



UNIVERSITÄTS-  
BIBLIOTHEK  
PADERBORN

**Lexikon der gesamten Technik und ihrer  
Hilfswissenschaften**

**Lueger, Otto**

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

W

---

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

W

in der Chemie Zeichen für Wolfram; in der Elektrotechnik = Watt.

**Wachs**, Wachsarten, ein Sammelbegriff für verschiedene Produkte aus den drei Naturreichen, die in gewissen physikalischen Eigenschaften eine Ähnlichkeit zeigen. Wirkliche Wachsarten, die von den Fetten durch den Mangel an Triglyceriden sich unterscheiden und hauptsächlich aus den Fettsäureestern einatomiger Alkohole der Fettreihe bestehen, liefern nur das Pflanzen- und das Tierreich; ersteres das Carnauba- und das Palmwachs, letzteres das Bienenwachs und das sogenannte Infektionswachs. Auch der Walrat und mehrere Trane gehören nach der chemischen Zusammensetzung zu den Wachsarten, besitzen aber von diesen verschiedene physikalische Eigenschaften.

Im Handel und in der Technik versteht man unter Wachs (im engeren Sinne) immer nur das Bienenwachs, das als rohes oder gelbes Wachs (*Cera flava*) in kuchenartigen Scheiben in den Handel kommt. Gelbes Wachs ist orange- oder bräunlichgelb, in der Kälte spröde, besitzt einen honigartigen Geruch, eine körnige, matte Bruchfläche, ein spez. Gew. von 0,963 bis 0,967, erreicht in der Hand zu einer plastischen Masse und schmilzt bei 63–64,5° zu einer ölichen, gelbroten oder braunen Flüssigkeit. Es ist in Wasser gar nicht löslich, in kaltem Alkohol nur zum geringsten Teile; dagegen wird es von fiedendem Alkohol (300 Teilen) nach längerer Einwirkung vollständig gelöst; andre Lösungsmittel sind warmer Aether, Chloroform, Terpinol und Benzol. Beim Erkalten der Alkohollösung wird das Wachs in Form eines fast weißen Kristallbreies abgeschieden. Heller gefärbtes Rohwachs flammt von jungen Stöcken und heißt Jungferwachs. Befinden sich die Bienenstücke in der Nähe von Nadelwaldungen, so fannmeln die Bienen auch von den Nadelbäumen das Rohmaterial. Das Wachs enthält in diesem Falle auch harzige Körper und heißt Pechwachs (nicht zu verwechseln mit dem Vorwachs, Stopf- wachs oder Propolis, welches fast nur aus Harz von den Knopfdecken der Bäume besteht und zum Verstopfen der Fugen im Innern der Bienenkörbe dient). Wachs von ungefüllten (honiglosen) Waben nennt man Windwachs. Befondere Wachssarten von grauer, grüner oder schwarzer Farbe, die sich mitunter im Handel vorfinden, fallen von andern Bienenarten zusammen. Nach den Produktionsländern unterscheidet man österreichisches, ungarisches, deutsches, russisches, polnisches, rumänisches, türkisches, ferner französisches und amerikanisches Wachs. Durch entsprechende Reinigungs- und Bleichungsverfahren wird das Rohwachs in weißes Wachs (*Cera alba* und *albissima*) umgewandelt. Nach dem alten, noch vielfach geübten Verfahren wird das gelbe Wachs in einem vierseckigen Kessel geschmolzen und auf eine gekühlte, langsam gedrehte Walze fließen gelassen. Darauf erflart es zu dünnen Bändern (Bandwachs), welche abgenommen und auf gespannter Leinwand oder auf Stäbchenlieben in der Sonne unter fleißigem Begießen mit Wasser gebleicht werden. Hierauf wird das Wachs wieder umgeschmolzen, neuerdings gebändert und schließlich in Formen zu Scheiben, Tafeln oder Zylindern u. f. w. gegossen. Die Bleiche währt gewöhnlich 3–5 Wochen. Eine Beschleunigung des Bleichprozesses kann durch Zufügung von Terpinol vor der Bänderung erzielt werden. Eine Bleichung mittels chemischer Mittel (z. B. mit Chlor, Kaliumchlorat und Salzsäure, Permanganat) ist nach Bedikt nicht empfehlenswert, weil die Qualität des Wachses darunter leidet. Besser ist die Entfärbung mit Tierkohle. Weißes Wachs ist rein weiß (in der ersten Sorte) oder schwach gelblich gefärbt, geruch- und geschmacklos, wie Alabaster durchscheinend, härter, spröder und brüchiger als gelbes Wachs, von dem es sich auch durch den glatten Bruch unterscheidet; in warmem Aether löst es sich leicht und vollständig, in warmem Alkohol löst sich dagegen nur ein Bestandteil, die Cerotinfäure, die im Gemische mit dem Myricin (Palmitinsäure-Myricyläther, 86%) das Wachs zusammensetzt. Da das Bienenwachs sehr häufig gefälscht wird und sogar den Bienen künstliche, aus Ceresin verfertigte Waben (bezw. die gemeinfamen Mittelwände derselben) in die Stöcke eingefügt werden, so ist reines Bienenwachs ziemlich schwer erhältlich und eine systematische Wachsprüfung erforderlich. Verfälschungen mit Ceresin, Paraffin und Stearinäsure, Carnaubawachs, Japanwachs, Talg sind nicht selten. Talg wird überhaupt sehr häufig (ohne

Fälschungsabsicht) zugesetzt, um die Brüchigkeit des Wachses zu vermindern. Zur Charakterisierung reinen Wachses dient die Bestimmung des spezifischen Gewichtes und die Hübelsche Probe. — Das spez. Gew. des gelben Wachses beträgt bei 15° C. 0,962—0,966, des weißen 0,965—0,973 (Schädele), der Schmelzpunkt 62—64°, die Verseifungszahl 95—107, Aetherzahl 75, Säurezahl 20. Die Hübelsche Probe beschreibt Benedikt folgendermaßen: 3—4 g Substanz werden mit 20 ccm 95%igen Alkohols bis zum Schmelzen erwärmt und unter Schütteln und, wenn nötig, unter neuerlichem Erwärmen mit Halbnormalkalilauge titriert. Man berechnet nun die Säurezahl des Wachses, d. h. die Anzahl Milligramme Kalihydrat, welche zur Absättigung der in 1 g Wachs enthaltenen Cerotinfäure nötig ist, läßt noch 20 ccm der titrierten Kalilauge nachfließen, erwärmt 45 Minuten auf dem kochenden Wasserbade und titriert mit Halbnormalfalsfäure zurück, wodurch man die Aetherzahl ermittelt, das ist die zur Verseifung des in 1 g Wachs enthaltenen Palmitinmyrcyläthers notwendige Anzahl Milligramme Kalihydrat. — Einfachere praktische Prüfungen auf Reinheit des Wachses sind folgende: Die Lösung in Chloroform muß klar sein und darf nach dem Erwärmen keinen Bodensatz hinterlassen. Kocht man 1 g Wachs mit 10 ccm Wasser und 3 g Natriumkarbonat und läßt hierauf erkalten, so sammelt sich das Wachs über der Flüssigkeit. Ist letztere milchig trübe und undurchsichtig, so ist das Wachs mit Stearinäure oder mit Japanwachs verfälscht; eine klare Flüssigkeit zeigt reines Wachs an. Um Fett nachzuweisen, löst man in Aether auf und nimmt von der obersten Schicht mit einem Glasstab einen Tropfen ab; bringt dieser auf weißem Schreibpapier einen Fleck hervor, der auch nach 20 Minuten nicht verschwindet, so ist das Wachs mit Fett gemischt. (Vgl. Benedikt, Ulzer, Analyse u. f. w. S. 901 ff.) Bienenwachs wird zur Herstellung von Kerzen (für Kirchen), zum Glänzenden machen des Holzes, zur Appretur von Geweben, zu Salben, Pflastern, zu Wachspapier, zum Tränken des Meerschaumes, zur Nachahmung von Blüten (Myrtenblüten), zu Schmiermitteln u. f. w. verwendet.

T. F. Hanausek,

**Wachsbüchse**, Fangwerkzeug beim Tiefbohren (f. d.)

**Wachsfarben**, zu matten Anstrichen dienende, im Innern von Gebäuden benutzte, stark Terpentinöl enthaltende, mit Wachspaste vermischte Oelfarben.

**Wachsperlen**, f. Fischperlen.

**Wachstuchfabrikation.** Wachstuch wird hergestellt, indem Leinölfirnisse, mit Farbstoffen vermengt, wiederholt auf ein Gewebe aufgetragen werden, bis sich eine Schicht auf dem Gewebe gebildet hat. Durch Abschleifen der Fläche erzielt man ein glattes, durch Einpressen von Ledernarben ein lederähnliches Aussehen. Als Gewebe werden hauptsächlich solche aus Baumwolle in verschiedenen Stärken, von Gazemull bis Segeltuch, verwendet.

Literatur: Eßlinger, Fabrikation des Wachstuchs, Wien 1906.

**Wachwitz-Metall**, f. Plattieren, Bd. 7, S. 157.

**Wad**, Mineral, wasserhaltiges Manganperoxyd und -oxydul von schwankender Zusammensetzung.

Derb, knollig, schuppig, erdig. Braun bis schwarz, schwach metallglänzend bis matt, Strich glänzend; undurchsichtig, abfärbend, weich, mild (spröde Arten Härte 3), oft sehr porös und auf Wasser kurze Zeit schwimmend. Spez. Gew. 2,3—3,0. Vielleicht durch Veränderung (Verwitterung) aus Pfömelan entstanden. Verwendung wie Braunstein.

Leppla.

**Wärme**, eine Form der Energie und als solche dem Prinzip von der Erhaltung der Energie unterworfen (f. Energie, Bd. 3, S. 449), so daß die Wärme durch andre Energietypen erzeugt und wieder in diese verwandelt werden kann (vgl. Wärmetheorie, Wärmemotoren u. f. w.). Als Wärmeeinheit wird in der Regel die Kalorie, d. h. diejenige Wärmemenge gewählt, welche nötig ist, um 1 kg reinen Wassers unter 1 Atmosphäre Druck von 0° auf 1° C. zu erwärmen (andre Definitionen f. Kalorie, Bd. 5, S. 301). Die mechanische Arbeit (Bd. 1, S. 267), durch welche eine Wärmeeinheit erzeugt werden kann, heißt das mechanische Wärmeäquivalent (f. S. 809). Die Wärme kann von einem Körper auf einen andern übergehen, was sich am Uebergang der Wärmewirkungen zeigt. Je nachdem der Wärmeübergang durch Vermittlung anderer Teilchen der gewöhnlichen Materie (durch Berührung) oder ohne diese erfolgt (vgl. Aether, Bd. 1, S. 92), spricht man von Wärmeleitung oder von Wärmestrahlung (f. d.). Ein Körper A heißt wärmer oder von höherer Temperatur als ein Körper B, wenn bei gegenseitiger Berührung ein Wärmeübergang von A nach B stattfindet (Näheres f. Temperatur). Ueber Flüssigkeitswärme, Verdampfungswärme, Gesamtwärme, Dampfwärme, Erzeugungswärme, Schmelzwärme, Latente Wärme, Spezifische Wärme, Kompressionswärme u. f. w. f. unter diesen Stichworten.

Ueber das Wesen der Wärme wurden im Laufe der Zeit sehr verschiedene Ansichten ausgesprochen. Vor Erkenntnis der Äquivalenz von Wärme und Arbeit hielt man sie meist für einen Stoff [1], [6], während sie jetzt fast allgemein für eine Bewegungsenergie gilt

[2], [3], [5], [8] u. f. w. (lebendige Kraft, kinetische Energie, f. Bd. 3, S. 449), deren Träger natürlich so klein fein müssen, daß sie für uns unsichtbar bleiben. Das Wärmegefühl ist nach dieser Annahme die Empfindung der Bewegung von Teilchen, welche auf unsre Nerven wirken. Warm und kalt unterscheiden sich nur durch die größere oder geringere lebendige Kraft dieser Bewegung. Absolut kalt würde ein Körper dann sein, wenn seine Wärmebewegung vollständig aufhörte. Dieser absolute Nullpunkt der Temperatur liegt nach bisherigen Ermittlungen bei  $-273^{\circ}\text{C}$ . (vgl. Temperatur). Im Gegensätze zu diesen Anschauungen betrachtete z. B. Robert Mayer, der Entdecker des mechanischen Wärmeäquivalents und des Prinzips von der Erhaltung der Energie, die Frage nach dem Wesen der Wärme als eine offene [9], S. 28, 266, 389 (abgesehen von der strahlenden Wärme), wie sie auch für die meisten und wichtigsten Untersuchungen auf den Gebieten der heutigen Wärmetheorie unerheblich ist. In der Technik gewann die Ansicht von der Bewegungsnatur der Wärme nur indirekt Einfluß, als manche gebräuchliche Beziehungen für gasförmige Körper (Bd. 4, S. 277, 279, Bd. 5, S. 712) und der physikalischen Chemie unter Mitverwendung der kinetischen Theorie erhalten wurden.

Literatur: [1] Gehler, Physikalisches Wörterbuch, X, Leipzig 1841 (Art. Wärme, S. 52 bis 1179). — [2] Redtenbacher, Das Dynamidenystem, Mannheim 1857. — [3] Clausius, Ueber die Art der Bewegung, welche wir Wärme nennen, Poggendorffs Annalen 1857, C, S. 353 (auch Abhandlungen II, Braunschweig 1867, S. 227, und Die mechanische Wärmetheorie III, Braunschweig 1889—91, S. 1). — [4] Verdet, Exposé de la théorie mécanique de la chaleur, Paris 1863. — [5] Tyndal, Heat considered as a mode of motion, London 1863 (deutsch von Helmholtz und Wiedemann, Braunschweig 1894). — [6] Reis, Das Wesen der Wärme, Leipzig 1865. — [7] Maxwell, Theory of heat, London 1871 (deutsch von Auerbach, Breslau 1877). — [8] Berthold, Rumford und die mechanische Wärmetheorie, Heidelberg 1875. — [9] Mayer, R., Die Mechanik der Wärme in gesammelten Schriften, Stuttgart 1893. — [10] Kirchhoff, Vorlesungen über die Theorie der Wärme, Leipzig 1894. — [11] Duhem, Les théories de la chaleur, Revues des deux mondes 1895, CXXIX, S. 869, und CXXX, S. 380, 851. — [12] Wüllner, Lehrbuch der Experimentalphysik, II, Die Lehre von der Wärme, Leipzig 1896. — [13] Mach, Die Prinzipien der Wärmlehre, Leipzig 1896. — [14] Pfandl, Müller-Pouillet's Lehrbuch der Physik und Meteorologie, Bd. 2, 2. Abt., Von der Wärme, Braunschweig 1898. — [15] Weinstein, Thermodynamik und Kinetik der Körper, I und II, Braunschweig 1901 und 1903. — [16] Helmholtz, Vorlesungen über die Theorie der Wärme, Leipzig 1903. — [17] Chwolson, Lehrbuch der Physik, III, Die Lehre von der Wärme, Braunschweig 1905. — [18] Winkelmann, Handbuch der Physik, III, Wärme, Leipzig 1906. — S. a. Kalorie, Wärmeäquivalent, Temperatur, Wärmetheorie, mechanische, und die andern obenerwähnten Stichworte.

Weyrauch.

### Wärme, spezifische, f. Spezifische Wärme.

**Wärmeäquivalent**, mechanisches. Der erste Hauptatz der mechanischen Wärmetheorie (f. S. 815), der einen speziellen Fall des Prinzips von der Erhaltung der Energie (Bd. 3, S. 449) darstellt, sagt aus: In allen Fällen, in welchen durch Wärme Arbeit entsteht, wird eine der erzeugten Arbeit proportionale Wärmemenge verbraucht, und umgekehrt kann durch Verbrauch einer ebenso großen Arbeit dieselbe Wärmemenge erzeugt werden [7], S. 120, [24], S. 14. Bezeichnen also  $Q$  eine Wärmemenge und  $L$  die entsprechende Arbeit, so hat man:

$$L = WQ, \quad Q = AL,$$

worin  $W = 1/A$  eine vom Material der in Frage kommenden Körper wie von der Art der Arbeitsleistung und Wärmeerzeugung vollständig unabhängige Konstante bedeutet. Die vorstehende, zuerst von Robert Mayer (1842) erkannte Beziehung, welche durch zahlreiche Versuche und sonstige Erfahrungen Bestätigung fand, wird das Gesetz von der Äquivalenz von Wärme und Arbeit genannt.  $W$  heißt das mechanische Äquivalent der Wärme (mechanisches Wärmeäquivalent), es ist der Wert einer Wärmeeinheit in Arbeitseinheiten,  $A$  heißt das kalorische Äquivalent der Arbeit (kalorisches Arbeitsäquivalent), es ist der Wert einer Arbeitseinheit in Wärmeeinheiten.

Werden  $Q$  in Kalorien (Bd. 5, S. 301) und  $L$  in Meterkilogramm (Bd. 1, S. 267) gemessen, so pflegt man auf Grund der Versuche von Joule [2], [7] und der Berechnung nach Mayer [1], [11], S. 29, 55, 281, [3], S. 281, [24], S. 14, 150, zu setzen:

$$W = 424, \quad A = 1/424.$$

Eine Kalorie Wärme entspricht hiernach 424 mkg Arbeit, während 1 mkg Arbeit 1/424 Kal. Wärme äquivalent ist, und allgemein gilt:

$$L = 424 Q \text{ mkg}, \quad Q = \frac{1}{424} L \text{ Kal.}$$

Anstatt der Zahl 424 werden häufig 425, 426, 427 bis etwa 430 empfohlen, doch ist 424 in wichtigen technischen Tabellen verwendet, deren Neuberechnung angefischt der Verchiedenheit neuerer Werte von  $W$  verführt wäre. Zusammenstellungen verschiedener Ermittlungen des mechanischen Wärmeäquivalentes f. [6], [12], S. 206, [15], S. 414.

In der Physik wird das mechanische Wärmeäquivalent meist im absoluten Maße angegeben (f. Absolutes Maßsystem, Bd. 6, S. 327). Nach Winkelmann, [26], S. 561, wäre auf Grund der bis jetzt vorliegenden besten Messungen die  $15^{\circ}$ -Grammkalorie (Bd. 5, S. 301) gleich  $4,18161 \cdot 10^7 \text{ Erg}$ .

Da  $1 \text{ kg} = 1000 \text{ g}$  und  $1 \text{ Erg} = \frac{1}{g \cdot 10^7} \text{ mkg}$ , wenn  $g$  die Acceleration des freien Falles in Metern bedeutet, so folgt daraus die  $15^\circ$ -Kilogrammkalorie:

$$W = \frac{4181,61}{g} \text{ mkg},$$

also beispielsweise für Berlin (geographische Breite  $52^\circ, 30'$ ) mit  $g = 9,8123 \text{ m}$ :

$$W = 426,62 \text{ mkg},$$

und für München (geographische Breite  $48^\circ, 9'$ ) mit  $g = 9,8077 \text{ m}$ :

$$W = 426,82 \text{ mkg},$$

während dem gebräuchlichen Mittelwerte  $g = 9,81 \text{ m}$  entspricht

$$W = 426,72 \text{ mkg}.$$

Da von Winkelmann und andern die spezifische Wärme des Waffers bei konstantem Drucke für Temperaturen  $t$  in der Nähe von  $15^\circ$  (etwa von 6 bis  $35^\circ$ ) gesetzt wird [26], S. 553, 560:

$$c_t = c_{15} [1 - 0,00026 (t - 15^\circ)],$$

so hätte man das Wärmeäquivalent bei  $15^\circ$  mit  $\frac{c_t}{c_{15}} = 1 - 0,00026 (t - 15)$  zu multiplizieren, um feinen Wert bei  $t^\circ$  zu erhalten, und das Wärmeäquivalent bei  $t^\circ$  mit  $\frac{c_{15}}{c_t} = \frac{1}{1 - 0,00026 (t - 15)}$  zu multiplizieren, um feinen Wert bei  $15^\circ$  zu erhalten.

Literatur: [1] Mayer, Robert, Bemerkungen über die Kräfte der unbelebten Natur, Annalen der Chemie und Pharmacie 1842, S. 233 (auch [13], S. 23). — [2] Joule, On the mechanical equivalent of heat, Philosophical Transactions 1850, CXL, S. 61 (auch [9], S. 87). — [3] Peron, Note sur l'équivalent mécanique de la chaleur, Compt. rend. 1854, XXXIX, S. 1131. — [4] Hirn, Recherches sur l'équivalent mécanique de la chaleur, Colmar 1858 (f. a. Bericht von Clafius, Fortschritte der Physik 1855, XI, S. 21, und Hirn, Théorie mécanique de la chaleur, I, Paris 1865, S. 54). — [5] v. Baumgartner, Das mechanische Äquivalent der Wärme und seine Bedeutung in den Naturwissenschaften, Dingl. Polyt. Journ. 1856, CXLI, S. 191; Zeitfchr. d. Ver. deutsch. Ing. 1857, I, S. 46, 64 (nach dem Almanach der Wiener Akademie, 6. Jahrg.). — [6] Fortschritte der Physik, herausgeg. von der physikalischen Gesellschaft zu Berlin, 1858, S. 351; 1869, S. 464; 1885, S. 21. — [7] Clafius, Abhandlungen über die mechanische Wärmetheorie, I, Braunschweig 1864, S. 120. — [8] Vioille, Sur l'équivalent mécanique de la chaleur, Annales de chimie et de physique 1870, XXI, S. 64. — [9] Joule, Das mechanische Wärmeäquivalent, deutsch von Spengel, Braunschweig 1872. — [10] Joule, New determination of the mechanical equivalent of heat, Philosophical Transactions 1878, CLXIX, S. 365. — [11] Sahulka, Bestimmung des mechanischen Äquivalents der Wärme aus der Wärmestrahlung, Wiedemanns Annalen 1890, XLI, S. 748. — [12] Miclescu, Sur la détermination de l'équivalent mécanique de la chaleur, Annales de chimie et de physique 1892, XXVII, S. 202. — [13] Mayer, R., Die Mechanik der Wärme in Gefammelten Schriften, Stuttgart 1893, S. 29, 55, 235, 281 u. f. w. — [14] Kleinere Schriften und Briefe von Robert Mayer, Stuttgart 1893, S. 108, 173, 258 u. f. w. — [15] Griffith, The value of the mechanical equivalent of heat, Philosophical Transactions 1893, A, CLXXXIV, S. 361 (Korrektur f. Wied. Ann., Beiblätter 1894, S. 646); f. a. Proceedings of the Royal Society 1897, LXI, S. 479. — [16] Wüllner, Lehrbuch der Experimentalphysik, II, Die Lehre von der Wärme, Leipzig 1896, S. 369, 503. — [17] Waldner & Mallory, A Comparison of Rowlands mercury thermometers with the Griffith Platinum thermometer, Philosophical Magazine 1897, XLIV, S. 165. — [18] Day, A recalculation of Rowlands value of the mechanical equivalent of heat in terms of the Paris hydrogen-thermometer, Philosophical Magazine 1897, XLIV, S. 169; f. a. 1898, XLVI, S. 1. — [19] Pfaundler, Müller-Pouillet's Lehrbuch der Physik und Meteorologie, Bd. 2, 2. Abt., Braunschweig 1898. — [20] Ames, L'équivalent mécanique de la chaleur, Rapports au Congrès de physique, Paris 1900. — [21] Warburg, Referat über die Wärmeeinheit (an die Naturforscherverammlung zu München 1899), Leipzig 1900, S. 17. — [22] Barnes, On the capacity for heat of water between the freezing and boiling-points, together with a determination of the mechanical equivalent of heat in terms of the international electrical units, Philosophical Transactions 1902, A, CIC, S. 14. — [23] Dieterici, Ueber die Flüssigkeitswärme des Waffers und das mechanische Wärmeäquivalent, Annalen der Physik 1905, XVI, S. 611. — [24] Weyrauch, Grundriß der Wärmetheorie, I, Stuttgart 1905, S. 12, 150. — [25] Chwolson, Lehrbuch der Physik, III, Die Lehre von der Wärme, Braunschweig 1905, S. 175. — [26] Winkelmann, Handbuch der Physik, III, Wärme, Leipzig 1906, S. 537.

Weyrauch.

**Wärmediagramm**, f. Wärmetheorie; vgl. Kreisprozeß, Nullkurve.

**Wärmeeffekt**, absoluter, spezifischer, f. Brennstoffe, Bd. 2, S. 281.

**Wärmeeinheit**, f. Wärme, S. 808, und Kalorie, Bd. 5, S. 301.

**Wärmegewicht**, f. Wärmetheorie und Entropie; vgl. Clafius'scher Grundsatz und Energie.

**Wärmekapazität**, f. Spezifische Wärme; vgl. Raumkapazität.

**Wärmeleitung**, -übergang, -strahlung, die Wärmefortpflanzung durch Leitung, Berührung oder Strahlung.

Ist  $\lambda$  die Wärmeleitungszahl, d. h. die Anzahl Wärmeeinheiten, die stündlich von 1 qm Querschnitt des Stoffes zu einem andern, 1 m entfernten gleichgroßen Querschnitt bei  $1^\circ$  Temperaturdifferenz der Flächen übertragen, ferner  $F$  der Querschnitt in Quadratmetern und  $l$  die Länge in Metern des Wärmeleiters, so ist bei den Temperaturen  $t_1$  bzw.  $t_2$  der Endquerschnitte die in  $z$  Stunden hindurchtretende Wärmemenge  $Q = \lambda \frac{F}{l} z (t_1 - t_2)$ .

Ist  $\alpha$  die Wärmeübergangszahl, d. h. die Anzahl Wärmeeinheiten, die stündlich bei 1 qm Berührungsfläche der beiden Stoffe und 1° Temperaturdifferenz über treten, ferner  $F$  die Be rührungsfläche in Quadratmetern,  $t$  bzw.  $\tau$  die Temperaturen der beiden Stoffe an den Be rührungsflächen, so ist die in  $z$  Stunden von einem zum andern Stoff über tretende Wärmemenge  $Q = \alpha F z (t - \tau)$ .

Ist  $C$  die Strahlungszahl, so strahlt ein Körper von der Oberfläche  $F$  in Quadratmetern und der gleichmäßigen Temperatur  $t$  an gegenüberliegende Flächen von der Temperatur  $\tau$  in  $z$  Stunden nach Stefan-Boltzmann die Wärmemenge  $Q = CFz \left[ \left( \frac{273+t}{100} \right)^4 - \left( \frac{273+\tau}{100} \right)^4 \right]$

oder angenähert (nach Rosetti)  $Q = C_1 F z \left[ \left( \frac{273+t}{100} \right)^2 - 1,9 \right] (t - \tau)$ .

Die Koeffizienten  $\lambda$ ,  $\alpha$ ,  $C$ ,  $C_1$  f. in [1];  $\lambda$  hängt von der Natur des leitenden Stoffes,  $\alpha$  von der Natur der sich berührenden Stoffe und — bei Flüssigkeiten und Gasen — vom Bewegungs zustand,  $C$  bzw.  $C_1$  von der Beschaffenheit der Strahlungsobерfläche ab. — Weitere technische Fälle der Wärmeübertragung enthält [1]; vgl. a. Dampfkesselberechnung.

Literatur: [1] „Hütte“, des Ingenieurs Taschenbuch, 1908, Abt. I, S. 305 ff. O. Herre.

**Wärmelückenbleche**, Stoßlücken eisen oder Wärmeplättchen, auch Temperaturbleche, f. Oberbau, Bd. 6, S. 702, Oberbaugeräte, S. 725 (17).

**Wärmemessung**, f. Geothermik, Kalorimeter, Meerewärme, Pyrometer, Thermometer.

**Wärmemotoren** oder **Thermodynamische Maschinen** sind Kraft maschinen (f. Maschinen, Bd. 6, S. 308), durch welche Wärme in mechanische Arbeit (Bd. 1, S. 267, 102) verwandelt wird. Es gehören hierher die Dampf maschinen, Heißluftmaschinen, Gasmotoren, Erdöl motoren u. a. Da alle diese Maschinen in besonderen Artikeln zu behandeln sind, so haben wir hier nur über Wärmemotoren im allgemeinen zu sprechen.

Jedem Wärmemotor liegt die Absicht zugrunde, irgendeinen Körper — in praktischen Fällen stets eine tropfbare oder gasförmige Flüssigkeit, welche Arbeitsflüssigkeit genannt wird — Kreisprozesse (f. d.) oder sonstige Zustandsänderungen (f. d.) derart durchlaufen zu lassen, daß dabei mehr Wärme zugeführt als entzogen wird, und der Ueber schuß, soweit möglich, zu nützlicher Arbeit dient. Die Verwendung von Flüssigkeiten, und nicht etwa von festen Körpern, als vermittelnde Körper (f. d.) ist darin begründet, daß die tropfbaren Flüssigkeiten bei der Verdampfung, die gasförmigen bei der Erwärmung große Volumenänderungen erleiden können, womit die Möglichkeit großer Arbeitsleistungen bei verhältnismäßig kleinen Werten der zu überwindenden Kräfte und damit der Materialbeanspruchungen gegeben ist (Arbeit = Kraft  $\times$  Weg, Bd. 1, S. 267). Bei geschlossenen Wärmemotoren wird dieselbe Arbeitsflüssigkeit wiederholten Kreisprozessen unterworfen und nur für unbeabsichtigte Verluste (infolge unvollkommener Dichtungen u. f. w.) Erfat von außen eingeführt; offene Wärmemotoren dagegen fließen die Arbeitsflüssigkeit periodisch ins Freie aus, so daß sie immer wieder erneuert werden muß. Die Wärmezufuhr der Wärmemotoren erfolgt von einer Feuerung aus, in welcher chemische Energie in Wärme umgesetzt wird (f. Brennstoffe, Feuerungsanlagen). Man hat eine offene Feuerung oder eine geschlossene Feuerung (auch äußere oder innere Feuerung genannt), je nachdem die gasförmigen Verbrennungsprodukte direkt ins Freie entströmen oder einen Teil der Arbeitsflüssigkeit ausmachen. Im ersten Falle ist die Feuerung durch eine Heizfläche von der Arbeitsflüssigkeit getrennt (wie bei den Dampfmaschinen, Heißluft maschinen u. f. w.), im zweiten Falle findet eine solche Trennung nicht statt (wie bei den Gas motoren, Erdöl motoren u. f. w.). Ein geschlossener Wärmemotor hat notwendig eine offene Feuerung, da sonst die Arbeitsflüssigkeit fortwährend zunehmen würde.

Arbeit, Effekt und Wirkungsgrad, [48], I, S. 87. Werden für einen beliebigen Wärmemotor in irgendeinem Zeitab schnitt  $B$  Einheiten Brennstoff (z. B. 1 kg oder 1 cbm) von je  $H$  Kalorien Heizwert verbraucht, so kommt doch stets nur ein Teil der Wärmemenge  $BH$ ,

$$Q = \eta_b BH,$$

als Wärmezufuhr in den Kreisprozessen oder sonstigen Zustandsänderungen der Arbeits flüssigkeit zur Verwendung, der Rest wird infolge unvollkommener Verbrennung gar nicht erzeugt oder geht durch Leitung, Strahlung und mit den Verbrennungsprodukten davon. Da  $\eta_b$  hier nach um so größer ausfällt, je vorteilhafter der Brennstoff ausgenutzt wird, je besser die Feuerung ihrem Zwecke entspricht, so hat man das Verhältnis  $\eta_b$  der Wärmezufuhr zum Heizwert des verbrauchten Brennstoffs den Wirkungsgrad des Brennstoffs oder auch den Wirkungsgrad der Feuerung genannt. Er wird natürlich erhöht durch möglichst voll kommene Verbrennung, Vermeidung von Wärmeverlusten und geeignete Verwendung sonst verloren gehender Wärme (Vorwärmung, Ueberhitzung u. f. w.). — Von der durch 1. ausge drückten Wärmezufuhr  $Q$  wird nur ein Teil in äußere Arbeit verwandelt; diese kann durch Indikatordiagramme dargestellt werden (f. Indikator) und heißt deshalb die indizierte Arbeit  $A_L$ . Setzen wir:  $A_L = \eta_i Q = \eta_b \eta_t BH$

$$A_L = \eta_m A_L = \eta_b \eta_t \eta_m BH,$$

2.

3.

so wird das Verhältnis  $\eta_m$  der Nutzarbeit zur indizierten Arbeit der mechanische Wirkungsgrad genannt. Er wird erhöht durch Vermeidung unnötiger Arbeitsverluste, durch sorgfältige Unterhaltung und genügende Schmierung.

Die in indizierte Arbeit und Nutzarbeit verwandelten Wärmemengen

$$A Li = \zeta BH, \quad A L = \eta BH \quad 4.$$

stehen nach 2. und 3. zum Heizwert des verbrauchten Brennstoffs  $BH$  in Verhältnissen:

$$\zeta = \eta_b \eta_t, \quad \eta = \eta_b \eta_t \eta_m, \quad 5.$$

die als Produkte von zwei beziehungsweise drei echten Brüchen stets weit unter 1 liegen. Das Verhältnis  $\eta$  kann als resultierender Wirkungsgrad oder Gesamtwirkungsgrad bezeichnet werden. Man hat es mitunter wirtschaftlicher Wirkungsgrad genannt, was aber unzweckmäßig ist, da die Wirtschaftlichkeit eines Wärmemotors nicht nur von  $\eta$  abhängt (f. unten).

Indizierter Effekt  $N_i$  und Nutzeffekt  $N$  eines Wärmemotors heißen seine indizierte Arbeit und Nutzarbeit pro Sekunde (neuerdings auch vielfach indizierte Leistung und Nutzleistung, obwohl das Wort Leistung als allgemeine Bezeichnung verfügbar bleiben sollte, nicht nur für die Arbeitsleistung pro Sekunde). Bezeichnen beispielsweise  $L_i, L$  die ganze indizierte Arbeit und Nutzarbeit pro Kreisprozeß oder entsprechende Zustandsänderung in Meterkilogramm, und es finden in der Minute  $n$  folcher Arbeitsprozesse statt, so hat man in Pferdestärken (Bd. 1, S. 268), zu 75 mkg pro Sekunde:

$$N_i = \frac{n}{60 \cdot 75} L_i, \quad N = \frac{n}{60 \cdot 75} L. \quad 6.$$

Bezeichnen dagegen  $L_i, L$  die indizierte Arbeit und Nutzarbeit pro Kilogramm Arbeitsflüssigkeit in jedem Arbeitsprozeß, und es finden in der Minute  $n$  Arbeitsprozesse durch je  $G$  kg Arbeitsflüssigkeit statt, so sind ausgedrückt:

$$N_i = \frac{G n}{60 \cdot 75} L_i, \quad N = \frac{G n}{60 \cdot 75} L. \quad 7.$$

Bedeuten schließlich  $G$  den ganzen stündlichen Verbrauch an Arbeitsflüssigkeit in Kilogramm und  $L_i, L$  die indizierte Arbeit und Nutzarbeit von 1 kg der selben, so folgen:

$$N_i = \frac{G L_i}{3600 \cdot 75}, \quad N = \frac{G L}{3600 \cdot 75}. \quad 8.$$

Werden pro Stunde  $B$  Einheiten Brennstoff für die Maschine verbraucht, so erhält man unmittelbar die Verhältniszahlen der in indizierte Arbeit und Nutzarbeit verwandelten Wärmemengen zum Heizwert des verbrauchten Brennstoffs:

$$\zeta = 3600 \cdot 75 \frac{A Ni}{BH}, \quad \eta = 3600 \cdot 75 \frac{A N}{BH}, \quad 9.$$

worin die Brüche  $b_i = \frac{B}{N_i}$ ,  $b = \frac{B}{N}$

den stündlichen Brennstofverbrauch pro indizierte Pferdestärke und Nutzpferdestärke bedeuten. Ist  $p$  der Preis für die Einheit Brennstoff, so betragen die Brennstoffkosten pro Stunde für die indizierte Pferdestärke und Nutzpferdestärke:

$$k_i = \frac{B p}{N_i} = b_i p, \quad k = \frac{B p}{N} = b p. \quad 11.$$

Die Wirkungsgrade  $\eta_b, \eta_t, \eta_m, \zeta, \eta$  können natürlich je nach Art, Größe und sonstigen Verhältnissen der in Frage stehenden Maschinen sehr verschieden sein. Man hat sie nach Möglichkeit zu heben gesucht und ist dabei bis zum Anfang unsers Jahrhunderts mit gebräuchlichen Maschinen in günstigsten Fällen zu folgenden Gefamtwirkungsgraden  $\eta$  gelangt. Anfangs des 18. Jahrhunderts (Savery) . . . . .  $\eta = 0,003$   
Vor Watt erreicht . . . . .  $\eta = 0,01$   
Anfangs des 19. Jahrhunderts . . . . .  $\eta = 0,03$   
Anfangs der sechziger Jahre des letzten [9], S. 259, 592 . . . . .  $\eta = 0,05$   
Anfangs des 20. Jahrhunderts bei Dampfmaschinen . . . . .  $\eta = 0,13$

(mit  $BH = 4900$  Kalorien pro Stunde und Nutzpferd, z. B. 0,7 kg Steinkohle von 7000 Kalorien Heizwert pro Kilogramm)

Anfangs des 20. Jahrhunderts bei Kraftgasanlagen . . . . .  $\eta = 0,13$

(Druckgasanlagen mit  $BH = 4800$  Kalorien pro Stunde und Nutzpferd, z. B. 0,6 kg Anthrazit von 8000 Kalorien Heizwert pro Kilogramm)

Anfangs des 20. Jahrhunderts bei Petroleummotoren . . . . .  $\eta = 0,20$

(mit  $BH = 3200$  Kalorien pro Stunde und Nutzpferd, z. B. 0,32 kg Petroleum von 10000 Kalorien Heizwert pro Kilogramm)

Anfangs des 20. Jahrhunderts bei Leuchtgasmotoren . . . . .  $\eta = 0,27$

(mit  $BH = 2500$  Kalorien pro Stunde und Nutzpferd, z. B. 0,48 cbm Leuchtgas von 5000 Kalorien Heizwert pro Kubikmeter)

Anfangs des 20. Jahrhunderts bei Dieselmotoren . . . . .  $\eta = 0,30$

(mit  $BH = 2150$  Kalorien pro Stunde und Nutzpferd, z. B. 0,215 kg Petroleum von 10000 Kalorien Heizwert pro Kilogramm).

Der Gefamtwirkungsgrad  $\eta$  der Wärmemotoren ist also im 18. Jahrhundert von 0,003 auf 0,03, im 19. Jahrhundert von 0,03 auf 0,30, in beiden je auf das Zehnfache gestiegen. Seither sind weitere Verbesserungen eingetreten und neue Motoren ausgebildet worden, insbesondere Hochfengasmotoren, Spiritusmotoren, Sauggasanlagen, Dampfturbinen. Nehmen wir beispielweise 1908 pro Nutzpferdestärke und Stunde an [56], S. 687, für eine vorzügliche Dampfmaschine 0,65 kg Ruhrkohle von 7500 Kalorien, für eine gute Sauggasanlage 0,40 kg Anthrazit von 8000 Kalorien und für den Dieselmotor 0,20 kg Rohöl von 10000 Kalorien Heizwert pro

Kilogramm, so folgen aus 9. für die Dampfmaschine  $\eta = 0,13$ , für die Sauggasanlage  $\eta = 0,20$  und für den Dieselmotor  $\eta = 0,32$ . Zahlreiche Beispiele für die Berechnung der Wirkungsgrade  $\zeta_2, \eta_m$  und die weitere Beurteilung der Wärmemotoren f. [48], Abchnitte III, V, VII, X.

Zu beachten ist, daß die obigen Werte von  $\eta$  verschiedenen Leistungen der angeführten Maschinen entsprechen. Da für eine bestimmte Maschinenart  $\eta$  im allgemeinen mit dem indizierten Effekt  $N_i$  wächst, so kann für eine bestimmte Leistung eine ganz andre Reihenfolge der  $\eta$  eintreten. Sodann bezieht sich  $\eta$  nur auf die Ausnutzung des dem verwendeten Brennstoff entsprechenden Heizwerts, während in wirtschaftlicher Beziehung auch der Preis dieses Brennstoffs sowie Anlagekosten, Raumbedürfnis, Warteverbrauch, Kühlwasserverbrauch, Abnutzung der Maschine, Einfachheit des Betriebes, Rätschkeit der Ingangsetzung und Abstellung, Regulierbarkeit der Leistung, Verwendbarkeit von Nebenprodukten, bestehende Vorschriften und sonstige Verhältnisse in Betracht kommen können. Wären beispielsweise in den zu obigen  $\eta$  in Klammer angeführten Fällen zu bezahlen gewesen: pro Kilogramm Steinkohle  $p = 2,5 \text{ } \mathcal{J}$ , pro Kilogramm Anthrazit  $p = 3 \text{ } \mathcal{J}$ , pro Kilogramm Petroleum  $p = 17 \text{ } \mathcal{J}$  und pro Kubikmeter Leuchtgas  $p = 12 \text{ } \mathcal{J}$ , so würden nach 11. die stündlichen Brennstoffkosten pro Nutzperfärdeleistung gewesen sein: für Dampfmaschinen  $k = 0,7 \cdot 2,5 = 1,75 \text{ } \mathcal{J}$ , für Kraftgasanlagen  $k = 0,6 \cdot 3 = 1,8 \text{ } \mathcal{J}$ , für Petroleummaschinen  $k = 0,32 \cdot 17 = 5,4 \text{ } \mathcal{J}$ , für Leichtgasmaschinen  $k = 0,48 \cdot 12 = 5,8 \text{ } \mathcal{J}$ , für Dieselmotoren  $k = 0,215 \cdot 17 = 3,7 \text{ } \mathcal{J}$ , wonach Maschinen mit ungünstigen  $\eta$  doch günstigen Brennstoffkosten entsprechen können. Da aber auch die andern erwähnten Umstände mis sprechen, so läßt sich die zweckmäßigste Auswahl einer Maschinenart nur bei fachverständiger Beurteilung des einzelnen Falles treffen.

Disponible Arbeit und theoretischer Wirkungsgrad. [48], I, S. 91. Die bis jetzt angeführten Begriffe beziehen sich auf die tatsächlichen Verhältnisse eines Wärmemotors. Wenn es sich jedoch darum handelt, die Ausnutzung der Wärme bezüglich der Annäherung an das nach den Naturgesetzen theoretisch Erreichbare zu beurteilen, so kann dies nicht auf Grund der Wirkungsgrade  $\zeta$ ,  $\eta$  geschehen, weil diese das Verhältnis des Wärmewerts der indizierten Arbeit und Nutzarbeit zu einer Wärmemenge  $BH$  darstellen, von welcher ein Teil der Arbeitsfähigkeit gar nicht zugeführt wird, und der andre nicht vollständig in Arbeit verwandelt werden kann [1], [48], I, S. 93.

Als disponible Arbeit  $L_d$  eines Wärmemotors für irgendeinen Zeitabschnitt bezeichnet man die Arbeit, welche innerhalb dieser Zeit von der Arbeitsflüssigkeit mit der ihr zugeführten Wärmemenge  $Q$  unter Einhaltung der vorgeschriebenen Bedingungen höchstens geleistet werden kann, die also für alle Verwendungen zusammen zur Verfügung steht. Die disponible Arbeit würde einer Maschine entsprechen, in welcher die Arbeitsflüssigkeit die günstigsten unter den angenommenen Bedingungen denkbaren Arbeitsprozesse durchlief und ohne alle Verluste arbeitete. Eine solche vollkommene Maschine ist nicht möglich. Setzt man gleichwohl  $A L_d = \eta_d Q$ , so heißt das Verhältnis  $\eta_d$  des Wärmetwerts der disponiblen Arbeit zur Wärmezufuhr der disponibile Wirkungsgrad. Der disponibile Effekt  $N_d$  ist die disponible Arbeit pro Sekunde, er pflegt wie der indizierte Effekt  $N_i$  und Nutzeffekt  $N$  in Pferdestärken ausgedrückt zu werden, wobei nur in 6. bis 8.  $L_d$  an Stelle von  $L_i$  oder  $L$  zu setzen ist.

