogen.

**Zweikrempelsystem**, f. Halbkammgarne.

**Zweileiterystem**, 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 Pilastr 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 spitzwinkeligen Zusammentreffen oder Endigen von Pflastersteinreihen als Anfangsstücke verwendet, auf welche die rechteckigen Steine folgen.

Weinbrenner.

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

**Zwiekzange**, f. Beißzange.

**Zwiebeldach**, entwickelt aus dem Kaiserdach (f. Dach, Bd. 2, S. 490, Fig. 10), die in der Spätrenaissance mit Vorliebe angewandte, geschwungene Dachform, welche im allgemeinen mit der Gestalt einer Zwiebel viel Aehnlichkeit 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 Zopffstil 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.

**Zwillingskurbelgetriebe** 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  $\phi F$ ,  $AL$ , welche sich bezw. um die festen Achsen  $\phi$ ,  $A$  drehen, von gleicher Länge  $\phi F = AL$ , und ferner sind die Längen des festen Gliedes  $\phi A$  und der Koppel  $FL$  gleich, also  $\phi A = FL$ . Ist eines der beiden längeren Glieder, wie z. B. das Glied  $\phi A$  fest, so drehen sich die beiden Kurbeln  $\phi F$ ,  $AL$  um

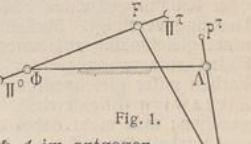


Fig. 1.

die festen Achsen  $\phi A$  im entgegengesetzten Sinne; dann heißt das Zwillingskurbelgetriebe ein gegenläufiges, und die beiden Kurbeln werden Gegenkurbeln genannt. Ist eines der beiden kürzeren Glieder, z. B. das Glied  $\phi F$ , fest, so drehen sich die beiden Kurbeln  $\phi A$ ,  $FL$  um die festen Achsen  $\phi$ ,  $F$  in gleichem Sinne; dann heißt das Zwillingskurbelgetriebe ein gleichläufiges [1]. Nehmen wir an, daß in Fig. 2 das Glied  $\phi F$  fest ist, dann

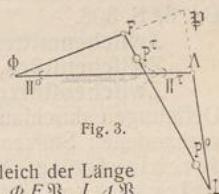


Fig. 2.

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



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 Ellippen  $\pi, p$  berühren sich im Punkt  $\mathfrak{P}$  und liegen symmetrisch zu der im  $\mathfrak{P}$  berührenden gemeinsamen Tangente. Denken wir uns die Ellipse  $\pi$  mit dem festen Gliede  $\Phi F$  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  $\Pi^0$ , sowie der Scheitel  $P^e$  mit dem Scheitel  $\Pi^e$  in Berührung kommen. Betrachten wir dagegen das Glied  $\Phi A$  als fest, dann erhalten wir das gegenläufige Zwillingskurbelgetriebe, und bei diesem rotieren die beiden aufeinander rollenden Ellippen  $\pi, p$  mit den Kurbeln  $\Phi F, AL$  bzw. um die festen Achsen in den Brennpunkten  $\Phi, A$ . Werden die Ellipsenflächen als Scheiben betrachtet und die elliptischen Ränder mit ineinander greifenden Zähnen versehen, so bewirken diese elliptischen Ränder (f. d.) ohne die Koppel  $FL$  dieselbe Bewegung der Glieder  $\Phi F, AL$  wie das gegenläufige Zwillingskurbelgetriebe. Um bei dem Zwillingskurbelgetriebe eine feste 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  $P^0, \Pi^0$ , sowie  $P^e, \Pi^e$  gleichsam als Zahn und Lücke ineinander greifen. In Fig. 3 befinden sich die Punkte  $\Pi^0, \Pi^e$  auf dem festen Gliede  $\Phi A$  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  $\Phi A$ , eine Hyperbel beschreibt, deren Brennpunkte  $\Phi, A$  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 (Auszwirnmaschine), welche, nach Art der Mulespinnmaschine oder der Waterspinnmaschine (f. Bd. 1, S. 612) konstruiert, als Aufsteckung direkt die Windung der Spinnmaschine oder dann diese umgepult besitzt, als Spindel eine nackte Spindel, eine Flügelpindel (Flügelzwirnmaschine) oder eine Ringspindel (Ringzwirnmaschine) hat, und deren Lieferwalzen immer nur ein Paar glatte Zylinder find, 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. drähtig; 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 gewirnten Garn (Nähzwirn) sind die Fäden unter starker Drehung vereinigt. Maffeldrähtig oder hohldrähtig, auch meißeldrähtig, wird der Zwirn bei nicht gleichmäßig zusammengedrehten Fäden. Mit Stärke appretierter, 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 (Effektwirn). Vielfach wird der Zwirn mit der Knäuelwickelmaschine auf Knäuel gezogen; man zieht dabei den Faden durch eine in einer rotierenden Gabel angebrachte Öse undwickelt ihn auf einer langsam gehenden Spindel, die in einem Bügel schwingt, auf.