Führen wir weiter ein  $A_L = \eta_i A L d = \eta_d \eta_i Q$ , so wird das Verhältnis  $\eta_i$  der indizierten Arbeit zur disponiblen Arbeit der indizierte Wirkungsgrad genannt. In  $Ld - Li$  hat man den Arbeitsverlust infolge der Unvollkommenheit des Prozesses, er beträgt pro Einheit der disponiblen Arbeit:

$$\eta_v = 1 - \frac{L_i}{L_d} = 1 - \frac{N_i}{N_d} = 1 - \eta_i. \quad 14.$$

Der Vergleich von 2. und 13. ergibt für den thermischen Wirkungsgrad:

$\eta_t = \eta_d \eta_i$ , so dass Schranken gemacht werden kann.

von welcher Zerlegung in zwei Faktoren auch in 2., 3., 5. Gebrauch gemacht werden kann.  
In dem Verhältnis der Nutzarbeit zur disponiblen Arbeit

$$\xi = \frac{L}{La} = \frac{N}{Nd} = \eta_i \eta_m \quad 16.$$

hat man eine Größe, welche sich um so mehr der Einheit nähert, je näher die wirkliche Maschine einer unter den gegebenen Bedingungen theoretisch vollkommenen kommt, weshalb  $\xi$  der theoretische Wirkungsgrad genannt wird (die auch vorkommende Bezeichnung thermodynamischer Wirkungsgrad ist neben der allgemein gebräuchlichen von  $\eta$  als thermischer Wirkungsgrad unzweckmäßig).

Auf Grund der Wirkungsgrade  $\eta_d$ ,  $\eta_i$ ,  $\eta_m$ ,  $\xi$  lassen sich die Wärmemotoren bezüglich ihrer Leistungsfähigkeit gegenüber den durch die Naturgesetze und gestellte Bedingungen gezogenen Grenzen beurteilen und die Ausnutzung der Wärmezufuhr  $Q$  mit der Ausnutzung der Energie in andern Motoren vergleichen. Vorbedingung ist natürlich die Kenntnis der disponiblen Arbeit  $L_d$ . Der Ausdruck derselben ist von der Art des Wärmemotors und den angenommenen Bedingungen abhängig. Allgemein kann jedoch gefragt werden, daß die Wärmezufuhr bei  $fo$  hohen Temperaturen, die Wärmeentziehung bei  $fo$  niederen Temperaturen der Arbeitsflüssigkeit stattzufinden hat, als mit den gestellten Bedingungen verträglich ist, wobei diese Temperaturen denjenigen des Wärme abgebenden beziehungsweise aufnehmenden Körpers möglichst gleichzukommen haben. Waren beispielsweise nur die beiden Grenztemperaturen  $T_1$ ,  $T_2$  der Arbeitsflüssigkeit vorgeschrieben, so hätte  $L_d$  einem Carnotschen Kreisprozeß (Bd. 5, S. 691) zwischen derselben zu entsprechen, womit

$$L_d = \frac{Q}{A T_1} (T_1 - T_2), \quad \eta_d = \frac{A L_d}{Q} = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

und speziell für	$\frac{T_2}{T_1} = 0$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
	$\eta_d = 1$	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0

Die Erhöhung der oberen Grenztemperaturen fuchte man zu bewirken durch entsprechend hohe Drücke, Ueberhitzung oder geeignete Arbeitsflüssigkeiten (Hochdruckmaschinen, Verbundmaschinen, Heißdampfmaschinen, Mehrstoffdampfmaschinen, Dieselmotoren), die Erniedrigung der unteren Grenztemperaturen durch entsprechend tiefe Drücke und Kühlung, bei Dampfmaschinen beispielsweise durch Kondensation. Da bezüglich der bestehenden Bedingungen mitunter verschiedene Auffassungen möglich sind, so wurden mehrfach Regeln für die anzunehmende disponible Arbeit vereinbart [37], [48], II, S. 164, [51]. Näheres über die disponible Arbeit im allgemeinen [23], [30], [48], I, S. 91, 102, bei Mitwirkung von Regeneratoren [48], I, S. 104, bei Heißluftmaschinen [48], I, S. 189, bei Verbrennungsmotoren [48], I, S. 277, bei Dampfmaschinen [48], II, S. 142, 149, 154, 164, bei Dampfturbinen [48], II, S. 173. Beispiele der Berechnung von  $L_d$ ,  $\eta_d$ ,  $\xi$  finden im Anschluß an diese Darstellungen gegeben.

Die heutigen Theorien der Wärmemotoren beruhen auf den von Sadi Carnot [1] und Robert Mayer [3], [16] geschaffenen Grundlagen, die durch Versuche von Joule [10], Regnault [4], Hirn [7], [11] und vielen andern gefestigt wurden. Carnot hatte 1824 erkannt, daß die Wärme nur beim Uebergange von wärmeren zu kälteren Körpern Nutzarbeit leisten könne (z. B. beim Uebergange vom Dampfkessel zum Kondensator) und daß das Maximum  $L_d$  der aus einer bestimmten Wärmemenge  $Q$  erreichbaren Arbeit nur von den Temperaturen jener Körper (die nach Lorenz [23] auch veränderlich sein können), nicht von der Art der vermittelnden Körper und Mechanismen abhänge (vgl. [1], S. 9, 12, 22, 38, 75, 94 u. f. w., Carnotsche Funktion, Kreisprozeß). Aber er nahm an, daß die Wärme bei diesem Uebergange nicht verminderl werde [1], S. 10, 37, und Hirn vertrat noch 1858 die Ansicht, daß eine expansionslos arbeitende Dampfmaschine ohne Aufwand von Wärme Arbeit leisten könne [7], 160, 196. Demgegenüber stellte Mayer 1842 fest, daß die gelieferte Arbeit durch eine äquivalente Wärmemenge erkauft werden muß [16], S. 28, 29, 52, 54, 310 u. f. w., und gab für alle Umwandlungen von Energie durch beliebige Maschinen wie in der ganzen Natur das Grundgesetz in dem Prinzip von der Erhaltung der Energie (Bd. 3, S. 449). Die neueren Fortschritte auf dem Gebiete der Wärmemotoren waren durch zielbewußtes Zusammenwirken von Praxis und Theorie, von Verluch und Rechnung bedingt.

Literatur: [1] Carnot, Réflexions sur la puissance motrice du feu et sur les machines propres à développer cette puissance, Paris 1824. — [2] Clapeyron, Mémoire sur la puissance motrice de la chaleur, Journal de l'école polytechnique 1834, XV, S. 170 (auch Poggendorffs Annalen 1843, LIX, S. 445, 556). — [3] Mayer, Bemerkungen über die Kräfte der unbelebten Natur, Annalen der Chemie und Pharmacie 1842, S. 233 (auch [16], Auff. I). — [4] Regnault, Relation des expériences entreprises pour déterminer les principales lois et données numériques, qui entrent dans les calculs des machines à vapeur, I, Paris 1847; II, Paris 1862 (zugleich Bd. XXI und XXVI der Mémoires de l'acad. des sciences). — [5] Thomson, On the dynamical theory of heat etc., Edinburgh Transactions 1851 March (auch Thomson, Mathematical and Physical Papers, I, Cambridge 1882, S. 174; disponibile Arbeit S. 200). — [6] Rankine, On the geometrical representation of the expansive action of heat and the theory of the thermodynamic engines, Philosophical Transactions 1854, CXLIV, S. 115. — [7] Hirn, Recherches expérimentales sur l'équivalent mécanique de la chaleur, Colmar 1858 (Bericht von Clausius f. Fortschritte d. Physik 1855, XI, S. 21). — [8] Rankine, A manual of the steam-engine and other prime movers, London 1859. — [9] Redtenbacher, Der Maschinenbau, II, Mannheim 1863, S. 257, 498, 592. — [10] Joule, Das mechanische Wärmeäquivalent, deutsch von Spengel, Braunschweig 1872. — [11] Hirn, Exposition analytique et expérimentale de la théorie mécanique de la chaleur, II, Paris 1876, S. 1. — [12] Weyrauch, Zur Beurteilung von Luft- und Gasmassen, Zeitfchr. d. Ver. deutsch. Ing. 1880, S. 185 (Zahlenkorrektur 1881, S. 226, Druckluftanlagen 1889, S. 961, 991). — [13] Grashof, Theoretische Maschinenlehre, III, Theorie der Kraftmaschinen, Hamburg und Leipzig 1890, S. 400. — [14] Behrend, Verwendung von in der Dampfmaschine unbennutzter Wärme zur Arbeitsleistung, Zeitfchr. d. Ver. deutsch. Ing. 1892, S. 1135. — [15] Witz, Traité théorique et pratique des moteurs à gaz et à pétrole, I, Paris 1892; II, Paris 1895. — [16] Mayer, Die Mechanik der Wärme, in Gefammelten Schriften, Stuttgart 1893, S. 28, 52, 54, 58, 310, 348, 407 u. f. w. — [17] Diesel, Theorie und Konstruktion eines rationalen Wärmemotors zum Erfatz der Dampfmaschinen und der heute bekannten Verbrennungsmotoren, Berlin 1893. — [18] Slaby, Kalorimetrische Untersuchungen über den Kreisprozeß der Gasmaschine, Berlin 1894 (f. a. Verhandl. d. Ver. f. d. Beförd. d. Gewerbeleßes 1896, S. 190, 278, 288). — [19] Thurston, The animal as a machine and a prime motor, New York 1894. — [20] Chauveau, Die Gasmaschine, deutsch von v. Ihering, Leipzig 1895. — [21] Hartmann, Leistungsversuche mit Petroleummotoren, Zeitfchr. d. Ver. deutsch. Ing. 1895, S. 342, 373, 399, 469, 586, 616. — [22] Meyer, E., Kraftgasanlagen und Versuche u. f. w., ebend. 1895, S. 1523, 1537 (f. a. Körting 1895, S. 1049, Schöttler 1896, S. 421, und Meyer 1896, S. 350, 1239, 1304, 1331). — [23] Lorenz, Die Ermittlung der Grenzwerte der thermodynamischen Energieumwandlung, Zeitfchr. f. d. gefärbte Kälteindustrie 1896, S. 8, 27, 43, 104, 123, 145, 166, 190, 209, 227. — [24] Schröter, Vergleichende Versuche mit gefäßtem und überhitztem Dampfe an einer 1500-pferdigen Dreifachexpansionsmaschine, Zeitfchr. d. Ver. deutsch. Ing. 1896, S. 249, 277, 310, 369 (Sulzer, S. 531). — [25] Zeuner, Zur Theorie und Beurteilung der Dampfmaschinen, Civilingenieur 1896, S. 665. — [26] Sauvage, La machine à vapeur, Paris 1896. — [27] Dugald-Clerk, The gas and oil machine, London 1897. — [28] Diesel, Diesels rationeller Wärmemotor, Zeitfchr. d. Ver. deutsch. Ing. 1897, S. 817. — [29] Schröter, Diesels rationeller Wärmemotor, ebend. 1897, S. 845. — [30] Meyer, E., Die Beurteilung der Kreisprozesse von Wärmekraftmaschinen mit besonderer Berücksichtigung des Dieselmotors, ebend.

1897, S. 1108. — [31] Gutermuth, Die Anwendung überhitzen Dampfes, ebend. 1898, S. 141. — [32] Mollier, Ueber die Beurteilung der Dampfmaschine, ebend. 1898, S. 685. — [33] Schenkel, Der überhitze Dampf, Wien 1897. — [34] Sosnowski, Roues et turbines à vapeur, Paris 1897. — [35] Knoke, Die Kraftmaschinen des Kleingewerbes, Berlin 1899. — [36] Meyer, E., Die Beurteilung der Dampfmaschine, Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1899, S. 154 (f. a. 1900, S. 539, 597). — [37] Normen für Leistungsverläufe an Dampfkesseln und Dampfmaschinen, aufgestellt vom Verein deutscher Ingenieure u. f. w., ebend. 1900, S. 460. — [38] Zeuner, Technische Thermodynamik, I und II, Leipzig 1900 und 1901. — [39] Mühl, Grundlagen der Theorie und des Baues der Wärmekraftmaschinen, Leipzig 1902. — [40] Behrend, Ueber die Abwärmedampfmaschine, Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1902, S. 1514. — [41] Gildner, Das Entwerfen und Berechnen der Verbrennungsmotoren, Berlin 1903. — [42] Meyer, E., Versuche an Spiritusmotoren und am Dieselmotor, Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1903, S. 513, 600, 632, 669. — [43] Linde, Die Auswertung der Brennstoffe als Energieträger, ebend. 1903, S. 1509. — [44] Stodola, Die Dampfturbinen, 3. Aufl., Berlin 1905. — [45] Gentzsch, Die Dampfturbinen, Hannover 1905. — [46] Joffe, Neuere Wärmekraftmaschinen, Berlin 1905. — [47] Schröter, Ueber die Abwärmedampfmaschine, Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1905, S. 745. — [48] Weyrauch, Grundriß der Wärmetheorie, I und II, Stuttgart 1905 und 1907. — [49] Riedler, Ueber Dampfturbinen, Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1906, S. 1209, 1265. — [50] Bonte, Fortschritte und Erfahrungen im Bau von Großgasmachinen, ebend. 1906, S. 1249, 1362, 1603. — [51] Regeln für Leistungsverläufe an Gasmaschinen und Gaserzeugern, aufgestellt vom Verein deutscher Ingenieure u. f. w., ebend. 1906, S. 1923. — [52] Rieppel, Versuche über die Verwendung von Teerölen zum Betriebe des Dieselmotors, Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1907, S. 613. — [53] Liekfeld, Die Petroleum- und Benzinmotoren, München und Berlin 1908. — [54] Eckard, Die Gasmaschine, insbesondere die Viertaktmaschine, Braunschweig 1908. — [55] Gasmaschinen von 1000 PS und mehr im Betrieb oder im Bau bis 15. August 1908, Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1908, S. 2018. — [56] Eberle, Neuzeitliche Dampfanlagen, Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1908, S. 687, 735, 937. — [57] Matschoß, Die Entwicklung der Dampfmaschine, Berlin 1908. — [58] Neumann, Untersuchung des Arbeitsprozesses im Fahrzeugmotoren, Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1909, S. 330. — [59] Schöttler, Die Gasmaschine, 5. Aufl., Berlin 1909. — [60] Perry, Die Dampfmaschine (einfachließlich der Dampfturbine) und Gas- und Oelmaschinen, deutsch von Meuth, Leipzig u. Berlin 1909. — S. a. Dampfmaschinen, Dampfturbinen, Heißdampfmaschinen, Heißluftmaschinen, Verbrennungsmotoren, Regeneratoren.

Weyrauch.

**Wärmeschutzeinrichtungen, f. Schutzmittel, Abschn. 3.**

**Wärmestrahlung**, vgl. Absorption von Licht und Wärme, Bodenphysik, Bolometer, Emission, Thermoelektrizität.

**Wärmetheorie**, mechanische. Die mechanische Wärmetheorie oder Thermodynamik im gewöhnlichen, engeren Sinne beschäftigt sich mit den Gesetzen, nach welchen die Wärme durch mechanische Arbeit (Bd. 1, S. 267) erzeugt und wieder in mechanische Arbeit verwandelt werden kann. Im weiteren Sinne durchdringt die mechanische Wärmetheorie fast die ganze Physik, indem sie alle Beziehungen zwischen Wärme und andern Energieformen (Bd. 3, S. 449) zu verfolgen sucht. Hier wird von dieser allgemeineren Auffassung abgesehen.

Der erste Hauptatz der mechanischen Wärmetheorie bestimmt die Äquivalenz von Wärme und Arbeit (f. Wärmeäquivalent), entsprechend dem Prinzip von der Erhaltung der Energie (Bd. 3, S. 449). Bezeichnen für einen Körper (Bd. 5, S. 539, 544) oder ein iontiges materielles System (Bd. 6, S. 333)  $N$  die aktuelle Energie,  $U$  die virtuelle Energie und in irgend-einem Zeitintervall  $K$  die Arbeit der äußeren Kräfte,  $Q$  die sonst von außen zugeführte Energie, so lautet die Grundgleichung der Energie bei gleichen Maßeinheiten aller Glieder (Bd. 3, S. 449, [30], S. 26):  $dN + dU = dE = dK + dQ$ . 1.

In der mechanischen Wärmetheorie werden gewöhnlich Fälle betrachtet, in welchen  $dN = 0$  und  $dQ$  nur Wärme bedeutet. Ferner pflegt man anstatt der Arbeit  $dK$  der äußeren Kräfte die Arbeit  $dL = -dK$  zur Ueberwindung der äußeren Kräfte einzuführen. Schließlich werden  $U$ ,  $L$  in Arbeitseinheiten,  $Q$  aber in Wärmeeinheiten gemessen, womit obige Gleichung die Form annimmt [30], S. 27, 37:  $dQ = A(dU + dL)$ . 2.

unter  $A = 1/W$  das kalorische Äquivalent der Arbeit verstanden (f. Wärmeäquivalent), welches für die Kalorie als Einheit der Wärme (Bd. 5, S. 301) und Meterkilogramm als Einheit der Arbeit (Bd. 1, S. 267) meist  $A = 1/424$  gesetzt wird. Wenn noch in üblicher Weise von äußeren Kräften nur ein auf die Oberfläche gleichmäßig verteilter Normaldruck von  $p$  pro Flächeneinheit in Betracht kommt, so erhält man (Bd. 1, S. 102; [30], I, S. 49):

$$dL = p dv, \quad 3.$$

worin  $dv$  die Volumenänderung während der Arbeit  $dL$ , und damit aus 2. die speziellere Form:

$$dQ = A(dU + pdv). \quad 4.$$

Diese wie die noch folgenden Gleichungen werden in der Wärmetheorie gewöhnlich auf die Gewichtseinheit (1 kg) bezogen. Da die virtuelle Energie  $U$  im Falle  $N=0$  die ganze Energie des betrachteten Körpers darstellt (Bd. 3, S. 449), so wird sie in der Wärmetheorie auch kurz Energie genannt. Manche nennen sie innere Arbeit (Bd. 5, S. 197), inneres Arbeitsvermögen, innere Energie, Eigenenergie u. f. w., während  $L$  nach Clausius allgemein die äußere Arbeit genannt wird (Bd. 1, S. 102).

Die Gleichung für  $dQ$  ist ohne weitere Beziehungen im allgemeinen nicht integrierbar,

man kann jedoch durch Multiplikation mit einem integrierenden Faktor  $1/T$  eine unmittelbar integrierbare Gleichung daraus erhalten, womit [30], S. 32, 37:

$$\frac{dQ}{AT} = dS \quad 5.$$

das vollständige Differential einer Funktion  $S$  derjenigen Größen wird, welche als Unabhängigvariable die Energie  $U$  bestimmen, und auch  $T$  als Funktion dieser Größen angesehen werden kann (vgl. Bd. 3, S. 450). Für einen Kreisprozeß (f. d.) aber gilt nun:

$$\int \frac{dQ}{T} = 0. \quad 6.$$

Der zweite Hauptatz der mechanischen Wärmetheorie bestimmt die Bedeutung von  $T$  in diesen Gleichungen. Unter gewissen, bis jetzt erfahrungsmäßig bestätigten Annahmen, deren Ausdruck verschieden sein kann (f. z. B. Clausiuscher Grundsatz) schließt man, daß für umkehrbare Zustandsänderungen (f. Zustand)  $T$  die absolute Temperatur darstellt [30], S. 43, 68, welche sich von der Temperatur  $t$  nach Celsius nur um eine Konstante  $a$  unterscheidet,  $T = a + t$  (Näheres f. Temperatur). Mit dieser Bedeutung von  $T$  wird  $S$  nach Clausius die Entropie genannt (f. d.), während Zeuner Größen der Form  $\frac{Q}{AS}$  als Wärmegewichte bezeichnete.

Von den bisher erwähnten Annahmen ausgehend, gelangt man auf rein mathematischem Wege zu den Hauptgleichungen der Wärmetheorie, welche sich für den allgemein angenommenen Fall, daß die Energie  $U$  stets durch die augenblicklichen Werte von  $p, v$  allein bestimmt ist, in folgender Form schreiben lassen [30], I, S. 67:

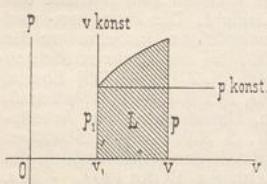


Fig. 1.

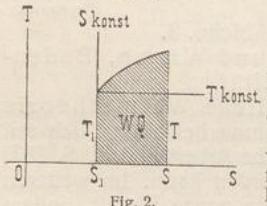


Fig. 2.

$$\frac{\partial}{\partial p} \left( c_p \frac{\partial t}{\partial v} \right) - \frac{\partial}{\partial v} \left( c_v \frac{\partial t}{\partial p} \right) = A, \quad 7.$$

$$(c_p - c_v) \frac{\partial t}{\partial p} \frac{\partial t}{\partial v} = AT, \quad 8.$$

$$dQ = c_p \frac{\partial t}{\partial p} dp + c_v \frac{\partial t}{\partial v} dv, \quad 9.$$

$$dQ = c_v dt + AT \frac{\partial p}{\partial t} dv, \quad 10.$$

$$dQ = c_p dt - AT \frac{\partial v}{\partial t} dp, \quad 11.$$

worin  $c_p, c_v$  die spezifischen Wärmen (S. 173) bei konstantem Drucke und konstantem Volumen bedeuten. Zugleich ergibt sich, daß zwischen  $p, v$  und  $t$  eine Beziehung besteht [30], S. 65,

$$\psi(p, v, t) = 0, \quad 12.$$

welche eine der drei Größen  $p, v, t$  aus den zwei andern zu bestimmen gestattet und die Zustandsgleichung des betreffenden Körpers genannt wird. Vorstehende Gleichungen pflegen in der mechanischen Wärmetheorie besonders auf Gafe und Dämpfe und deren Zustandsänderungen angewendet zu werden (vgl. Gafe, Bd. 4, S. 276, 277; Dampf, Bd. 2, S. 538, 544), wobei man unter Zustandsänderungen (f. Zustand) die Änderungen der Größen  $p, v$  versteht, welche als Unabhängigvariable die Energie  $U$  und damit auch  $S, T$  bestimmen. Häufig werden diese Zustandsänderungen graphisch dargestellt, und zwar derart, daß die  $v$  als Abzissen, die  $p$  als Ordinaten dienen (Fig. 1), wie schon Watt vorging, oder daß die  $S$  als Abzissen, die  $T$  als Ordinaten gewählt werden (Fig. 2), wie zuerst von Belpaire geschah. Die Fläche unterhalb der Zustandskurve stellt im ersten Falle die äußere Arbeit  $L$ , im zweiten Falle die Wärmezufuhr  $Q$  dar, weshalb mitunter die erste Darstellung das Arbeitsdiagramm, die zweite das Wärmediagramm genannt wird. Vgl. Äußere Arbeit, Kreisprozeß, Nullkurve, Polytropische Zustandsänderung, Dampfmaschinen, Heißluftmaschinen, Verbrennungsmotoren, Regeneratoren, Kältemaschinen.

Die mechanische Wärmetheorie ist ein Kind des neuzeitlichen Jahrhunderts. Auf den von Mayer und Carnot geschaffenen Grundlagen (den beiden Hauptzetteln) führten Clausius, W. Thomson, Rankine u. a. in den fünfziger und sechziger Jahren deselben den ersten Aufbau aus, während sich Hirn, Zeuner, Grashof u. a. besonders um die technischen Anwendungen verdient machten. Ohne die mechanische Wärmetheorie wäre die moderne Entwicklung der Wärmemotoren (f. d.) und zahlreicher anderer Anlagen nicht möglich gewesen, wie z. B. die heutigen Kältemaschinen (f. d.), die Verflüssigung der schwer kondensierbaren Gase (f. d.) u. f. w. lediglich durch Uebersetzung von Ermittlungen der Wärmetheorie in die Praxis erreicht wurden.

Literatur: [1] Carnot, Réflexions sur la puissance motrice du feu et sur les machines à développer cette puissance, Paris 1824. — [2] Clapeyron, Mémoire sur la puissance motrice de la chaleur, Journal de l'école polytechnique 1834, XIV, S. 170 (deutsch Poggend. Annalen 1843, LIX, S. 446, 566). — [3] Clausius, Abhandlungen über die mechanische Wärmetheorie, I, Braunschweig 1864; II, ebend. 1867. — [4] Briot, Théorie mécanique de la chaleur, Paris 1869 (deutsch von Weber, Leipzig 1871). — [5] de Saint-Robert, Principes de Thermodynamique, Turin und Florenz 1870. — [6] Grashof, Theoretische Maschinenlehre, I. Hydraulik nebst mechanischer Wärmetheorie und allgemeiner Theorie der Heizung, Leipzig 1875. — [7] Neumann, Vorlesungen über die mechanische Theorie der Wärme, Leipzig 1875. — [8] Hirn, Théorie mécanique de la chaleur, I, Paris 1875; II, ebend. 1876. — [9] Maxwell, Theorie der Wärme, deutsch von Auerbach, Breslau 1877. — [10] Rühlmann, Handbuch der mechanischen Wärmetheorie, I, Braunschweig 1876; II, ebend. 1885. — [11] Herrmann, Kompendium der mechanischen Wärmetheorie,

Berlin 1879. — [12] Thomson, W., Mathematical and physical papers, Cambridge, I 1882, II 1884, III 1890. — [13] Bertrand, Thermodynamique, Paris 1887. — [14] Clausius, Die mechanische Wärmetheorie, I, Braunschweig 1887; II, ebend. 1889—1891. — [15] Lippmann, Cours de Thermodynamique, Paris 1889. — [16] Tuckermann, Index to the literature of thermodynamics, Washington 1890. — [17] Gibbs, Thermodynamische Studien, deutsch von Ostwald, Leipzig 1892. — [18] Pauly, La chaleur, considérée au point de vue de sa transformation en puissance motrice, Paris 1892. — [19] Mayer, R., Die Mechanik der Wärme, in Gefammelten Schriften, Stuttgart 1893. — [20] Poincaré, Thermodynamik, deutsch von Jäger und Greulich, Berlin 1893. — [21] Kirchhoff, Vorlesungen über die Theorie der Wärme, Leipzig 1894. — [22] Mach, Die Prinzipien der Wärmelehre, Leipzig 1896. — [23] Planck, Vorlesungen über Thermodynamik, Berlin 1897. — [24] Pfandl, Müller-Pouillet's Lehrbuch der Physik und Meteorologie, Bd. 2, 2. Abt., Von der Wärme, Braunschweig 1898. — [25] Zeuner, Technische Thermodynamik, I u. II, Leipzig 1900 u. 1901. — [26] Weinein, Thermodynamik und Kinetik der Körper, I u. II, Braunschweig 1901 u. 1903. — [27] Helmholtz, Vorlesungen über Theorie der Wärme, Leipzig 1903. — [28] Enzyklopädie der mathematischen Wissenschaften, Bd. V, 1, Leipzig 1903/05, S. 69, 232. — [29] Lorenz, Technische Wärmelehre, München und Berlin 1904. — [30] Chwolson, Lehrbuch der Physik, III. Die Lehre von der Wärme, Braunschweig 1905. — [31] Weyrauch, Grupdrif der Wärmetheorie, I u. II, Stuttgart 1905 u. 1907. — [32] Winkelmann, Handbuch der Physik, III. Wärme, Leipzig 1906. — [33] Schüle, Technische Wärmemechanik, Berlin 1909. — S. a. Wärme, Wärmeäquivalent, Temperatur, Gase, Dampf, Wärmemotoren u. f. w. *Weyrauch.*

**Wärmetönung**, die bei einer Reaktion (Verbrennung, Zersetzung, Dissoziation, Neutralisation, Verdünnung, Lösung u. f. w.) entwickelte oder abforbierte Wärmemenge (ausgedrückt in Kalorien), die eine Erwärmung oder Abkühlung des reagierenden Systems hervorbringt. *Abegg.*

**Wärmewirkungen**, elektrische, Erwärmung eines Leiters durch den hindurchfließenden Strom.

Nach dem Jouleschen Gesetz ist die beim Durchgang eines elektrischen Stromes  $i$  in einem Leiter entwickelte Wärmemenge  $Q$  (in Grammkalorien) proportional der Zeit  $t$  (in Sekunden), während welcher der Strom wirksam war, proportional dem Widerstand  $w$  des Leiters und proportional dem Quadrate der Stromstärke:  $Q = i^2 w t C$ ; hierin ist  $C$  ein Proportionalitätsfaktor, der von den gewählten Einheiten abhängt. Wird die Spannung in Volt, die Stromstärke in Ampère, der Widerstand in Ohm und die Zeit in Sekunden ausgedrückt, so ergibt sich  $C = 0,24$ , und es wird  $Q = 0,24 i^2 w t$  oder durch Umformung mit Hilfe des Ohmischen Gesetzes  $i = e:w$  (f. Strom, elektrischer) auch  $Q = 0,24 e^2 t:w$ . Durch Division mit 1000 erhält man  $Q$  in Kilogrammkalorien:  $Q = 0,00024 e^2 t:w$ , in Meterkilogramm ausgedrückt (da 1 Kilogrammkalorie einer Arbeitsleistung von 424 mkg gleichwertig ist), ergibt sich die Arbeitsleistung  $A = 0,1018 e^2 t$  mkg. Da der Faktor 0,1018 der reziproke Wert der Beschleunigung der Schwere 9,81 ist, wird die Arbeit in  $t$  Sekunden:  $A = e^2 t:9,81$  mkg, und die Arbeit in einer Sekunde, der Effekt  $E = e^2 t:9,81$  mkg. In der Elektrotechnik wird die Arbeit nach der Einheit „Joule“, d. i. das Produkt  $e^2 t$  gerechnet, und der Effekt nach Watt oder Volt-Ampère; größere Effekte werden in Kilowatt bzw. in Kilovoltampère ausgedrückt (vgl. Maßsystem, absolutes). — Die Wärmewirkungen des elektrischen Stromes finden in der elektrotechnischen Praxis eine sehr ausgiebige Verwendung, z. B. bei der elektrischen Beleuchtung (f. Bogenlampen, Bd. 2, S. 169; Glühlampen, Bd. 4, S. 576; Beleuchtung, elektrische, Bd. 1, S. 667), bei elektrischen Koch- und Heizapparaten (f. Bd. 5, S. 537) [5]. Auch bei Schmelzöfen für chemische und metallurgische Zwecke werden die Wärmewirkungen des Stromes mehr und mehr nutzbar gemacht. Sie ermöglichen die Konzentrierung sehr großer Wärmemengen auf einen beliebig kleinen Raum, machen das zu erhitze Material unabhängig von den Einfüßen des Ofenbaumaterials und der Feuergase und liefern bisher unerreichte Temperaturen bis 4000° C. (vgl. Ofen für technische Zwecke, Bd. 6, S. 744) [2]—[4]. — Ferner finden die elektrischen Wärmewirkungen zum Schweißen (f. d., S. 12) von Metallen Verwendung [1], [5], [8]. — Auch Glüh- und Härtofen werden mittels des elektrischen Stromes betrieben, wobei die erforderliche Gleichmäßigkeit der Härtetemperaturen (bis 1300° C.) durch ein Metall- oder Metallsalzbad bequem erreicht werden kann [7].

Literatur: [1] Fodor, Elektr. Schweißung und Lötzung, Wien 1892. — [2] Moissan, Der elektr. Ofen, Berlin 1900. — [3] Borchers, Elektrometallurgie, Braunschweig 1903. — [4] Derf., elektrische Ofen, Halle 1907. — [5] Holzt, Schule des Elektrotechnikers, Leipzig 1908. — [6] Elektrot. Zeitschr., Berlin 1904. — [7] Ebend. 1906. — [8] Ebend. 1909. *Holzt.*

**Wäfche**, im Bergbau f. v. w. Aufbereitungsanstalt (f. Aufbereitung).

**Wäscher**, f. v. w. Skrubber, f. Gaswaschapparate.

**Wäffierung**, f. Sinkwerksbau.

**Waffen**, f. Handfeuerwaffen, Geschütz und die dort angef. Artikel.

**Wage**, Gerät zur Gewichtsbestimmung, die auf einer Vergleichung von Gewichten beruht (f. Gewicht, Gewichte, Gewichtsstücke). Man benutzt hierzu Hebelanordnungen (Hebelwagen) oder Federn (Federwagen). — Außerdem werden Wagen zum Messen von Kräften für physikalische Zwecke benutzt (f. unten). Senkwagen zur Ermittlung des spezifischen Gewichts von Flüssigkeiten, f. Aräometer, Alkoholometer, Galaktoskop, Hydrostatische Wage, Molkerei.

## I. Hebelwagen.

**A. Wagen mit horizontaler Gleichgewichtslage.** Die Konstruktionen dieser Wagen unterscheiden sich zunächst in folgendem voneinander:

a) auf der Gewichtsseite der Wage werden entweder lose Gewichtsstücke aufgelegt, oder es wird ein unveränderliches Gewicht auf einem Hebel verschoben (Laufgewicht); auch Kombinationen beider Anordnungen kommen vor; b) die Last wirkt entweder unmittelbar auf einen Hebel oder ruht in einer Schale oder auf einer Brücke; c) die zur Vergleichung dienenden Gewichte sind entweder ebenso groß wie die Last (Gleichlastwagen) oder betragen nur einen Teil der Last, so daß Hebelübersetzungen notwendig werden (Dezimalwagen: Gewicht =  $\frac{1}{10}$  der Last, Zentesimalwagen: Gewicht =  $\frac{1}{100}$  der Last); d) das Wägen (Bedienung der Wage) muß entweder durch eine menschliche Arbeitskraft geschehen, oder es geschieht vollkommen selbsttätig (automatische Wagen).

Fig. 1. Gleicharmige einfache Balkenwage. Die Drehpunkte  $a$  und  $c$  liegen bei der Gleichgewichtslage in einer wagerechten Linie, die stets über dem Schwerpunkt  $e$  der Wage liegt. Der Stützpunkt  $d$  ist bei groben Wagen über und bei feinen Wagen nahezu oder ganz in der Geraden  $ac$ . Ist das Gesamtgewicht der Wage =  $W$ , und ist in der linken Wagenschale  $g$  das Gewicht  $P$ , dagegen in der rechten  $P + p$ , so verursacht das Übergewicht  $p$  eine Ablenkung, deren Größe  $\alpha$  sich durch  $\tan \alpha = p : [(2P + p)m + W(m + n)]$  bestimmt. Dieser Wert wird unter gleichen Verhältnissen am größten für  $m = 0$ , also  $\tan \alpha = p : Wn$ . Dann ist die Empfindlichkeit der Wage nicht nur am größten, sondern auch von der Größe der Gewichte  $P$  unabhängig. Die Formel zeigt, daß zur Erreichung einer großen Empfindlichkeit, d. h. Ablenkung, der Wage  $I$  groß und  $n$  klein gewählt werden muß; vgl. [1]. — Zur Verminderung der Genauigkeit der Wage beeinträchtigenden Reibung an den Drehpunkten  $a$   $c$   $d$  werden dreieckige Messerschneiden und Pfannen benutzt. Gewöhnlich werden die Messerschneiden am Balken angebracht, weil dadurch die Unabhängigkeit ihrer Abstände voneinander gesichert ist. Die Wagenschalen  $g$  sind unter dem Balken  $abc$  durch Ketten, Schnüre oder gekröppte Stangen an den Drehpunkten  $a$  und  $c$  aufgehängt. Da die Wagenschalen an den Drehpunkten hin und her pendeln, so gewähren sie keine bequeme Unterlage für das Auflegen der Gewichte. Aus diesem Grunde wendet man häufig eine Arretierung an, indem die Schalen  $g$  entweder von aufwärts bewegten Scheiben aufgefangen oder durch Senken des Balkens  $abc$  auf die Unterlagen gelegt werden. Die Arretierung kann zur Beschleunigung des Wagens benutzt werden, indem erst nach ihrer Entfernung der Wagebalken freigegeben wird und dieser sich flets auf die Seite des etwaigen Übergewichtes neigt. Die Arretierung kann dazu dienen, die Messerschneiden und Pfannen vom Druck zu befreien, wenn Gewichte aufgelegt werden oder die Wage nicht benutzt wird. — Die eine Hälfte der Wage soll mit der andern genau übereinstimmen. Ist dies nicht der Fall, so ist zur Ermittlung des genauen Gewichtes die doppelte Wägung erforderlich, d. h. man legt den Körper in die eine Wagenschale  $g$  und so viel Gewichte in die andre Schale  $g$ , als zur Einstellung des Zeigers  $h$  in die richtige Lage  $f$  ( $\alpha = 0$ ) erforderlich ist; dann nimmt man den Körper heraus, ersetzt ihn durch so viel Gewichtsstücke, als zur Wiedereinstellung des Zeigers  $h$  nötig ist, und findet nun in diesen Gewichtsstücken das gesuchte Gewicht.

Die gemeine Wage wird sehr verschieden ausgeführt [1], [2]:  
 α) Stützpunkt  $d$  in einer Gabel  $f$  und Zeiger (Zunge)  $h$  oben (Fig. 1), die Gabel  $f$  kann an einem Ringe mit der Hand gehalten werden (Handwage) oder mit dem Ringe an einem festen Punkte (Decke, Balken, Gestell u. f. w.) oder auf einer senkrecht verschiebbaren Stütze als Arretierung aufgehängt sein. β) Stützpunkt  $d$  auf einem Ständer, Bock u. f. w. gelagert, und Zeiger  $h$  unten. Es kann eine senkrecht verschiebbare Stütze als Arretierung benutzt werden, deren beide Arme unter den Wagebalken greifen.  
 γ) Aufhängepunkt  $d$  auf einer senkrecht verschiebbaren Stütze als Arretierung.

Wagen nach Fig. 1 in feiner Ausführung werden als Präzisionswagen bezeichnet. Zu diesen gehören die analytischen Wagen für physikalische und chemische Untersuchungen. Die Balken derselben haben, auf die ganze Länge verteilt, Kerben, in welche leichte, abhebbare Gewichte aus Draht, Reiter, gelegt werden. — Gewöhnlich sind solche Wagen in Glasgehäusen eingeschlossen, um Luftzug und Temperaturschwankungen fernzuhalten [1], [2]. Die Abweichungen des Zeigers vom Nullpunkt einer Skala können durch Spiegel vergrößert oder mit einem Mikroskop beobachtet und die verschiedenen Gewichte durch eine Vorrichtung mechanisch aufgelegt und abgehoben werden [1], [2].

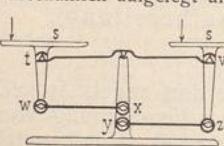


Fig. 2.

Automatische Wagen mit Anordnung der Wage nach Fig. 1 sind z. B. die s. Münzwagen (l. Münze, Bd. 6, S. 529, Fig. 4 u. 5; f. a. Getreidewage, Bd. 4, S. 458). Fig. 2. Robervalische Wage (gleicharmige Gleichlastwage mit Parallelführungen für die Schalen s.). Sie hat den Nachteil, daß in den Lenkern  $wx$  und  $yz$  abwechselnd Zug- und Druckkräfte auftreten, je nachdem die durch Pfeile angedeuteten Gewichte auf der einen oder andern Seite der Stützen  $t w$  bzw.  $v z$  wirken.

Fig. 3. Pfanzeder'sche Wage (gleicharmige Gleichlastwage). Jede Wagenschale  $q$  ist mit den Stützen  $p$  und  $s$  starr verbunden. Die Lenker  $tt$  sind notwendig, weil die oberen Dreh-

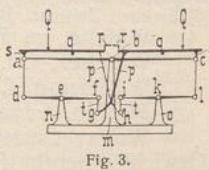


Fig. 3.

punkte *a* und *c* Bogen mit großem Halbmesser *ab* bzw. *bc*, hingegen die unteren Drehpunkte *f* und *i* Bogen mit noch nicht halb so großem Halbmesser *ef* bzw. *ki* beschreiben. Zwischen den Punkten *a* und *d* bzw. *c* und *l* sind Stangen eingeschaltet. Die Wage hat den Nachteil, daß die Stangen *ad* und *cl* auf Druck beansprucht werden und bei Anwendung von Messerschneiden in den Drehpunkten aus der richtigen Lage geraten können. Ueber die Kappeler sche Ausführung dieser Wage f. [I].



Fig. 5.

Bei der Bérang erscheinen oder Haufer'schen Wage,

Fig. 4 [I], treten außer Biegungsspannungen nur Zugspannungen auf, die Messerschneiden geraten also beim Auf- und

Abnehmen der Gewichte nicht leicht aus den Pfannen heraus. Durch Rechnung ist leicht zu finden, daß es hier wie bei der vorherigen Wage gleichgültig ist, auf welchen Stellen der Wagenschalen die Gewichte aufgelegt werden. Es sei noch bemerkt, daß die Wage am raschesten ihre Gleichgewichtslage annimmt, wenn die Stangen *ik*, *eh* und *gf* in vom Punkte *o* ausgehenden Strahlen liegen.

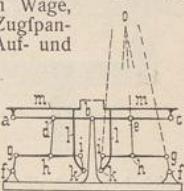


Fig. 4.

Fig. 5. Ungleichmäßige einfache Laufgewichtswage (römische Schnellwage). Die Wagenschale kann entweder bei *q* oder bei *r* aufgehängt werden, so daß zwei verschiedene Teilungen auf beiden Seiten des langen Balkenarmes erforderlich sind. Das Laufgewicht ist mit *p* bezeichnet.

Fig. 6 und 7. Dezimal-, Quintenzsche oder Straßburger Brückenwage. Bei jeder gut gebauten Brückenwage muß die Wagenschale, Tafel oder Brücke *HH* (Fig. 6) so geführt sein, daß irgend eine mit ihr fest verbunden gedachte Horizontalebene *AA* ihrer Anfangslage nahezu parallel bleibt, wenn die Wage um ihre Gleichgewichtslage kleine Schwingungen macht; ferner muß das Wägresultat von der zufälligen Lage des Körpers auf der Brücke unabhängig sein. Die Brücke *AA* ist mit dem Rahmen *HH* fest verbunden, der durch die Schneiden *aa* und die Zugstangen *E* und *F* feine Wirkung auf den Wagebalken *B* überträgt, welcher um den festen Drehpunkt *K* schwingt und durch Vermittlung der Schneide *i* die Wagenschale *G* trägt. Zur Ausgleichung etwaiger Störungen des Gleichgewichts im Hebelmechanismus der Wage selbst dient die kleine, unmittelbar unter *i* angebrachte Schale. Nach

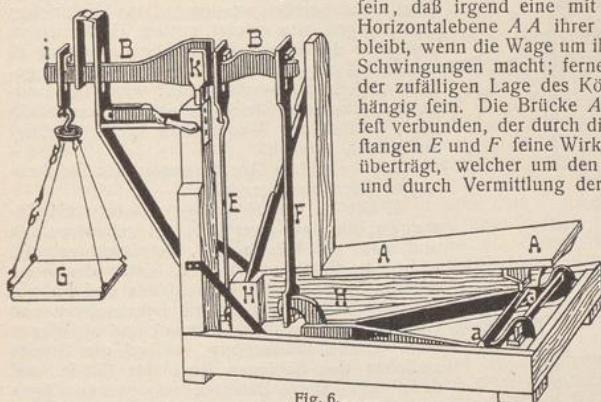


Fig. 6.

Fig. 7 nimmt die Lage der Last *Q* keinen Einfluß auf die Wägung, wenn *a:c=f:d*. Es besteht nämlich (ohne Rücksicht auf die Eigengewichte der Wagenbalken u. s. w.) die Gleichgewichtsbedingung:  $Pb = q_1 a + p_1 c$ , welcher mit Rücksicht auf die Beziehungen (f. Fig. 7):

$$Q:q_2 = e:x; \quad p_1:q_1 = f:d = a:c;$$

$$q_1:Q = (e-x):e$$

die Gleichung entspricht:  $Pb = Qa$ . Es tritt also *x* aus der Gleichung, d. h. die Lage der Last ist gleichgültig. Wählt man  $b = 10a$ , so wird  $P = 0,1 \cdot Q$ , d. h. das Gewicht *P* ist gleich dem zehnten Teil der Last *Q*, woher der Name Dezimalwage. In der Regel nimmt man dann das Verhältnis *a:c=f:d=1:6*. Wird  $P = 0,01 \cdot Q$  bestimmt, so heißt die Wage Zentesimalwage u. s. w.