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

Boßhard.

**Zwischengelenke** bei Trägern (f. d.), die innerhalb der Öffnungen (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. Transmission (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 Öffnungen 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. s. w.) und Querträger. Vgl. Brücken, eiserne, Bd. 2, S. 333, Fahrbahngrippe, 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 Hauptfache abwärts zu befördern sind. Sie gelangen durch ihre eigne Schwere in Abfallrohren, in geneigten Gerinnen oder auf Rutschern an den Ort ihrer Bestimmung. Müssen die Gerinne so flach liegen, daß ein selbsttätiges Gleiten des Gutes nicht mehr stattfinden würde, so kann daselbe durch Zuführung von Wasser oder durch Schüttelbewegung der Gerinne befördert werden. — Zum Heben der Produkte auf größere Höhen dienen ausnahmslos Becherwerke (s. Bd. 1, S. 641), während für kleinere Höhen Heberäder, auch Schöpfräder genannt (s. Bd. 7, S. 275), zur Verwendung gelangen. Trübe für die Herdarbeit (s. Bd. 5, S. 41) wird wohl auch durch Zentrifugalpumpen (s. Bd. 7, S. 286) gehoben, doch findet hierbei ein nachteiliges Zerschlagen der Erzteilchen statt [1]. — Ueber die Fördermittel in wagerechter oder wenig geneigter Richtung s. Förderrinne, Gurtförderer, Schnecken und Maffentransport.

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.

Treptow.

**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 =  $2\pi r h$ , gesamte 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 =  $\pi r(h_1 + h_2)$ .

Mehmke.

**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 Änderung 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-Cofinus  $l, m, n$  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  $\Phi$  eine willkürliche Funktion bezeichnet.

Mehmke.

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

**Zylindermänge**, f. Kalander, Mange.

**Zylinderpresse**, f. Tuchfabrikation, S. 636.

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

Es unterscheidet sich vom gewöhnlichen gleichschenklig-rechtwinkeligen 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 gleichschenklig-rechtwinkelige

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 Schmalzalder (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.

**Zylinderfhermaschine**, f. Tuchfabrikation, S. 634.

**Zylinderfchützen**, f. Kamferschleufe und Waffermotoren.

**Zytafe**, f. Malz, Bd. 6, S. 288.



### Zufäte 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:  $\frac{l}{\sigma} P$ ; 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  $\sigma$  an Stelle von  $\lambda$  zu treten; S. 536 sind die Nummern der Figuren 17 und 18 zu vertauschen; S. 552 hat die Formel 3. zu lauten:  $\Sigma Q q + \Sigma R r = \Sigma S \lambda s$ .

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 Zufäten 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 Schlippe's 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  $y = (p - p_0) : \gamma$  statt  $y = (p - p_0) \cdot \gamma$ .  
S. 689, Zeile 25 von unten, lies meist heteromorphe statt ifomorphe.

**Band 4.** S. 709, Fußnote, lies  $W =$  Widerstandsmoment,  $G =$  Gewicht in Kilogramm pro laufenden Meter und  $W \sim \frac{45 \text{ cm}^3}{100}$  statt Querschnittsfläche, Gewicht in Kilogramm und qcm.

**Band 5.** S. 7 soll an Stelle von Gleichung 10 gesetzt werden:  $p_s = p_a \left( \frac{v_a}{v_s} \right)^{1,333}$  und an Stelle von Gleichung 11:  $L_a = 4 p_a v_a + 4,407 p_s v_s - 8,407 p_o w_{o1}$ ; [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 Befestigung.

**Band 7.** S. 723, Zeile 27 von oben, lies Griesfänder statt Griesfeiler.