Fig. 8. Brückenwage mit querliegender Anordnung der Gewichtsseite. Sie hat sechs durch schraffierte Dreiecke angedeutete feste Stützpunkte. Der mit dem Balken *stu* durch Stange *sr* verbundene Hebel *wr* trägt an seinen Armen *k* und *q* durch Stangen *ki* und *qp* die zwei gleichen, um die Achsen *ef* und *lm* schwingenden Hebel *efi* und *lm p*. Die durch das punktierte Parallelogramm *abcd* angedeutete Laftbrücke ruht mittels vier Stützen auf den zwei Hebeln *efi* und *lm p*. Für die Genauigkeit ist es wesentlich, daß bei der Gleichgewichtslage die Kanten sämtlicher Schneiden an den Hebeln *efi* und *lm p* in einer wagenrechten Ebene liegen. Die Brückenwage wird sehr verschieden ausgeführt und führt befondere, den Zweck andeutende Namen. Sie kann als Tischwage dienen, wenn der Balken *stu* (Fig. 8) unter die Ebene der Laftschele *abcd* verlegt und gleichlaufend zur einen Kante derselben angeordnet ist. — Ueber andre ungleichmäßige zusammengesetzte Balkenwagen f. [I].

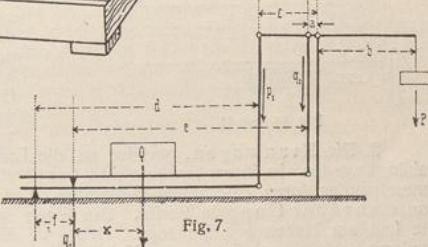


Fig. 7.

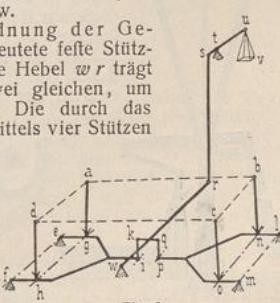


Fig. 8.

Fig. 9 zeigt die Chameroy'sche Einrichtung einer Vorrichtung zum Aufdrucken des festgestellten Gewichts auf Zettel oder Karten. Der Balken *n* hat auf der oberen Seite Kerben *q q*, auf der vorderen Seite oben eine Teilung und auf der unteren Seite erhabene Zahlen. Der Läufer *o* lässt sich auf dem Balken beliebig verschieben und durch die Klinke *p*, welche in eine Kerbe *q* eingreift, sichern. Er trägt einen leistenförmigen, verchiebbaren kleineren Läufer *r*, welcher vorn eine Teilung für die Gewichtsunterabteilungen und auf der unteren Seite ebenfalls erhabene Zahlen hat. Beim Wiegen wird zuerst der Läufer *o* in die Lage gebracht, bei der ungefähr eine Gleichgewichtslage eintritt, darauf der kleinere Läufer *r* so

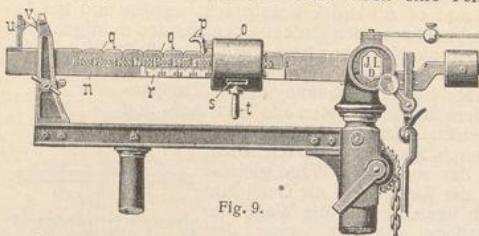


Fig. 9.

verschoben, daß die beiden Zeiger *u v* gleich hoch stehen. Man kann nun nicht bloß das Gewicht von den beiden Teilungen ablesen, sondern auch einen Zettel in den Schlitz *s* des Läufers *o* einschieben und darauf durch den Handhebel *t* die jeweiligen Zahlen abdrucken.

Die Firma Carl Schenk in Darmstadt führt einen Wiegebalken mit Druckapparat aus, der in einem vollständig geschlossenen Blechkästen eingebaut ist, so daß sein Spiel nicht beeinflußt werden kann. Die Stellung des Laufgewichs und das Spiel des Wiegebalkens kann durch eine Glasscheibe beobachtet werden. Das Verschieben der Laufgewichte erfolgt mittels Griffträdelns außerhalb des Blechkästens. Die Einstellung ist derart, daß nur dann das Gewicht auf eine Wiegekarte abgedruckt werden kann, wenn die Laufgewichte auf die Gleichgewichtslage eingestellt sind, so daß der Wiegemeister nicht vereidigt zu werden braucht.

Als besondere Ausführungen der Brückenwagen seien noch genannt:

1. Die Eisenbahnwaggon- oder Gleiswagen, die nach zwei Systemen gebaut werden und zwar als Wagen mit Gleisunterbrechung, wobei die Schienen vor und hinter der Wage unterbrochen sind (für Nebengleise und Fabrikanflüsse, die nicht mit Lokomotiven und ganzen Zügen befahren werden) und als Wagen ohne Gleisunterbrechung, wobei die Brücke zwischen den Schienen liegt (für Gleise, auf denen ein öfteres Befahren von ganzen Zügen und Rangierlokomotiven stattfindet). Bei den letzteren Wagen ist eine Brücke innerhalb des Gleises eingebaut, welche hochgewunden wird und unter die Spurkränze der Radreifen greift; vgl. a. [1] und [2].

2. Die Kranwagen, welche an die Lasthaken von Hebezeugen (Kranen u. f. w.) angehängt werden. In ihrem Gehäuse sind gewöhnlich zwei, drei oder vier ungleicharmige Balken, untereinander durch Zugstangen verbunden. Fig. 10 und 11 veranschaulichen eine Kranwage von Gebrüder Dopp in Berlin. Die Wage wird mit der Oese *a* an dem Kranhaken und die Last am Haken *e* aufgehängt. Dabei ist der exzentrische Zapfen *c* in der gezeichneten Stellung, so daß durch ihn die Haken *e* tragenden beiden Schienen *d* von der Mefferschneide *k<sup>2</sup>* des ersten Balkens *k* abgehoben sind, folglich die Wage abgestellt ist. Zum Wiegen wird durch Handrad *f*, Schnecke und Schneckenrad *g* der exzentrische Zapfen *c* nach unten herumgedreht, so daß er die Schienen *d* freigibt und diese am Balken *k* hängen. Der letztere ist mit feiner Mefferschneide *k<sup>1</sup>* durch das Glied *i* bei *h* aufgehängt und durch Glied *l* mit dem zweiten bei *m<sup>1</sup>* gelagerten Balken *m*, dieser durch Glied *n* mit dem dritten bei *o<sup>1</sup>* gelagerten Balken *o*, endlich der letztere durch Glied *s* mit dem vierten bei *p<sup>1</sup>* gelagerten Balken *p* verbunden. Auf dem langen Arme des Balkens *p* sitzt das große Laufgewicht, welches bei den gezeichneten Hebelverhältnissen nur  $\frac{1}{3000}$  vom größten Laufgewicht beträgt. Zur Bestimmung der Gewichtsunterabteilungen dient ein kleineres Laufgewicht



Fig. 13.

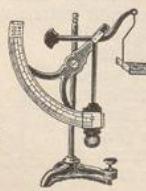


Fig. 14.



Fig. 12.

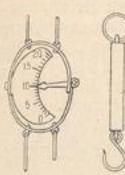


Fig. 16.

auf der Stange  $q$  (der Deutlichkeit wegen sind beide Laufgewichte weggelassen).

3. Gattierungswagen zum Abwiegen verschiedener Materialien für sich oder in einem gemeinsamen Behälter (Transportwagen), Fig. 12 (C. Schenk, Darmstadt), besonders in Gießereien und Eisenwerken zum Abwiegen der Beschickungsmaterialien bestimmt. Jeder Wägebalken kann mittels eines Handgriffs für sich in Funktion gesetzt werden.

B. Neigungswagen (Fig. 13 und 14). Sie besitzen einen Winkelhebel, dessen einer Schenkel das Vergleichsgewicht trägt und auf dessen andern Schenkel die Last unmittelbar (wie z. B. bei Briefwagen) oder ein mit der Laftauflagerung (Brücke, Tisch) in Verbindung stehendes Glied wirkt. Je größer die Last, desto größer wird die Verdrehung des Winkelhebels, die mittels eines Zeigers an einer Skala die Größe des Gewichts anzeigen. S. a. Garnprüfung.

### II. Federwagen.

Die elastische Verlängerung oder Verkürzung einer Schraubenfeder oder die Durchbiegung einer geraden oder rundgebohrten Feder kann zur Gewichtsvergleichung benutzt werden, indem man durch Belastung mit Gewichten die elastische Veränderung der Feder feststellt, die mittels Zeigerwerks sichtbar gemacht wird (Fig. 15 und 16). Da die Elastizität der Federn im Laufe der Zeit sich ändert, so verlieren die Federwagen allmählich ihre Genauigkeit.

Literatur: [1] Brauer, E., Die Konstruktion der Wage, 3. Aufl., bearbeitet von Lawaczek, Weimar 1906. — [2] Kataloge von C. Schenk in Darmstadt, Mohr & Federhaff in Mannheim, H. de Fries in Düsseldorf, Gebrüder Dopp in Berlin u. a.

A. Widmaier.

### III. Wagen zum Messen von Kräften.

Zu diesen gehört die Drehwage, Torsionswage, von Michell 1793 erfunden. Ueber eine wichtige Verwendung vgl. Dichte der Erde (Bd. 3, S. 488). Coulomb bediente sich der Drehwage zum Nachweis des nach ihm benannten Gesetzes der Fernwirkung statisch elektrischer Ladungen und zum Messen der Größe solcher Ladungen. Gemeinsam ist allen je nach dem Zweck der Verwendung verschiedenen Einrichtungen der Drehwage ein vertikaler elastischer Draht oder Faden, an welchem ein Körper aufgehängt ist, der in einer bestimmten Richtung bei untordiertem Draht seine Gleichgewichtslage hat, solange keine Kraft auf Änderung des Azimuts der Richtung hinwirkt; gemeinsam ist auch eine Vorrichtung, um den Winkel der Ablenkung des aufgehängten Körpers aus der Gleichgewichtslage zu messen, am besten, wo es sich um genaue Winkelbestimmung handelt, ein die Beobachtung aus einiger Ferne durch Spiegelableitung geflattender Spiegel, der um die Richtung des Drahts als Achse drehbar ist. Bei der Coulombschen Drehwage besteht der angehängte Körper aus einem leichten, die Elektrizität nicht leitenden, horizontal schwebenden Stabe, der am einen Ende eine kleine vergoldete Hohlkugel aus Messing trägt, am andern Ende ein Gegengewicht. Der Hohlkugel kann durch Kontakt mit einer gleich großen Standkugel mittels eines aus dem das Ganze umschließenden Glasgefäß hervorragenden Metallstabes eine Ladung erteilt werden. Der Draht hängt an einer drehbaren Scheibe, deren Drehungen an einer Gradteilung abgelesen werden können, so daß es möglich ist, das Azimut der Gleichgewichtslage des Wägebalkens, das der Torsion Null entspricht, um beliebige Winkel zu ändern. Drehwagen besonderer Vorrichtung sind ferner die verschiedenen Galvanometer und das Quadrantenelektrometer (f. Bd. 6, S. 373 und 380). Ist  $K$  das Trägheitsmoment des am Drahte hängenden Körpers, und wirkt der Ablenkung um einen Winkel  $\alpha$  ein aus der Drillung, der Torsion, des elastischen Drahtes entstehendes Drehmoment  $\alpha D$  entgegen, so bildet die Drehwage eine Art Pendel, dessen Schwingungszeit sich aus  $D = \pi^2 K : t^2$  ergibt ( $D$  Drehmoment für die Ablenkung um den Winkel  $\alpha = 1$ , gemessen in Teilen des Halbmessers). Wenn die Massen und die Längen in Einheiten des absoluten Maßsystems gemessen wurden und die Kraft  $X$  senkrecht zum zugehörigen Hebelarme  $l$  wirkt, so ergibt sich für einen Bogengrad Ablenkung die Kraft in Dynen  $X = \pi^3 K : 180 l t^2$ . Um daher aus der Ablenkung der Drehwage auf die ablenkende Kraft oder auf deren Drehmoment schließen zu können, stellt man mit der Drehwage vorausgehende oder nachfolgende Schwingungsversuche an und ermittelt aus einer längeren Reihe von Schwingungen die Schwingungszeit  $t$ . Auch das Trägheitsmoment  $K$  kann durch Schwingungsversuche gefunden werden, indem man zu dem angehängten Körper eine Masse von bekanntem Trägheitsmoment  $K_1$  hinzufügt und die neue Schwingungszeit ermittelt. Aus den zwei Gleichungen

$$t = \pi \sqrt{\frac{K}{D}} \text{ und } t_1 = \pi \sqrt{\frac{K+K_1}{D}} \text{ folgt } K = K_1 \frac{t^2}{t_1^2 - t^2}.$$

Die Drehwage wird um so empfindlicher,  $D$  um so kleiner, je kleiner der Durchmesser und je größer die Länge des Fadens gemacht wird. Die erwähnte experimentelle Bestimmungsart von  $K$  ist nicht ganz einwandfrei, weil der Faden bei anderer Spannung auch einen veränderten Wert von  $D$  erhalten wird. Auch Temperaturänderungen werden den Wert von  $D$  beeinflussen; solche sind daher vorsichtig zu vermeiden. Besonders werden die Ergebnisse der Drehwage unsicher durch die elastische Nachwirkung im Aufhängedraht, weil diese die Nullage verändert und die in der Theorie angenommene Proportionalität zwischen Ablenkung und ablenkender Kraft unsicher macht.

Als vorzüglichstes Material für Fäden hat Boys [3] Quarzfäden in Anwendung gebracht; sie zeichnen sich durch eine bei geringer Dicke noch sehr große Festigkeit und eine fast ideale Elastizität aus. Durch rasches Ausziehen der geschmolzenen Quarzmasse ist es möglich, Fäden

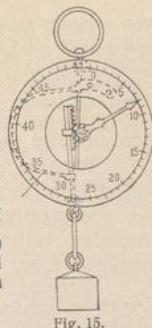


Fig. 15.

von weniger als 0,00001 Zoll Dicke herzustellen, die auf große Länge gleichmäßige Beschaffenheit zeigen. Es sei erwähnt, daß Boys [4] mittels feiner Drehwage die Gravitationskonstante gleich  $6,6576 \cdot 10^{-8}$  bestimmt hat. Vgl. a. Erde, Bd. 3, S. 488 (mit weiterer Literatur). — Die „amerikanische Torsionswage“ ist keine Drehwage, sondern eine Abänderung der Roberval'schen Tafelwage, in welcher Schneiden und Pfannen durch elastische Federn ersetzt sind [5]. Literatur: [3] Boys, C. V., Philos. Magazine 1887, 45, S. 489 ff. — [4] Derf., Beibl. zu Wiedem. Ann. 1895, Bd. 19, 10, S. 123. — [5] Zeitfchr. f. Instrumentenk. 1890, Bd. 10, S. 433. Aug. Schmidt.

**Wagen**, f. Eisenbahnwagen, Motorwagen, Straßenfuhrwerke; vgl. a. Maffentransport.

**Wagenlackierung**, das Anbringen eines Leitanstrichs, das Abschleifen und das Auftragen der Ausgleichfarben auf Eisenbahnfahrzeuge, Luxusfuhrwerke u. f. w. Vgl. a. Eisenbahnwagenlackierung und Lacke.

Literatur: Andés, Praktisches Handbuch für Anstreicher u. f. w., 2. Aufl., Wien 1892. — Creuzburg, Lehrbuch der Lackerkunst, 11. Aufl., Weimar 1903. — Winckler, Lack- und Firnisfabrikation, nebst Anleitung zur Lackerkunst, 2. Aufl., Halle a. S. 1876.

**Wagenmiete**, f. Eisenbahnbetrieb X.

**Wagenpark**, Inbegriff der Eisenbahnwagen einer Eisenbahnverwaltung.

**Wagenraumtarif**, **Wagenraumsystem**, f. Taraklassifikation.

**Wagenschuppen**, Gebäude zum Unterbringen besserer Personenwagen, besonders von nicht im regelmäßigen Zugsverkehr stehenden, z. B. Salonwagen, Wagen von Fürstlichkeiten u. f. w. Auch Gebäude zum Reinigen der Personenwagen und zur Vornahme kleiner Reparaturen an solchen.

Diese Gebäude müssen wie die Lokomotivschuppen (f. d.) von Gleisen durchzogen, mit Arbeitsgruben versehen, heizbar und verchließbar sein. H. Kübler.

**Wagenverbände**, f. Eisenbahnbetrieb, Eisenbahnverbände.

**Wagenverwaltung**, jede Eisenbahnverwaltung in ihrer Eigenschaft als bei der gegenwärtigen Wagenbenutzung (f. Bd. 3, S. 301) beteiligte Wageneigentümerin.

**Wagenwaschgleise**, d. h. Gleise zur Reinigung und Entfeuchtung von zur Viehhöfereitung benutzten Eisenbahngüterwagen.

Nach trockener Befestigung der Streu (des Sandes), des Düngers, der Reste von Anbindestängen u. f. w. werden die Wagen in der Regel erst mit heißem Wasser, dann mit einer entfeuchtenden Flüssigkeit (Sodalauge, in Deutschland bei Seuchengefahr Kreiselschwefelfäurelösung) ausgewaschen. Das Wagenwaschgleis liegt deshalb erhöht (auf Betonklötzen, Steinwürfeln u. dergl.) über einer wasserdichten Abdeckung des Fußbodens, die aus Beton, Ziegelpflaster u. f. w. hergestellt wird. Die eine Schiene liegt zweckmäßig etwas (z. B. 5 cm) höher als die andre, damit das Wasser aus den schrägliegenden Wagen leicht abläuft. Die Abdeckung hat Gefälle nach einzelnen Punkten, an denen Einfallschächte angeordnet werden. Diese führen zu einer Entwässerungsleitung, die mit Sandfängern ausgerüstet sein muß. Neben den Waschgleisen hat man oft Dunggruben angeordnet zur einstweiligen Aufnahme des vor der nassen Reinigung befeuchteten Dunges. Zweckmäßiger wirkt man bei größeren Anlagen den Dung unmittelbar aus den zur Viehhöfereitung benutzten Wagen, die auf einem besonderen, zur Vorreinigung dienenden Gleise stehen, in die auf einem benachbarten tieferliegenden Gleis stehenden Dünnergüterwagen und schiebt dann erst die vorgereinigten Wagen auf das Wagenwaschgleis (Mannheim). Das heiße Wasser wird auf kleinen Bahnhöfen in der Regel von einer Lokomotive geliefert; bei größeren Anlagen wird es einer besonderen Heißwasserstation entnommen, aus der es durch eine Heißwasserleitung den neben den Waschgleisen in gewissen Abständen verteilten Hydranten zufüllt. Bisweilen (z. B. in Karlsruhe, Mannheim) hat man die Wagenwaschgleise in einem geschlossenen Schuppen angeordnet.

Literatur: [1] Leißner, G., in Eisenbahntechnik der Gegenwart, 1. Aufl., II, 3, S. 869. — [2] Oder, in Handbuch der Ingenieurwissenschaften, V, 4, S. 258. — [3] Richter, Ueber Viehwagenwäschen, Organ u. f. w. 1909, S. 274, 290. — [4] Blum, A., Der neue Vertriebebahnhof in Mannheim, Organ u. f. w. 1909, S. 28. Cauer.

**Wahrer Mittag**, wahrer Sonntag, wahre Sonnenzeit, wahre Zeit.

Wahrer Mittag ist in einem bestimmten Beobachtungsort der Erde in dem Augenblick, in dem der Mittelpunkt der Sonne, wie sie am Himmel erscheint, den Meridian des Beobachtungsorts passiert. Die Zeit zwischen zwei aufeinander folgenden Meridiandurchgängen der Sonne ist der wahre Sonntag; seine Dauer ist im Laufe des Jahres veränderlich wegen der ungleichförmigen Geschwindigkeit, mit der die Sonne ihre scheinbare Bahn, die ein Abbild der Bahnellippe der Erde ist, durchläuft. Ist die Erde ein Perihelium (die Sonne in Perigaeum), so wird die Sonne wegen der Bedingung, die das zweite Keplersche Gesetz aus der Zentralbewegung zweier Körper stellt, zur Zurücklegung eines bestimmten Bogens ihrer scheinbaren Bahn weniger Zeit gebrauchen als zur Zeit des Apheliums. Die in einem bestimmten Moment gültige wahre Zeit oder wahre Sonnenzeit ist der Stundenwinkel der Sonne (vgl. a. Koordinaten am Himmel); sie ist aus den oben angegebenen Ursachen keine gleichförmig ablaufende Zeit und eignet sich deshalb nicht mehr für unfreie Uhren, die vielmehr nach „mittlerer“ Zeit (vgl. Mittlerer Mittag, Bd. 6, S. 444) reguliert werden müssten. Jede Zeitbestimmung mit Hilfe der Sonne führt aber zunächst auf die wahre Zeit, und sie muß erst mit Hilfe der Zeitgleichung in mittlere Zeit verwandelt werden. Zum Beispiel zeigen auch die Sonnenuhren (f. d.) wahre Zeit.

**Wahrscheinlichkeitsrechnung** gibt die Regeln und Formeln, wonach an und für sich zufällige Ereignisse der mathematischen Berechnung unterworfen werden können und die Anwendungen dieser Regeln und Formeln auf die großen und wichtigen Gebiete, worin zufällige Ereignisse auftreten.

Die mathematische Wahrscheinlichkeit für den Eintritt eines Ereignisses wird dargestellt durch einen echten Bruch, dessen Nenner die Anzahl aller denkbaren günstigen und ungünstigen Fälle, welche eintreten können, dessen Zähler die dem Ereignis günstigen Fälle angibt, vorausgesetzt, daß alle in Betracht kommenden Fälle unsers Wissens gleich möglich sind. Beim einmaligen Aufwerfen eines richtig konstruierten Würfels ist die Wahrscheinlichkeit dafür, z. B. vier Augen zu werfen, gleich  $1/6$ , und beim einmaligen Aufwerfen von zwei Würfeln ist die Wahrscheinlichkeit für daselbe Ereignis gleich  $3/36$ . — Bei reellen Glücksspielen müssen die zu erwartenden Gewinne, nach dem Verhältnis der Wahrscheinlichkeiten zu gewinnen, derart verschieden sein, daß der kleineren Wahrscheinlichkeit der größere Gewinn entspricht, oder schärfer gefaßt, daß die aus der Wahrscheinlichkeit, zu gewinnen, und dem Gewinn gebildeten Produkte, die als mathematische Erwartung der Spieler bezeichnet werden, für die bei dem Spiel Beteiligten einander gleich sein müssen. Die hiermit gegebene mathematische Grundlage für die richtige Anordnung der Glücksspiele, für die richtige Festsetzung von Einsatz und Gewinn, bildet auch die Grundlage für die Einrichtung von Versicherungen; auch bei diesen muß die mathematische Erwartung, zu der die Bezahlung einer bestimmten Prämie berechtigt, gleich sein der mathematischen Erwartung, welche sich für die Versicherungsgeellschaft aus der Verpflichtung ergibt, eventuell die versicherte Summe zu zahlen, abgesehen von der Erhöhung der Prämien, die sich aus der Deckung der Verwaltungskosten und aus dem von der Gesellschaft beanspruchten Gewinn ergibt.

Die Ergebnisse der Wahrscheinlichkeitsrechnung stimmen aber mit den tatsächlichen Vorgängen im praktischen Leben nur überein, wenn eine große Zahl von Fällen betrachtet wird, und sie stimmen um so besser damit überein, je größer die Anzahl der betrachteten Fälle ist. Wenn ein Würfel fehlschlägt nacheinander aufgeworfen wird, so kann sehr wohl jedesmal ein Auge geworfen werden, wenn der Würfel aber tausendmal aufgeworfen wird, so werden die Augenzahlen 1 bis 6 bei diesen 1000 Würfen annähernd gleich oft vorkommen, und wenn die Zahl der Würfe noch weiter erhöht wird, so wird sich eine immer mehr gleich werdende Anzahl der verschiedenen Würfe ergeben. Ferner wird auch dann, wenn die Wahrscheinlichkeit für das Eintreten eines Ereignisses nicht aus einer sicher berechenbaren Anzahl von Fällen, sondern aus schwankenden Erfahrungszahlen abgeleitet wird, ein um so sichereres Ergebnis erzielt, je größer die Anzahl der benutzten Erfahrungszahlen ist. Die Wahrscheinlichkeit dafür, daß auf je 1000 Häuser ein Haus abbrennt, wird sehr unsicher erhalten, wenn sie aus zehnjährigen Erfahrungen in einem kleinen Dorf abgeleitet wird; sie wird aber mit großer Sicherheit bestimmt, wenn die hundertjährige Erfahrung in einem großen Staat zugrunde gelegt wird. Die Wahrscheinlichkeitsrechnung sichert ihre Ergebnisse aber nicht nur durch Beachtung dieses allgemeinen Prinzips der großen Zahl, sondern sie ermöglicht auch, die Grenzen rechnungsmäßig festzustellen, innerhalb derer die Fehler ihrer Ergebnisse liegen, wonach dann bei der praktischen Anwendung Vorkehrungen getroffen werden können, um den aus den Fehlern möglicherweise entstehenden Schaden zu decken. So werden z. B. bei den Versicherungen Reservefonds errichtet oder Rückversicherungen bei andern Versicherungsgeellschaften abgeschlossen, um außergewöhnliche Schäden zu decken.

Von sehr großer Bedeutung ist die Anwendung der Wahrscheinlichkeitsrechnung auf die Ergebnisse der astronomischen, geodätischen, physikalischen und ähnlichen Messungen. Sie ermöglicht nicht nur, daß die allen Beobachtungen entsprechenden wahrscheinlichsten Mittelwerte der zu bestimmenden Größen berechnet werden (f. Methode der kleinsten Quadrate), sondern sie ermöglicht auch durch eine scharfe Kritik der sich ergebenden wahrscheinlichsten Werte der Beobachtungsfehler die Feststellung regelmäßiger Fehler und deren Ursachen. Hierauf können dann die Beobachtungs- und Rechnungsmethoden verbessert werden, um die Wirkung der Ergebnisse ihres enttäuschenden regelmäßigen Fehlers aufzuheben. Bei der Feststellung der Ursachen der regelmäßigen Fehler ergeben sich oft wichtige neue Tatsachen, wie z. B. bei den geodätischen und astronomischen Beobachtungsergebnissen die Lotabweichungen und die Schwankungen in der Richtung der Erdachse. Im übrigen sei hier auf die umfangreiche Literatur der Wahrscheinlichkeitsrechnung verwiesen. Historische Angaben über die Entwicklung und Ausbildung der Wahrscheinlichkeitsrechnung und Literaturangaben in größerem Umfange sind enthalten in [2], [9], [13]. — Eine populäre Darstellung ist gegeben in [11]. Außerdem sind unten noch die wichtigsten Werke der neueren Zeit angeführt.

Literatur: [1] Laplace, Théorie analytique des Probabilités, Paris 1812. — [2] Derf., Essai philosophique sur les Probabilités, Paris 1814, deutsch von Tönnies, Heidelberg 1819 und von Schwaiger, Leipzig 1886. — [3] Hagen, Grundzüge der Wahrscheinlichkeitsrechnung, Berlin 1837, 1867, 1882. — [4] Poisson, Recherches sur la Probabilité des Jugemens en matière criminelle et en matière civile, Paris 1837, deutsch erweitert zum Lehrbuch der Wahrscheinlichkeitsrechnung von Schnuse, Braunschweig 1841. — [5] Fries, Versuch einer Kritik der Prinzipien der Wahrscheinlichkeitsrechnung, Braunschweig 1842. — [6] Cournot, Exposition de la théorie des chances et des probabilités, Paris 1843, deutsch von Schnuse, Braunschweig 1849. — [7] Sawitsch, Anwendung der Wahrscheinlichkeitstheorie, deutsch von Lais, Mitan und Leipzig 1863. — [8] Meyer, A., und Folie, F., Cours de calcul des probabilités fait à l'université de Liège de 1849 à 1857, publié par F. Folie, Bruxelles 1874, deutsch unter dem Titel: Meyer, Vorlesungen über Wahrscheinlichkeitsrechnung, übersetzt und erweitert von Czuber, Leipzig 1879. — [9] Cantor, Historische Notizen über die Wahrscheinlichkeitsrechnung, Halle 1854. — [10] Lexis,

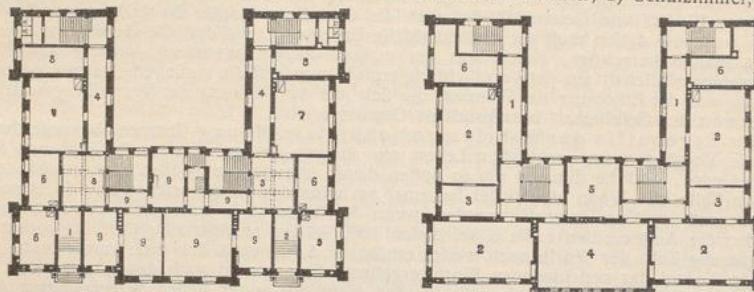
Zur Theorie der Maffenerscheinungen in der menschlichen Gesellschaft, Freiburg 1877. — [11] Geisenheimer, Ueber Wahrscheinlichkeitsrechnung, Heft 335 in der Sammlung gemeinfürstlicher Vorträge von Virchow und Holtendorf, Berlin 1880. — [12] Fick, Philosophischer Wahrscheinlichkeitsrechnung, Würzburg 1883. — [13] Kries, Die Prinzipien der Wahrscheinlichkeitsrechnung, Freiburg i. B. 1886. — [14] Herz, Wahrscheinlichkeits- und Ausgleichungs-Fehlerausgleichung, Statistik und Lebensversicherung, Leipzig 1902.

Otto Koll.

**Waidküpe**, f. Indigo körpchen.

**Waifenzaal**, Gebäude für Unterricht und sittliche Erziehung von Kindern beiderlei Geschlechts, mit dem Zwecke, die Zöglinge für den späteren Lebensberuf geeignet vorzubereiten.

Die älteren Anstalten bilden Gebäudegruppen zur Unterbringung sämtlicher Zöglinge, nach den Geschlechtern getrennt. Das neuere System zieht einzelne kleine Familienhäuser vor, in welchen je zehn Kinder unter einem Vater oder einer Mutter vereint wohnen; dazu gehört ein gemeinsames Schulgebäude und Verwaltungshaus. Bei großen Anstalten sind folgende Räume nötig: Im Erdgeschoß: a) Speisefäle mit den Wirtschaftsräumen; b) Schulzimmer, welche



Reichenheim-Stiftung zu Berlin (Arch. Hitzig). Im Erdgeschoß (links): 1 Eingang für Mädchen. 2 Eingang für Knaben. 3 Vorräume mit Haupttreppen. 4 Flure. 5 Amtszimmer des Direktors. 6 Krankenzimmer. 7 Speife- und Arbeitsräume. 8 Badezimmer. 9 Wohnung des Direktors. Im ersten Stockwerk (rechts): 1 Flur. 2 Schlafäle. 3 Lehrerzimmer. 4 Beifaal (darüber Turnsaal). 5 Konferenzzimmer. 6 Kleiderkammern.

jedoch in manchen Städten, wo gute Schulen vorhanden, in Wegfall kommen; c) Werkfläten; d) Verwaltung. In einem oder zwei Obergeschoßen: e) Wohn-, Schlaf- und Waschräume; f) Krankenzimmer und Bäder; g) Wohnungen für den Vorstand und das Erziehungspersonal. Bei den Gebäuden sind große freie Plätze für Spiel und Turnübungen mit gedeckten Hallen zu gleichem Zweck nötig; ferner Gärten und Gelände zum Betrieb von Feld- und Gartenarbeit.

Literatur: [1] Baukunde des Architekten, Berlin 1900, Bd. 2, 4. Teil. — [2] Handbuch der Architektur, 4. Teil, 5. Halbbd., 2. Heft.

Weinbrenner.

**Wakieh**, Gewicht in Sansibar =  $\frac{1}{16}$  Artel =  $\frac{1}{16}$  Maund zu 1,347 kg.

**Waldwolle**, f. Polstermaterialien, Bd. 7, S. 180.

**Walkechtheit**, f. Farbenechtheit.

**Walken**, **Walkerde**, f. Tuchfabrikation, S. 632.

**Walm** (Walmseite), Dachfläche, welche über der Schmalseite des Hauses aufsteigt und mit den anstoßenden Dächern Gräte bildet (s. Dach, Bd. 2, S. 489, und Gratgebinde, Bd. 4, S. 617 ff.).

**Walmsparren**, die zur Walmfläche gehörenden Sparren bzw. Schifter (s. Schiften, Bd. 7, S. 693, und Gratgebinde mit Figur, Bd. 4, S. 617).

**Walrat** (Spermaceti) bildet raffiniert eine glänzende, weiße, durchscheinende Masse von breitblättriger, kristallinischer Struktur.

Es kommt hauptsächlich in den Kopfhöhlen und im Speck des Pottwales und Entenwales vor, ist auch in geringeren Mengen in andern Cetaceen gefunden, auch bildet es den festen Bestandteil des Delphinöls und Haiöls. Walrat hat ein spez. Gew. von 0,96 bei  $15^{\circ}$  C., schmilzt bei  $43,4-44,2^{\circ}$  C. und besteht hauptsächlich aus Cetin. Es wird fast ausschließlich zur Fabrikation der Walratkerzen verwendet. Walratöl dient zur Schmierung (s. d.). Deite.

**Walzeifen**, f. Walzen, Normalprofile für Walzeifen.

**Walzen**, in der Müllerei die arbeitenden Elemente in den Walzenstühlen.

Material: meist Hartguß oder Porzellan, auch Stahl und Granit. Dimensionen: 0,15—0,5 m Durchmesser bei 0,3—1,5 m Länge. Die Hartgußwalzen werden von den betreffenden Werken mit fertig eingepressten Achsen, gedreht und geschliffen geliefert. Porzellanalzen werden als Hohlyzylinder angefertigt, an dem die beiden gußfernen Stirnscheiben mittels Anker festgeklemmt werden. Für gewisse Zwecke (Dunstvermahlung, Auflösung feiner Grieße u. f. w.) sind sie vielfach den feingeriffelten oder glatten Hartgußwalzen vorgezogen worden; sie werden bis zu einer Länge von 1 m und einem Durchmesser von 0,35 m von unglasiertem Porzellan verschiedenen Korns hergestellt. S. Walzenstühle. Arndt.

Walzen dienen in der Landwirtschaft hauptsächlich zum Verdichten des Bodens, Zerkleinern der Schollen und zum Ebnen und Formen des Bodens an der Oberfläche. Man unterscheidet Glattwalzen (Fig. 1) und Walzen mit Schneiden. Letztere können entweder, wie in Fig. 2 dargestellt, aus einzelnen Ringen bestehen (Ringewalzen), oder es können glatte Ringe mit Sternringen und Ringen mit Schneiden abwechseln (Fig. 3) (Crookill- und Cambridgewalzen oder Schollenbrecher). Die Zugkraft beträgt bei den Glattwalzen etwa 15—20%, bei den

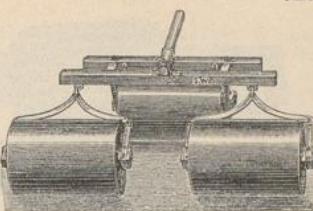


Fig. 1.

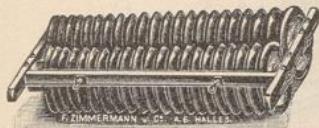


Fig. 2



Fig. 3.

Ringewalzen etwa 20—30% und bei den Schollenbrechern 25—30% des Gewichts. Die Ackerwalzen können von den meiststen Pflugfabriken bezogen werden.

Wrobel.

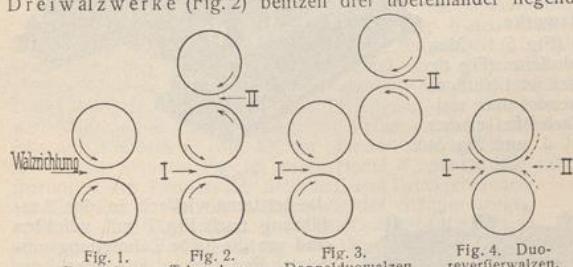
Walzen für den Straßenbau, f. Straßenwalzen.

**Walzen, Walzenstraße, Walzwerk.** Mit Walzen bezeichnet man allgemein ein (im Gegensatz zum absatzweisen Pressen mit Stempeln, f. Pressen) ununterbrochen fortlaufendes Pressen von Materialien aller Art durch sich drehende rollen- oder scheibenförmige Körper (Walzen). — Zweck des Walzens ist teils eine Verdichtung, teils eine Querschnittsänderung nach bestimmter Form, teils eine Biegung, teils eine Oberflächenveränderung, teils eine Zerkleinerung u.f.w. — Im nachfolgenden handelt es sich nur um das Walzen von Metallen, und zwar in der Hauptfläche um das Walzen von schmiedbarem Eisen, das mit wenigen Ausnahmen (f. Kaltwalzen) in Rotglut erfolgt. — Ueber die zur Erhitzung notwendigen Öfen f. Oefen für technische Zwecke.

#### A. Bezeichnungen der gewöhnlichen Walzwerke und ihrer Teile (Spezialwalzwerke f. unten).

Duo- oder Zweiwalzwerke (Fig. 1) besitzen zwei Walzen, deren Achsen im allgemeinen parallel liegen und die sich in entgegengesetzter Richtung drehen. — Trio- oder Dreiwalzwerke (Fig. 2) besitzen drei übereinander liegende parallele Walzen, von denen

Ober- und Mittelwalze und Mittel- und Oberwalze sich je in entgegengesetzter Richtung drehen; das Walzgut geht zwischen Unter- und Mittelwalze hindurch und zwischen Mittel- und Oberwalze wieder zurück. — Doppelduwalzwerk (Fig. 3), aus dem Triowalzwerk durch Verdopplung der Mittelwalze entstanden, besitzen zwei Walzenpaare, wobei die Oberwalze des einen Paars etwa in gleicher Höhe wie die in gleicher



Richtung sich drehende Unterwalze des andern Paares sich befindet; das Walzgut geht zwischen dem einen Walzenpaar hindurch und zwischen dem andern wieder zurück. — Reversier- oder Kehrwalzwerke (Fig. 4) gestatten die Änderung der Umdrehungsrichtung der Walzen nach jedem Durchgang des Walzguts. — Vergleich und Anwendungsgebiete dieser verschiedenen Walzwerke f. unten.

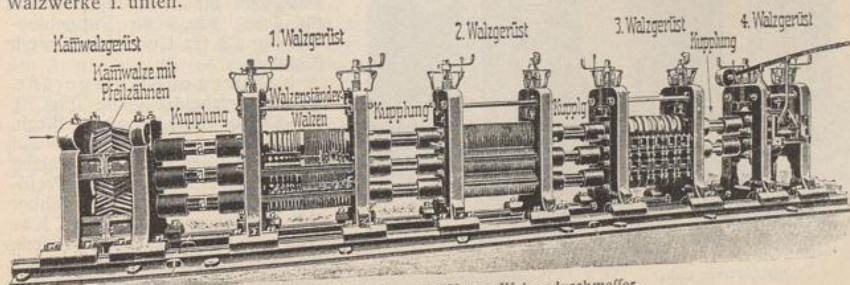


Fig. 5. Feineisenstraße mit 260 mm Walzendurchmesser.

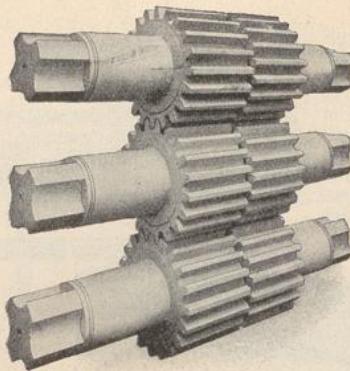


Fig. 7. Kammwalzen mit gefrästen, versetzten Zähnen (Benrath).

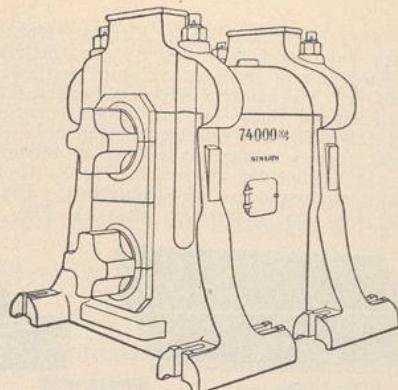
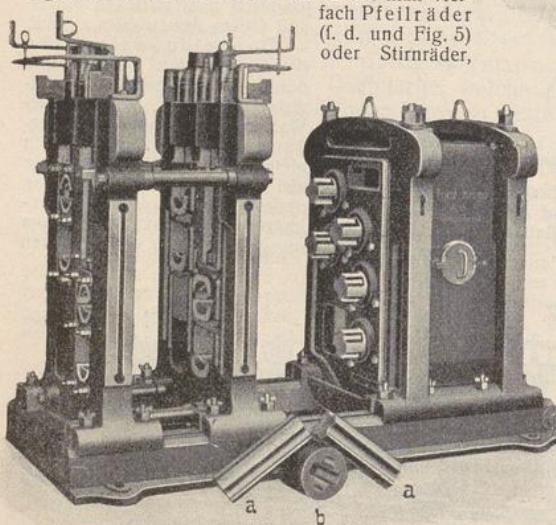


Fig. 6. Geschlossenes Kammwalzgerüst für Kammwalzen von 1150 mm Durchmesser.

Die Walzen (Fig. 5) sind in zwei Walzenfländern gelagert, ihre Gesamtheit wird als Walzgerüst (Fig. 5) bezeichnet. Jedes Walzwerk besteht aus mindestens einem Gerüst; gewisse Arten von Walzwerken weisen aber eine größere Anzahl von Gerüsten (Drahtwalzwerke z. B. bisweilen zehn Gerüste und noch mehr) auf. Die Walzen werden in der Regel alle vor der Hauptwelle aus durch Zahnräder (Kammwalzen) angetrieben, die in dem Kammwalzgerüst (f. Fig. 5) gelagert sind. Die Verbindung zwischen den Kammwälzen und den Walzen oder zwischen den Walzen verschiedener Gerüste erfolgt durch Kupplungen (Fig. 5). Die Gesamtheit von Antriebsmaschine und der von ihr angetriebenen Walzen samt Zubehör bezeichnet man als Walzenstraße (Fig. 5). Manche Walzenstraßen zerfallen in eine (oder mehrere) Vor- und eine (oder mehrere) Fertigstraße (Beispiele f. unten und Drahtfabrikation).

## B. Einzelheiten der Walzwerke.

a) Kammwalzgerüste (Fig. 5). Man unterscheidet offene und geschlossene (Fig. 6), letztere wegen der größeren Starrheit jetzt häufiger angewendet. Als Zahnräder verwendet man vielfach Pfeilräder (f. d. und Fig. 5) oder Stirnräder,



Doppelduowalzgerüst. Fig. 9. Doppelduokammwalzgerüst.



Fig. 8.

die letzteren vielfach in der Ausführung nach Fig. 7 mit gefrästen und um die halbe Zahnteilung versetzten Radkränzen. Die Anzahl der Kammwalzen und die damit sich ergebende Form des Kammwalzgerüsts hängt von der Anzahl der von ihnen unmittelbar anzutreibenden Walzen ab: Fig. 6 Kammwalzgerüst für Duo-, Fig. 5 und 8 für Trio-, Fig. 9 für Doppelduo- und Fig. 22 für Universalwalzwerk (f. unten).

b) Walzen und Walzgerüste.  
Man unterscheidet glatte (Fig. 10, 15—25, zur Herstellung von Blech, Panzerplatten, Universaleisen) und kalibrierte oder profilierte Walzen (Fig. 5, zur Herstellung von Profileisen, Draht u. f. w.). Über Kaliber und Kalibrieren der Walzen s. Kaliber und Kalibrieren. — Jede Walze (Fig. 10) besitzt zwei Laufzapfen  $n$  und zwei Kupplungszapfen  $o$ .

Der mittlere Teil *m* wird als „Ballen“ bezeichnet. Die Walzen ruhen in Lagergehäusen (Einbauteilen) und sind in dem an den beiden Walzenständern befindenden Walzgerüsts entweder festgelagert oder beweglich. Die Laufzapfen werden in der Regel nur an einzelnen Stellen von verhältnismäßig schmalen Lagerchalen (aus Phosphorbronze oder Hartblei) berührt. Die Walzenstände sind entweder geschlossen (aus einem Gußstück bestehend, Fig. 15, 19, 21–28) oder offen (aus zwei Teilen bestehend, zwecks leichteren Auswechsels der Walzen mittels Krans, Fig. 11–13, 30, 31).

Von großer Wichtigkeit ist die Uebertragung des beim Walzen auftretenden Drucks auf die Walzenstände und die Verstellbarkeit der Walzen. Um die Walzen gegeneinander einzustellen zu können, muß eine Walze festgelagert und die andre bzw. die andern gegen sie mit den Einbauteilen verstellbar fein.

Das Gewicht der verstellbaren Walzen samt Einbauteilen wird meistens durch Gegengewichte, hydraulische Stempel oder Federn aufgenommen. Handelt es sich um Verstellbarkeit einer Walze in größerem Betrag, wie z. B. bei Block-, Blech- und ähnlichen Walzen, so wird die verstellbare Walze durch hydraulische Stempel oder Gegengewichte nach oben bewegt und ihre Abwärtsbewegung erfolgt durch die den Druck von den beiden Einbauteilen auf die Walzenstände übertragenden Druckspindeln. Ist eine Verstellbarkeit der Walzen nur um geringe Beträge notwendig, so wendet man bei der Druckspindel Federn *a* (Fig. 11 und 12), auch Schrauben-Spindeln ohne oder in Verbindung mit Hebeln oder auch Keile an.

Beispiele hierfür bieten insbesondere die Triowalzgerüste. Bei diesen wird in der Regel die Mittelwalze festgelagert. Ihr Eigengewicht und der Druck beim Durchgang des Walzguts zwischen Mittel- und Oberwalze wird durch Konsole *kk* (Fig. 12) an den Ständern aufgenommen, auf die sich das Einbauteil *e* stützt. Der nach oben gerichtete Druck auf die Mittelwalze beim Durchgang des Walzguts zwischen Unter- und Mittelwalze wird durch einen Deckel *d* und von diesem entweder mittels Druckschrauben oder Keilen ebenfalls auf Konsole *k<sub>1</sub>* (Fig. 13) am Ständer oder wie beim Erdmann-Ständer (Fig. 12) durch Hebel *h*, die in Aussparungen des Ständers sich befinden, und Druckschrauben auf Konsole *k<sub>1</sub>* an der Außenfläche der Ständer aufgenommen. Das Einbauteil *e<sub>1</sub>* der Oberwalze besitzt Federanhang *a*, die Verstellung und Druckübertragung erfolgt durch die Druckspindel *s*. Bei der Unterwalze wirkt der Walzdruck und das Eigengewicht nur nach abwärts; die Druckübertragung vom Einbauteil *e<sub>2</sub>* auf das Gestell und die Verstellbarkeit erfolgt entweder unmittelbar durch Druckschrauben oder Keile oder mittelbar wie beim Erdmann-Ständer durch Hebel *h* und Druckschraube auf Konsole an der Ständeraußenseite.

c) Kupplungen. Die Achsen der Walzen fallen im allgemeinen nicht mit den Achsen der Kammwalzen oder den Achsen der Walzen des benachbarten Walzgerüsts zusammen, da der Durchmesser der Walzen wegen des durch die Abnutzung notwendigen Abdrehens zunächst größer als der Durchmesser der Kammwalzen gehalten wird. Die Kupplung wird deshalb in der Weise bewirkt, daß die Kammwalzen und die Walzen Kuppelzapfen mit dem aus Fig. 14 hervorgehenden Querschnitt (oder ähnlich) erhalten. Zwischen die zu verkuppelnden Zapfen wird eine Kuppelstütze *a* (Fig. 5 und 9) desgleichen Querschnitts gelegt und die Bewegungsübertragung zwischen den Kuppel-

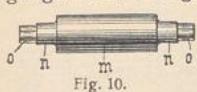


Fig. 10.

Krans, Fig. 11–13, 30, 31).



Fig. 11. Walzenstraße für Walzen von 550–600 mm Durchmesser.

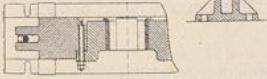


Fig. 12.

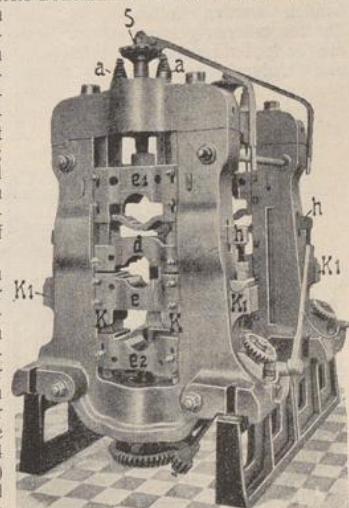


Fig. 13.

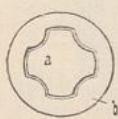


Fig. 14.

erhalten. Zwischen die zu verkuppelnden Zapfen wird eine Kuppelstütze *a* (Fig. 5 und 9) desgleichen Querschnitts gelegt und die Bewegungsübertragung zwischen den Kuppel-

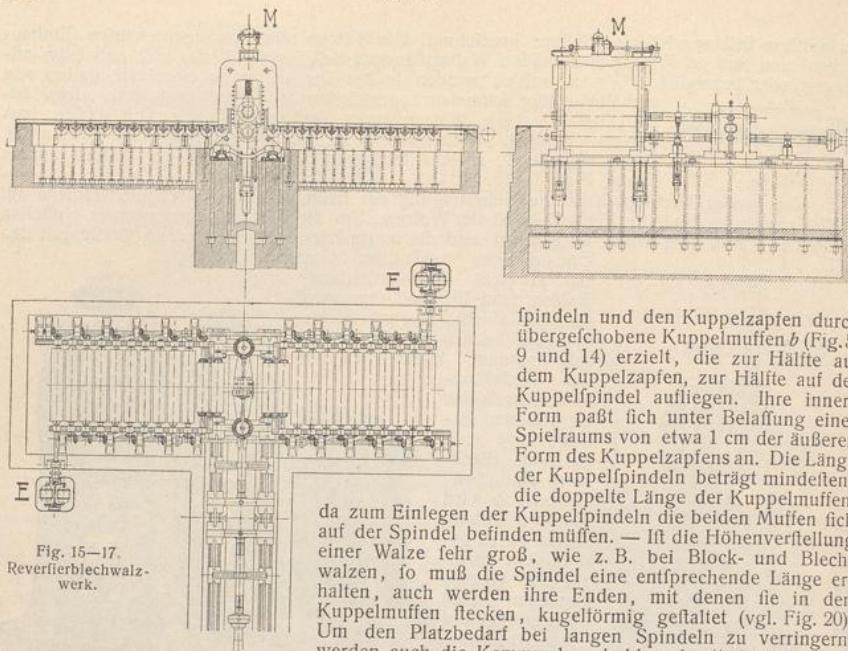


Fig. 15-17.  
Revervierblechwalz-  
werk.

Querschnitt gleich dem der Kuppelmuffen gefaltet (Kammwalzen mit innerem Angriff, Fig. 20). Lange Kuppelstützen werden durch ein oder zwei nachgiebige Zwischenlager unterstützt (Fig. 18, 20, 21 [9]). — Ortman verbindet die Walzenstraßenwelle der Antriebsmaschine unmittelbar mit der zugehörigen Kammwalze, um die Anzahl der Kupplungen mit Spielraum wegen der Abnutzung u. f. w. zu vermindern [10].

#### C. Walzenstraßenanordnungen.

Die Walzenstraßen weisen je nach dem Walzgut, das auf ihnen hergestellt werden soll, verschiedene Anordnungen auf. Die hauptsächlichsten Arten von Walzenstraßen sind in nachfolgendem angegeben, wobei zunächst diejenigen Walzenstraßen, die glatte Walzen besitzen, und hierauf diejenigen mit profilierten Walzen behandelt werden sollen. Zu den erstenen gehören die Blech-, Panzerplatten- und Universaleisenwalz-

spindeln und den Kuppelzapfen durch übergeschobene Kuppelmuffen  $b$  (Fig. 5, 9 und 14) erzielt, die zur Hälfte auf dem Kuppelzapfen, zur Hälfte auf der Kuppelstütze aufliegen. Ihre innere Form paßt sich unter Belastung eines Spielraums von etwa 1 cm der äußeren Form des Kuppelzapfens an. Die Länge der Kuppelstützen beträgt mindestens die doppelte Länge der Kuppelmuffen,

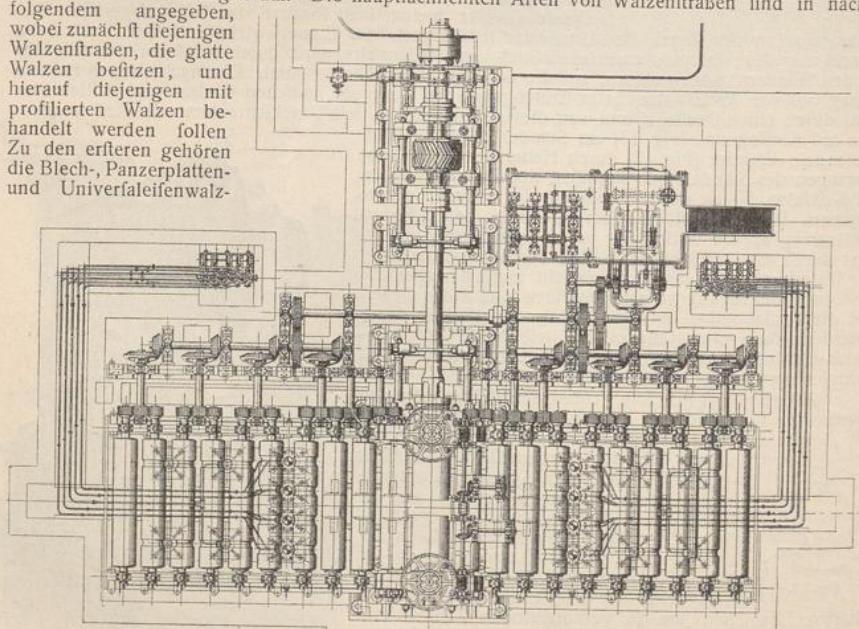
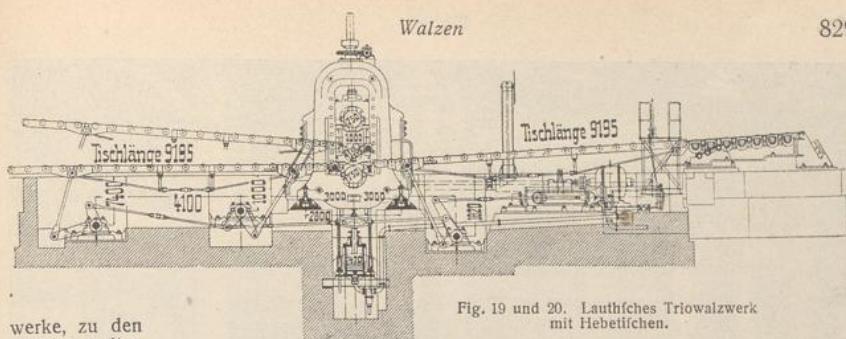
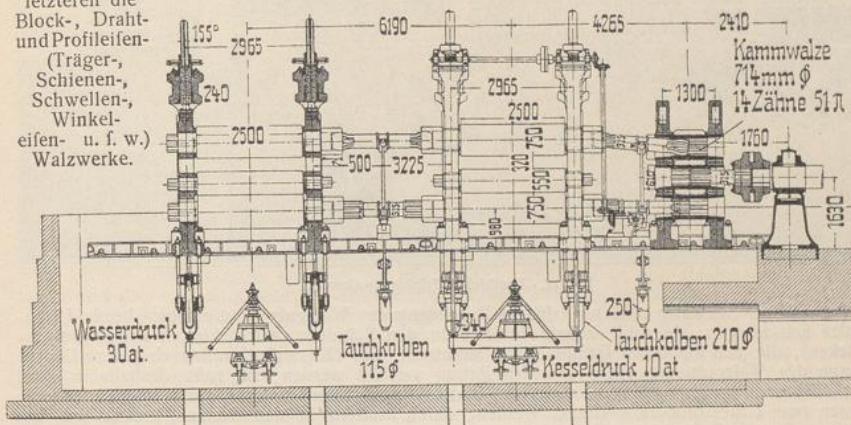


Fig. 18. Panzerplattenwalzwerk (Ludwig Stuckenholz, A.-G., Wetter a. d. Ruhr).



werke, zu den letzteren die Block-, Draht- und Profileisen- (Träger-, Schienen-, Schwellen-, Winkel-eisen- u. f. w.) Walzwerke.



a) Blechwalzwerke und zugehörige Walzwerke. Da zum Auswalzen eines Blocks (Bramme) zu einem Blech ein einziger Durchgang (Stich) nicht genügt, so muß das Walzgut die Walzen oft passieren, wobei jedesmal der Zwischenraum zwischen den Walzen verringert werden muß. Diese Walzwerke zeichnen sich also im allgemeinen durch eine starke Verfleißbarkeit der Walzen aus. Für leichtes Walzgut, das sich leicht über die Oberwalze zurückgeben läßt, verwendet man Duowalzwerke mit gleichbleibender Drehungsrichtung der Walzen, um mittelschweres Walzgut Triowalzwerke und für schwere Kesselbleche und Panzerplatten, um schwere Hebevorrichtungen für das Walzgut zu umgehen, Duoreverfierwalzwerke.

Fig. 15–17 zeigen ein Duoreverfierblechwalzwerk; die Oberwalze ist hydraulisch ausbalanciert, ihre Verstellung erfolgt durch Elektromotor  $M$ . Vor und hinter den Walzen sind zur Einführung des Walzguts in die Walzen Rollgänge (je mit einem Elektromotor  $E$ ) angeordnet. Die obere Kuppelstütze ist gleichfalls hydraulisch ausbalanciert. Nach jedem Durchgang des Walzguts wird die Antriebsmaschine umgesteuert, so daß die Walzen sich in entgegengesetzter Richtung drehen, und die Oberwalze der Unterwalze etwas genähert. Da die Streckung des Walzguts hauptsächlich in der Walzrichtung erfolgt, so muß das Walzgut zur Erzielung eines Blechs von bestimmter Flächengröße von Zeit zu Zeit um  $90^\circ$  gedreht werden (Kreuzwalzen).

Panzerplattenwalzwerke. Sie sind Reversierduowalzwerke mit sehr kräftigen Walzen (Ausführungen bis zu 1,25 m Durchmesser und 4 m Ballenlänge) und sehr kräftigem Rollgang (Fig. 18, Grundriß eines Panzerplattenwalzwerks). An Besonderheiten weisen sie eine Blockaufsetzung auf, die dem Zwecke dient, die Blöcke sanft auf den Rollgang abzufüzen; sie bestehen aus einer Anzahl hydraulischer Stempel, die beim Absetzen des Blocks vom Kran über die Rollen des Rollgangs hinausragen. Ferner besitzen sie eine Einrichtung, um die Platten genau in die Walzrichtung einzustellen, aus einer Anzahl (gewöhnlich vier) hydraulischer Stempel je mit Spitze bestehend; jeder dieser Stempel kann für sich gesteuert und die Platte an der betreffenden Stelle hochgehoben werden, wobei durch gleichzeitiges Bewegen des Rollgangs die Platte sich um die Spitze des emporgedrückten Stempels dreht [11].

Trioblechwalzwerke. Da die Walzen glatt sind, so kann man die Mittelwalze sich gegen die Ober- bzw. Unterwalze andrücken lassen; in der Regel gibt man dann (nach Lauth) der Mittelwalze einen kleineren Durchmesser (etwa 0,7 des Durchmessers der Ober- bzw. Unterwalze), so daß die Hubhöhe für das Walzgut vermindert wird. — Fig. 19 und 20 zeigt ein Lauthisches Blechtrio mit zwei Walzgerüsten. Von der Antriebswelle wird die Bewegung auf Ober- und Unterwalze durch drei im Kammwalzgerüst befindliche Kammwälzen (Zahnräder) und durch Kuppelstützen (s. unten) übertragen, die Mittelwalze wird nicht angetrieben, sondern durch Reibung mitgenommen (Schleppwalze). Die Unterwalze ruht fest in ihren

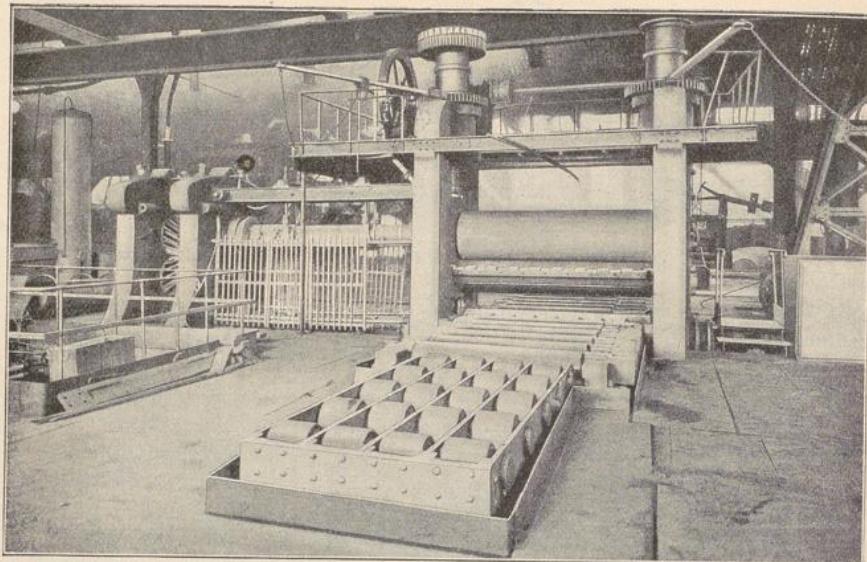


Fig. 21. Lauthsches Trioblechwalzwerk.

Lagern; die Mittelwalze muß nach jedem Durchgang des Walzguts an die Ober- bzw. Unterwalze sich anlegen, sie ruht deshalb in dem in den Ständern verschiebbaren Lager (Einbauteilen), die sich auf einen Dampfkolben abstützen. Die Oberwalze muß nach jedem Durchgang des Walzguts um einen gewissen Betrag verstellbar werden, sie ruht deshalb in zwei verschiebbaren Lagern, die durch einen hydraulischen Stempel oder durch Gegengewichte gegen zwei Druckspindeln gedrückt werden, deren Muttern in den Walzenständern sich befinden. Zur Verstellung der Oberwalze müssen die Druckspindeln gedreht werden. — Zum Heben und Senken des Walzguts sind Hebelelemente mit Gewichtsausgleich vorhanden, die zum Einführen des Walzguts von Elektromotoren angetriebene Rollen besitzen. An Stelle schwingender Hebelelemente verwendet man auch senkrecht auf und ab bewegliche. Fig. 21 zeigt die Ansicht einer Lauthschen Blechtriowalzwerksanlage von L. Stückenthaler in Wetter a. d. Ruhr für Blöcke bis 5000 kg Gewicht. Das Heben der Mittelwalze geschieht bei diesem Walzwerk hydraulisch.

**Universalwalzwerke.** Sie dienen zum Herstellen des Universalreifens (f. d.) (Flacheisen). Sie besitzen ein oder zwei vor oder (und) hinter den wagerechten Walzen an-

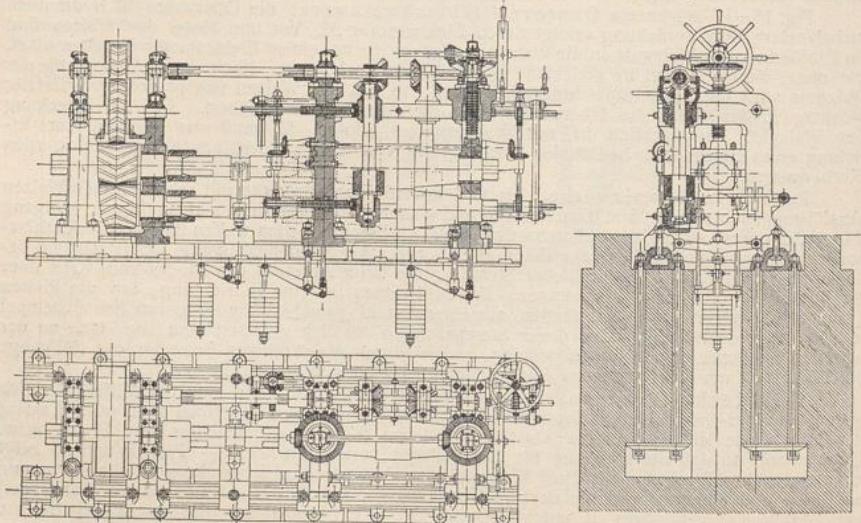


Fig. 22—24. (Jünkerather Gewerkschaft.)

geordnete Paare senkrechter Walzen. Da sowohl der Abstand der horizontalen wie der der vertikalen Walzen verstellbar ist, so ist es möglich, Blöcke und Flacheisenstäbe jeden beliebigen rechteckigen Querschnitts herzustellen. — Man unterscheidet Duo- und Triouiversalwalzwerke. Die Triostraßen werden in Anlehnung an das Lauthsche Blechtriowalzwerk mit dünnerer Mittelwalze gebaut. — Die senkrechten Walzen, die entweder vorn oder hinten oder auf beiden Seiten der Horizontalwalzen angeordnet sind, werden durch Kegelräder (in der Regel von oben, seltener von unten) angetrieben. Ihre Verstellung erfolgt mit Hilfe von Schraubenspindeln, die mittels Handrads oder Elektromotors gedreht werden; die Auseinanderbewegung geschieht bisweilen hydraulisch. Die Unterwalze ist festgelagert, die Gesamtverstellung der Mittel- und Oberwalze beträgt etwa das 0,8fache des Durchmessers der Unterwalze. — Die Einrichtung der Universalwalzwerke gleicht im übrigen den Blechduo- bzw. -triostraßen (s. oben).

Fig. 22—24 zeigt ein kleineres Duouniversalwalzwerk von der Jünkerather Gewerkschaft Jünkerath (Rheinland) mit Ausbalancierung der Oberwalze durch Gegengewichte, Handverstellung der Ober- und der beiden Vertikalwalzen.

Über weitere Universalwalzwerke von Kennedy, Sack, Bechem & Keetman s. [12]; über Universalwalzwerke für Träger s. unten.

#### b) Walzwerke mit profilierten Walzen.

Allgemeines. Man verwendet hierfür Duo-, Trio- und Doppelduowalzgerüste, bisweilen in Kombination (vgl. z. B. Fig. 5). Duowalzwerke mit gleichbleibender Drehungsrichtung der Walzen kommen nur für leichte kurze Walzstäbe, die über die Oberwalze zurückgegeben werden, oder für lange, sehr dünne Walzstäbe, die unter der Unterwalze etwas zurückgeschoben und mit ihrem an den Walzen liegenden Ende erfaßt und wieder zwischen die Walzen gesteckt werden, in Betracht. — Duoreversierwalzwerke werden für schwere und mittelf schwere Walzstäbe angewendet. — Triowalzwerke werden entweder mit Schwungradmaschinen oder mit handgesteuerten Antriebsmaschinen ausgeflattet. Der Betrieb mit Schwungradmaschinen hat den Vorteil, daß in den Arbeitspausen das Schwungrad Arbeit auffpeichern und während des Walzens abgeben kann, so daß die Abmessungen der Maschine selbst klein gehalten werden können; er hat dagegen den Nachteil, daß die Walzen beim Eintritt des Walzguts zwischen die Walzen sich rasch drehen und infolgedessen schlecht fassen und daß eine Abnahme der Walzgeschwindigkeit während des Walzens auftritt und daß ein etwaiges Aufwickeln (s. unten) des Walzguts um die Walze nicht vermieden werden kann. Der Betrieb mit handgesteuerten Maschinen hat den Vorteil, daß man die Walzen zum leichteren Fassen des Walzguts sich langsam drehen läßt und nach dem Erfassen das Walzgut mit großer Geschwindigkeit durchzieht und mit geringer Geschwindigkeit aus den Walzen wieder austreten läßt, damit das Walzgut nicht weit von den Walzen weggeschleudert wird; find, wie üblich, die Maschinen mit Reversierzvorrichtung ausgeflattet, so kann man beim Umdrehen des vorderen Endes um die Walze oder beim Hochsteigen des Walzguts den Stab wieder aus den Walzen zurückziehen; als Nachteil find dagegen die wesentlich größeren Abmessungen und Kosten des Antriebmotors anzugeben. — Doppelduowalzwerke haben die Vorteile der Triowalzwerke, vermeiden aber deren Nachteile, die darin bestehen, daß die Mittelwalze

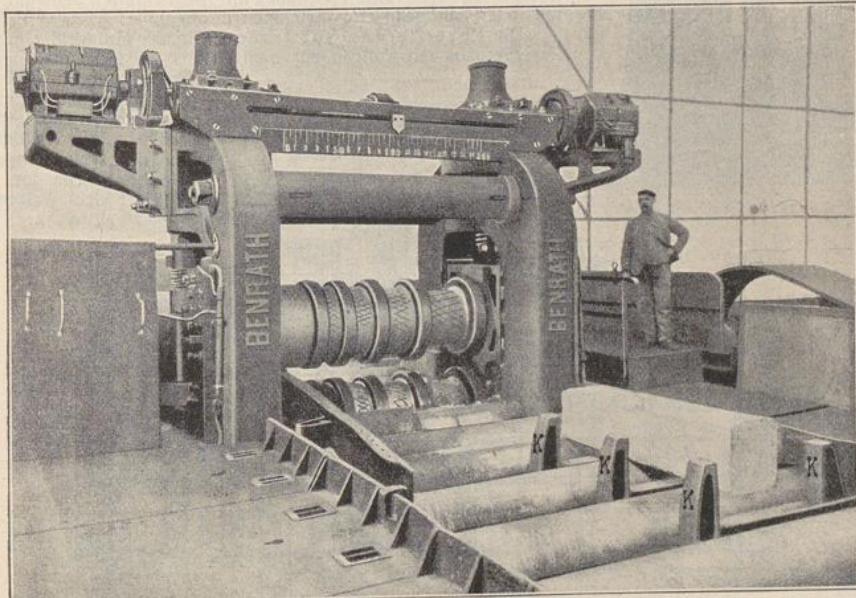


Fig. 25. Reversierblockwalzwerk mit elektrischer Anstellung der Walzen und elektrisch betriebenem Kantapparat.

starkem Verschleiß ausgesetzt und gute Lagerung schwierig ist; außerdem macht auch die Kalibrierung der Triowalzen bei übereinander liegenden Kalibern Schwierigkeiten, da für jedes folgende Kaliber die eine Hälfte des Profils bereits gegeben ist (f. Kaliber, Kalibrieren). Sie werden aber nur für kleinere Walzendurchmesser angewendet.

Von den verschiedenen Arten von Walzwerken mit profilierten Walzen seien erwähnt: Blockwalzwerke (Fig. 25) dienen zum Vorwalzen (Vorblöcke) der schweren Fluss-eisenblöcke; sie sollen das unwirtschaftliche und umständliche Gießen von kleinen Blöcken ersetzen, die man vielmehr durch Zerschneiden der ausgewalzten großen Blöcke herstellt. — Die Blockwalzen weisen einfache (in der Regel) rechteckige Kaliberformen auf, bisweilen haben sie ein oder mehrere Vorkaliber für I- und ähnliche Profile. — Die Blockwalzwerke sind meistens Duoreverfierstraßen, festerer Triofräßen. Die Unterwalze der Duoreverfierblockstraße liegt fest, die Oberwalze ist hydraulisch ausbalanciert und mit Hilfe der hydraulisch oder elektrisch betätigten Druckspindeln im allgemeinen um etwa 20–30 cm verstellbar. Fig. 26 und 27 zeigen zwei Blockwalzgerüste, von denen bei Fig. 26 die hydraulische Entlastung unten, bei Fig. 27 oben an den Walzenständern angebracht ist. Die Bewegung der Blöcke zu den Walzen geschieht durch kräftige Rollgänge, die vertieft oder (leichte Zugänglichkeit) erhöht angeordnet werden; Antrieb der Rollgänge durch Reversermotoren (Dampf oder elektrisch). Zum Verschieben des Blocks vor die einzelnen Kaliber und zum Wenden der Blöcke um 90° dienen hydraulisch oder elektrisch betätigtes Verschiebe- und Wendevorrichtungen. — Die Durchmesser der Blockwalzen betragen etwa bis zu 1100 mm, Länge bis zu 3 m, Umdrehungszahl im Maximum bis zu 150, Kraftbedarf bis zu 1000 PS. Der Antrieb der Reversierblockwalzwerke erfolgt jetzt auch elektrisch (f. Walzenzugmaschinen und [7], [12]).

Bei den eigentlichen Profilfeilenwalzwerken, die zum Herstellen von Trägern, Schienen, Schwellen u. f. w. bestimmt sind, unterscheidet man in Beziehung auf die Größe der Walzenstraßen in der Regel zwischen Grob-, Mittel- und Feinfäden. Andre Bezeichnungen, dem Produkt, das auf den Straßen hergestellt wird, entsprechend, sind: Träger-, Schienen- u. f. w. Straßen.

Die Grobstraßen sind entweder Reversierduo- oder für weniger schwere Profile Triofräßen mit Antrieb durch Schwungrad- oder handgefeuerte Maschinen (f. oben).

Die Reversierduogrobstraßen (Fig. 28, Grundriß eines Reversierduos mit Rollgängen) besitzen bis zu sechs in einer Reihe angeordnete Gerüste; ihre Anzahl wird durch die Anzahl und Größe der Kaliber und der Walzlänge bedingt. Um das Walzgut den Walzen

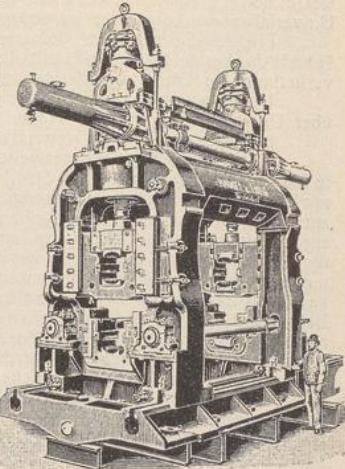


Fig. 27. Blockwalzenständer.

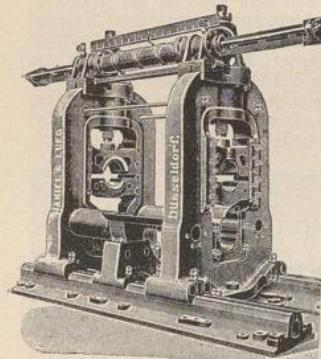


Fig. 26. Blockwalzenständer.

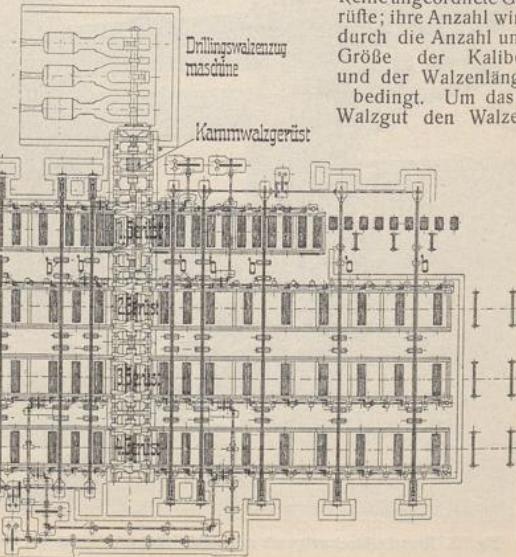


Fig. 28.

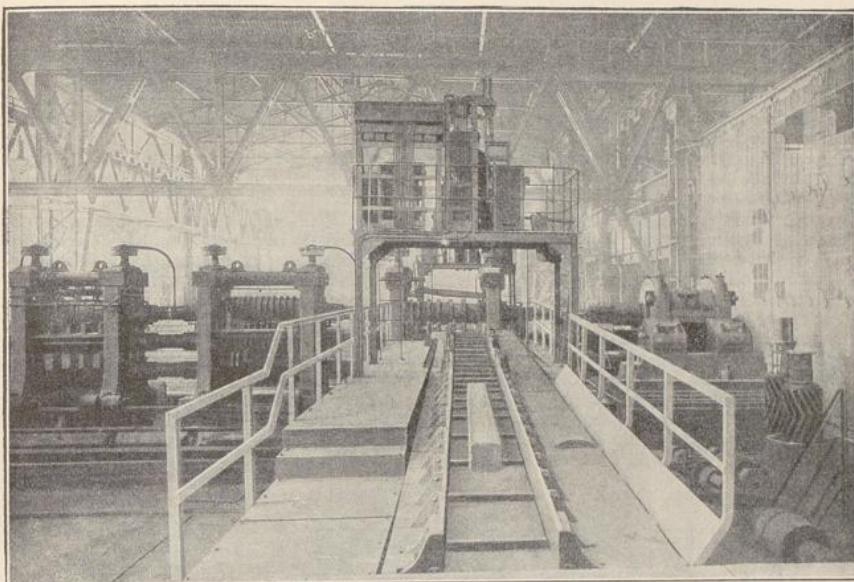


Fig. 29. Elektrisch betriebener fahrbare Hebetisch mit Kantvorrichtung, D.R.P. Benrath.

(Fig. 28) zuzuführen, werden Rollgänge vor und hinter den Walzgerüsten angeordnet; um es vor das jeweilige Kaliber zu bringen, wendet man Schleppvorrichtungen *b* (Fig. 28), die mittels Greifern das Walzgut seitwärts verschieben oder fahrbare Tische an, die mit einem Rollgang ausgerüstet werden.

Die Triogroßstraßen (Fig. 29) bestehen ebenfalls in der Regel aus mehreren (mindestens zwei) Gerüsten. Neben dem seitlichen Transport des Walzguts von einem zum andern Kaliber in demselben Gerüst und von einem Gerüst zum andern kommt bei ihnen noch das Heben und Senken des Walzguts von der Ebene zwischen Ober- und Mittelwalze und zwischen Mittel- und Oberwalze in Betracht. Man verwendet hierfür entweder auf jeder Seite jeden Walzgerüsts einen (feststehenden) Hebetisch oder auf jeder Walzseite einen fahrbaren Hebetisch (Fig. 29) oder für leichtere Profile Wippen. Diese letzteren bestehen aus doppelarmigen Hebelen, mit deren kurzen Schenkeln das Walzgut beim Austritt aus den Walzen von dem am langen Schenkel angreifenden Arbeiter erfaßt wird. Diese Hebel (Schwengel) hängen an Stangen, die mittels Rollen auf einer Bahn laufen; sie ist auf zwei Trägern seitlich verschiebbar, von denen der an der Walzenstraße befindliche mittels eines Dampf- oder elektrischen Hubwerks gehoben bzw. gesenkt werden kann.

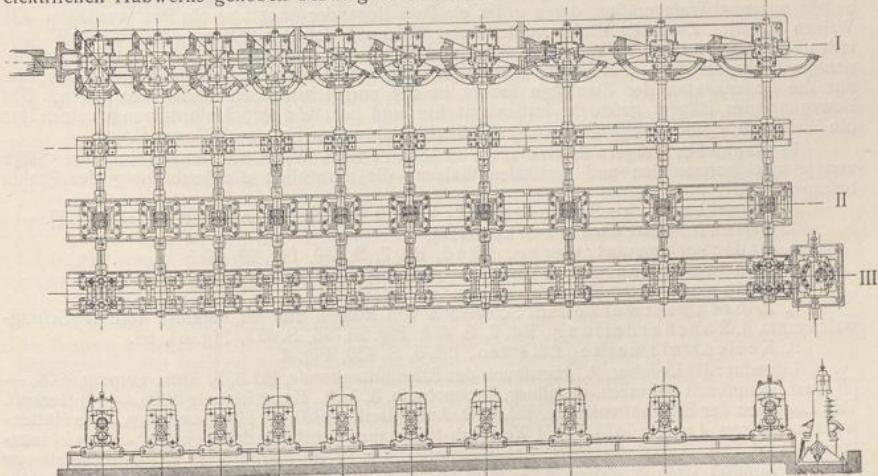


Fig. 30. Kontinuierliches Knüppelwalzwerk (Benrather Maschinenfabrik). I: Hauptwelle mit Antriebskegelrädern.  
II: Kammwalzen. III: Walzgerüste.

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

Die Feineisenstraßen bestehen aus einer bis zwei Vorstraßen und einer oder mehreren Fertigstraßen, deren Achsen parallel zueinander liegen. Diese Trennung wird aus dem Grunde notwendig, weil die Fertigstraße wegen der raschen Abkühlung des Walzguts eine große Umdrehungszahl erhalten muß, die man aber nicht anwenden kann, solange das Walzgut noch kurz ist, weil es sonst zu weit von den Walzen weggeschleudert würde. Es erfolgt ferner in der Regel das Walzen deselben Walzguts an mehreren Stellen seiner Länge in verschiedenen Kalibern und Gerüsten. Sobald das Walzgut so dünn ist, daß es sich leicht umbiegen läßt, wendet man (zur Ersparnis von Arbeitern) vielfach selbsttätige Umführungen an. Beispiele für Drahtfabrikation.

#### D. Spezialwalzwerke.

1. Kontinuierliche Knüppelwalzwerke (Fig. 30). Sie besitzen hintereinander angeordnete Duowalzgerüste, deren Anzahl vom Blockquerschnitt und vom kleinsten Querschnitt, der gewalzt werden soll, abhängig ist. Jedes folgende Walzenpaar muß eine größere Umfangsgeschwindigkeit haben als das vorhergehende; der Antrieb der Walzen erfolgt von einer Hauptwelle mit Kegelrädergetriebe und dem zugehörigen Walzengerüst ist ein Kammwalzenpaar eingeschaltet. Das Walzgut wird von einem Gerüst zum andern um  $90^\circ$  mittels einer Schraubenführung gedreht. Da das Walzgut eine sehr große Länge annimmt, so werden, um die langen und teuren Rollgänge zu sparen, Stababschlagvorrichtungen (f. d.) oder (jetzt seltener) fliegende Scheren (f. Scheren) hinter dem letzten Walzgerüst angeordnet. Ein weiterer Vorteil der kontinuierlichen Walzwerke besteht in dem geringen Arbeiterbedarf. Bei Draht- und Feineisenwalzwerken werden bisweilen einige Vorwalzgerüste als kontinuierliche Walzwerke ausgebildet.

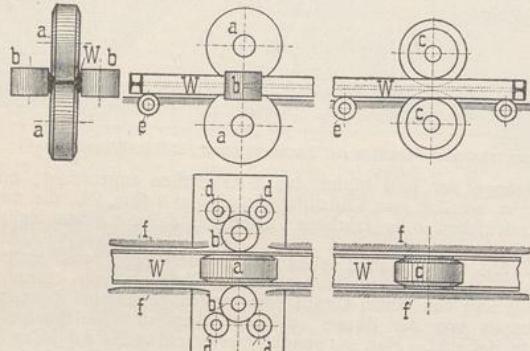


Fig. 31-35. Schema der Universalwalzwerkvorrichtung für Grey-Träger.

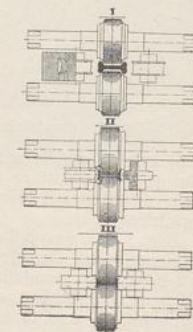


Fig. 36-38. Sack'sches Universalwalzwerk für Träger.

2. Trägerwalzwerke besonderer Art. a) Greysches Trägerwalzwerk (Fig. 31-35, f. a. Normalprofile). Der Walzenbedarf für die verschiedenen Trägerprofile ist beim Walzen in Kaliberwalzen ein bedeutender; außerdem ist es schwierig, Träger mit breiten Füßen herzustellen. Um diese Nachteile zu umgehen, verwendet Grey ein Walzwerk nach Fig. 31-35. Es besteht aus zwei Walzgerüsten, deren erstes ein Paar liegender (aa) und ein Paar vertikaler (bb) Walzen enthält. Zwischen diesen verstellbaren Walzen findet das Walzen des Trägers W statt, indem die horizontalen Walzen den Steg und die vertikalen die Füße des Trägers auf die richtige Dicke bringen. Das zweite Walzgerüst ist mit zwei horizontalen Walzen versehen, die nur die Außenkanten der Flanschen sauber in der vorgeschriebenen Breite bearbeiten. Die Bewegung des Trägers geschieht fortlaufend hin und her; dd sind Unterflügelwalzen für die Walzen b, c sind Rollgangsräder, ff' seitliche Führungen für das Walzgut [14].

b) Sack'sches Trägerwalzwerk (Fig. 36-38). Dieses Walzwerk nutzt mehrere Sätze von je zwei horizontalen und vertikalen Walzen, die allmählich die Ausbildung des Profils beforschen [15].

3. Amerikanische Schienenwalzwerke (mit mehreren Einzelstraßen) f. [16].
4. Rillenschienenwalzwerke f. [17].
5. Rad Scheibenwalzwerke, f. Rad, Bd. 7, S. 339, Fig. 22, 23.
6. Bandagen (Radreifen-) walzwerke, f. Rad, Bd. 7, S. 340, Fig. 32, 33.
7. Walzwerke für Eisenbahnschienen f. [18].
8. Röhrenwalzwerke zum Schweißen von Röhren und für nahtlose Röhren (Schrägwälzwerke), f. Rohrherstellung, Bd. 7, S. 474, Fig. 25, 26, S. 477, Fig. 63, 64.
9. Kettenwalzwerke, f. Ketten, Bd. 5, S. 450, Fig. 4.

Literatur: [1] Ledebur, A., Handbuch der Eisenhüttenkunde, Bd. 3, 5. Aufl., Leipzig 1909. — [2] Derf., Handbuch der mech.-metallurg. Technologie, 3. Aufl., Braunschweig 1905. — [3] Beckert, Th., Leitfaden der Eisenhüttenkunde, Bd. 3, 2. Aufl., Berlin 1900. — [4] Hauer, J. v., Die Hüttenwesenmaschinen, Leipzig 1876. — [5] Weisbach-Herrmann, Lehrbuch der Ingenieur- u. Maschinenmechanik, 3. Teil, 3. Abt., 2. Hälfte, Braunschweig 1901. — [6] Harbord, F. W., The Metallurgy of Steel, London 1904, S. 283—454. — [7] Codron, C., Procédés de forgeage dans l'industrie, Paris 1896. — [8] Puppe, J., Ueber Versuche zur Ermittlung des Kraftbedarfs an Walzwerken

(Dissertation), Berlin 1909. — [9] „Stahl und Eisen“ 1896, S. 279, 421. — [10] Ebend. 1906, S. 17. — [11] 1905, S. 199. — [12] Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1902, S. 419; 1905, S. 1440; 1907, S. 469. — [13] „Stahl und Eisen“ 1909, S. 204, 516, 854. — [14] Ebend. 1898, S. 1034. — [15] Ebend. 1898, S. 1076. — [16] Ebend. 1905, S. 1425. — [17] Ebend. 1909, S. 1217, 1262. — [18] Ebend. 1909, S. 1664.

*A. Widmaier.*

**Walzendrehbänke** dienen zum Abdrehen der in Walzwerken gebrauchten Walzen (f. d.).

Als Besonderheiten weisen die Walzendrehbänke zwei Lager zur Auflagerung der Walze mit ihren Laufzapfen sowie für Kaliberwalzen (f. Kaliber) zwei Ständer zum Einlegen der zugehörigen Walze auf, um die Kaliber richtig eindrehen zu können. Die Mitnahme der abzudrehenden Walze erfolgt in der Regel mittels einer auf der Spindel befestigten kurzen Kupplungsmutter (f. Walzen), in welche der Kupplungszapfen der Walze eingefügt wird. Vgl. z. B. den Katalog von Breuer, Schumacher & Co. in Kalk bei Cöln a. Rh. *A. Widmaier.*

**Walzengatter**, f. Sägen, Bd. 7, S. 546.

**Walzenmasse**, die in der Buchdruckerei (f. Buchdruckerkunst) und in der Lichtdruckerei (f. Lichtdruck) zur Herstellung elastischer Farbeverreib- und Farbeauftragwalzen (Fleischwalzen, Massewalzen) dienende Glyzerinleimmasse. Sie wird auch für Blech- und Flaschendruck (f. Blechdruck, Gelatographie) zur Erzeugung elastischer Druckformen benutzt.

Literatur: Valenta, Die Rohstoffe der graphischen Druckgewerbe, Halle a. S. 1908.

**Walzenquetsche** (Walzenmühle, Walzwerk), Zerkleinerungsmaschine zur nassen Aufbereitung (f. Bd. 1, S. 346) dient hauptsächlich zur Zerkleinerung von Stufen (etwa 60—16 mm Korngröße), zu Graupen (16—2 mm Korngröße). Das zerkleinerte Gut wird zur weiteren Verarbeitung den Siebvorräten (S. 100) und Setzmaschinen (S. 86) zugeführt.

Literatur: Vgl. die in Bd. 1, S. 350, unter [1]—[6] genannten Werke.

**Walzenstuhl** (kurz Stuhl oder Stuhlung genannt), Zerkleinerungsmaschine, speziell für die Getreidemühle, bei der das Mahlgut durch zwei einander fast berührende Walzen zerdrückt oder zerdrückt und zerrissen wird.

Reines Zerdücken tritt bei Walzen mit gleichen Umfangsgeschwindigkeiten ein; vorwiegendes Zerdücken bei glatten oder matten Walzen (Hartguß, blank oder mattiert, Porzellan) mit einem geringen Unterschiede in den Umfangsgeschwindigkeiten; Zerdücken und Zerreissen erzielen geriffelte Walzen mit verschiedener Umfangsgeschwindigkeit (fogenannte Differentialgeschwindigkeit). Im allgemeinen zieht man für die gröbere Zerkleinerung (Schrotung) grobgeriffelte, für die feineren Grade (Auflösungen) feingeriffelte, für die Ausmahlungen glatte Walzen vor. Walzenstühle mit einem Paar Walzen (eine Mahlstelle), Schema Fig. 1 und 3, heißen einfache, solche mit zwei Paaren (zwei Mahlstellen), Schema Fig. 2 und 4, doppelte. Die Walzen können nebeneinander (Fig. 1 und 2) oder übereinander liegen (Fig. 3 und 4). Stühle mit drei Walzen und zwei Mahlstellen (Fig. 5) heißen Dreiwalzenstühle. — Die eine von je zwei zusammenarbeitenden Walzen ist festgelagert, die andre zum Zwecke der Verstellung beweglich. Diese wird entweder mittels Gewichten (früher) oder Feder (jetzt ausschließlich) abgestützt, so daß sie auszuweichen vermag. — Entweder wird nur die eine von je zwei zusammenarbeitenden Walzen angetrieben, die andre durch Reibung mitgenommen (Schleppwalze) oder es werden beide angetrieben. In letzterem Falle kann jede Walzenachse mit einer Riemenscheibe versehen sein und direkt von der Transmission getrieben werden, oder es wird nur die eine Walze direkt angetrieben, die zweite aber von ihr aus durch Riementrieb (mit Abdeckung des Riemens durch eine Führungsrolle) oder durch Zahnräder in Umlauf gesetzt. — Das Gefüll besteht entweder aus zwei gußeisernen Böcken, welche die Lager für die beweglichen Teile aufnehmen, und einem zwischen diesen liegenden Holzgehäuse, das die Walzen umschließt und das Mahlprodukt unten ableitet, oder das Gehäuse ist aus Gußeisen gefertigt und seine Wände selbst dienen zur Lagerung und Befestigung der Einzelheiten. — Sonstige Teile sind: Die Aufschüttvorrichtung (der Rumpf) mit der Speifevorrichtung (Groffe, f. d.), die Walzen, die Stellvorrichtung, die selbsttätige Ausrückvorrichtung, die Abfreicher. Letztere sind stumpfe, durch kleine Federn gegen die Walzen gedrückte Messer, welche das anbackende Mahlgut abschaben. *Arndt.*

**Walzenzugmaschinen**, f. v. w. Antriebsmaschinen für Walzenstraßen,

Für den Antrieb von Walzenstraßen (f. Walzen) mit gleichbleibender Drehungsrichtung der Walzen kommen Waffermotoren, Gas(insbefondere Gichtgas-)motoren, Dampfmaschinen (mit Schwungrad und handgefeuerte schwungradlose) und Elektromotoren in Betracht. Der Antrieb von Reversierstraßen wird mit Reversierdampfmaschinen (größte Ausführung bis zu 20000 PS.) und Elektromotoren (Anordnung nach Ilgner [1]) ausgeführt.

*A. Widmaier.*

Literatur: [1] „Stahl und Eisen“ 1909, S. 204 und 854.

**Walzwerk**, f. Walzen.

**Wandarkade**, f. v. w. Blendarkade (f. d.).

**Wandbalken**, Haupt- oder Bundbalken (f. Balkenlage, Bd. 1, S. 530,

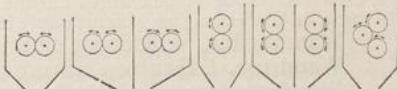


Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 3.

Fig. 4. Fig. 5.

Fig. 1), ein Vollbalken, der mit einer Querwand verbunden die Pfeosten und Streben einer solchen aufnimmt.

Er soll auf jeder Seite ca. 3 cm über die Wandflächen vorstehen, damit die Decken- und Bodenbretter und Gipsplatten befestigt werden können (Fig. 1). Ist die Breite des Balkens hierfür nicht ausreichend, so wird neben den Balken ein Beiholz nötig, das durch Dübel (f. d.) mit jenem zu verbinden ist (Fig. 2).

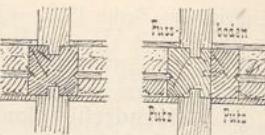


Fig. 1.

Fig. 2.

*Weinbrenner.*

**Wandern** 1. *der Schienen*, die Längsbewegung der Eisenbahnschienen, welche zwar nur sehr langsam, aber mit großer Kraft vor sich geht und zunächst die Wärmelücken zwischen den Schienen aufhebt, im weiteren Verlauf aber auch die Schienen verschiebt. Sie führt daher für die gute Unterhaltung des Gleises große Uebelstände herbei. Die Ursachen des Wanderns sind nicht völlig aufgeklärt, sie sind jedenfalls verschiedener Art und bewirken zum Teil eine Vorwärts-, zum Teil eine Rückwärtsbewegung der Schienen im Sinne der Fahrrichtung. In letzterem Sinne wirkt die Reibung der Treibräder der Lokomotiven auf den Schienen sowie die infolge der lebendigen Kraft sich noch weiter drehenden ungebremsten Räder, wenn der Lauf des Zugs durch Bremsen verlangsamt wird. In der Regel ist die Bewegung in der Fahr-richtung stärker. In diesem Sinne wirken die Schläge der Räder beim Ueberspringen der Wärmelücken, die rollende Reibung der Wagenräder und namentlich die Reibung der gebremsten Räder auf den Schienen in Bremsstrecken, die aus der fortschreitenden Durchbiegung der Schienen eintretende (kriechende) Bewegung sowie der von den Rädern ausgeübte Schub beim Weiterrollen aus dem tiefsten Punkte der Durchbiegung. (Bei schlechter Gleislage und bei schwachen biegsamen Schienen tritt das Wandern besonders stark auf.) In Krümmungen kommen dazu das Anstreifen der Außenränder der Vorderachsen am äußeren Schienenstrang, die mehr oder weniger ungleiche Belastung beider Schienen infolge der Ueberhöhung und die Zentrifugalkraft. Ist die Ueberhöhung für den Durchschnitt der Züge zu klein, so wird im allgemeinen das Wandern im äußeren, im umgekehrten Falle im inneren Strang stärker auftreten. Aber nicht nur in gekrümmten, auch in geraden Strecken wandern die Schienen beider Stränge manchmal ungleich. Bei zweigleisigen Bahnen tritt das Wandern in der Regel in der Fahrrichtung, also in den beiden Gleisen in entgegengesetzter Richtung ein, bei eingleisigen im allgemeinen in der Richtung, in der die schwereren Züge fahren, sodann aber in der Richtung der Gefälle und der größeren Fahrgeschwindigkeit. Um das Wandern zu verhindern, verbindet man die Schwellen am Stoß mit den Schienen vermittelst Winkelbeschlägen, die die Befestigungsmittel übergreifen (f. Oberbau, Fig. 38, 39, 40, 42 und 44). Die Erfahrung zeigt, daß bei stärker befahrene Bahnen dies nicht zureicht; man bringt deshalb auf folgenden Bahnen in neuester Zeit nach Bedarf an einer größeren Zahl Schwellen in der Schienenmitte befondere Vorrichtungen an (f. Oberbau, Fig. 51—54), die alle bezeichnen, den Schub der Schienen auf die in die Bettung gelagerten Schwellen zu übertragen.

*H. Kübler.*

2. *Wandern der Sinkstoffe*, die vielfach nur in regelmäßiger wiederkehrenden Zeitabschnitten sich einstellende Fortpflanzung und Wiederablagerung von Flüßgeschieben infolge der mit dem Wasserstande veränderlichen Energie der Wafferwelle, wodurch z. B. scheinbar dieselbe Kiesbank am Ufer entlang um ganz bestimmte Längen talwärts vorrückt; f. Sinkstoffe. *Lueger.*

**Wandpfeiler**, Verstärkung einer Mauer; f. Pilaster, Bd. 7, S. 134.**Wandrute**, f. Grubenzimmerung, Bd. 4, S. 653.**Wandscheiben**, Decksscheiben für an den Wänden angebrachte Ausgänge von Gas- und Wasserröhren, elektrische Leitungen u. f. w.; f. a. Ankerplatten.

**Wange**, 1. jede einschließende Seitenwand, namentlich an Treppen (f. d.), Dachfenstern (f. d., Bd. 2, S. 507), Schornsteinen (f. d., Bd. 7, S. 780); 2. die Wände, welche die Rollen eines Flaschenzuges einschließen; 3. Backen bei der Drehbank, bei Zangen.

*Weinbrenner.***Wanne**, im allgemeinen beckenartig geformter Hohlraum; f. a. Badewanne. **Wanten**, die seitlichen Halteäste des Schiffsmastes.**Warenpresse**, Presse zum Glätten von Waren, wie Tuch u. f. w.

Man verwendet hierfür in der Regel Spindel- oder hydraulische Säulenpressen (f. Preffen). Sollen Waren längere Zeit unter Druck stehen, so preßt man die Waren in der Presse zwischen zwei Preßplatten zusammen, die in der Presse durch Schraubenbolzen verschraubt werden, worauf das derart hergestellte Paket aus der Presse entfernt und die gewünschte Zeit unter Druck stehen gelassen wird. S. a. Bündelpresse, Glätt presse.

*A. Widmaier.*

**Warenzeichenrecht**. Der Zeichenschutz wurde durch das Gesetz, betreffend den Markenschutz, vom 30. November 1874 geregelt. Dieses Gesetz wurde durch das Gesetz zum Schutz der Warenbezeichnungen vom 12. Mai 1894 ersetzt, das nunmehr allein für die Bestimmungen auf dem Gebiet des Warenzeichenschutzes maßgeblich ist; es ist am 1. Oktober 1894 in Kraft getreten.

Zur Führung eines Warenzeichens ist jeder berechtigt, der sich in seinem Geschäftsbetriebe eines Warenzeichens bedienen will. Daraus folgt zunächst, daß über die Person des Zeicheninhabers irgend eine Beschränkung durch das Gesetz nicht gegeben ist. Vielmehr kann jede einzige rechtsfähige Person ebenso gut wie eine nach den Gesetzen anerkannte Gesellschaft ein

Warenzeichen zur Eintragung bringen. Hauptfordernde des Zeichenschutzes sind das Bestehen eines Geschäftsbetriebes, für den das Zeichen benutzt werden soll, und die Unterscheidungskraft des Zeichens befreit Kenzeichnung von Waren. Das Zeichen muß derart beschaffen sein, daß es tatsächlich eine Unterscheidung der Waren des einen Geschäftsbetriebes von den Waren eines andern Geschäftsbetriebes ermöglicht. Vom Schutze ausgegeschlossen sind wegen mangelnder Unterscheidungskraft, zur Aufrechterhaltung der Verkehrs freiheit sowie aus Gründen der öffentlichen Ordnung und der guten Verkehrsritten: 1. Freizeichen, d. h. solche Warenbezeichnungen, die wohl an sich eintragungsfähig sind, aber im freien und allgemeinen Gebrauch für bestimmte Waren stehen; 2. Zeichen, die ausschließlich in Zahlen oder Buchstaben bestehen; 3. Zeichen, die ausschließlich in folchen Worten bestehen, die Angaben über Ort, Zeit und Art der Herstellung, über die Bestimmung, über die Beschaffenheit, über Preis, Längen- und Gewichtsverhältnisse der Ware enthalten; 4. Zeichen, die in- und ausländische Staatswappen oder Wappen eines inländischen Gemeinde- oder weiteren Kommunalverbandes enthalten; 5. Zeichen, die Aergernisse erregende Darstellungen oder solche Angaben enthalten, die ersichtlich den tatsächlichen Verhältnissen nicht entsprechen und die Gefahr einer Täuschung begründen. Grundsätzlich ist ferner Schutz solcher Warenzeichen verfugbar, durch deren Eintragung Rechte anderer verletzt werden, und zwar Warenzeichenrechte sowie andre Rechte, wie Namensrechte, Ausstattungsrechte, Urheberrechte, Bildnisrechte u. f. w. Den Warenzeichenrecht veraltet das Patentamt, bei dem die Anmeldung von Warenzeichen zu erfolgen hat. Für die Form der Anmeldung hat das Patentamt ausführliche Bestimmungen vom 22. November 1898 erlassen. Die Anmeldung muß das einzutragende Zeichen wiedergeben, sie muß ferner eine Angabe darüber enthalten, für wen, für welche Waren und für welchen Geschäftsbetrieb das angemeldete Zeichen eingetragen werden soll. Die Beziehungen zwischen den Waren, für die das Zeichen bestimmt ist, und dem angegebenen Geschäftsbetrieb werden neuerdings untersucht. Das Patentamt prüft das angemeldete Zeichen, und zwar zunächst darauf, ob etwa eine der Auschlußbestimmungen zutrifft. Ist dies nicht der Fall, so wird das Zeichen weiter daraufhin geprüft, ob es mit einem andern, für dieselben oder für gleichartige Waren früher angemeldeten oder bereits eingetragenen Zeichen übereinstimmt. Erachtet das Patentamt diesen Tatbestand als gegeben, so erhält der Inhaber des älteren Zeichens eine Mitteilung von der Anmeldung, wodurch er in den Stand gesetzt ist, innerhalb eines Monats vom Tage der Zustellung ab gegen die Eintragung des angemeldeten Zeichens Widerpruch zu erheben. Ein ohne diese Aufforderung eingelegter Widerpruch findet seitens des Patentamts regelmäßig keine Berücksichtigung. Erfolgt der Widerpruch nicht, so wird das Zeichen eingetragen; andernfalls entscheidet das Patentamt durch Beschuß, ob die Zeichen übereinstimmen, Gleichheit bzw. Gleichartigkeit der Waren vorliegt. Die Entscheidung der Warenzeichenabteilung ist durch kostenpflichtige Beschwerde anfechtbar. Ueberhaupt werden die Anmeldungen von Warenzeichen, Anträge auf Uebertragungen, Widerprüche gegen die Löschung in dem für Patentangelegenheiten maßgebenden Verfahren erledigt. Bei endgültiger Abweisung der Anmeldung zahlt das Patentamt von den entrichteten Gebühren 20 M. zurück. Der Schutz tritt erst mit erfolgter Eintragung ein; seine Dauer beginnt aber am Tage der Anmeldung. Die Dauer des Schutzes ist auf 10 Jahre festgelegt, doch ist eine Verlängerung um weitere 10 Jahre jedesmal vor Ablauf der jeweiligen Schutzfrist unter Zahlung der Erneuerungsgebühr von 10 M. gegeben. Das durch die Anmeldung oder Eintragung eines Warenzeichens begründete Recht ist vererblich und übertragbar, jedoch ist ein Wechsel in der Person des Berechtigten, da der Zeichenschutz an dem Geschäftsbetrieb haftet, für den er eingetragen ist, nur dann rechtsgültig, wenn mit dem Zeichen der Geschäftsbetrieb übergeht. Der Uebergang wird auf Antrag des Rechtsnachfolgers in der Zeichenrolle vermerkt, sofern die Einwilligung des Berechtigten in beweisender Form, z. B. durch notariell oder gerichtlich beglaubigte Unterschrift, beigebracht wird. Solange der Vermerk in der Rolle nicht erfolgt ist, wirkt die Vereinbarung über den Uebergang nur unter den Parteien. Der Erwerber kann gegenüber Dritten und vor dem Patentamt keine Rechte geltend machen. — Die Wirkung des Schutzes ist nach dem Gesetz darin zu finden, daß dem eingetragenen Warenzeicheninhaber ausschließlich das Recht zusteht, Waren der angemeldeten Art oder deren Verpackung oder Umlüstung mit dem Warenzeichen zu versehen, die so bezeichneten Waren in Verkehr zu bringen sowie auf Ankündigungen, Preislisten, Geschäftsbriefen, Empfehlungen, Rechnungen oder dergl. das Zeichen anzubringen. — Eine wissenschaftliche oder grob fahrlässige Verletzung des Zeichenrechts verpflichtet zur Entschädigung des Verletzten. Die wissenschaftlich begangene Verletzungshandlung ist strafrechtlich verfolgbar, wobei auf eine Buße bis zu 10000 M. erkannt werden kann.

Das durch die Eintragung begründete Recht findet eine Begrenzung dahin, daß niemand gehindert ist, feinen Namen, keine Firma oder Angaben über Herstellung, Beschaffenheit und Bestimmung, über Preis, Mengen- und Gewichtsverhältnisse, auch in abgekürzter Form, auf den Waren oder ihren Verpackungen anzubringen oder im Geschäftsvorkehr zu gebrauchen.

Das Erlöschen eines Warenzeichens tritt außer durch seinen Ablauf mangels Erneuerung auch bei Verzicht des Inhabers ein. Die Löschung kann aber auch gegen den Willen des Eintragten erfolgen, und zwar im patentamtlichen Löschungsverfahren und durch die ordentlichen Gerichte, ersteres, wenn die Eintragung des Zeichens hätte verfugt werden müssen, wenn also einer der bereits beprochenen grundfätzlichen Auschlußgründe zur Zeit der Anmeldung vorlag. Im Wege der Klage bei den Gerichten kann ein Dritter die Löschung eines Warenzeichens betreiben, wenn das Zeichen für ihn auf Grund einer früheren Anmeldung bereits eingetragen war, also in dem Falle der Kollision zweier eingetragener Zeichen, ferner dann, wenn der Geschäftsbetrieb, zu welchem das Warenzeichen gehört, von dem eingetragenen Inhaber nicht mehr fortgesetzt wird, und schließlich, wenn Umstände vorliegen, aus denen sich ergibt, daß der Inhalt des Warenzeichens den tatsächlichen Verhältnissen nicht entspricht und die Gefahr einer Täuschung begründet. — Der Schutz des Gesetzes beschränkt sich nicht auf die

eigentlichen Warenzeichen, sondern er erstreckt sich auf die Warenbezeichnungen allgemein, so auf Namen und Firma des Gewerbetreibenden und ferner folche Warenbezeichnungen, die innerhalb beteiligter Verkehrskreise als die Kennzeichen der Waren eines bestimmten Gewerbetreibenden gelten, auf die sogenannte Ausstattung. Wer im Inlande eine Niederlassung nicht besitzt, hat auf den Schutz des Gesetzes nur Anspruch, wenn der Staat seiner Niederlassung deutsche Warenbezeichnungen in gleichem Umfange wie inländische Warenbezeichnungen zum gesetzlichen Schutz zuläßt. Der Anspruch auf Schutz und das Zeichenrecht sind nur durch einen im Inlande bestellten Vertreter geltend zu machen. — Von den die internationalen Warenbezeichnungen regelnden Staatsverträgen ist der wichtigste die durch die Brüsseler Zusatzakten vom 14. Dezember 1900 abgeänderte Pariser Uebereinkunft vom 20. März 1883, kurz der Unionsvertrag genannt, dem nunmehr angehören: Belgien, Brasilien, Cuba, Curaçao, Dänemark, Dominikanische Republik, Frankreich, Großbritannien, Italien, Japan, Neuseeland, Niederlande, Niederländisch-Indien, Norwegen, Österreich, Portugal, Queen Island, Schweden, Schweiz, Serbien, Spanien, Surinam, Tunis, Ungarn, Vereinigte Staaten von Nordamerika. Der Unionsvertrag enthält neben der Gewährung einer Prioritätsfrist von 4 Monaten die wichtige Bestimmung, daß jede in dem Ursprungslande vorschriftsmäßig hinterlegte Fabrik- oder Handelsmarke so wie sie ist, in allen andern Verbundstaaten zur Hinterlegung zugelassen und geschützt werden soll. Diese Bestimmung bezieht sich jedoch nur auf die Form der Marke. Die Prüfung unter den Sonderbestimmungen des betreffenden Landes bezüglich der sonstigen Bedingungen der Eintragung wird hierdurch in keiner Weise beeinträchtigt. In fast allen Kulturstaten bestehen Warenzeichengefechte.

Literatur: Allfeld, Kommentar zum Gesetz, betreffend den Schutz der Warenbezeichnungen, München 1894; Schmid, Gesetz zum Schutz der Warenbezeichnungen vom 12. Mai 1894; Kent, Das Reichsgesetz zum Schutz der Warenbezeichnungen vom 12. Mai 1894; Geitel, Die Praxis des Gesetzes zum Schutz der Warenbezeichnungen, Berlin 1900; Seifsohn, Gesetz zum Schutz der Warenbezeichnungen, nebst Ausführungsbestimmungen, Berlin 1905; Finger, Das Reichsgesetz zum Schutz der Warenbezeichnungen vom 12. Mai 1894, nebst den Ausführungsbestimmungen und dem Internationalen Warenbezeichnungsrecht, Berlin 1906; Rhenius, Gesetz zum Schutz der Warenbezeichnungen vom 12. Mai 1894; Freund, Magnus, Kommentar zum Gesetz, betreffend den Schutz der Warenbezeichnungen vom 12. Mai 1894. *Hans Heimann.*

**Warmbett, Warmlager** ist in Walzwerksanlagen derjenige Platz, auf den das Walzgut zum Abkühlen gebracht wird. Die Bewegung des Walzguts zum und vom Warmlager geschieht in der Regel mit besonderen Transporteinrichtungen (Rollgänge, Querzüge u. s. w.).

Literatur: „Stahl und Eisen“ 1905, Nr. 16, S. 925.

*A. Widmaier.*

**Warmbruchprobe**, f. Biegeprobe, Bd. 1, S. 787.

**Warmlaufen** entsteht infolge der Wärmeerzeugung durch die Reibung von Metallflächen, die unter Druck übereinander hinweggleiten. Man sucht daselbe durch Schmierung (f. d.) zu verhindern.

**Warpsschiffahrt**, eine besondere Art der Seilschleppschiffahrt (f. d.) auf kürzeren Fluss- oder Kanalstrecken oder in Meeresbuchten. Vgl. Mitteilungen aus dem Gebiete des Seewesens, 1897, S. 820.

**Warren-Träger**, ein nach dem englischen Kapitän Warren (1849) benanntes System eiserner Fachwerksträger mit weitmaschiger Dreiecksaufschaltung. Die Bezeichnung wäre eigentlich auf die ursprüngliche konstruktive Ausführungsweise (gußeiserne Obergurte und Druckstreben, Gelenkknoten), für welche Beispiele in der Trentbrücke bei Newark und im Crumlinviadukt bestehen, zu beschränken; sie wird aber zuweilen auch für genietete Fachwerksträger mit parallelen Gurten und einteiligem Strebenfachwerk angewendet (f. Fachwerkträger). *Melan.*

**Wartesaal**, f. Empfangsgebäude.

**Waschanstalten** (Waschhäuser), Gebäude zur Reinigung der Wäsche. Man unterscheidet nach den Zwecken: 1. private in Wohngebäuden, Gasthäusern, Pensionen u. dergl.; 2. gewerbliche; 3. solche in Anstalten, wie Krankenhäusern, Käfern, Gefängnissen, Seminarien u. s. w.; 4. öffentliche.

Im Haushalte der Familie verlangen die verschiedenen Verrichtungen für Reinigung, Trocknung und Glätten der Wäsche drei Räume, die zum Teil in besonderem Gebäude oder im Wohnhause (f. d.) unterzubringen sind: 1. Waschküche (von 12—15 qm Bodenfläche) zur Aufstellung eines Herdes mit Waschkeffel, der Einweich- und Waschzuber oder Bottiche mit Wafferzu- und -ableitung. Der Raum soll hell und lüftig sein, Wände, Decke und Fußboden tunlich in Stein. Die Lage oft im Keller [2] (S. 157—161), in neuerer Zeit im Dachstock neben 2. Trockenraum im Speicher, mit Wäschestangen (im Sommer im Freien etwa auf flachem Dach), 3. Bügelzimmer, heller und trockener Raum mit Holzboden zur Aufstellung von Bügeltischen, Mangel (f. d. Bd. 6, S. 293) und Bügelofen (mit Kohlen- oder Gasheizung). Bei Vereinigung von ländlichen Waschhäusern mit dem Backhause (f. d. Bd. 1, S. 432) wird die Waschküche zugleich Backraum und die Bügelstube Vorflüsse hierzu. — In den romanischen Ländern, Frankreich, Italien u. s. w., wird das Waschen an öffentlichen Brunnen oder Waschbänken, die an Quellen, Bächen u. s. w. aufgestellt sind, vorgenommen. An großen Flüssen dienen Waschschiffe ([1], S. 70) mit Schutzdächern hierzu. In England erfolgte zuerst die

Einrichtung von öffentlichen Waschhäusern in Fabrikfläden für die Arbeiterbevölkerung, besonders zu dem Zwecke, das Wäschen in den Küchen der kleinen Wohnungen entbehrlich zu machen und so die Gefundung der Bewohner zu fördern. Dieser Fortschritt fand bald Nachahmung in Frankreich und Belgien, später auch in Deutschland. Besonderen Aufschwung erfuhr diese Bewegung durch die Einführung des Dampfes zur Behandlung der Wäsche und durch maschinellen Betrieb bei der Reinigung und Trocknung derselben, wodurch große Ersparnisse an Zeit und Arbeit erzielt werden. Als Folge hiervon sehen wir heute in allen gewerblichen Anlagen und öffentlichen sowie staatlichen und städtischen Anstalten den maschinellen Waschbetrieb eingeführt. Wir verweisen auf die Prospekte der Firma Oskar Schimmel in Chemnitz und [4], [5]. Solche Waschhäuser enthalten folgende Räume: 1. Dampfmaschine mit Kesselhaus und Kohlenraum, 2. Einweich- und Kochraum, 3. Waschraum mit Waschmaschinen, Spülmaschine und Zentrifugen (f. d.), 4. Kammer für schmutzige Wäsche, 5. Trockenkammer mit Kästen und Kulisenvorrichtung (Luft- oder Dampfheizung); hiermit durch Aufzug verbunden 6. Trockenspeicher unter Dach, ferner 7. Bügelzimmer mit Flickraum, in einem Obergeschoß gelegen. — Für die Räume 2 und 3, in welchen sich starke Dämpfe entwickeln, ist die Aufstellung eines Exhaustors (Dampfsaugers [f. d. Bd. 3, S. 521]) zu empfehlen. — In manchen Fällen kann mit solchen Anstalten die Einrichtung von Einzelbädern verbunden werden. S. a. Reinigung, chemische.

Literatur: [1] Handbuch der Architektur, 4. Teil, Halbbd. 5, 4. Heft: F. Genzmer, Wasch- und Desinfektionsanstalten, Stuttgart 1900, mit vielen Literaturangaben. — [2] Nußbaum, H. Chr., Das Wohnhaus und seine Hygiene, Leipzig 1909. — [4] Erich, Praktische Erfahrungen bei Anlage und Betrieb von Dampfwäschereien, Halle 1905. — [5] Vogt, Die Wäscherei im Klein-, Neben- und Großbetriebe, Hannover 1907.

Weinbrenner.

**Waschblau**, in Waffer lösliche oder nur suspendierbare feste, teigige oder flüssige Farben, auch Farbstoffe (Ultramarinblau, Pariserblau mit Stärke vermischt, Indigokarmin, Teerfarbstoffe) zum Bläuen von Textilfabrikaten. *Andes.*

**Waschmaschinen** dienen zur Absonderung der Verunreinigungen von Materialien aller Art.

Für steinige Materialien bestehen sie gewöhnlich aus einer Waschtrommel (f. S. 103); für Kartoffeln, Rüben u. dergl. aus einer hölzernen Lattentrommel. Ueber Waschmaschinen in der Papierfabrikation (f. d.); in der Textilindustrie, f. Fettflockweiß, Garnwaschmaschinen, Kammgarnspinnerei, Seidenspinnerei, Tuchfabrikation u. s. w. Bei Waschmaschinen für Getreide darf die Einwirkung des Waffers nur kurze Zeit dauern, damit die Feuchtigkeit nicht in das innere Korn dringt. Es muß ein energisches Spülen stattfinden, damit anhaftende Schmutzteile losgerissen werden, außerdem muß ein Abtrennen der leichten Unreinigkeiten (taube Körner, Stroh u. f. w.) und ein Abscheiden schwerer Beimengungen (Steinchen) stattfinden. Diefen Anforderungen entsprechen die Waschmaschinen von Brandstädt & Weinholt (D.R.P. Nr. 75541, 78541 und 92869). Neuerdings werden zwischen dem eigentlichen Waffer und dem Trockner eine Quirl- und eine Abspritzvorrichtung eingeschaltet, durch die die Reinigung noch vervollkommen wird. *Arndt.*

**Waffer**, im gewöhnlichen Sinne die flüssige Aggregatform von  $H_2O$ ; bei  $+100^{\circ}C$ . und darüber unter atmosphärischer Pressung dampfförmig (f. Dampf, Bd. 2, S. 537 ff.), von  $0^{\circ}C$ . abwärts fest (f. Eis, Bd. 3, S. 260). Bei ca.  $4^{\circ}C$ . tritt unter atmosphärischer Pressung das Maximum der Dichtigkeit (f. d. Bd. 2, S. 740) des flüssigen Waffers ein; die Dichtigkeit derselben für verschiedene Temperaturen zwischen  $0^{\circ}$  und  $100^{\circ}$  und bei verschiedenen Pressungen f. Bd. 1, S. 396 ff. Ueber Entstehung, Menge und Verlauf des sich aus der Dampfform bildenden flüssigen Waffers f. Hydrologie, Hydrometeore, Meteorologie, Niederschläge, Regenmesser.

Nach der Herkunft unterscheidet man Regenwaffer, Schneewaffer, Grundwaffer, Quellwasser, Flusswaffer, Seewaffer, Meerwasser u. f. w. — Der Kreislauf des Waffers beginnt vom Meere aus in Form von Wafferdampf; letzteren führen die Windströmungen über das Festland. Ein Teil derselben wird dabei sowohl in der oberirdischen als auch in der unterirdischen Atmosphäre kondensiert und kehrt schließlich als flüssiges Waffer oder Eis in das Meer zurück; ein anderer, stets veränderlicher Teil bleibt in Form von Grundwaffer (f. d.), Flusswaffer, Seewasser über und unter dem Festlande erhalten oder geht als Konstitutionswasser Verbindungen mit andern Körpern ein bzw. nimmt seinen Lauf durch Pflanzen und Tierkörper. Schon die Hydrometeore nehmen aus der Luft Staub und Gase auf (Bd. 1, S. 33); treffen sie die Bodenoberfläche, so werden die Bedeckungen der letzteren abgespült bzw. das Waffer mit diesbezüglichen Lösungen und Suspensionen beladen. Der in Bodenarten mit kapillaren Zwischenräumen versteckende Teil des meteorischen Waffers entledigt sich der Suspensionen und auch eines Teils der chemischen Lösungen beim Verstecken; in diesem Falle ist das sich bildende Grundwaffer (f. d.) klar und bei unverdorbenem Boden auch rein. Bei nichtkapillaren Zwischenräumen des Bodens kann getrübtes unreines Waffer in große Tiefen gelangen. Die mehr oder weniger große Tiefe einer Wafferentnahmestelle unter Terrain bietet deshalb keine absolute Garantie für die Reinheit des Waffers; letztere hängt vielmehr von der Beschaffenheit des Grundwasserträgers ab. Ausführliches über das Verhalten des Bodens zum Waffer f. Bd. 2, S. 115. Das über die Bodenoberfläche wegfließende Waffer gelangt in die offenen Wafferläufe (Bäche, Flüsse, Seen u. f. w.); durch Aufnahme fremder, ihm übergebener Stoffe, durch Ufer-

abbruch und chemische Angriffe auf sein Bett verändert daselbe fortwährend seine Beschaffenheit. Näheres hierüber in [1], S. 141 ff.

Trinkwasser soll klar, wohlchimeckend und gefund fein. Die erstgenannte Eigenschaft kann den meisten Wässern durch Filtration verliehen werden. Der Wohlgeschmack wird in erster Linie durch Kohlenfärregehalt und Temperatur, dann aber auch durch chemische Beimengungen beeinflußt. Letztere sind erforderlichenfalls zu beseitigen (Fällung von Salzen, Enteisung u. f. w.); die Temperatur soll zwischen 8—13° C. liegen. Wässer von mehr als 13° C. schmecken in unserm Klima auch im Sommer nicht mehr erfrischend. Gefundenes Wasser erfordert die Abwesenheit von Ammoniak, salpetriger Säure, Schwefelwasserstoff und besonders von pathogenen Bakterien. In der Natur kommen letztere (sowie Bakterien überhaupt) bei Grundwasser mit kapillären Trägern und einer Spiegelage von 2—3 m unter Bodenoberfläche nicht mehr vor. Man hat deshalb in solchen Trägern die gefundene Wasse zu erwarten, besonders wenn mächtige Grundwasserströmungen in denselben bestehen, die sich dann auch durch nahezu konstante, erfrischende Temperatur auszeichnen. Trinkwasseruntersuchungen (f. d. u. [2]) sind deshalb in allen Fällen angezeigt; sie bestehen im wesentlichen aus chemischen und bakteriologischen Analysen, Temperaturmessungen sowie genaueren Orientierungen über die Herkunft des Wassers. Selbstverständlich ist es nicht überall möglich, gefundenes Quellwasser oder Grundwasser zu beschaffen, und es wird deshalb auch vielfach Flußwasser, Seewasser, destilliertes Wasser u. f. w., nach entsprechender Vorbereitung ([1], § 38) zu Trinkzwecken verwendet. — Bakterienhaltiges Wasser kann im Notfalle durch Abkochen sterilisiert werden.

Wasser für den Gewerbebetrieb (Brauchwasser, f. d.) muß hinsichtlich seiner chemischen Beschaffenheit besonderen Ansprüchen genügen [3]; von der größten Bedeutung ist die Härte des Wassers (f. unten). Verschiedene Gewerbe (z. B. Bierbrauereien, Seidenhafpeleien, Türkischrotfärbereien u. f. w.) können hartes Wasser verwenden; in den meisten andern Gewerben (z. B. beim Dampfkesselbetrieb, bei Bade- und Waschanstalten, textilemischen Betrieben, Papierfabrikation u. f. w.) sind weiche Wässer erwünscht bzw. geboten. Von besonderer Wichtigkeit ist weiches Wasser in der Färberei [4]. Ist natürlich weiches Wasser nicht zu beschaffen, so können harte Wässer durch chemische Zusätze und Prozesse weich gemacht werden (vgl. Wafferreinigung und Kesselfeimittel).

Literatur: [1] Lueger, Wafferverfassung, Darmstadt 1895. — [2] Handbuch der Hygiene, Bd. 1, Abt. 2, Jena 1896; Tiemann u. Gärtner, Handbuch der Untersuchung des Wassers, 4. Aufl., Braunschweig 1895; Grundsätze bei der Beurteilung von Trink- und Nutzwasser, Gefundheitsingenieur, 1898, S. 404 ff. — [3] Guichard, L'eau dans l'industrie, Paris 1894. — [4] Lauber, Das Wasser in der Färberei, Leipzig 1898.

Lueger.

**Wafferhärte.** Den Gehalt des Wässers an Erdalkalienverbindungen, vornehmlich an den Bikarbonaten und Sulfaten von Kalk und Magnesia, nennt man die Härte (gesamte Härte) des Wässers. Es entspricht: 1 deutscher Härtegrad 10 mg  $CaO$  (Calciumoxyd) in 1 Liter Wasser, 1 französischer Härtegrad 10 mg  $CaCO_3$  (Calciumkarbonat) in 1 Liter Wasser, 1 englischer Härtegrad 10 mg  $CaCO_3$  in 0,7 Liter Wasser; 1 französischer Härtegrad entspricht 0,56 deutschen Graden; 5 englische Grade sind 4 deutsche Grade. Der Magnesiegehalt ist in obigen Werten inbegriffen, d. h. auf den Kalkwert umgerechnet: 1 Teil Magnesia entspricht 1,4 Teilen  $CaO$ . Der äquivalente Kalkgehalt des Wässers wird deshalb durch Multiplikation des Magnesiegehaltes mit 1,4 gefunden. Man unterscheidet in der Technik weiterhin noch zwischen vorübergehender, temporärer, schwindender (transitorischer) und bleibender (permanenter) Härte. In wissenschaftlicher Hinsicht sind die Bezeichnungen nicht ganz zutreffend. Wird das Wasser gekocht, so fällt ein erheblicher Teil von Kalk und ein geringerer von Magnesia als unlösliches Karbonat aus. Die diesem ausfallenden Teil entsprechende Härte des Wässers ist die temporäre (schwindende) Härte, während die von Sulfaten, Nitraten und Chloriden herrührende Härte durch das Kochen nicht verschwindet und deshalb permanente oder bleibende Härte oder auch Sulfathärte genannt wird. — Einen Anhaltspunkt für die Bezeichnung der Härtestuften gibt folgende Aufstellung: Wasser von 0—4 deutschen Härtegraden nennt man sehr weich, ein solches von 4—8 weich, von 8—12 mittelhart, von 12—18 ziemlich hart, von 18—30 hart, über 30 sehr hart. Gefundheitliche Bedeutung harten und weichen Wässers f. [1]; technische f. Wasser, Wafferreinigung. Wasser mit mehr als 20 deutschen Graden ist als Kesselfeiewasser nicht ohne weiteres brauchbar. Es muß weich gemacht werden; f. Wafferreinigung. — Eine rasche Orientierung, ob ein Wasser hart ist, gibt bei einiger Erfahrung schon die Reaktion mit Neßlers Reagens gelegentlich der Prüfung auf Ammoniak. Tritt sofort oder innerhalb 1—2 Minuten eine weiße Trübung oder Flockenbildung ein, so ist auf das Vorhandensein von mehr als 18 Härtegraden zu schließen. Genauer und auch rasch ausführbar ist das Clark'sche, von Faibt und Knauß modifizierte Verfahren mit titrierter Seifelösung. Bei einiger Übung liefert es ganz gute Resultate, Nichtgetübten laufen aber, besonders bei magnesiareichen Wässern, grobe Fehler unter. Wenn auch die bleibende Härte bestimmt werden soll und die Probe auch am gekochten Wasser vorgenommen werden muß, bietet sie gegenüber den genaueren Methoden keine Vorteile mehr. Die genaue Härtebestimmung geschieht einmal durch die Ermittlung von Kalk und Magnesia nach den Regeln der quantitativen chemischen Analyse, dann aber auch durch Titrieren. Titriermethoden zu Härtebestimmungen in Wasser haben Lunge, Pfeifer, Wartha, Vignon und Meunier, Wehrenpfennig, Grittner und Procter u. a. angegeben [2]. Vgl. a. [3].

Literatur: [1] Pfeiffer, R., u. Proskauer, B., Encyklopädie für Hygiene 1905, Bd. 2, S. 110. — [2] Lunge, Chemisch-technische Untersuchungsmethoden 1904. — [3] Klut, Untersuchung des Wassers an Ort und Stelle 1908.

Bujard.

**Wafferabscheider**, Wafferfänger, sind Vorrichtungen zur Abscheidung des im Wafferdampf enthaltenen tropfbarflüssigen Wässers.

Fast alle Wafferafscheider bewirken die Abscheidung durch plötzliche Richtungsänderung des Dampfstromes, wozu in einzelnen Fällen auch noch eine Verminderung der Dampfgeschwindigkeit kommt. Infolge der größeren Masse der Waffertropfen suchen diese die ursprüngliche Richtung beizuhalten, d. h. sie werden an den entgegenstehenden Stoßflächen abgeschieden, während der Dampf nur abgelenkt wird. Eine nachfolgende Verminderung der Dampfgeschwindigkeit ist zweckmäßig, weil ruhender oder nur mäßig schnell strömender Dampf die Wafferteile nicht schwebend erhalten kann. Für eine sichere Entfernung des abgeschiedenen Waffers durch Tropfhähne oder besser durch Kondensationswafferableiter (f. Bd. 5, S. 584) ist Sorge zu tragen.

Die Bauart der Waffersabscheider ist hauptsächlich von der Einbaustelle abhängig; es können hierbei zwei Fälle unterschieden werden: entweder wird der Abscheider in den Kessel eingebaut, hat also die Abcheidung des bei der Dampfbildung im Kessel mitgerissenen Waffers vor dem Eintritt des Dampfes in die Rohrleitung zu

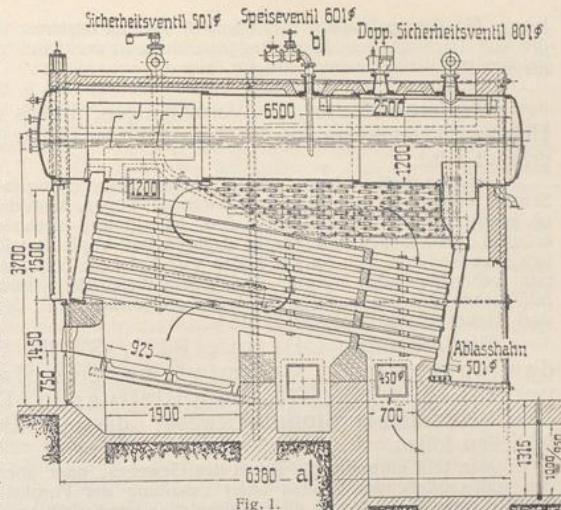


Fig. 1.

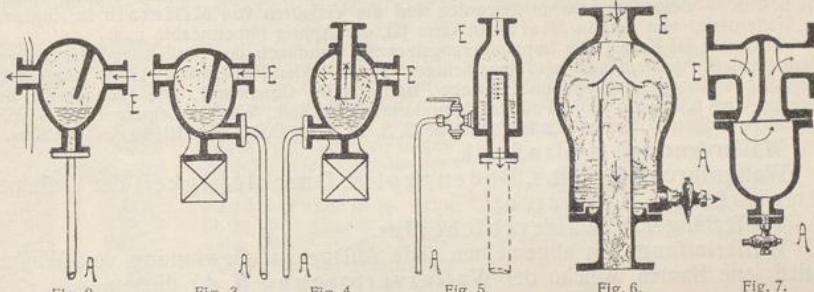


Fig. 2.

Fig. 3. Fig. 4.

Fig. 6.

Fig. 7.

bewirken, oder er wird in die Rohrleitung, z. B. vor der Dampfmaschine, eingebaut und soll auch das in der Leitung durch Kondensation gebildete Wasser abscheiden. Im ersten Falle besteht der Abscheider häufig nur aus einem im Dampfraum des Kessels eingebauten, mit dem Abscheiderrohr verbundenen Rohr, in das

Absperrventil des Kessels verbundenen Rohr, in das der Dampf durch viele feine Bohrungen oder einen schmalen Längsschlitz auf der oberen Rohrseite eintritt. Die Wassersäulen werden beim Auftreffen des

Die Wassertropfen werden beim Auftreffen des Dampfes auf die innere untere Rohrseite abgeschieden. Das Wasser kann durch eine kleine Öffnung in den Wasserraum des Kessels zurückgelangen. Beispiele hierzu finden sich unter Dampfkessel, Bd. 2, Fig. 3, S. 563; Fig. 9, S. 565; Fig. 19, S. 569. Vollständige Wäferabscheidung kann aber von diesen Vorrichtungen nicht erwartet werden. Der Durchmesser des Rohres wird häufig nur gleich dem Durchmesser der Leitung gewählt, während ein größerer Durchmesser zur Erzielung einer kleinen Dampfgeschwindigkeit erforderlich ist.

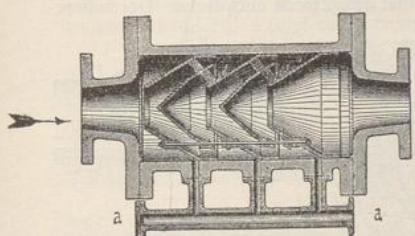


Fig. 8.

Durchmesser zur Erzielung einer kleinen Dampfgeschwindigkeit  
digkeit im Rohr zweckmässiger wäre. — Fig. 1 zeigt einen Wasserabscheider von Petry-Dereux, der aus einem Blechkasten mit eingesetzten Richtungsblechen gebildet wird. Der getrocknete Dampf tritt durch die obere rechte Ecke des Kastens in den Dampfraum. Es ist außerdem für die Dampfentnahme aus dem Kessel noch ein Rohr im höchsten Punkte des Dampfraumes vorgesehen. Da der Kessel mit einem Ueberhitzer versehen ist, so wären die Abscheidungsvorrichtungen entbehrlich; sie erhöhen aber die Leistung des Ueberhitzers, da dieser kein mitgerissenes Wasser zu verdampfen braucht. — Die in die Dampfleitung einzubauenden Abscheider werden aus Gußeisen bzw. Stahlguß gefertigt. Die Fig. 2—6 geben einige Ausführungsformen von Klein, Schanzlin & Becker, Frankenthal, wieder; Fig. 7 ist ein Abscheider von Dreyer, Rofenkranz & Droop, Hannover, Fig. 8 ein solcher von Schäffer & Buden-

**berg**, Magdeburg-Buckau. Der Dampf strömt bei letzterem in der Richtung der Pfeile durch die von Trichtern gebildeten Ringquerschnitte abwechselnd nach außen und innen. Das abgeschiedene Wasser sammelt sich im Rohr *a*.

Literatur: S. unter Kondensationswasserableiter, Bd. 5, S. 588.

O. Herre.

**Wasseranwärmer**, alle Vorrichtungen, mittels welcher warmes Wasser durch Heizung, Vereinigung von Wasserdampf oder Heißwasser mit kaltem Wasser u. f. w. erzeugt wird.

Infofern diese Anlagen nur zur Warmwasserbereitung in Brauereien, Färbereien, Küchen, Schlachthäusern u. f. w. oder für Badewannen dienen, kann die Mischung ohne Rücksicht darauf, ob zuerst Dampf, heißes Wasser u. f. w. austritt und nachher kaltes Wasser zugemischt wird, erfolgen. Bei Duschen und Brausen dagegen sind Vorsichtsmaßregeln gegen Verbrühungen erforderlich; das Wasser muß in solchen Fällen vor seinem Austritt auf jede gewünschte Temperatur gebracht werden können. Vgl. hierzu Badebatterie, Badeeinrichtung, Badeöfen, Brausen, Mischhähne und die Kataloge der Armaturenfabriken, z. B. der A.-G. Körting & Co., Körtingsdorf-Hannover, das D.R.P. Nr. 32316 u. a.

**Wasserdampf**, f. Dampf, Bd. 2, S. 537, 539, 544, Sieden, Verdampfungswärme, Gesamtwärme, Dampfwärme, Kritische Temperatur, Dampfkessel, Dampfleitungen, Dampfmaschinen u. f. w.

**Wasserdichte Stoffe**, Gewebe, die eine Benetzung des Fadens ausschließen sollen.

Man füllt entweder die Poren des Gewebes, oder aber man imprägniert die Fasern mit den wasserabstoßenden Stoffen unter Erhaltung der Porosität des Stoffes. Letzteres ist notwendig, wenn Kleiderstoffe die Luftzirkulation gewährleistet werden soll, was bei Gummimänteln nicht der Fall ist. Planen, Zelte, Schläuche u. f. w. verlangen keine solche Rückfichtnahme [1].

Zum Überziehen dienen hauptsächlich Kaufschuk, Leinölfirnis, Fette, Paraffin, Wachs u. f. w. Zum Imprägnieren finden Anwendung schwefelfaure Tonerde, Alaun, Bleizucker (Bleiacetat), Kupfersulfat, Eisenulfat, Zinkulfat, Kupferoxydammoniak, Chromkalium, Paraffin, Cerefin, Wachs, Seife u. f. w. — Besonders bekannt geworden sind die Verfahren von Millerain in England, die „Wasserperle“ von Louis Hirfch in Gera [2], der Apprêt imperméable u. a.

Literatur: [1] Koller, Die Imprägnierungstechnik, Handbuch der Darstellung aller faulniswiderstehenden, wasserdichten und feuerfesteren Stoffe, Wien-Pest-Leipzig 1896; Mierzinski, Herstellung wasserdichter Stoffe und Gewebe, Berlin 1897; Ganswindt, Die Technologie der Appretur, Wien u. Leipzig 1907; Polley, Appreturmittel, 3. Aufl., Wien u. Leipzig 1909, S. 265; Österreichs Wollen- u. Leinenindustrie, 1909, S. 22, S. 90. — [2] D.R.P. Nr. 110140. E. Müller.

**Wasserdruck**, f. Hydrostatik.

**Wasserdurchlässigkeit**, f. Bodenphysik, Durchlässigkeit der Gesteine, Mörtelprüfung, Tonwaren.

**Wasserfänger**, f. Wasserabscheider.

**Wasserfassung**, im allgemeinen jede Anlage zur Gewinnung von Wasser, speziell jene Bauten, welche der Wasserversorgung (f. d.) dienen.

Es werden für letzteren Zweck Regenwasser (f. Zisternen), Flusswasser, Seewasser (f. Stauanlagen) Quellen und Grundwasser benutzt. Von der größten Bedeutung ist, dafür zu sorgen, daß die Wasserfassung den richtigen Haushalt mit dem Wasser gestatte, d. h. die Vorräte zu keiner Zeit erschöpfe, und daß die Qualität dem Zweck entspreche. Der äußere



Fig. 1. Wasserentnahme aus der Seine bei Ivry. A Schutzbauten gegen Gefährdung durch Schiffahrt. B Saugrohr zum Pumpenschacht.

Fig. 3. Einfache Quellenfassung. A Sandsperrre. B Brunnentubus. E Einlaufschlitze. S Einlauffeilser in die Druckleitung. U Überlauf. L Leerlaufventile.

Fig. 2.

Charakter des Bezugsortes entscheidet in letzterer Hinsicht nicht, sondern nur eine alle Verhältnisse richtig würdigende hygienische Begutachtung.

Die Fassung von Flusswasser soll stets aus der stärkeren Strömung erfolgen und an Stellen, oberhalb welcher möglichst wenig Schmutzwasser in den Fluß gelangt. Dabei sind Vor-

kehrungen nötig (Seiher, Stabrechen oder Gitter), um das Eindringen von Schwimmkörpern in das zur Gewinnung des Wassers zu benutzende Sammelrohr oder den Sammelkanal zu verhindern; in der Regel legt man auch die Einlaufrichtung an den letzteren entgegengesetzt der Stromrichtung im Flusse (vgl. Fig. 1).

**Seewasser**, d. h. Wasser aus Binnenseen, wird in der Regel aus größeren Tiefen entnommen (20–30 m unter Spiegel) und die Saugstelle etwa 3–5 m über dem Grund des Sees gelegt; im übrigen ist das Verfahren der Entnahme bei mäßigen Wassertiefen ähnlich jenem bei Talsperren (f. Stauanlagen, [1]). Bei Entnahme aus größeren Tiefen von Binnenseen empfiehlt sich die in [2], S. 513 dargestellte Anordnung, wie sie bei den Bodenseewasserentnahmen für St. Gallen und Konstanz eingehalten wurde.

Die Fassung von Quellen aus ebenen Lagen (Sprudel) erfolgt in einfachster Weise entsprechend Fig. 2. Man umgibt den Teich, in welchem die Sprudel auftreten, mit einer wasserdichten Wand (Lehmwand, gegen Pfähle angelegt, Beton u. f. w.), füllt sodann den Raum über den Sprudeln mit großen Steinen aus und leitet das Wasser mit einem Rohre ab. Die Steinfüllung muß gegen Tagwasser durch eine Lehm- oder Betondecke verwahrt werden; ein oben gut verschlossenes Aufsteigrohr ermöglicht die Belüftung und Entlüftung der Steinfüllung. Hat der Teich, in welchem die Sprudel auftreten, eine größere Ausdehnung, so werden Kuppeln oder Hallen über demselben errichtet; Beispiele in [1], S. 384.

Quellen an Gebirgshängen werden in der Regel durch sogenannte Brunnenflüben (Quellenflüben, Sammelflügen) im Sinne von Fig. 3 gefasst. Die Länge  $a$  des meist 1,5 m breiten Behälters für das Wasser richtet sich danach, ob die Brunnenflübe zu einem Sandfang auszubilden ist oder nicht; ist das erstere der Fall, so müssen 3–4 m bei kleinen und entsprechend mehr bei großen Verhältnissen gewählt werden. Besteht die Gefahr, daß durch das Ausspülten von Sand aus den Gebirgsklüften die Wirtschaft der Quelle gefährdet wird, so ist vor den in der Regel 0,08–0,10 m breiten Schlitten  $E$  eine Sandperrre  $A$  anzulegen, die bei korrekter Schichtung nach Korngrößen (f. Filter, Bd. 4, S. 28) das Einspülmen des Sandes in die Brunnenflübe  $B$  verhindert. Größere Anlagen mit anschließenden Sammeltöpfen und das sogenannte Wasserhaus des Kaiserbrunnens bei Wien f. [1], S. 399 ff.

Die Fassung von Grundwasser erfolgt durch nahezu horizontale Sammelkanäle (in einfacher Form Sickergräben, S. 99, Stollen, S. 324, Filtergalenien, Filterröhren), wenn



Fig. 5.

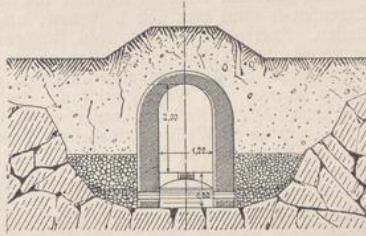


Fig. 4.

die Tiefe bis zur undurchlässigen Schicht der Grundwassertröme eine relativ kleine ist, oder durch vertikale Anlagen (f. Brunnen, Bd. 2, S. 363) bei großen Tiefen der undurchlässigen Schicht unter Grundwasserspiegel. Die Sammelkanäle wirken dann, wenn sie in ihrer ganzen Ausdehnung einen freien, luftberührten Spiegel zeigen, wie in den Fig. 4–9, in ganz gleicher Weise wie ein offener, in den Grundwasserträger eingeschnittener Graben, und verweisen wir in dieser Hinsicht auf Bd. 4, S. 661 ff. und auf Drainage. Man schützt sie gegen Verfaulung durch Kiesumhüllungen, die nach Art einer Sandperrre (f. oben) angeordnet werden müssen; in der Regel endigen sie in brunnenartigen Sammelbehältern oder in gewöhnlichen Brunnenflüben. Fig. 4 zeigt eine Sammegalerie der Vanne-Wasserleitung für Paris; im Innern

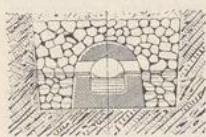


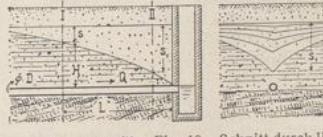
Fig. 6.



Fig. 7.



Fig. 8.



Längenprofil. Fig. 10. Schnitt durch II.

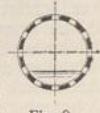


Fig. 9.

derselben besteht ein Gehweg in Beton, der sich auf Querbögen stützt. Derselbe erschwert die Reinigung; besser ist die Anordnung Fig. 5, bei welcher in der Galerie eine bei der Reinigung wegnehmbare Diele, auf Querschienen gestützt, die Begehung ermöglicht. Die nicht begehbarer Fassungen durch Sammelröhren aus Beton sind in Fig. 6–8 dargestellt; bei Fig. 6 und 7 tritt das Wasser durch Seitenschlitze, bei Fig. 8 durch die Haube ein, welche aus Kieselsteinen besteht, die in einen dünnflüssigen Zementbret eingetaucht waren und deshalb Zwischenräume frei lassen, durch welche das Wasser infiltrieren kann. Kiesumhüllungen sind sowohl bei diesen als bei den in Fig. 9 dargestellten gußeisernen Sammelröhren (die in gleicher Weise auch aus Ton hergestellt werden) unentbehrlich. Laufen die Sammelröhren unter Druck, d. h. ist (vgl. Bd. 5, S. 153)

$Q = \sqrt{H D^5 \cdot \lambda L}$  (f. Fig. 10), so gelten die in Bd. 4, S. 661 ff. entwickelten Beziehungen, die sich auf das Vorhandensein eines annähernd horizontalen luftberührten Spiegels stützen, nicht mehr. Die Reibungsverluste in dem Rohre erfordern dann z. B. für die Länge  $L$  eine Druckhöhe  $H$ ,

so daß der Grundwasserpiegel sich infolge Ansaugens der Leitung an der Stelle I nur um  $s_1$  senken kann. Es findet also kein gleichmäßiger, sondern ein gegen das Ende der Leitung abnehmender Wasserzufluß statt, und das Ergebnis der Sammelanlage ist nicht mehr einfach proportional der Länge. Es ist sehr wesentlich, diesen Umstand zu beachten, da in solchen Fällen die von einer Verlängerung der Röhren erwarteten Vorteile verschwindend klein werden (vgl. a. Drainage).

Literatur: [1] Lueger, Wafferversorgung, Abt. 1, Darmstadt 1895. — [2] Derf., Abt. 2, Leipzig 1908.

**Wasserfassungsvermögen** (Wafferkapazität), s. Bodenphysik.  
**Waffergas**, f. Kraftgas, Leuchtgas.

**Wafferglas**, glasartige, durch Schmelzung von Kieselerde mit Kali (Kaliwafferglas), Natron (Natronwafferglas), mit Kali und Natron (Doppelwafferglas oder Kalinatronwafferglas) erhaltenes, im Wasser lösliche Verbindung, auch Silikat, flüssiges Silikat, Kalifilikat, Natronfilikat, lösliche Kieselfäure, Kieselerdelösung, Kieselfäurelösung, versteinernde Kieselfäurelösung, bei den Alten Oleum silicum, Liquor silicii, Liquor silicum, Kieselfeuchtigkeit genannt. Es läßt sich mit Wasser in allen Verhältnissen mischen und muß vollkommen klare und durchsichtige Lösungen bilden.

Im Handel gibt man gewöhnlich an, wieviel festes Wafferglas in 100 Teilen Lösung sich befindet und unterscheidet so 33 prozentiges und 66 prozentiges. Streicht man die Wasser-Lösung auf einen Gegenstand auf, der sie aufsaugen kann, so erhält man eine glänzende, glasähnliche, spröde Schicht; verdünnt man Wafferglas mit gewöhnlichem Wasser, so wirken die Kalk- und Magnesiasalze derselben zerstreuend ein und verursachen Trübung und Niederschlag, weshalb man zum Verdünnen nur destilliertes oder abgekochtes Wasser verwenden soll. Die Kohlensäure der Luft, welche von dem Wafferglas angezogen wird, zerstetzt daselbe unter Bildung von kohlensaurer Alkali und gallertartiger Kieselfäure. Auch die trockene, glasartige Schicht, die nach dem Eintrocknen hinterbleibt, zerstetzt sich an der Luft, blättert und fällt endlich ganz ab. Alkohol scheidet aus der Wafferglasauflösung das kieselfaure Alkali ab; dieser Eigenschaft kann man sich bedienen, um reines Wafferglas aus einer unreinen Lösung herzustellen. Säuren zersetzen sowohl flüssiges als auch festes Wafferglas und wirken auf letzteres in verdünntem Zustande schneller als in konzentriertem, wobei die Kieselfäure in Pulverform abscheiden. Salze mit alkalischen Basen erzeugen kleisterartige Niederschläge. Die alkalischen Erden machen aus Wafferglaslösung etwas Alkali frei und vereinigen sich mit der Kieselerde und dem übrigen Kali zu dreifachen in Wasser unlöslichen Verbindungen. Tonerde verbindet sich damit zu in Wasser unlöslichem Produkte, und eine ähnliche Verbindung entsteht, wenn man Auflösungen von Ton- und Kieselkali zusammenbringt. In den Lösungen faßt aller Metallsalze bringt die Wafferglaslösung sehr voluminöse Niederschläge hervor, teils als kieselfaure Metalloxyde, teils Verbindungen von basischen Metallsalzen mit kieselfaurem Kalk mit geringerem Kaligehalt als im Wafferglas. Kupfersalze geben einen blauen Niederschlag, der bald mehr, bald weniger grün in der Hitze die Farbe behält. Poröse lockere Gesteinsmassen, z. B. gebrannte Tone, Ziegel, Töpferwaren, ebenso Sandsteine, faugen das Wafferglas begierig auf und erhalten größere Dichtigkeit und Härte. Quarzpulveradhärt mit Wafferglas für sich nicht, wohl aber, wenn man es mit wenig an der Luft zerfallenem Kalk vermischt. Zinkoxyd und Bittererde zersetzen Wafferglas, indem sich die Kieselerde mit einem Anteil Kali und der Magnesia bzw. dem Zinkoxyd verbindet und bei Gegenwart von Kohlensäure zugleich kohlenfaures Kali entsteht; hierbei bildet sich eine stark bindende, in Wasser unlösliche Substanz. Gips mit Wafferglas zusammengerieben gerät sogleich ins Stocken, und beim Austrocknen treten an der Oberfläche Ausblühungen von schwefelsaurer Kali (und Natron) auf; es tritt eine Zersetzung ohne Erhärtung ein. Barytweiß, schwefelsaurer Baryt, mit Wafferglas auf Glas aufgetragen, erteilt diesem eine schöne milchweiße Farbe, mit heißem Wasser nicht abwaschbar und bei höherer Temperatur sich in weißes Email verwandelnd. Mit farbigen Metalloxyden, die Wafferglas nicht zersetzen, lassen sich verschiedene Anstriche und Kitte erzeugen; die letzteren entstehen auch mit solchen Farben, welche mit der Kieselfäure des Wafferglases sich unlöslich verbinden. In diesem Falle ist Wafferglas im Überschusse hinzuzutun, damit die farbige Verbindung durch letzteres festgehalten wird. — Die Darstellung erfolgt nach drei Methoden: 1. jene, bei welcher die Mischung der Rohmaterialien, der Glasplatz, geschmolzen und die erkaltete Schmelze in kochendem Wasser gelöst wird. Man bezeichnet sie als Schmelzmethode (Fuchs, Buchner, Schürr). 2. Diejenige, bei welcher Kieselerde in Pulverform unter einem Druck von 7 bis 8 Atmosphären in starker Kali- oder Natronlauge gelöst wird; nasse Methode (Kuhlmann, Liebig, Sauerwein). 3. Diejenige, bei welcher Chloralkalium (Chlornatrium, Chlorkalium) verflüchtigt und mit überhitzen Wafferdampf vermischt durch glühende Kieselerde in kieselfaure Alkalien und Chlorwafferstoff zerstetzt werden. — Diese Methode nennt man Verdampfungsmethode (Goffage; Ungerer). — Hardings stellt Wafferglas als Nebenprodukt bei Gewinnung des Goldes aus Gold führenden Quarzen dar; nach Perroz kann man kieselfaures Ammoniak (Ammoniakwafferglas) darstellen, wenn man ein Gemenge von Kieselgallerte in Ammoniak in einem verschlossenen Gefäß erhitzt. Die Versuche, aus Hochofen Schlacke Wafferglas herzustellen, haben zu keinem praktischen Resultate geführt. Scheurer-Kestner versuchte, aus Quarz Wafferglas herzustellen, doch konnte kein genügend mit Kieselfäure gefärbtes Produkt erzielt werden. Um nach einer oder der andern genannten Methode ein gutes Produkt zu erzielen, muß man reine, namentlich eisenfreie Rohmaterialien anwenden. Als

Rohmaterialien dienen ätzende oder Chloralkalien und Kieseladerverbindungen. **Schwefelnatriumwafferglas**, eine Verbindung von Schwefelnatrium mit Wafferglas, findet in der Papierfabrikation, **Kafeinwafferglas** (frischer Käfe in Wafferglas gelöst) zu Anstrichen Anwendung. **Aetherfilikat** ist ein durch Aether gereinigtes Wafferglas in teiter Form, Fixierungswafferglas ein Doppelwafferglas, in der Stereochromie angewendet, flammenfischesches Wafferglas ist ein gewöhnliches dünnflüssiges Wafferglas; neutrales Silikat ist ein Wafferglas, in welchem noch eine gewisse Menge Infusorierende gelöst wurde. Kalknatronfilikat entsteht beim Behandeln von Wafferglassteinen (aus Sand, Portlandzement und Wafferglas) mit Chlorkalium.

Das Wafferglas findet ausgedehnte Anwendung zu Anstrichen, in der Appretur, als Bindemittel für künstliche Steine, zu Kitten, zum Bleichen, in der Druckindustrie, zum Konservern von Eiern, in der Seifenfabrikation teils als Füllmaterial, teils zu besonderen Seifenforten (Natronwafferglasseife, Schmierseife), zu Wachzwecken (Wafferglaskomposition), als Glasur und Email (kaltes Email), in der Papierfabrikation zum Leimen des Papiers (Harzleimwafferglas), zum Imprägnieren von Mauerwerk, Steinen und Holz, in der Färberei, als Kesselfsteinlösungsmitte, für Meerchaumimitation, zum Reinigen von Rübensaft u. f. w.

Literatur: Bernhard, Das Wafferglas, seine Darstellung und Anwendung, Frankfurt a. M. 1893; Krätzer, Wafferglas und Infusorierende, 2. Aufl., Wien 1907. *Andés.*

**Wafferglasfarben**, aus Wafferglas (Natronwafferglas) und einem Farbkörper kurz vor der Anwendung zusammengemischte Anstrichfarben.

Sie sind zum Unterschiede von Oelfarben matt aufrocknend, für Holz, Stein, Mauerwerk und Eisen bestimmt, mit wechselnden Erfolgen verwendet, um Oelfarbenanstriche zu verdrängen. Die Hauptursachen, warum letzteres bisher nicht möglich gewesen ist, sind die Unhaltbarkeit der geriebenen Farben und die an der Luft sich bildenden Auswitterungen, welche durch weiße Flecken den Anstrich unschön werden lassen. Die Wafferglaslösung ist meistens 33 prozentig, wird aber noch vor dem Auftragen mit der gleichen und selbst der doppelten Menge Waffer verdünnt. Vorteile der Wafferglasanstriche sind: 1. sie sind weit billiger herzustellen als Anstriche mit Oel- und Firnisfarben; 2. das Anstreichen geht viel schneller vor sich; 3. sie sind vollkommen geruchlos (Firnis- und Oelfarbengeruch ist anhaltend und lästig); 4. die Wafferglasanstriche dunkeln nicht nach wie Oel- und Firnisfarbenanstriche; 5. sie sichern Holzwerk u. f. w. gegen Feuer und 6. gegen Schwamm, Wurm, Fäulnis, daher bei Neubauten Anstriche des Bauholzes mit Wafferglas allein oder mit irgendeiner Farbe abgerieben empfehlenswert. — Nachteile sind: 1. beschränkte Auswahl der Farben, da viele Erden- und Metallverbindungen teils augenblicklich unlösliche Verbindungen mit der Kieselsäure eingehen, teils in den Nuancen verändert werden; 2. geringe Haltbarkeit der angeriebenen Wafferglasfarben; 3. leichte Zersetzung des Wafferglaes durch die atmosphärische Luft allein und durch schwache Säuren; 4. häufiges Verwittern der damit hergestellten Anstriche, Abblättern der Farbenlage; Uebelstände, gegen welche auch die besten bis jetzt bekannten Wafferglasfarben nicht erfolgreich kämpften. Wenn der erste Anstrich mit verdünnter Wafferglasfarbe nach 12 Stunden trocken ist, lässt man einen zweiten Anstrich folgen, eventuell einen dritten; der Glanz ist immer matt. Einige Zeit, nachdem der Anstrich gemacht wurde, bemerkt man einen leichten, weißlichen Anflug, von verwittertem kohlenfauerm Natron herrührend; derselbe wird zunächst durch Abwischen mit einem nassen Schwamm entfernt, dann aber mit einem in Leinöl getauchten wollenen Lappen überwischt. Der weiße Anflug erscheint dann nicht mehr. Alle farbigen Anstriche halten im Wetter besser als der Wafferglasanstrich allein, weil jede Erde, jedes Metalloxyd mit der Kieselsäure des Wafferglaes eine in Waffer unlösliche Verbindung eingeht, welche durch überschüssiges Wafferglas auf der Fläche festgehalten wird. Dabei treten aber Schwierigkeiten bei der Ausführung der Anstriche ein, weil die zersetzende Wirkung des Wafferglaes so rasch eintritt, daß die Farbe schon kurz nach Beginn der Arbeit zu erstarren beginnt. — Von den am häufigsten verwendeten Farben gerinnen in Verbindung mit Wafferglas 1. fehrt bald: Bleiweiß, Zinkweiß, in geringerem Maße Permanentweiß und Kreide; 2. weniger bald: Bleifarben verschiedenster Art, so namentlich Chromrot, Chromgelb, Mennige; 3. fehrt langsam: Chromoxyd, chromsaurer Baryt, Cadmiumoxyd, Smalte, alle Eisenfarben, Ultramarin, Knochenfwarz, Kienruß. — Um jene Farben, welche in Verbindung mit Wafferglas dieses Schnell gerinnen machen, doch anwenden zu können, ist man genötigt, Mehlkleister, Leim, Stärkekleister, Milch, frischen Käfe u. a. anzuwenden, mit denen man die Farben anreibt und dann mit dem Wafferglas vermischt, bis sie streichfertig sind und doch noch gut trocknen. Auch streicht man auf eine Grundierung mit Wafferglas die mit dem Bindemittel angemachte Farbe und fixiert nach dem Trocknen mit Wafferglas.

Literatur: S. unter Wafferglas und Andés, Praktisches Handbuch für Anstricher und Lackierer, 3. Aufl., Wien 1905; Andés, Trocknende Oele, Braunschweig 1882; Creuzburg, Lackerkunst, 11. Aufl., Leipzig 1903. *Andés.*

**Wafferglaskitt** wird aus Wafferglaslösung von 33° Bé mit feinem Schlemmkreidepulver zu einer dicken plastischen Masse angerührt.

Die Masse bildet ein vorzügliches Mittel zum Kitten zerbrochener Porzellan- und Glasgegenstände wie auch zum Ausfüllen von Löchern in Stein, Holz u. f. w. Wafferglas allein mit Schlemmkreide gemischt liefert einen weißen Kitt von großer Festigkeit; röhrt man Schwefelantimon und Eisenfeilspäne zu gleichen Teilen hinzu, so entsteht ein tiefschwarzer, mit Zinkflaub und Eisenfeilspänen ein grauer Kitt. *Andés.*

**Wafferglasmalerei**, f. **Stereochromie**.

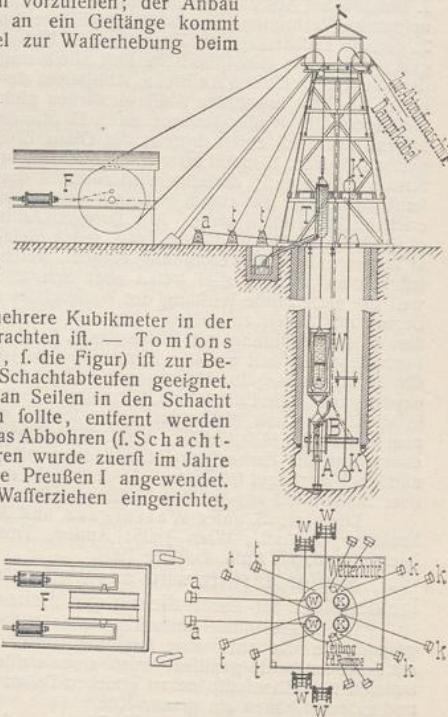
**Wafferhaltung**, im Bergbau jene Vorkehrungen, durch welche die Grubenbaue frei von Wasser erhalten werden; vgl. Wafferlösung, Wafferhebung.

**Wafferharz**, f. Fichtenharz.

**Wasserhaushalt**, f. Wasserwirtschaft.

**Wasserhebung**, f. v. w. Förderung des Wassers von einem bestimmten Orte nach einem höher gelegenen. Sie erfolgt mit Schöpfgefäßen von Hand oder durch Maschinen, die mit tierischen Kräften, Wasserkraft, Dampfkraft, Gasdruck, Elektrizität, Winddruck u. s. w. betrieben werden (vgl. Pumpen, Dampfmaschinen, Verbrennungsmotoren, Wassermotoren, Windmotoren), und dient u. a. vorzugsweise: 1. der Befestigung des Wassers aus bergmännischen Tiefbauen; 2. der Förderung des Wassers aus städtischen Entwässerungsanlagen; 3. der Hebung des Wassers in die Scheitelpunkte der Schifffahrtskanäle; 4. der Förderung des Wasserabflusses aus kulturtechnischen Anlagen; 5. der Zuführung von Wasser in hydraulische Preßanlagen, Dampfkessel u. s. w.; 6. der Wasserförderung. Die Anlagen (in ihrer Gesamtheit Pumpstationen genannt) werden alle nach demselben Prinzip konstruiert und berechnet (v. Pumpen, Bd. 7, S. 275); doch werden sie entsprechend den besonderen Bedingungen des einzelnen Falles verschieden gestaltet.

1. **Wasserhebung im Bergbau**. Das beim Schachtabteufen zufließende Wasser wird durch Abteupumpen (Bd. 1, S. 47) oder Senkpumpen (vgl. Bd. 7, S. 286, Fig. 28) gehoben; sie können mit dem Fortschreiten des Abteufens schnell und leicht tiefer gehängt werden, auch sind sie zuweilen mit teleskopartigem Saugrohr (Degen) versehen. — Zur ständigen Wasserhebung werden Kolbenpumpen verwendet (v. Pumpen), und zwar entweder Gefäßge-maschinen oder unterirdisch aufgestellte Pumpen (vgl. Kraftübertragung im Bergbau, Bd. 5, S. 657). Daneben haben sich in den letzten Jahren immer mehr Hochdruck-zentrifugalpumpen eingebürgert. Für größere bergmännische Wasserhebungsanlagen ordnet man oft Zubringerpumpen an, die aus den der Wasseransammlung dienenden Räumen (Sümpfe, Sumpftrecken) den Schachtpumpen zuheben, oder man wählt als tiefsten Pumpensatz (Sumpfsatz) eine Saug- oder Hubpumpe, welche auch bei wechselndem Wasserstand gut arbeitet, was bei einem Drucksatze weniger der Fall ist. Durch beide Hilfsmittel wird der Gang der Schachtpumpen ein regelmäßiger. Starke Reservemaschinen für die Wasserhebung sind bei allen Bergbauen mit wechselnden Wassermengen vorzusehen; der Anbau von je zwei Pumpensätzen (Wechselsätze) an ein Gefäß kommt kaum noch vor. — Als untergeordnetes Mittel zur Wasserhebung beim Betrieb von Gegenörtern, die gewöhnlich ein schwaches Einfallen haben, ist das Wasser-schöpfen (auch Pützen genannt) mittels kleiner tiefer Schaufeln über einen Damm zu erwähnen; durch Aufhängen einer langgespannten Schaufel an einer Spreize ergibt sich die Schwing- oder Schwungshand. — Für vorübergehende Zwecke und kleine Leistungen werden häufig das Pulrometer (Bd. 7, S. 285) oder die Strahlpumpe (vgl. Strahlaparate, S. 337), besonders die Bauart Körting verwendet, während das Wasserheben (Wasserziehen, Wasserziehen) mit den Förder-einrichtungen — es können auf diese Weise mehrere Kubikmeter in der Minute gehoben werden — als Reserve zu betrachten ist. — Tomsons Wasserziehvorrichtung (D.R.P. Nr. 61999, s. die Figur) ist zur Be-wältigung sehr starker Wasserzuflüsse aus dem Schachtabteufen geeignet. Außerdem ist sie so eingerichtet, daß alle Teile an Seilen in den Schacht eingehängt sind und, falls der Schacht erlaufen sollte, entfernt werden können, so daß der ganze Schachtquerschnitt für das Abbohren (s. Schachtabteufen, Bd. 7, S. 579) frei wird. Das Verfahren wurde zuerst im Jahre 1892 beim Abteufen des Schachtes I der Zeche Preußen I angewendet. In der Figur ist die eine Schachthälfte für das Wasserziehen eingerichtet, während die andre die übrigen Anlagen aufnimmt. Die beiden in der Hauptfache zylindrischen Wasserbehälter W hängen mittels je zweier Kabel w an Seilen im Schachte; ihnen wird das Wasser aus dem Abteufen durch eine mittels der Kabel a senkbare Abteupumpe A (vgl. Bd. 1, S. 47) zugehoben. Die Wasserförderung wird durch die mit selbsttätigen Bodenventilen ver-sehenen Wassertonnen T und die Fördermaschine F bewirkt; die Tonnen sind je an zwei Seilen geführt, die von den Kabeln t gehalten werden. Die Entleerung der Tonnen über Tage mittels Bodenventiles und beweglichen Gerinnen ist ohne weiteres verständlich. Das Tomsonsche Verfahren ist bereits verwendet worden für Tiefen bis zu 450 m und für Wassertonnen von 10 cbm Inhalt; es können bis 4 cbm Wasser in einer Minute gehoben werden; man hat aber schon zwei Einrichtungen in einen Schacht eingebaut



und damit 8 cbm Waffer zu Sumpf gehalten. Das von einem Dampfkabel gehaltene Seil in der Schachtmitte trägt die Arbeitsbühne *B*, welche zur Wartung der Abteufpumpe und zum Aufenthalt der Mannschaft beim Schießen im Abteufen erforderlich ist. Die Fördereinrichtung für die Massen ist die übliche, die Führungseile für die Kübel *K* werden von dem Kabeln *k* gehalten. Auch die Wetterlatten und die Kraftleitung für die Pumpe sind an Seilen eingehängt. Näheres in den Bd. I, S. 696, genannten Lehrbüchern der Bergbaukunde.

*Treptow.*

2. Wafferhebung aus städtischen Entwässerungsanlagen erfolgt auf den sogenannten Pumpstationen der Kanalisationen für Städte und Ortschaften. Der Betrieb ist ein dauernder, wo es sich um ein unverändert hoch liegendes Niveau, und ein zeitweiser, wo es sich um veränderliche Höhen, namentlich wechselnde Wafferstände handelt, bei welchen der freie Abfluß des Kanalinhals nur vorübergehend gehindert ist (Hoch- und Flutwaffer).

3. Pumpwerke für Schiffahrtskanäle sind da nötig, wo das namentlich für die Scheitellstrecke des Kanals erforderliche Speifewaffer entweder gar nicht oder nicht in gehöriger Menge oder nur mit beträchtlich größeren Kosten unter natürlichem Gefälle zugeleitet werden könnte. Die durch das Pumpwerk zu hebende Wassermenge wird man dadurch auf das kleinste Maß zu beschränken trachten, daß man für die unteren Haltungen (f. d.) womöglich eine billigere natürliche Zuleitung in Speifegräben (f. d.) anstrebt. Steht eine entsprechende Wafferkraft am tiefer gelegenen Flusse für das Schöpfwerk zur Verfügung, so wird dies für die Anlage und den Betrieb gewöhnlich geringere Kosten verursachen als ein Dampfpumpwerk; auch ist die allfällige Benutzung der elektrischen Kraftübertragung in Vergleich zu ziehen. — In Deutschland ist bemerkenswert das Dampfpumpwerk zu Neuhaus für den Oder-Spreekanal; daselbe arbeitet nur bei kleinerem Spreewasserstande und fördert dann rund 2,3 cbm pro Sekunde auf 1,84 m Höhe [1]. Am Dortmund-Emskanal wird bei Olfen aus der Lippe bis zu 3,4 cbm pro Sekunde Waffer auf 16 m Höhe in die Scheitelhaltung gepumpt [2]. Erwähnenswert ist auch noch das Pumpwerk bei Gondrexange zur Speifung des Rhein-Marnekanals [3] und weiters die Pumpanlage an der Saône für den Kanal von Burgund, wo das Waffer durch elektrische Kraftübertragung in sehr ökonomischer Weise aus der Saône in die zunächst gelegene Kanalhaltung gepumpt, von dieser in die zweite und dann in die dritte Haltung weiter überpumpt wird [4]. Eine konzentrierte Wafferentnahme soll aus der Wefer im Ausmaße von etwa 8 cbm für den geplanten Mittellandkanal erfolgen.

Literatur: [1] Schultz, Wafferverbrauch, Speifung und Dichtungsarbeiten am Oder-Spreekanal, Bericht für den Binnenschiffahrtskongreß, Haag 1894. — [2] Zeitfchr. f. Bauwesen, Sonderabdruck 1901 und 1902, Der Bau des Dortmund-Emskanales. — [3] Zeitfchr. des Ver. deutsh. Ing. 1901 und Zeitfchr. des Arch.- u. Ingen.-Vereins zu Hannover 1886, S. 343, Taf. 23. — [4] Bubendey, Künftliche Hebung des Speifewaffers eines Kanals, Zeitfchr. f. Binnenschiffahrt 1898. — [5] Turbinenpumpwerk am Aisne-Marnekanal, Deutsche Bauztg. 1874, S. 2.

*Pachnik.*

4. Die Wafferförderung aus kulturtechnischen Anlagen, f. Schöpfwerke.

5. Bei Zuführung von Waffer zu hydraulischen Preffeln, Dampfkesseln, Feuerpritzen u. f. w. arbeiten die Pumpen gegen den inneren Druck in diesen Objekten; letzterer, durch Sicherheitsventile gegen die Ueberchreitung eines bestimmten Maßes geschützt, ergibt die Förderhöhe. In der Regel werden nur Kolbenpumpen, ausnahmsweise Injektoren verwendet; vgl. Dampfkesselfeuerpritsen, Feuerpritzte (Bd. 3, S. 771), Preffeln, Pumpen und die dort angegebene Literatur.

6. Pumpstationen für Wafferversorgung müssen mit Wafferhebewerken versehen sein, welche sich den Verbrauchschwankungen im Verforschungsobjekte anpassen. Wird das Hebewerk nur am Tage betrieben, so ist unter sonst gleichen Umständen die Pumpenarbeit erheblich größer als bei Tag- und Nachtbetrieb; auch ist zu berücksichtigen, daß die Arbeitsleistung innerhalb der verschiedenen Perioden eines Jahres wechselt. Diesem Wechsel kann sowohl innerhalb der täglichen Betriebszeit als auch durch Herstellung einer der Maximalleistung durch Steigerung der täglichen Betriebszeit entsprochen werden. Näheres hierüber in [1], S. 674. Allgemein sollte an einem möglichst einfachen Betriebe mit unmittelbarer Kraftübertragung (vgl. [1], S. 656—685) festgehalten werden, wobei neuerdings Hochdruckzentrifugalpumpen (f. Pumpen) mit Dynamo- oder Dampfturbinantrieb, besonders für große Anlagen, in erster Reihe stehen. Als wichtigstes Moment bei Grundwafferversorgungen muß beachtet werden, daß im Laufe der Zeit der Grundwafferspiegel im allgemeinen sinkt, daß also die Pumpen möglichst tief zu setzen sind, um noch korrekt arbeiten zu können; Saughöhen von mehr als 6—7 m sollten vermieden werden. Die Gebäude der Pumpstationen sind möglichst feuersicher herzustellen, da Betriebsunterbrechungen unberechenbar nachteilige Folgen haben.

Literatur: [1] Lueger, O., Wafferversorgung, Darmstadt 1895, mit zahlreichen weiteren Literaturangaben.

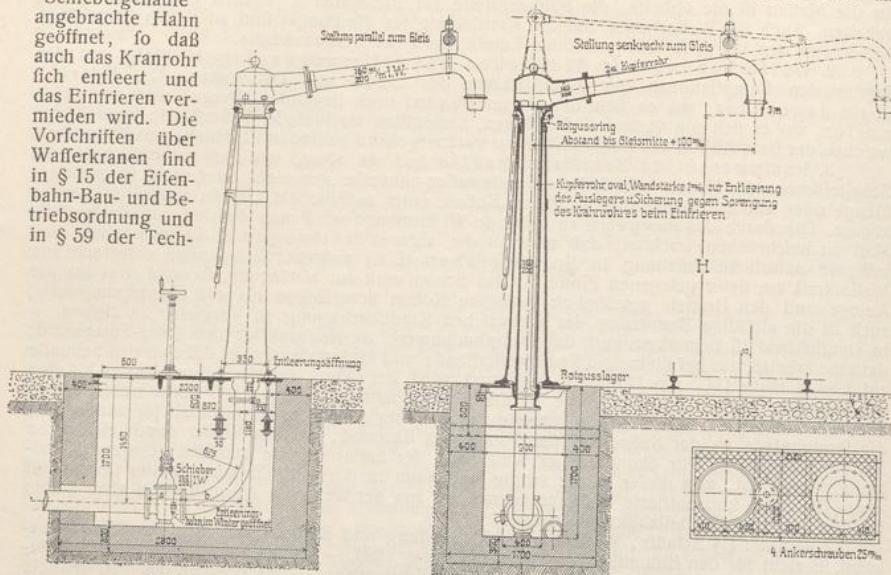
#### Wafferjoch, f. Wafferlösung.

#### Wafferkies, f. v. w. Markafit (f. d.).

Wafferkissen (Wafferpolster), ein durch Vertiefung, allenfalls auch Erweiterung der Sohle gebildeter Waffertümpel unter dem Wafferabsturze eines Wehres (f. Stauanlagen, S. 266, Fig. 30).

Wafferkrane, Vorrichtungen zum Abgeben von Waffer an die Lokomotiven auf Wafferstationen (f. d.), meist freistehend zwischen Gleisen aufgestellt, aber auch als Wandkrane am Wafferstationengebäude angebracht.

Die Figur zeigt einen freistehenden Wafferkrane der württembergischen Staatsbahnen. Das mit dem Auslegerlich drehende Kranrohr steht in der festen Kranfülle und wird in dieser durch Lager und Ring aus Rotguß geführt. Der Ausleger wird in der Ruhelage, parallel



Anficht. Sennitt.  
Wafferkran der Württemb. Staatsbahnen für 160 und 200 mm l. W. (Maßstab 1:75.)  
Bei Absperrschiebern von 200 mm l. W.  $a = 400$ ,  $b = 670$ . Für 160 mm  $H = 3,00$  m. Bei mehr als 3,5 m Gleisabstand  
" " "  $a = 350$ ,  $b = 695$ , " 200, "  $H = 3,20$  " wird der Ausleger aufgehängt.

nischen Vereinbarungen enthalten. Die Aufstellung der Krane erfolgt so, daß die Lokomotiven durchgehender Personen- und Schnellzüge, ohne abgehängt werden zu müssen, Waffer fassen können, die der Güterzüge sollen Krane leicht erreichen können. Neben den Wafferkranken wird im Gleis meist noch eine Reinigungs-(Untersuchungs-)Grube (f. d.) eingebaut, so daß die Lokomotiven während des Einnehmens von Waffer unterfucht, geschmiert und ihr Feuer gereinigt werden kann. Vielfach wird in Nebengleisen neben dem Wafferkran noch die Kohlenladebühne errichtet, so daß das Einnehmen des Kohlenwagens leicht

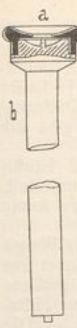
Literatur: Röll, Enzyklopädie des gesamten Eisenbahnbewesens, Wien 1895, Bd. 7, Wasserstationen; Eisenbahntechnik der Gegenwart, Bd. 2, 3. Abschn. Bahnhofsanlagen, Wien 1890.

**Wasserkünste**, im Bergbau alle Anlagen zur Wafferhebung (f. d.); im gewöhnlichen Sinne die oft sehr umfangreichen, aus Kaskaden, Springbrunnen, Vexierbrunnen u. s. w. bestehenden Anlagen in Gärten (f. Zierbrunnen).  
H. Kübler.

**Wasserleiste**, 1. Sims Brett mit eingearbeiteter Wafferrinne zur Aufnahme und Ableitung des Schwitzwassers; 2. f. v. w. Schlagleiste; 3. f. v. w. Wetter-schenkel, f. Fensterrahmen, Bd. 3, S. 696, und Türen. **Weinbreuner.**

**Wafferleitung**, das Gerinne für das zu bestimmten Zwecken, vorzugsweise zur Städteversorgung beizuführende Waffer.

größere Freihöhe nicht (Graben bzw. offene Kanäle f. Querprofil der Flüsse und Kanäle, gemauerte Kanäle f. Kanalisation der Städte, nicht ganz vollauflaufende Röhren) oder eine ganz vollauflaufende geschlossene Rohrleitung mit größerer innerer Pressung (f. Druckleitung, Rohre, Rohrleitungen, Rohrnetz, Rohrverbindungen). Berechnung der Druckverluste, Dimensionen u. l. w. ist in den genannten Artikeln nachzuführen. Bei sehr großen Wassermengen und einer Bodengefaltung, welche keine größeren Aquädukte (l. d.) bedingt, sind offene Leitungen vorzuziehen, besonders, wenn sie ein vor der Verwendung noch zu reinigendes Rohrwasser beiführen. Führen sie reines Wasser, so ist letzteres durch Überdeckung der Leitung mit Platten oder Gewölben gegen Verunreinigungen und schädliche Temperaturschwankungen (Gefrieren, Warmwerden) zu verwahren; in diesem Falle werden die Gerinne manchmal auch in begehbarer Galerien (Stollen) gelegt. Näheres in [1] § 46–48. — Für Trinkwasser und überhaupt für kleinere Wassermengen stehen fast ausnahmslos Rohrleitungen in Verwendung. Der Transportpreis pro Kubikinhalt Wasser ist bei gleichem Gefälle um so geringer, je größer die Wassermenge ist und umgekehrt. Für ein bestimmtes Wasserquantum ist unter sonst gleichen Umständen eine einzige Leitung stets erheblich billiger als zwei oder



mehrere. Zum Schutz gegen Frost erhalten die Rohrleitungen im gemäßigten Klima eine Erdüberdeckung von 1,2—1,4 m; bei Gartenleitungen oder ähnlichen Anlagen, die nur in der wärmeren Jahreszeit benutzt werden, beträgt die Ueberdeckung selten mehr als 0,8 m. In Gebirgsgegenden ist häufig das Gefälle der Einzelleitungen, welche z. B. verschiedene Quellen zusammenführen, so groß, daß man zur Vermeidung zu tiefer Grabungen oder unzulässiger Geschwindigkeiten in den Röhren Abflurzschächte etwa im Sinne der Fig. 1 anordnet. Bei Gefällsänderungen offener Leitungen find an den Brechpunkten Uebergangsschächte, ähnlich wie Einstiegeschächte (f. d.) angeordnet, erforderlich. Stoßen mehrere geschlossene Leitungen zusammen, die von verschiedenen hoch gelegenen Behältern gespeist werden, so find die Dimensionen der einzelnen Leitungen so zu wählen, daß die entstehenden Kosten ein Minimum werden (vgl. [1], § 46). Von Bedeutung ist die Dichtigkeit der Wasserleitungen, besonders der in die Wohnhäuser führenden (Hauswasserleitungen).

Fig. 2. Man überzeugt sich von derselben bei ausgeführten Anlagen mittels des sogenannten Hydrophones (Wasserphones), das in Fig. 2 dargestellt ist. Ein Stahlstab *b* wird an der Stelle *c* mit der Leitung (bezw. einem Schieber u. f. w.) in Berührung gebracht; bei *a* befindet sich eine Membrane, die erönt, wenn der Stab vibriert, was anderseits Wasserbewegung im Rohr anzeigen, die bei geschlossenen Schiebern nicht stattfinden könnte, wenn die Rohrleitungen dicht wären. Näheres in [2]. Neuerdings werden in vielen Wohnhäusern für Wasserentnahme in allen Stockwerken auch Warmwasserleitungen hergestellt; sie erhalten in diesem Falle, ähnlich wie bei den Warmwasserheizungen, am obersten Ende ein Ausdehnungsgefäß (f. Bd. 5, S. 26) und meistens auch einen sogenannten Zirkulationsständer, der als Warmwasserbehälter dient; vgl. a. Herdchlaue und [3].

Literatur: [1] Lueger, Wasserversorgung der Städte, Darmstadt 1895. — [2] Portefeuille économique des machines, S. 3, Bd. 9, 1884, S. 166. — [3] Handbuch der Architektur, Teil 3, Bd. 4, 2. Aufl., 1892.

**Wasserlösung** umfaßt im Bergbau alle Vorkehrungen, welche den Zweck haben, das Wasser von den Grubenbauen fernzuhalten und aus denselben abzuleiten. Für den letzteren Zweck dienen hauptsächlich die Stollen (S. 324).

Ueber Tage lassen sich mancherlei Vorkehrungen treffen, um das Wasser am Eindringen in die Tiefe (am Verfallen) zu hindern: natürliche Wasserläufe können in Gerinnen fortgeleitet werden; solche von größeren Abmessungen heißen Flüter oder Spundstücke. Stehende Gewässer können entleert, sumpfige Gegenden unter Umständen durch Drainage abgetrocknet werden. Die Stollmundlöcher und Hängebänke der Schächte (Bd. 7, S. 577) sind so hoch zu legen, daß eine Überflutung ausgeschlossen ist; Tagebaue sind, falls nötig, durch Aufschütten von Dämmen gegen Ueberschwemmungsgefahr zu sichern. — Gegen das Eindringen des Wassers in die Grubenbaue kann man sich in vielen Fällen, z. B. beim Durchteufen (f. Schachtabteufen, Bd. 7, S. 578) wasserreicher Schichten durch wasserdichten Grubenausbau (Bd. 4, S. 636) schützen (auch durch Zementieren); die Zugänglichkeit der Grubenbaue wird hierdurch nicht beeinträchtigt; Dämme, auch Verdämmlungen genannt (vgl. Bd. 2, S. 534), sind dazu bestimmt, etwa eindringendes Wasser in einem Teile der Grubenbaue zurückzuhalten; sie können mit Dammtüren versehen werden, die zunächst den Verkehr gestatten und erst beim Andringen des Wassers geschlossen werden. — Besonders wichtig ist es, etwa in die Grubenbaue eindringendes Wasser auf derselben Sohle den im Schachte eingebauten Pumpen (f. a. Wasserhebung) zuzuleiten und nicht tiefer verfallen zu lassen. Es muß zu diesem Ende die Sohle der wasserführenden Strecken wasserdicht (wassertragbar) hergestellt werden durch Abdichten mittels Zement oder Verlegen von Gerinnen. In Bauen mit unregelmäßiger Sohle kann die U-förmige Röhre dazu dienen, um das Wasser unter einem Hindernisse fortzuleiten, während der Heber benutzt werden kann, um das Wasser über eine Erhebung von etwa 9 m Höhe fortzuführen. — In Schächten kann das Tropfwasser (Taufwasser) wenigstens in den Fahr- und Kunstrümmern durch Tropfdächer (Taufdach, Traufbühne, am Oberharz Abdächerung) abgefangen, an die Stöße geleitet und durch Wafferröcher (Schachtjöcher mit Wafferrinnen, f. a. Grubenzimmerung, Bd. 4, S. 651) oder sogenannte Gequelle, d. h. in die festen Schachtstöße gehauene kleine Gerinne, den nächsten Pumpensätzen zugeführt werden. Über die Entwässerung hangender und liegender wasserführender Schichten vgl. Niß, Hermann, Die Bekämpfung der Wasserlangegefahr beim Braunkohlenbergbau, Freiberg (Sachsen) 1907.

Treptow.

**Wassermessung** (Hydrometrie), Feststellung der Größe fließender Wassermengen. Sie geschieht bei offenen Gerinnen durch Auffangen des Wassers in Meßgefäßen, durch künstliche Herstellung bekannter Abflußverhältnisse nach den Lehren der Hydraulik, durch Geschwindigkeitsmessungen in bestimmtem Querprofil; bei Rohrleitungen hingegen meist durch besondere konstruierte Wassermesser.

#### I. Wassermessung in offenen Gerinnen.

Kleine Mengen, Quellen und Quellbäche werden am genauesten gemessen durch Einleitung in geeichte Gefäße unter Beobachtung der Füllungsdauer. Fortlaufende Messungen können erzielt werden mittels eines nach Art der Regenmesser (f. d.) mit Horner'scher Wippe gebauten Apparates [1].

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

54

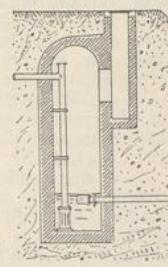


Fig. 1.

Kleinere Bäche werden des öfteren mit dem sogenannten Wafferzoll gemessen, für welches Maß jedoch keine einheitliche Definition besteht. So ist beispielsweise ein preußischer Wafferzoll die aus einer in dünner lotrechter Wandung angebrachten Kreisöffnung von 1 preußischen Zoll (= 26,15 mm) Durchmesser ausfließende Wassermenge (nach Hagen = 11,17 l/min) unter der Voraussetzung, daß der Wafferpiegel etwa 2 mm über der Oberkante der Öffnung liegt. Die zur Erhaltung der richtigen Stauhöhe notwendige Zahl von Öffnungen gibt die Gefamtabflußmenge an. Die Messung ist mit ziemlicher Un Sicherheit behaftet.

An Mühlgerinnen, Werkskanälen, Ausläufen von Sammelteichen und Seen wird häufig die Wassermenge unter Zuhilfenahme von Druckfächtern und Ueberfallwehren bestimmt. Nähtere Angaben finden sich unter Hydraulik, Bd. 5, S. 150, Castelfisches Wehr sowie Ueberfallwehr, S. 677. Diese Messungen müssen sehr sorgfältig vorbereitet sein.

In den meisten Fällen muß die Wassermenge  $Q$  offener Gerinne auf indirektem Wege festgestellt werden, nämlich durch Bestimmung der mittleren Waffergeschwindigkeit  $V_m$  in einem gewissen Querprofil von der Fläche  $F$ , woraus sich  $Q = F \cdot V_m$  berechnet. Diese für größere Flüsse und Ströme einzige anwendbare Methode wird mit den neueren instrumentellen Hilfsmitteln mit Vorteil bis herunter zu Gerinnen mit 30 l/sec und noch weniger gebraucht. — Die Form und Größe des Querprofils ergibt sich durch Peilung (f. d.) der Wassertiefe oder durch Nivellement der Gewässerhöhe [2]. Die mittlere Profilgeschwindigkeit  $V_m$  ist meist zu errechnen aus einer größeren Anzahl von in regelmäßiger Verteilung Profilpunkten gemessenen Einzeltgeschwindigkeiten  $v$ , denn die Geschwindigkeitsverteilung in einem Querschnitt ist, wie in Bd. 5, S. 150 ff., des näheren erläutert, fast immer sehr unregelmäßig. Man pflegt das Profil in eine Anzahl lotrechter Streifen vom Inhalt  $f, f, f' \dots$  zu zerlegen und in der mittleren Vertikalen jedes dieser Streifen die Waffergeschwindigkeiten  $v_0, v_1, v_2 \dots$  (möglichst nahe der Oberfläche und dem Grund sowie in einigen dazwischen liegenden Punkten) zu messen. Hierauf zeichnet man die entsprechende Vertikalgeschwindigkeitskurve gemäß Abb. 12 in Bd. 5, S. 150, aus deren in ein Rechteck verwandelter Fläche die mittlere Geschwindigkeit  $v_m$  in der betreffenden Lotrechten entnommen werden kann. Die mittlere Profilgeschwindigkeit ist dann  $V_m = \Sigma f v_m : \Sigma f$ . Zur Abkürzung der Messungsdauer verlegt man zuweilen die Mittelbildung in den Messungsvor gang selbst durch Anwendung eines sogenannten Integrationsverfahrens längs einer Vertikalen [3] oder längs einer Horizontalen [4], [5]. — Sind Messungen innerhalb der Profilfläche nicht angängig (z. B. bei Hochwasser wegen Gefährlichkeit oder Zeitmangel), so sucht man die Abflußmenge aus den in verschiedenen Breitenlagen gemessenen Oberflächengeschwindigkeiten  $v_0$  allein zu bestimmen, indem man voraussetzt, daß zwischen  $v_m$  und  $v_0$  in den selben Lotrechten ein konstantes Verhältnis besteht. Es hat sich gezeigt, daß eine solche Beziehung für die verschiedenen Wafferstände eines und desselben Profils mit ziemlicher Genauigkeit zutrifft, und zwar ist für Flüsse wie Rhein, Wefer, Elbe, Donau, Rhone das Verhältnis  $v_m : v_0$  meist nur wenig verschieden von dem Mittelwert 0,84. Für kleinere Gewässer hingegen und namentlich für künstliche Gerinne mit lotrechten Wänden schwankt der in den einzelnen Querschnitten vorhandene Mittelwert von  $v_m : v_0$  regellos zwischen etwa 0,75 und 0,95. Bezüglich weiterer Einzelheiten über die Anstellung und Verarbeitung von Geschwindigkeitsmessungen sei auf [6], S. 445 ff., [7], S. 61 ff. und S. 71, [8], S. 180 ff. verwiesen.

Die zur Vornahme der Geschwindigkeitsmessungen dienlichen Vorrichtungen unterscheiden sich in folche, die als starre Körper dem fließenden Wasser frei überlassen werden und mithin die Geschwindigkeit durch den von ihnen in der Zeiteinheit zurückgelegten Weg angeben (Schwimmer), und in folche, die an einem bestimmten Ort festgehalten werden und die Waffergeschwindigkeit durch eine von dieser hervorgebrachte statische oder dynamische Wirkung kennzeichnen (statische Strommesser, hydrometrische Röhren, hydrometrische Flügel).

Von den Schwimmern kommt vorzugsweise der Oberflächen schwimmer in Verwendung, der aus irgend einem schwimmfähigen, tunlichst leichten und dem Wind keine Angriffsfläche bietenden Körper bestehen kann, am besten jedoch durch einen Rundholzabschnitt von etwa 2 cm Dicke bei 8—10 cm Durchmesser für kleinere Gewässer und etwa 5—7 cm Dicke bei 25—30 cm Durchmesser für bedeutendere Flüsse gebildet wird. — Die Verwendung des sogenannten Tiefenschwimmers, meist ein System von zwei durch einen Draht verbundenen Hohlkugeln, von denen die eine an der Oberfläche, die andre in der durch die Drahtlänge gegebenen Tiefe schwimmt, sowie des sogenannten Stabschwimmers, eine aufrecht schwimmende Blechröhre, deren Eintauchtiefe nahezu gleich der Waffertiefe ist und die sich deshalb mit der mittleren Geschwindigkeit der Waffersäden bewegen soll, ist wenig zu empfehlen, denn diese beiden Vorrichtungen liefern in der Regel zu große Werte. Literaturangaben bei [6], S. 414, und [7], S. 9.

Eine besondere Art der Schwimmermessung ist die von Andersson angegebene Waffermessung mit Schirm, die jedoch nur in ganz regelmäßigen Profilen anwendbar und deshalb hauptsächlich auf hydraulische Versuchsanstalten beschränkt ist. Sie besteht nach [9] und [10] darin, daß ein passend auf Rollen und Schienen gelagerter, das ganze Profil abdeckender ebener Schirm in das Gerinne eingehängt wird, dessen Laufgeschwindigkeit ohne weiteres die mittlere Geschwindigkeit im ganzen Querschnitt darstellt.

Statische Strömungsmesser, bei denen der durch Gewichte oder Federn gemessene Wafferstoß auf festgehaltene Flächen als Maß für die Geschwindigkeit dienen soll, leiden stets unter dem Uebelstand, daß sich infolge der pulsierenden Bewegung des Wassers (s. Bd. 5, S. 150, Abs. 3) ein deutlich ausgesprochener Gleichgewichtszustand nicht erzielen läßt, weshalb sie trotz zahlreicher Ausführungsformen keine praktische Bedeutung erlangt haben.

Hydrometrische Röhren, deren Prinzip die Ueberleitung der Strömungsenergie Uebelstand behaftet, doch eignen sie sich, wenn auch nicht für größere Waffermessungen, so

doch für solche in kleinen Gerinnen ganz gut. Die nach ihrem Erfinder Pitot benannte Röhre, die im Laufe der Zeit wesentliche Verbesserungen erfahren hat von Reichenbach [11], Darcy [12], Ritter [13], Amsler [14], Dankwerts [15], besteht in ihrer ursprünglichen Gestalt aus einem rechtwinklig abgebogenen Glasrohr mit einem langen und einem kurzen Schenkel, das nach Fig. 1 ins Wasser gehalten wird, worauf die sich im vertikalen Schenkel einstellende Niveauerhebung  $h$  ein Maß für die Geschwindigkeit  $v$  ergibt. Berichte über praktische Messungen und wissenschaftliche Untersuchungen finden sich bei [7], S. 9, [16]–[18]. Literatur in [6]. — Die des öfteren als Verbesserung der Pitotischen Röhre empfohlene Frankische Röhre [19] soll nach der üblichen Annahme gestatten, mit einer einzigen Beobachtung ohne weiteres die mittlere Geschwindigkeit in einer Lotrichtung zu bestimmen. Wie jedoch in [20] und [21] nachgewiesen und durch praktische Versuche bestätigt ist, liefert die Frankische Röhre nicht ein Maß für das Mittel aus den Geschwindigkeiten, sondern ein solches für das stets größere Mittel aus den Geschwindigkeitsquadraten, weshalb dieses Gerät für die Vornahme genauerer Wassermeßungen nicht in Betracht kommt.

Die gebräuchlichsten, genauesten und zuverlässigsten Instrumente für Geschwindigkeitsmessungen sind die hydrometrischen Flügel, die in ihren verschiedenen neueren Ausbildungsvorformen in den kleinsten wie in den größten Gewässern, bei Geschwindigkeiten von 5 cm bis 6 m in der Sekunde und noch mehr verwendet werden können. Der wesentlichste Bestandteil dieser meist nach ihrem Erfinder [22] Woltmansche Flügel benannten Instrumente ist ein auf leicht drehbarer horizontaler Achse sitzendes Schaufelrad mit schraubenförmig gekrümmten Flächen, das durch eine größere oder geringere Waffergeschwindigkeit in schnellere oder langsamere Rotation versetzt wird. Bei den einfachsten, heutzutage nur mehr für untergeordnete Zwecke gebrauchten Instrumenten, wie ein solches in Fig. 2 dargestellt ist, wird die Zahl der in bestimmter Zeit erfolgten Schaufelumdrehungen mittels eines am Instrument selbst angebrachten, durch Schnurzug ein- und auschaltbaren Räderwerks gezählt, wodurch sich natürlich die Notwendigkeit ergibt, den Apparat nach jeder einzelnen Messung aus dem Wasser zu heben. Um diesem besonders bei größeren Wassertiefen sehr fühlbaren Uebelstand abzuheften, wurden hydrometrische Flügel mit akustischer [23], hydraulischer [24] und elektrischer Signalgebung konstruiert, von denen jedoch nur letztere Gruppe, deren Ausgestaltung sich an die Namen Ritter [25], Farrand Henry [26], Amsler [27] und Harlacher [3] knüpft, zu allgemeiner Einführung gekommen ist. Es wird bei ihr zwischen Hydrometer und Beobachtungsposten eine (meist von zwei Trockenelementen gespeiste) elektrische Leitung hergestellt, in der eine am Flügel angebrachte Kontaktvorrichtung, die entweder bei jeder einzelnen oder erst nach einer größeren Anzahl von Schaufelumdrehungen in Tätigkeit tritt, aufeinander folgende Stromschlüsse erzeugt.

Mit Hilfe eines in den Stromkreis eingehaltenen elektrischen Klingelwerkes bzw. eines Telefons, elektrischen Tourenzählers oder sonstigen Registrierapparates kann man dann die Zeit für eine bestimmte Anzahl von Schaufelumdrehungen oder die Tourenzahl in einer bestimmten Zeit ermitteln. Die mehrfach, z. B. durch [28] und [29], angestrebte Verbesserung der Meßmethode durch Konstruktion eines elektrischen Registrierapparates für unmittelbare Angabe der Geschwindigkeit hat bis jetzt keine für die praktische Verwendung empfehlenswerte Form erlangt.

Die sehr geringe elektrische Leitfähigkeit reinen Wassers erlaubt, bei den meisten Hydrometern die elektrische Stromschlußvorrichtung ohne Schutz vor dem Zutritt des Wassers zu lassen, wogegen bei Verwendung in falzhaltigem oder angehäuertem Wasser ein solcher Schutz unentbehrlich ist. Er wird erreicht durch Verlegung des Kontaktwerkes in eine kleine Taucherglocke [25], eine mit Öl gefüllte Kammer [30] oder in eine vollständig geschlossene Metallkapsel, deren Innenmechanismus durch magnetische Kupplung mit der Flügelwelle betätigt wird. Ein Instrument der letzteren Gattung, System Menzing-Ott, D.R.P. Nr. 178716, ist in Fig. 3 im Schnitt dargestellt. Das Hinterende der Flügelachse trägt einen permanenten Hufeisenmagneten  $D$ , dem im Innern der luftdicht verschloßenen, jedoch leicht zu öffnenden Kammer im Gußstück  $B$  ein drehbar gelagerter Anker  $E$  gegenübersteht. Die auf der Rotationsachse dieses Ankers bzw. auf einem davon angetriebenen kleinen Schneckenrad befindliche Daumen  $F$  und  $G$  schließen und öffnen durch Anstreifen an den entsprechenden Schleiffedern zwei elektrische Stromkreise 0–1 und 0–25, die durch Anschluß einer elektrischen Batterie an den Flügel mit Hilfe dreier in der unisolierten Klemme 0 und einer vordere Kugellager  $L$  sowie der ganze Aufbau des Flügelgehäuses ist so ausgebildet, daß einer-

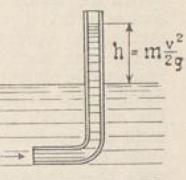


Fig. 1.

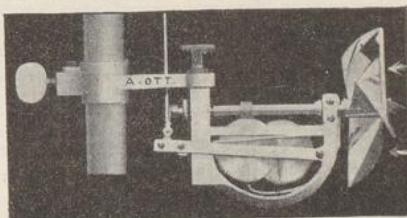


Fig. 2.

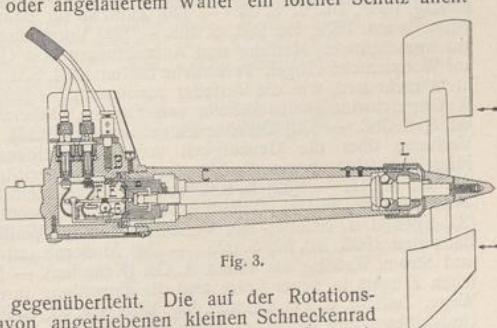


Fig. 3.

feits ein Anhängen von Gras und Eindringen von Sand nach Möglichkeit hintangehalten ist und andererseits doch das Instrument mit wenigen Handgriffen vollkommen zerlegt werden kann. Das Flügelgehäuse wird mit Bajonettschlüssel an einem geeigneten, mit einer Stange oder mit Seilen ins Wasser zu verankenden Führungskörper befestigt. — Der Gebrauch des sogenannten Schwimmflügels (Aufhängung am Seil) beschränkt sich im Inland fast nur auf Hochwassermeßungen. Andernfalls ist immer die Befestigung an einem starren Gestänge zu befürworten, wobei man nach Harlacher [3] die Stange am Boden auffestet und den Flügel daran nacheinander in verschiedene Höhenlagen verschiebt, oder nach Epper [7] den Flügel am unteren Stangenende beläßt und die Stange mit Hilfe einer geeigneten Haltevorrichtung hebt und senkt. Die an Stangen geführten Flügel werden stets so im Wasser festgehalten, daß ihre Achse senkrecht auf der Ebene des Querprofils steht. Hierbei ist jedoch eine solche Auswahl des Meßortes vorauszusetzen, daß zwischen Flügelachse und Strömungsrichtung keine größere Schräglage als etwa 15—20° besteht, da andernfalls nach [31], [32], [33] die Meßgenauigkeit stark leidet. Zur Meßung von Oberflächengeschwindigkeiten bei Hochwasser benutzt man vorteilhaft ein eigens hierfür konstruiertes elektrisches Schlepplog [34].

Alle Wassergergeschwindigkeitsmesser müssen vor Gebrauch einer Eichung unterzogen werden, wobei z. B. für die hydrometrischen Flügel der Zusammenhang zwischen der sekundären Umdrehungszahl  $n$  und der anzuzeigenden Geschwindigkeit  $v$  zu ermitteln ist, vgl. [35], [36] und [7], S. 54 ff. Diese Beziehung ist bei guten Instrumenten in der Hauptfache eine lineare und wird nur für Geschwindigkeiten unter 0,5 m zuweilen vorteilhafter durch eine Gleichung zweiten Grades ausgedrückt. Die Eichung geschieht an den hierfür bestimmten staatlichen Prüfungsanstalten (in Berlin, Bern, München, Wien u. f. w.) durch Schleppversuche in stillstehendem Wasser, seitens der Fabrikanten meist durch Vergleichung mit amtlich geprüften Instrumenten. Weitere Einzelheiten über hydrometrische Flügel finden sich in [34].

Literatur: [1] Kajet, Apparat zur Meßung frei auslaufender Wassermengen, Journ. f. Gasbel. und Wasserförderung 1908, Bd. 51, S. 1173. — [2] Hydrometrische Abteilung des eidgenössischen Oberbauministeriums der Schweiz, Rheingebiet, Bd. A, S. 17, Bern 1907. — [3] Harlacher, Die Meßungen in der Donau und Elbe und die hydrometrischen Apparate des Verfassers, Leipzig 1881. — [4] Treviranus, Ueber Verbesserungen in der Konstruktion und im Gebrauch hydrometrischer Flügel, Allgemeine Bauzeitung 1861. — [5] Greiner, Beitrag zur Vereinfachung von Wassermengenmeßungen, Süddeutsche Bauztg., 1908, Bd. 18, S. 4. — [6] Jasmund, Fließende Gewässer, im Handbuch der Ingenieurwissenschaften, 3. Teil, Bd. 1, Leipzig 1906. — [7] Eidgenössisches Hydrometrisches Bureau, Die Entwicklung der Hydrometrie in der Schweiz, Bern 1907 (mit vielen weiteren Literaturangaben). — [8] Brauer, Praktische Hydrographie, Hannover 1907. — [9] Schmittenhener, Ein neues Wassermeßverfahren, Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing., 1907, Bd. 51, S. 627. — [10] Reichel, Wassermessungen an der Versuchsanstalt für Wasser-motoren an der K. tech. Hochschule zu Berlin, Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1908, Bd. 52, S. 1835. — [11] Bauernfeind, Elemente der Vermessungskunde, Stuttgart 1890, Bd. 1, S. 550. — [12] Darcy, Note relative à quelques modifications à introduire dans le tube de Pitot, Ann. des ponts et chaussées 1858, 1. sem., S. 351. — [13] Ann. des ponts et chaussées 1886, 2. sem., S. 697. — [14] Prospekt der Firma J. Amsler-Laffon & Sohn, Schaffhausen. — [15] Dankwerts, Oelheber zur Meßung geringer Wassergergeschwindigkeiten und Wasserhöhen, Zentralblatt der Bauverwaltung 1909, Bd. 29, S. 88. — [16] Zeitschrift für Bauwesen 1906, Bd. 56, S. 147, sowie 1907, Bd. 57, S. 73. — [17] Ellon, Ueber die Meßung von Wassergergeschwindigkeiten mit der Pitotschen Röhre, Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1909, Bd. 53, S. 989. — [18] Murphy, Ratings of a Pitot tube, Engineering News 1909, S. 174. — [19] Müller, W., Hydrometrie, Hannover 1903, S. 50. — [20] Amsler-Laffon, Die Theorie der Frankfurter Röhre, Schweizerische Bauztg. 1904, Bd. 43, S. 26. — [21] Beyerhaus, Kann die sogenannte Frankfurter Röhre wirklich die mittlere Geschwindigkeit der betr. Lotrechten angeben? Zentralbl. der Bauverw. 1908, Bd. 28, S. 331. — [22] Wolfman, Theorie und Gebrauch des hydrometrischen Flügels, Hamburg 1790. — [23] v. Wagner, Deutsche Bauztg. 1880, Bd. 14, S. 229. — [24] Hohmann, Hydrometer mit hydraulischer Transmission und Signalgebung, Zeitschr. für Baukunde 1881, Bd. 4, S. 567—574. — [25] Schweizerische Bauztg. 1887, Bd. 9, S. 39. — [26] Zeitschr. für Bauwesen 1869, Bd. 19, S. 415. — [27] Dingl. Polyt. Journ. 1873, Bd. 208, S. 168. — [28] Vorrichtung von Harlacher, Henneberg und Smreker zur unmittelbaren Meßung und Aufzeichnung von Geschwindigkeiten mit besonderer Rücksicht auf Wolfmannsche Flügel, Technische Blätter 1884, S. 1 (das zugrunde gelegte Prinzip war übrigens nicht mehr neu, wie der Verfasser annahmen). — [29] K. k. hydrographisches Zentralbureau, Der Wassergergeschwindigkeitsindikator von Frigdor, Oesterr. Wochenschr. f. den öffentl. Baudienst 1902, Bd. 8, S. 350. — [30] Ottischer Flügel nach D.R.G.M. Nr. 316751, Beschr. in [34]. — [31] Frese, Versuche über die Genauigkeit von Wassergergeschwindigkeitsmessungen mittels Wolfmannscher Flügel bei schräg gegen die Flügelachse gerichteter Strömung, Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1886, Bd. 30, S. 911. — [32] K. k. hydrographisches Zentralbureau, Der normal und schief gestellte hydrometrische Flügel, Oesterr. Wochenschr. f. den öffentl. Baudienst 1903, Bd. 9, Heft 38 u. 39. — [33] Eger, Dix, Seifert, Die Versuchsanstalt für Wasserbau und Schiffbau in Berlin, Zeitschr. f. Bauwesen 1907, Bd. 57, S. 275. — [34] Moderne Instrumente zur Wassermeßung in Bach, Fluß und Strom, Katalog der Firma A. Ott (Kempten). — [35] Schmidt, Die Gleichung des Wolfmannschen Flügels in neuer Form und die Ermittlung ihrer Koeffizienten auf graphisch-analytischem Wege, Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1895, Bd. 39, S. 917. — [36] Derf., Untersuchungen über die Umlaufbewegung hydrometrischer Flügel, ebend. 1903, Bd. 47, S. 1698, erweitert in Heft 11 der Mitteil. über Forschungsarbeiten, herausg. v. Ver. deutsch. Ing. Während der Drucklegung noch erschienen: Blasius, Ueber verschiedene Formen Pitot'scher Röhren, Zentralbl. d. Bauverw. 1909, Bd. 29, S. 549. — Hoyt, The use and care of the current meter, as practised by the United States Geological Survey, Proceedings of the Am. Inst. of Civ. Engin. 1909 (August), S. 542. L. Ott.

## II. Waffermessung bei Rohrleitungen.

Durch Rohrleitungen fließende Wassermengen  $Q$  werden mittels Waffermessern bestimmt. Für große Mengen eignen sich jene von Deacon [1], [6], die Venturi genannten [2] und die Meffer mit Woltmanchem Flügel [3], [6]. Erstere übertragen die von der Geschwindigkeit des durchströmenden Wassers beeinflußten Auf- und Abwärtsbewegungen einer Scheibe auf einen durch Uhrwerk gedrehten, mit Papier bezogenen Zylinder und ermöglichen das Registrieren der durch das Rohr geflossenen Wassermengen auf demselben durch einen Schreibstift. Beim Venturi-Meffer fließt das Wasser durch eine konisch hergestellte Verengung in der Rohrleitung, die eine Druckhöhenverminderung veranlaßt; der Unterschied, welcher zwischen dem Druck im unverengten Rohr vor dem konischen Abgang und jenem an der verengten Stelle besteht, wird zur Bestimmung der Wassergeschwindigkeit bzw. der Durchflußmenge benutzt. Ein Registrieraapparat, auf welchem das entsprechende Diagramm auch elektrisch übertragen werden kann, vollzieht sodann entweder die Aufzeichnung mit der Zeit als Abszisse und der Wassermenge als Ordinate, wie beim Deacon-Meffer, oder er gibt die Wassermengen auf einem Zifferblatt an. Die Meffer mit Woltmanschem Flügel gestatten die genaue Messung von großen Wassermengen mit geringem Druckverlust und finden in neuester Zeit ausgedehnte Anwendung.

Die in der Wasserverförgung zur Messung des Kleinverbrauchs üblichen Waffermesser sind Waffermotoren (s. d.), deren Nutzarbeit in der Bewegung des Zählwerkes besteht, das aus einer gewissen Zahl von Füllungen bzw. Umdrehungen die durchgelaufene Wassermenge angibt. Benutzt werden vorzugsweise Kapselwerke (s. d.), die nach Art der Gasmeffer (s. d.) arbeiten (Systeme Boßhardt, Crown-Meter, C. O. Müller, Parkinson u. a.), Kolbenmeffer, ähnlich den Waffersäulenmaschinen (Systeme Dennert-Lind, Frager, Frodt, Gould, Jaquet, Kennedy, Körber, Langlois, Maldant-Oubry, Pickering, Pocock, Samain, Schmid u. a.) und Geschwindigkeits- oder Flügelradmeffer nach Art der Turbinen (Systeme Andrae, Bopp & Reuther, Deutsche Wafferverwaltungsgesellschaft-Höchst, Dreyer-Rosenkranz & Droop, Guest & Chrimes, Kröger, Leopolder, Lux, Meinecke, Siemens-Halske, Spanner, Tylor u. a.). Kolbenwaffermesser sind, der hohen Anschaffungskosten wegen, in Deutschland und Österreich wenig verbreitet, dagegen in Frankreich (Paris) und Belgien (Brüssel) beliebt, weil man die Angaben derselben für genauer und die Genauigkeit für länger dauernd hält als jene der Flügelradmeffer. Letztere werden bei uns fast ausschließlich verwendet, weil die Anschaffungskosten nur etwa ein Drittel der vorangenannten betragen und die Fabrikation auf einer solchen Höhe steht, daß die neuesten Instrumente den Anforderungen der Wafferverwaltungen genügen. Ueber die Theorie der Waffermesser s. [4], S. 563. — Die guten Flügelradmeffer geben den normalen Durchfluß auf 2% und genauer an; sinkt aber die durchfließende Wassermenge auf ein gewisses kleinstes Maß, so wird sie nicht mehr gemessen, weil dann die Energie des Wassers nicht mehr ausreicht, das Zählwerk zu bewegen. Auch zeigt der Meffer in der Nähe der ebengedachten Grenze fehlerhaft. Die Wassermenge, welche ungemein durchläuft, steigt im Verhältnis zur Größe des Meffers. Laufen durch einen Waffermesser abwechselnd kleinere, dann wieder sehr große Wassermengen, so werden zur möglichst genauen Registrierung zwei Waffermesser verschiedenen Kalibers zu einer Waffermesserverbindung vereinigt [5], [6]. Die Konstruktion Andrae war die erste, welche (D.R.P. Nr. 89077) das im Waffermesser rücklaufende und das vorwärtslaufende Wasser mißt, während die früheren Konstruktionen nur in einer Richtung gemessen haben. Heute findet die meisten Waffermesser für Messung vorwärts und rückwärts eingerichtet. Man unterscheidet bei den Flügelradmessern solche, bei welchen das Zählwerk mit dem Flügelrad im Wasser sich bewegt (Naßläufer), und solche, bei welchen es vom Wasser abgeschlossen ist (Trockenläufer). Die Zahl der im Handel vorkommenden Systeme ist sehr groß, und sie entsprechen fast alle den berechtigten Anforderungen; auch die Preise stehen nahezu auf gleicher Höhe. Die in der Praxis am meisten verwendeten Konstruktionen sind in den verschiedenen Jahrgängen des Journ. f. Gasbel. u. Wasserversorgung bis auf die neueste Zeit ausführlich besprochen und abgebildet, worauf wir, wie auch auf die Kataloge der Fabriken, verweisen. Eine eingehendere Beschreibung findet sich auch in [6], wofür selbst ein Literatur- und Patent-Schriftenverzeichnis mitgeteilt ist.

Literatur: [1] Dingl. Polyt. Journ. 1884, Bd. 254, S. 349 ff. — [2] Prospekt von L. Maffon, Brüssel. — [3] Thiem, A., Der Woltmanche Flügel als Waffermesser, Journ. f. Gasbel. u. Wasserversorgung 1898, S. 260. — [4] Grashof, Theoret. Maschinenelehre, Bd. 2, Leipzig 1883. — [5] Lux, F., Ueber Waffermesserverbindungen, Ludwigshafen a. Rh. 1896. — [6] Lueger, O., Die Wasserversorgung der Städte, Leipzig 1908, 2. Abt., S. 385 ff.

Lueger.

**Waffermörtel** (hydraulischer Mörtel), jeder Mörtel, der die Eigenschaft hat, im Wasser zu erhärten. Hierher gehören alle Zementmörtel sowie die durch Zusätze hydraulisch gemachten Kalkmörtel.

**Waffermotoren** übertragen die in einem Wafferaufe verfügbare Arbeit der Schwere auf Arbeitsmaschinen. Hinsichtlich der allgemeinen theoretischen Vorbegriffe verweisen wir auf: Druckhöhe, Hydraulik, Hydrostatik, Hydrodynamik u. f. w. sowie auf die in dem Literaturverzeichnisse unter [1], [4], [6] und [25] genannten Werke.

## I. Arbeitsübertragung und Einteilung der Motoren.

Die Uebertragung der Arbeit vom Wasser auf den Motor erfolgt auf acht verschiedene Arten:

1. Stößt das mit der Geschwindigkeit  $v$  fließende Wasser senkrecht gegen eine ebene Fläche des Maschinenteils, auf den die Kraft zunächst wirkt, des Rezipienten, während sich dieser mit der geringeren Geschwindigkeit  $c$  in gleicher Richtung bewegt, so wird durch den Stoß mit der plötzlichen relative Ruhe erzwungen, wobei die relative Geschwindigkeit  $v - c$  verloren geht, was

einem Gefällverluste  $= (v - c)^2 : 2g$  entspricht. Bleibt dann das Waffer bis zu seinem Austritte in relativer Ruhe zum Rezeptor, so hat es beim Austritte noch die absolute Geschwindigkeit  $c$ , woraus sich ein weiterer Gefällverlust  $= c^2 : 2g$  ergibt.

2. Bei schiefem Stoß gegen eine ebene Fläche des Rezeptors zerlegt sich die relative Wassergeschwindigkeit in eine zur Fläche senkrechte und eine parallele Komponente. Erstere bewirkt allein den Stoß, den ihm entsprechenden Arbeitsverlust und die Arbeitsübertragung, letztere dagegen nur ein Gleiten auf der Fläche.

3. Ist hierbei die Stoßfläche schräg aufwärts gerichtet, während das Waffer sie am unteren Ende horizontal trifft, so erfolgt nach dem Stoße ein Aufwärtsgleiten des Waffers, wobei seine Schwere verzögernd wirkt und bei genügender Höhe der Fläche das Waffer allmählich zur relativen Ruhe zwingt. Hierbei wird der Teil der Wafferkraft übertragen, welcher der der Fläche parallelen Komponente seiner anfänglichen relativen Geschwindigkeit entspricht. Danach gleitet das Waffer unter dem Einfluß der Schwere mit beschleunigter relativer Bewegung zurück, seine absolute Austrittsgeschwindigkeit wird demzufolge kleiner als die der Austrittsstelle des Rezeptors, es wird daher auch noch während des Rücklaufes Arbeit übertragen und der Arbeitsverlust beim Austritt vermindert.

4. Wird hierbei die Stoßfläche durch eine stetig gekrümmte ersetzt, die vom Waffer nahezu tangential getroffen wird, so tritt dieses beinahe ohne Stoß ein, die relative Bewegung des Waffers beim Austritt wird der absoluten Bewegung der Austrittsstelle des Rezeptors nahezu entgegengesetzt, und wenn die Geschwindigkeiten beider einander gleich werden, so wird die absolute Austrittsgeschwindigkeit des Waffers gleich Null und der Arbeitsverlust beim Austritt daher sehr klein.

5. Bewegt sich während des Beharrungszustandes der Maschine der Rezeptor nach erfolgter Berührung mit dem Waffer gleichmäßig abwärts und bleibt relative Bewegung ausgeschlossen, so wird keine Arbeit auf Beschleunigung des Waffers verwendet, sondern die während des Niederganges des Waffers geleistete wird, abgesehen von Nebenverlusten, vollständig zur Uebewindung des Widerstandes des Rezeptors benutzt. Man fragt in diesem Falle, das Waffer wirke nur durch sein Gewicht. Erfolgt hierbei die gemeinsame Abwärtsbewegung mit gleichmäßiger Winkelgeschwindigkeit in einem Kreisbogen, so ist das Herab sinken in dem über der Achse gelegenen Teile des Weges ein beschleunigtes, darunter aber ein verzögertes. Während des ersten Teiles findet senkrechte Beschleunigung des Waffers statt, während des zweiten aber wird ihm die dabei gewonnene lebendige Kraft wieder entzogen, und zwar vollständig, wenn beide Wege teile gleich sind.

6. Trifft ein in beliebiger Richtung strömendes Waffer tangential auf eine konkav gekrümmte Fläche mit genügend großem Krümmungsradius, so wird es allmählich von seiner Richtung abgelenkt (wobei der gegenseitige Druck seiner Zentrifugalkraft gleich ist), seine relative Geschwindigkeit aber nicht geändert. Ist diese beim Austritt der absoluten Geschwindigkeit der Austrittsstelle des Rezeptors gleich und entgegengesetzt, so ist seine absolute Austrittsgeschwindigkeit gleich Null. Auf diese Weise kann also, abgesehen von Nebenverlusten, dem Waffer keine lebendige Kraft vollständig entzogen und nutzbar gemacht werden.

7. Will man Waffer durch Reaktion auf eine Maschine bewegend wirken lassen, so muß das Gefäß, aus dem es fließt, befähigd nachgefüllt werden, und da dies bei geradlinig fort schreitender Bewegung auf die Dauer nicht wohl geschehen kann, läßt man den Auslauf, der den Rezeptor bildet, sich um eine Achse drehen. Das Waffer wird aber dann auch durch seine Zentrifugalkraft beeinflußt, die es nach außen preßt, und die so vermehrte Preßung vergrößert seine relative Ausflußgeschwindigkeit. Da die Zentrifugalkraft zwar dem Radius umgekehrt aber dem Quadrat der Umfangsgeschwindigkeit direkt proportional ist, wird, wenn man das Waffer nur reaktionär wirken läßt, die relative Ausflußgeschwindigkeit in allen ausführbaren Fällen beträchtlich größer als die entgegengesetzte absolute Umfangsgeschwindigkeit der Austrittsstelle des Rezeptors, und es gelingt daher nur unvollkommen, auf diese Weise dem Waffer seine lebendige Kraft zu entziehen.

8. Macht der Rezeptor eine stetig wiederkehrende, periodisch zum Ruhestande gelangende Bewegung, tritt im Augenblicke seiner Ruhe eine in einem Gefäße über ihm ruhende Wassermenge mit ihm in Verbindung, ist relative Bewegung während ihrer Berührung ausgeschlossen und die Geschwindigkeit des Rezeptors stets kleiner als  $\sqrt{2gh}$ , so tritt das Waffer ohne Stoß mit dem Rezeptor in Berührung und drückt während seines Hinganges auf ihn. Solange er sich beschleunigt bewegt, muß ein Teil der Arbeit des Waffers auf seine eigene Beschleunigung verwendet werden; bei der darauffolgenden verzögerten Bewegung des Rezeptors aber wird ihm die so gewonnene lebendige Kraft wieder entzogen und daher, abgesehen von Nebenverlusten, die ganze von der Wafferkraft geleistete Arbeit auf den Rezeptor übertragen.

Man pflegt die gebräuchlichen Wassermotoren in Wafferräder, Turbinen und Wafferaulenmaschinen einzuteilen. — Die Wafferkräfte von Bächen und Flüssen werden nur mit Wafferrädern und Turbinen ausgenutzt, und zwar gibt man jetzt bei Neu anlagen in den meisten Fällen den Turbinen den Vorzug, denn mit ihnen lassen sich im Durchschnitt 72—75, in besonderen günstigen Fällen selbst 85 % Nutzeffekt erreichen, während von den Wafferrädern nur die oberflächlächigen mit größerem Gefälle sowie die Poncelet-, Sagebien- und Zuppinger-Räder ihnen hierin ungefähr gleichkommen. Da aber Turbinen sehr viel größere Umdrehungszahlen haben als Wafferräder und die Arbeitsmaschinen auch meistens größere Umdrehungszahlen erfordern, so wird die Transmission bei Turbinen in der Regel viel einfacher, leichter, weniger kraftverzehrend und billiger. Auch die Waffer- und Gerinbauten werden bei Turbinen in den meisten Fällen weniger kostspielig als bei Wafferrädern. Der Hauptvorzug der Turbinen (mit Ausnahme der Strahl-Girard-Turbinen) vor Wafferrädern besteht aber darin, daß sie weit weniger durch Stauwasser in ihrer Leistung beeinträchtigt werden, als diese. —

Wasseraulenmaschinen sind nur anwendbar, wo Wasser unter großem Druck zur Verfügung steht und die Arbeitsmaschinen keine große Geschwindigkeit erfordern. Sie werden daher vorzugsweise beim Bergbau und in neuerer Zeit als Kleinmotoren in Städten mit Hochdruckwasserleitungen angewendet.

## II. Wasserräder

finden ringsum mit Schaufeln, Zellen oder Kübeln als Rezeptoren versehen und entziehen einem fließenden Wasser die Arbeit seiner Schwere, indem sie es zu relativer Ruhe bringen. Die Übertragung der Wasserkraft erfolgt auf die unter 1. bis 5. (beide einschließlich) beschriebenen Arten, und zwar wird bei der älteren Übertragungsart 1. (meist verbunden mit 5.) die relative Ruhe flößweise und für längere Zeit, bei den neueren Übertragungsarten 3. und insbesondere 4. aber allmählich und nur für einen Augenblick erzwungen. Bei der Konstruktion der Wasserräder ist zur Verringerung der Kraftverluste darauf zu sehen, daß das Wasser mit möglichst geringem Stoß eintritt, möglichst wenig verspritzt oder nutzlos entweicht, daß es nicht zu früh austretet und seine absolute Austrittsgeschwindigkeit möglichst klein wird. Diese Forderungen bedingen langfame Gang und große Dimensionen. Man baut die Wasserräder, wenn hauptsächlich auf wohlfelde Herstellung zu sehen ist, aus Lärchen-, Föhren- oder Fichtenholz mit eisernen Zapfen und Verbindungsteilen; ist aber mehr auf Dauerhaftigkeit und vollkommene Ausnutzung der Wasserkraft zu sehen, so läßt man das Eisen bei der Konstruktion vorherrschen oder verwendet nur Eisen dazu. Je nach der relativen Höhe, in der das Wasser in das Rad tritt, unterscheidet man unterflächtige, mittel- und oberflächtige Wasserräder. Man gibt ihnen, mit Ausnahme der unterflächtigen, etwa 1,5 m Umfangsgeschwindigkeit und läßt das Wasser mit 3 m absoluter Geschwindigkeit eintreten. Bei den unterflächtigen Wasserrädern ist diese Wassergeschwindigkeit verschieden und die Umfangsgeschwindigkeit etwa 0,4 mal so groß.

a) Bei den unterflächtigen Wasserrädern liegt der Oberwasserspiegel in einem Zehntel bis einem Drittel der Radhöhe. Sie sind am Umfang mit Schaufeln versehen, wovon jeweils die untersten vom fließenden Wasser getroffen werden, und welche radial oder ganz oder nur an den Enden etwas geneigt stehen, so daß diese sich in vertikaler Stellung aus dem Unterwasser heben. Bei den älteren Konstruktionen erfolgt die Kraftübertragung auf die Schaufeln in der oben unter 1., bei den verbesserten in der unter 2. und bei den Poncelet-Rädern und ähnlichen neueren Konstruktionen auf die unter 4. beschriebene Art. Vgl. a. D.R.P. Nr. 3843, 4139, 8235, 9345, 43337. Die Schiffsmühlenräder (Fig. 1) find im freien Strom hängend auf zwei durch Balken verbundene Kähne gelagert, wovon der eine das Mühlwerk trägt. Ihr Wirkungsgrad ist gering, weil viel Wasser seitlich den Schaufeln ausweicht [9], S. 338, [10], S. 291. Vgl. D.R.P. Nr. 67658, 70833.

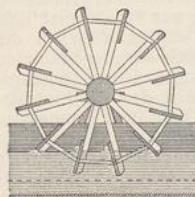


Fig. 1.

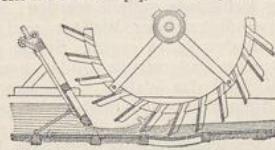


Fig. 2.

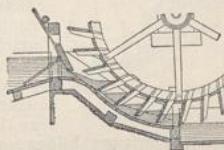


Fig. 3.

Am Lande wird das Wasser den unterflächtigen Wasserrädern in einem schwach geneigten Schnürrinne zugeführt (Fig. 2), zwischen dessen Wänden und der untersten Radschaufel 2–4 cm Spielraum bleibt. Die Räder erhalten 2–6 m Durchmesser und 20–48 Schaufeln. Die vorteilhafteste Umfangsgeschwindigkeit ist oben angegeben, der Wirkungsgrad ist höchstens 30%. Vor dem Rade pflegt man zur Vergrößerung der Wassergeschwindigkeit und zur Regulierung der Wassermenge eine Spannschütze anzubringen, die das Wasser im Obergraben etwas staut. Ist ein solches Rad mit einer Vorrichtung versehen, um es bei Rückstau des Unterwassers heben zu können, so heißt es Panterrad [9], S. 329, [10], S. 275 ff.

Das Kropfrad (Fig. 3) ist ein Schaufelrad, dessen Durchmesser dem dreifachen bis fünffachen Gefälle gleich ist, und dessen Gerinne sich so an das Rad schmiegt, daß es beinahe bis zur Gefällshöhe die Zwischenräume der Schaufeln sowohl nach außen als auch nach den Seiten hin bis auf einen Spielraum von 15–20 mm Breite abschließt. Damit die Luft aus den Zwischenräumen der Schaufeln besser entweichen kann, werden im Radboden Schlitze von etwa 20 mm Breite angebracht. Man nennt dies die Ventilation des Rades. Von einer dicht vor dem Rade angebrachten Spannschütze aus fließt das Wasser auf konkav gekrümmten oder schräger Gerinnfolie in das Rad. Der Füllungsgrad, d. h. das Verhältnis des in einer gewissen Zeit einströmenden Wasservolumens zum dargebotenen Fassungsraume des Rades soll ein Halbes nicht übersteigen. Der Wirkungsgrad ist 40–50% [9], S. 343 ff., [10], S. 258.

Das Poncelet-Rad (Fig. 4) ist ein unterflächtiges Wasserrad mit, radial gemessenen, breiten und so gekrümmten Schaufeln, daß das Wasser beinahe tangential ohne Stoß eintritt und seine Kraft nach der oben beschriebenen vierten Art auf sie überträgt. Man pflegt das Rad mit 30–40 Schaufeln aus Eisenblech zu verleihen, die mit einem Radius gleich 0,7 des Gefalles gekrümmkt sind. Der Gerinnboden schmiegt sich auf einem zur senkrechten Mittellinie symmetrischen Bogen von 30° mit 15–20 mm Spielraum an das Rad an und fällt nach dem Unterwasser hin um 0,25 m steil ab. Diese Räder geben 60–68% Nutzeffekt; wegen geringen

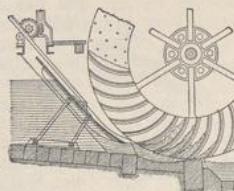


Fig. 4.

Spielraumes und enger Schaufelstellung sind sie jedoch nur für Wasserläufe geeignet, die im Winter wenig Eis führen [9], S. 336, [10], S. 297.

**Das Zuppinger-Rad** (Fig. 5) ist ein Kropfrad ohne Spannschütze für niedere Gefälle von 0,5—2 m und große Wassermengen bis zu 4 cbm pro Sekunde nach Poncelets Art konstruiert. Der Raddurchmesser ist bei billigen Anlagen 2 mal, bei besseren  $2\frac{1}{2}$ — $3\frac{1}{2}$  mal so groß

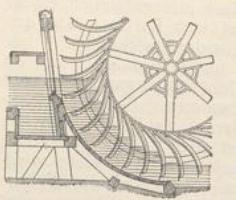


Fig. 5.

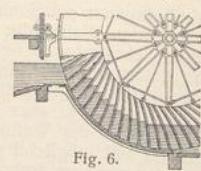


Fig. 6.

**Das Sagebiel-Rad** (Fig. 6) ist ein Kropfrad für 0,3—2,5 m Gefälle und ebenfalls große Wassermengen, bis zu 4 cbm pro Sekunde, nach Poncelets Art konstruiert. Seinen Durchmesser macht man gleich

dem 3—5 fachen Gefälle, die Breite 1,2—6 m, die Umfangsgeschwindigkeit 0,6—1 m, die Zahl der Schaufeln 60—80. Der Wirkungsgrad kann bis zu 75% erreichen [9], S. 350, [10], S. 313.

b) Bei **mittelflächigen Wasserrädern** liegt der Oberwasserpiegel etwa in der Höhe der Radachse. Sie werden für Gefälle von 2—4,5 m angewendet und stets als Schaufelräder mit Ventilation ausgeführt. Wegen des Näheren f. [10], S. 250.

c) Die **rückfchlächtigen Wasserräder** (Fig. 7) sind Zellenräder, bei denen das Wasser oberhalb der Achse, gewöhnlich um etwa  $60^{\circ}$  vom Radsscheit entfernt, eintritt. Die Zellen müssen ventiliert sein und werden, wenn man sie aus Holz herstellt, oft aus je drei zwischen den Radkränzen gefügten Schaufeln gebildet, wovon die sogenannten Bodenschaufeln mit dem inneren Radumfange einen so spitzen Winkel bilden und sich so weit überdecken, daß sie nur einen Ventilationspalt zwischen sich lassen. Daran schließen sich die radial gestellten Riegelschaufeln und an diese die mit dem äußeren Radumfange einen spitzen Winkel bildenden Wasserschaufeln, die von dem Wasser tangential getroffen werden sollen. Stellt man die Zellen aus Eisenblech her, so werden sie nach einer Kurve gekrümmmt, die Form der aus Holz gebildeten Zellen umschließt. Der Füllungsgrad wird nur zu einem Viertel bis zu einem Drittel angenommen und fast immer ein Kulissenlauf angewendet, wie aus Fig. 7 ersichtlich.

Damit das Wasser die Wasserschaufeln tangiert, müssen diese in die Richtung der Resultante gestellt werden, welche sich aus der absoluten Eintrittsgeschwindigkeit des Wassers und der umgekehrten Umfangsgeschwindigkeit des Rades ergibt. Schon der Winkel, den die Eintrittsrichtung mit dem Radumfange bildet, kann nicht sehr spitz genommen werden, weil sonst das Wasser durch die Kulissenradschaufeln zu sehr von feiner vorherigen Bewegungsrichtung abgelenkt und die Kulissenkanäle zu sehr verengt würden. Die Winkel, welche die Wasserschaufeln mit dem Radumfange bilden, werden noch weniger spitz, und das Wasser würde deshalb zu früh aus dem Rade treten, wenn dies nicht durch ein Kreisgerinne möglichst verhindert würde. Die rückfchlächtigen Räder tangieren meist das Unterwasser, doch beeinträchtigt auch ein Waten in diesem ihren Wirkungsgrad, der 65—70% beträgt, nicht wesentlich, weil die Bewegung ihrer untersten Zellen in der Regel gleiche Richtung und nahezu gleiche Geschwindigkeit mit dem abfließenden Unterwasser hat. Vgl. a. D.R.P. Nr. 7283. — Das Millot-Rad [9], S. 352, mit Inneneinlauf hat kein Kreisgerinne nötig und mit den Turbinen die Eigentümlichkeit gemein, daß das Wasser nicht durch dieselbe Öffnung austritt, durch die es eingetreten ist.

d) Die **oberfchlächtigen Wasserräder** (Fig. 8) sind Zellenräder, bei denen der Oberwasserkanal über dem Radsscheit liegt und das Wasser nahe bei diesem in das Rad tritt. Da hier die Bewegungsrichtung des Radumfanges mit der des Oberwassers übereinstimmt, kann dieses fast tangierend eingeleitet werden, und der Winkel, unter dem die Wasserschaufeln dem Radumfange begegnen, wird dann so spitz, daß sie das Wasser bei dem geringen Füllungsgrade von etwa ein Viertel, den man hier anzuwenden pflegt, lang genug in den Zellen zurückhalten, um das kostspielige Kreisgerinne, das rückfchlächtige Räder, abgesehen vom Millot-Rade, erforderlich zu machen. Der Füllungsgrad muß auch um deswillen klein sein, weil die Zellen hier nicht ventiliert werden können. Der Wasserstrahl muß deshalb eine etwas geringere Breite haben als die Zellen, und seine Dicke darf nur halb so groß sein als die Weite von deren engster Stelle (dem Schlund), damit die Luft ungehindert aus ihr entweichen kann. Oberfchlächtige Wasserräder werden für Gefälle von 3—12 m angewendet und geben bei folchen von 3—5 m 50—60%, bei größeren Gefällen aber 70—80% Wirkungsgrad, da die Verluste durch Stoß beim Eintritte und durch Entweichen des Wassers im Verhältnisse zu seiner Wirkung durch das Gewicht hier sehr klein sind. Dieser hohe Wirkungsgrad vermindert sich auch bei geringerem Wasserzufluß nicht, so daß oberfchlächtige Räder für veränderliche Wassermengen sehr geeignet sind. Nur ist, da die untersten Radzellen sich meist in der dem Abfluß des Unterwassers entgegengesetzten Richtung bewegen, alsdann das Wasser in diesem nachteilig, weshalb man, wenn Rückstau des Unterwassers zu erwarten ist, die Räder bei gewöhnlichem Wasserspiegel freihängend anordnet, was einen kleinen Gefällverlust zur Folge hat [9], S. 357, [10], S. 185.



Fig. 8.

## III. Turbinen.

Turbinen sind Räder mit stetig gekrümmten Schaufeln, die das Wasser mit gleichmäßiger oder beschleunigter relativer Geschwindigkeit durchströmt, ohne zur relativen Ruhe zu gelangen. Die Uebertragung der Wasserkraft erfolgt dabei auf die oben unter 6. beschriebene Art oder auf diese, verbunden mit der unter 7. beschriebenen. Damit das Wasser tangential zu den Schaufeln des umlaufenden Turbinen- oder Laufrades eintritt, läßt man es meistens zuvor durch ein System feststehender Leitschaufln fließen, die dem Wasser die erforderliche Bewegungsrichtung geben. Soll das Wasser in alle Zellen des Laufrades gleichzeitig eingeleitet werden, so muß dieses Leitschauflsystem einen vollständigen Ring bilden, den man das Leitrad nennt. Wirkt das Wasser nur durch seine lebendige Kraft auf die Turbine, so nennt man diese Aktions- oder Druckturbine; wirkt es gleichzeitig auch durch Reaktion, so heißt sie Reaktions- oder Ueberdruckturbine. Ferner unterscheidet man: Radialturbinen, bei denen das Wasser von innen nach außen oder von außen nach innen, also, abgesehen von der Schaufelkrümmung, in radialer Richtung durch den Radkranz strömt, und Axialturbinen, bei denen dies in der Richtung der Achse geschieht. Je nachdem dabei alle Zellenräume des Laufrades oder nur ein Teil davon gleichzeitig durchströmt werden, unterscheidet man dann wieder Voll- und Partialturbinen. Kann die Beaufschlagung einer Turbine je nach Bedürfnis verändert werden, so nennt man sie eine Regulierturbine. Auch nennt man wohl noch Niederdruckturbinen solche, die für weniger und Hochdruckturbinen solche, die für mehr als 4 m Gefälle konstruiert sind. Da das Wasser bei den Turbinen mit großer Geschwindigkeit eintritt kann, weil es ohne Stoß geschieht, und zur möglichst vollständigen Uebertragung seiner Kraft erforderlich ist, daß die Umfangsgeschwindigkeit des Laufrades seiner relativen Austrittsgeschwindigkeit gleich, aber entgegengesetzt ist, erhalten Turbinen eine große Umdrehungszahl. Sie sind daher bei gleicher Leistung weit kompakter als Wasserräder, und da die rasch laufenden Transmissionen und die Dynamomaschinen der Neuzeit Motoren mit großer Umdrehungszahl erfordern, sind die Wasserräder mehr und mehr durch Turbinen verdrängt worden. Im übrigen wurden die hauptsächlichen Vorteile der Turbinen bereits hervorgehoben.

## A. Vollturbinen.

## 1. Axialturbinen.

Die älteste Konstruktion dieser Art ist:

a) Die Jonval- oder Henschel-Turbine mit vertikaler Welle, in Fig. 9 für kleinere Gefälle nach neuerer Konstruktion dargestellt. Fig. 10 zeigt den Befchaufelungsplan, d. h. einen aufgerollten zylindrischen Schnitt durch die Mitten der Leit- und Laufrädschaufln. Schließen die Enden der Leitschaufln den Winkel  $\alpha$ , die Anfänge der Laufschaufeln den Winkel  $\beta$  und ihre Enden den Winkel  $\delta$  mit einer zur Achse senkrechten Ebene ein, und tritt das Wasser mit der absoluten Geschwindigkeit  $c$  aus dem Leitrade, so muß, wenn keine relative Bewegung tangential zu den Anfängen der Laufschaufeln erfolgen soll, die relative Eintrittsgeschwindigkeit  $c_1$  mit der Umfangsgeschwindigkeit  $v$  des Rades die Resultante  $c$  ergeben. Es

muß also  $v = c \sin(\beta - \alpha) : \sin \beta$  sein. Da aus dem Laufrade in gleicher Zeit dieselbe Wassermenge ausfließen muß, wie aus dem Leitrade, die radiale Breite der Ein- und Ausflußöffnungen gleich und die Zellenweite am unteren Ende des Leitrades dem  $\sin \alpha$ , an dem des Laufrades aber dem  $\sin \delta$  proportional ist, so muß  $c \sin \alpha = c_2 \sin \delta$  sein, und da  $c_2 = v$  sein soll, damit die absolute Austrittsgeschwindigkeit  $w$  möglichst klein wird, so wird  $\sin \delta / (\cot \alpha - \cot \beta) = 1$ . — Da bei den Druck- oder Aktionsturbinen das Wasser mit der Geschwindigkeit in das Laufrad tritt, die der ganzen Gefällshöhe entspricht, so kann sie nicht mehr zunehmen, und es wird  $c_1 = c_2 = v$ . Daraus folgt, daß das von  $v$  und  $c$  gebildete Geschwindigkeitsparallelogramm aus zwei gleichschenkeligen Dreiecken mit der gemeinschaftlichen Basis  $c$  besteht und daß  $\beta = 2\alpha$  sein muß. Da der Winkel  $\alpha$  meist  $20-30^\circ$  beträgt, muß dann bei Aktionsturbinen  $\beta = 40-60^\circ$  sein. Setzt man in der vorhin gefundenen Gleichung  $\beta = 2\alpha$ , so läßt sie sich umwandeln in  $\sin \delta (1 + \cot^2 \alpha) = 2 \cot \alpha$ . Man erhält danach für  $\alpha = 20^\circ$ ,  $\delta = 40^\circ$ , und da dies eine zu große absolute Austrittsgeschwindigkeit des Wassers ergeben würde, erscheinen Axialturbinen, deren Laufradzellen durchaus gleiche Breite haben, zu Aktionsturbinen wenig geeignet. Wollte man  $\delta$  hier kleiner, etwa  $= 20^\circ$ , machen, so würde beim Austritte aus dem Laufrade die größtmögliche Geschwindigkeit  $\sqrt{2gh}$ , und in den Zellen und dem Spalte Wasserpfeil entstehen. Die Turbine würde dann keine Aktionsturbine mehr sein, obgleich  $\beta = 2\alpha$  ist, sondern eine Reaktionsturbine mit fehlerhaftem  $\beta$ . Bei den Reaktions-turbinen tritt das Wasser mit geringerer Geschwindigkeit in das Laufrad, als der Druckhöhe entspricht, und die Geschwindigkeit wächst durch die in den Zellen herrschende Pfeilung des Wassers, während es durch das Laufrad strömt. Es wird also  $c_2 > c_1$ , und da  $c_2 = v$  sein soll, wird  $c_1 < v$ . Das Geschwindigkeitsparallelogramm beim Eintritt in das Laufrad wird daher kein Rhombus, sondern  $\beta > 2\alpha$ . Man pflegt  $\beta = 2\alpha + 40-60^\circ$  zu machen, und zwar für  $\alpha = 15-30^\circ$ ,  $\beta = 90-120^\circ$ . Für  $\alpha = 20^\circ$  und  $\beta = 100^\circ$  findet man aus obiger Gleichung  $\delta = 20^\circ$ . — Bezüglich der Form der Schaufeln ist außerdem zu beachten, daß ihre Enden gerade sein müssen, damit Kontraktion des Wasserradials möglichst vermieden werde, und daß in ihrem übrigen Verlaufe keine zu kleinen Krümmungsradien vorkommen. Die Gleichung  $v \sin \beta = c \sin(\beta - \alpha)$  geht für Aktionsturbinen über in  $2v \cos \alpha = c$ , was für  $\alpha = 25^\circ$ ,  $v = 0,55c$  ergibt. Da aber hier  $c = \sqrt{2gh}$

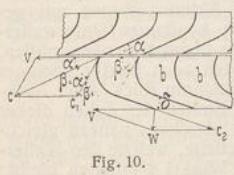


Fig. 10.

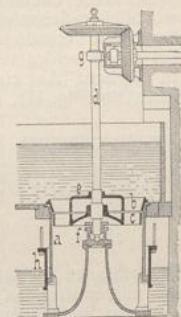


Fig. 9.

ist, wenn  $h$  die ganze Gefällshöhe bedeutet, so wäre danach  $v = 0,55 \sqrt{2gh}$ ; mit Rückblick auf Reibungs- und andre Widerstände ist aber  $v = 0,45 \sqrt{2gh}$  anzunehmen. Bei den Reaktions-

turbinen ist  $c$  kleiner als  $\sqrt{2gh}$ , je nach dem Reaktionsgrade. Wird beispielsweise nur die Hälfte

der Gefällshöhe zur Erzeugung von  $c$  verwendet, so ist  $c = \sqrt{\frac{1}{2}gh} = 0,7 \sqrt{2gh}$ . Wird hierbei

$\alpha = 20^\circ$  und  $\beta = 90^\circ$  angenommen, so wird  $v = 0,94c = 0,66 \sqrt{2gh}$ , oder wegen der genannten

Widerstände besser  $v = 0,56 \sqrt{2gh}$ . Man er sieht hieraus, daß Reaktionssturbinen größere Geschwindigkeiten erhalten als Aktionsturbinen. — Da bei Aktionsturbinen das Waffer während seines Durchganges durch das Laufrad seine relative Geschwindigkeit nicht ändert, muß der Wafferstrahl auf diesem Wege dieselbe Größe des Querschnitts beibehalten. Bei dem Schaufelplane (Fig. 10) sind aber die Kanäle bei  $b$  beträchtlich weiter als am Anfang und am Ende. Der Wafferstrahl kann daher bei  $b$  den Zellenraum nicht ausfüllen. Befindet sich das Laufrad über dem Unterwafferpiegel, so bildet sich dort ein luftfüllter Raum, während der Wafferstrahl auf die gegenüberliegende konkave Schaufelfläche drückt, was seine Bewegung wenig beeinflußt; taucht dagegen das Laufrad ins Unterwaffer, so füllt sich auch jener Raum bei  $b$  mit Waffer und es entsteht dort ein kraftverzehrender Wafferwirbel, der den Wirkungsgrad der Turbine beträchtlich vermindert. Aktionsturbinen ohne befondere Vorkehrung gegen den Eintritt des Waffers in die Zellenerweiterungen dürfen daher nicht in das Unterwaffer tauchen. Bei den Reaktionssturbinen füllt dagegen das Waffer zufolge der in den Zellen herrschenden hydraulischen Preßung diese ganz aus, die beschriebenen Wafferwirbel können sich nicht bilden, und daher können Reaktionssturbinen mit überall gleichdicken Schaufeln auch beim Eintauchen ins Unterwaffer ziemlich gut arbeiten, doch ist es auch hier von Nachteil, daß das Waffer bei  $b$  verzögert wird und wieder beschleunigt werden muß. Nimmt die Betriebswaffermenge oder die von der Turbine zu leistende Arbeit ab, so muß man sich auf partielle Beaufschlagung der Axialturbine beschränken, indem man einen Teil der Leitradzellen verschließt; dies ist aber bei den Reaktionssturbinen ohne bedeutenden Effektverlust nicht möglich, weil die hydraulische Preßung in den Zellenräumen verloren geht, sobald sie unter verschlossene Leitradzellen treten und ihr Zusammenhang mit der darüber stehenden Wafferaule aufgehoben ist. Bei axialen Aktionsturbinen, wo eine hydraulische Preßung in den Zellen nicht besteht, tritt ein solcher Effektverlust nicht ein, zumal wenn die Leitradzellen während der Abdeckung ventiliert, d. h. mit der äußeren Atmosphäre in Verbindung gesetzt werden, so daß das in der darunter befindlichen Laufradzelle enthaltene Waffer ungehindert abfließen kann. Axiale Aktionsturbinen mit gewöhnlicher Schaufelung sind daher für konstante Gefälle, namentlich konstanten Unterwafferspiegel und veränderliches Gefälle geeignet. — Da aber oft Wafferkräfte benutzt werden müssen, bei denen beides veränderlich ist, war man bestrebt, die Aktionsturbinen auch hierfür geeignet zu machen. Auf eine sehr einfache Weise geschieht dies durch sogenannte Rück- oder Sack-schaufeln (Fig. 11), indem man die Laufradschaufeln an den weiteren Stellen der Zellen dicker macht oder verdoppelt, so daß die Zellenräume durchaus nahezu gleichgroßen Querschnitten erhalten. Die konkave Schaufelseite, welche den Wafferstrahl leitet, läßt man hierbei unverändert, so daß Winkel  $\beta$  erhalten bleibt; die konvexe Seite aber, welcher der Strahl doch nicht folgt, wird entsprechend umgeformt und damit die Wirbelbewegung in den Zellen ausgegeschlossen. Bei Reaktionssturbinen aber empfiehlt es sich, die Schaufeln bei  $b$  so zu verstärken, daß das Waffer mit gleichmäßig beschleunigter Geschwindigkeit durch die Zellen strömt. Für die sehr verschiedenen Dispositionen, welche Jonval-Henrich-Turbinen erhalten können, sind in erster Linie die auszunutzenden Gefälle maßgebend. Bei solchen von  $1\frac{1}{2}$ – $3$  m oder höchstens  $4$  m und größeren Waffermengen empfiehlt es sich, das Laufrad direkt über oder im Unterwaffer anzutragen. Man nennt dies die Aufstellung im offenen Wafferkasten. Befindet sich das Laufrad in einem Rohre, welches das Oberwaffer mit dem Unterwaffer verbindet, in beträchtlicher Höhe über diesem, wie bei Fig. 9, so nennt man dies die Aufstellung im Saugrohr. Sie wird vorzugsweise bei Gefällen von  $4$ – $8$  m angewendet, um eine kürzere Turbinenwelle und geringere Belastung ihres Spurzapfens zu erlangen und das Leit- und Laufrad leichter zugänglich zu machen. Saugrohrhöhen von  $5$ – $6$  m gelten indessen als groß, folche von  $7$  m als gewagt. Am Ende des Oberwafferkanales (Fig. 9) ist ein zylindrisches Rohr  $a$  aus Gußeisen in den Boden eingelassen. In seinem oberen Rande ist das Leitrad  $b$  befestigt, das aus einem inneren, nach oben abgedeckten Kranze besteht, an dessen Umfangsflächen die Leitshaufeln sitzen. Auch das darunterliegende Laufrad  $c$  besteht aus einem inneren Kranze mit außen daransitzenden gekrümmten Schaufeln, die nicht ganz bis an die Rohrwand reichen, so daß das Laufrad sich leicht darin drehen kann. Der Laufradkranz ist durch Arme und eine Nabe mit der Welle  $d$  fest verbunden, während diese sich in dem Leitraddeckel  $e$  drehen kann. Der Zapfen der Welle läuft in einem abgedichteten Spurlager  $f$ , das auf einem Fundamente im Unterwaffer ruht. Über dem Oberwaffer ist die Welle durch ein Halslager  $g$  gehalten. — Zum Abstellen der Turbine bringt man entweder in dem Saugrohr eine Drosselklappe oder an dessen Ende eine Ringfchütze  $h$  an, die von oben bewegt werden. Zur Regulierung eignen sich diese Vorrichtungen sehr wenig, weil sie die Waffergeschwindigkeit in den Radzellen verringern, wenn sie mehr geschlossen werden, die lebendige Kraft des Waffers aber nicht nur feiner Masse, sondern auch dem Quadrate seiner Geschwindigkeit proportional abnimmt. Geht bei gleichbleibendem Gesamtquer schnitt der Radzellen beispielsweise die halbe Waffermenge mit halber Geschwindigkeit hindurch, so ist die Arbeitsfähigkeit nur ein Achtel, der Wirkungsgrad sinkt also auf den vierten Teil herab. Erfolgt dagegen die Regulierung durch Schließung eines Teiles



Fig. 11.

Universitätsbibliothek Paderborn

der Laufradzellen, so bleibt die Geschwindigkeit des Wassers in den offenen Radzellen die gleiche und daher auch der Wirkungsgrad nahezu derselbe.

Bei Gefällen von 5—12 m und mehr wendet man gern die sogenannte Aufstellung im geschlossenen Wasserkasten (Fig. 12) an, wobei das Leit- und Laufrad in einem zylindrischen Kasten aus Gußeisen oder Blech liegt, der oben durch einen Deckel mit Stopfbüchse verschlossen ist, durch welche die Turbinenwelle geht, während das Aufschlagwasser seitlich durch ein gebogenes Rohr vom Oberwafferzapfen her zugeleitet wird, und das Saugrohr, wenn ein solches angeordnet wird, sich unten an den Kasten schließt. Außerdem erhält dieser ein verschließbares Mannloch, durch welches man zum Leit- und Laufrade gelangen kann.

Man erhält durch diese Einrichtung eine kurze Turbinenwelle, weil sie nicht über den Oberwafferzapfen zu gehen braucht, und die türige Transmission kann in beliebiger Höhe abgezweigt werden.

b) Axialturbinen mit horizontaler Welle. Zur Vereinfachung der Transmission, insbesondere zur Ersparung der schweren Winkelrädergetriebe, wendet man unter geeigneten Umständen gern

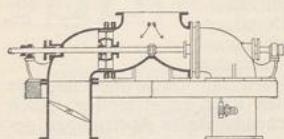


Fig. 13.

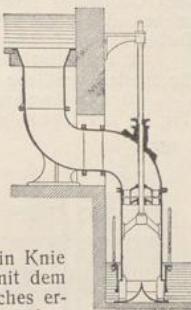


Fig. 12.

Turbinen mit horizontalen Wellen an. Sie sind nur für größere Gefälle geeignet, weil sie Aufstellung im Saugrohr erfordern, denn ohne ein solches müßten die oberen Schaufeln mit kleinerem Gefälle arbeiten als die unteren, während die Schaufelung nur einer Gefällshöhe entsprechen kann. Das Saugrohr muß ein Knie bilden, welches das vertikale Leitrad mit dem Unterwasser verbindet. Ebenso das Wasserzuleitungsrohr, wenn ein solches erforderlich ist. Die Welle läßt man durch die Wandung eines solchen Knees gehen und verdichtet durch eine Stopfbüchse, damit keine Luft eingefangen wird. Werden zwei Turbinen dieser Art symmetrisch auf einer Welle angeordnet, um bei größerer Wassermenge kleinere Laufraddurchmesser und damit eine größere Umdrehungszahl zu erhalten, sowie um den Horizontalabschub des Wassers aufzuheben, so kann man entweder die beiden horizontalen Saugrohrtüte oder die beiden horizontalen Druckrohrtüte zwischen den Turbinen in ein horizontales Rohr vereinigen und ein gemeinschaftliches vertikales Saug- oder Druckrohr davon abzweigen. Bei der in Fig. 13 dargestellten Anordnung ist das Druckrohr gemeinschaftlich, und das Wasser gelangt von den Laufrädern aus in je ein nach dem Unterwasser führendes Saugrohr, das mit einer durch Schraubengetriebe von oben beweglichen Drosselklappe versehen ist. Wird die verfügbare Wassermenge auf zwei derart parallel geschaltete Turbinen verteilt, so wird dadurch die Umdrehungszahl im Verhältnis  $1:\sqrt{2}$  vergrößert.

c) Die Girard-Turbine. Wir haben bereits gezeigt, daß es nicht möglich ist, eine Aktionsturbine mit axialer Beaufschlagung mit größtmöglichen Wirkungsgraden herzustellen, wenn man den Laufradzellen unten dieselbe radiale Breite gibt wie oben, weil dann Winkel  $\delta$  zu groß werden muß, um die nötige Größe der Austrittsöffnung zu erlangen. Girard hat schon deshalb bei Aktionsturbinen die untere radiale Breite des Laufrades größer gemacht als die obere. Er hat aber auch die früher bei der Turbinenberechnung üblich gewesene Voraussetzung, daß der Wasserstrahl die Radzellen vollständig ausfüllen müsse, da sie bei Aktionsturbinen ohne Rückenschaufeln nicht erfüllt werden kann und das Einzwingen des Wasserstrahles durch die Zellenwände die Widerstände vergrößert, fallen lassen und danach gefrebt, daß der Strahl sich frei entwickle. Er hat daher schon die Eintrittsöffnungen am Laufrade etwas breiter gemacht als die Austrittsöffnungen am Leitrade, hat den Austrittsöffnungen am Laufrade mehr als die doppelte Breite der ersteren gegeben und die Radkränze an den Stellen, die man sonst durch Rückenschaufeln abzuschließen pflegte, durchbrochen (Fig. 14 und 15), so daß sowohl durch diese Öffnungen als durch den Spalt zwischen Leit- und Laufrad Luft eintritt und den Wasserstrahl überall, wo er nicht gegen die Schaufelfläche drückt, umgibt. Damit wurden so vorzügliche Resultate erzielt, daß die Girard-Turbinen eine Zeit lang zu den verbreitetsten gehörten. Voraussetzung bei dieser Konstruktion ist aber, daß das Laufrad nicht in das Unterwasser taucht. Und deshalb sind diese Turbinen nur für konstante Gefälle und dort anwendbar, wo das Unter-

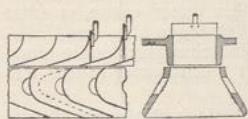


Fig. 15.

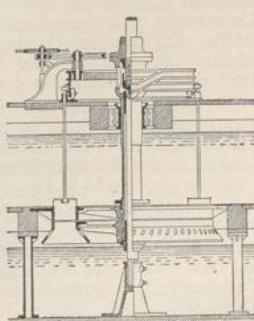


Fig. 14.

wasser sich nicht staut. Die in Fig. 14 dargestellte Girard-Turbine läuft auf einem sogenannten Oberwafferzapfen, und zwar einem Hängezapfen. Bei diesem von Fontaine zuerst konstruierten Zapfen wird eine bis über das Oberwasser hinaus hohle Turbinenwelle angewendet, deren oberes Ende zu einem seitlich durchbrochenen Gehäuse erweitert ist. Durch seine Decke ist der Spurzapfen eingefügt, während die Spurfläche in dem Gehäuse auf einer von der hohen Welle umschlossenen, auf einem Fundament im Unterwasser befestigten Säule ruht. Da Turbinenzapfen bei starker Belastung rasch umlaufen, erhitzen sie sich leicht, wenn sie nicht vorsichtig gewartet und in Öl gehalten werden, was bei Oberzapfen leichter geschehen kann als bei Unterwasserzapfen.

Wenn zum Zwecke der Regulierung einer Turbine ein Teil der Leitradzellen verschlossen werden soll, schließt man immer

zwei diametral gegenüber liegende Zellen gleichzeitig, damit das Gleichgewicht des Laufrades erhalten bleibt. Zum Verschließen bedient man sich entweder senkrechter Schieber (Fig. 14 und 15), welche in die Leitradzellen eingeschoben werden, oder man läßt die Zellen der beiden Radhälften in zwei verschiedenen halbringförmigen, entweder flachen oder zylindrischen oder konischen Flächen nach oben ausmünden und verschließt sie durch zwei entsprechende Schieber, die gleichzeitig um eine gemeinschaftliche Achse gedreht werden, um die Leitzellen nach Bedürfnis symmetrisch zu schließen (Fig. 16—18). Diese Verchlüsse werden durch geeignete, über dem Oberwaffer gelegene Mechanismen bewegt, wie z. B. aus Fig. 14 zu ersehen ist, wo die Bewegung der senkrechten Schieber durch eine um die Turbinenachse drehbare Nutentrommel erfolgt.

**2. Radialturbinen.** Die älteste Turbinenkonstruktion dieser Art und die älteste eigentliche Turbine überhaupt ist:

a) **Die Innere Radial- oder Fourneyron'sche Turbine** (Fig. 19, mit Schaufelplan, links oben). Sie wird von innen voll beaufschlagt und besteht aus einem tellerförmigen Laufrade, das auf seinem Rande mit innen beinahe radial beginnenden, außen beinahe tangential endigenden Schaufeln versehen ist. Nach oben sind die Zellen durch einen ringförmigen zweiten Rand abgeschlossen. Auch sind sie durch ebenso gestaltete Zwischenwände in Abteilungen geteilt, um bei veränderlicher Wassertmenge je eine oder mehrere davon benutzen zu können, da das Wasser die Zellen immer ausfüllen muß, wenn sein Wirkungsgrad ein gleich hoher bleiben soll. — Die Turbinenwelle *a* ist von einer bis über das Oberwasser reichenden und dort an einem Balken befestigten Röhre *b* umschlossen, an deren unterem Ende das Leitrad *c* befestigt ist. In dem schmalen, zwischen Leit- und Laufrad *d* bleibenden Spalt läßt sich eine oben mit Lederstulp versehene Ringschütze *e* durch einen geeigneten Mechanismus von oben bewegen. Diese ist an ihrem unteren Ende mit abgerundeten Holzklotzen befestigt, die sich zwischen die Leitschaufern schieben, um das Wasser in Strahlen von passender Höhe ausströmen zu lassen. Die Ringschütze wird von der Wandung des Wassertkastens *f* umschlossen und geführt, durch den das Wasser aus dem Obergraben mit geringer Geschwindigkeit in das Leitrad gelangt. Der Spurzapfen der Turbinenwelle läuft im Unterwasser. Das Schmieröl wird ihm mittels einer Rohrleitung durch eine über Wasser stehende Pumpe von unten zugeführt. In ihrer ursprünglichen Gestalt lief die Turbine Fourneyron im Unterwasser. Ihr Wirkungsgrad betrug bei ganz geöffneter Schütze 70%. Bei den Radialturbinen ist die Geschwindigkeit *v* des äußeren Umganges mit dem Radius *r* größer als die Geschwindigkeit *v<sub>1</sub>* des inneren Umgangs mit dem Radius *r<sub>1</sub>*, und zwar im Verhältnis *r<sub>1</sub>:r*. Nach dem Satze von der Arbeit der Zentrifugalkraft wird bei innerer Beaufschlagung, wenn *c<sub>1</sub>* die relative Eintritts- und *c<sub>2</sub>* die relative Austrittsgeschwindigkeit bedeutet,  $c_2^2 = c_1^2 + v^2 - v_{12}^2$ . Unter dieser Voraussetzung findet man, wenn man von Reibungswiderständen u. dergl. absieht, die vorteilhafteste innere Umfangsgeschwindigkeit  $v_1 = c \sqrt{\sin(\beta - \alpha)} : 2 \cdot \sin \delta \cdot \cos \alpha$ , und für Aktionsturbinen, bei denen  $\beta = 2\alpha$  ist,  $v_1 = c : 2 \cos \alpha = \sqrt{2g} h : 2 \cos \alpha$ , also ebenso groß wie *v* für Aktionsturbinen. Damit die absolute Ausflußgeschwindigkeit klein wird, muß *c<sub>2</sub>* = *v* und *δ* klein sein, und damit die Ausflußquerschnitte am Laufrad ebenso groß werden wie am Leitrade, muß *c<sub>2</sub>*  $r \sin \delta = c r_1 \sin \alpha$  sein. Für Aktionsturbinen ergibt sich daraus  $\sin \delta = r_1^2 \sin 2\alpha : r^2$ . Nimmt man, wie Fourneyron zu tun pflegte, *r<sub>1</sub>:r = 2:3* und  $\alpha = 30^\circ$ , so ergibt sich hieraus  $\delta = 22^\circ 40'$ , woraus zu ersehen ist, daß Radialturbinen mit innerer Beaufschlagung bei gleicher Höhe der Ein- und Austrittsöffnungen am Laufrade zu Aktionsturbinen geeignet sind. Zu Reaktionsturbinen eignen sie sich weniger gut, weil diese nur bei ganz gefüllten Laufrädern vorteilhaft arbeiten, bei abnehmender Wassertmenge die Fourneyron'schen Turbinen aber nur stufenweise, je nach den Abteilungen, in welche die Laufradzellen geteilt sind, reguliert werden können, daß dies der Fall ist. Innere Radialturbinen gestatten die Anwendung eines Saugrohres nicht. Sie müssen daher entweder unter Wasser ein Teil des Gefäßes verloren. Auch sind sie für große Umdrehungszahl, die einen kleinen Laufraddurchmesser erfordert, nicht geeignet, weil dieser bei ihnen immer größer sein muß als der Durchmesser des Zuleitungsröhres.

b) Die Turbine von Nagel & Kämpf in Hamburg (f. deren Katalog) ist als umgekehrte Fourneyron'sche Turbine zu betrachten, indem sie sich von dieser hauptsächlich durch die Wassertzuführung von unten unterscheidet. Auch ist die Regulierschütze weggelassen und dafür das Leitrad in der Achsenrichtung verschiebbar.

c) **Die äußere Radial- oder Francis-Turbine** (Fig. 20, mit Schaufelplan, links oben) unterscheidet sich von der Fourneyron'schen durch die äußere Beaufschlagung, welche Auffstellung im Saugrohr zuläßt, wie die Figur zeigt. Bei der Fourneyron'schen Turbine ist auf dem Boden des Wassertkastens befestigt und trägt einen gewölbten Deckel mit einer die Laufrade *b* umschließenden Stopfbuchse, der den senkrechten Druck des Oberwassers vom Zellen innen höher werden als außen und das Wasser nach unten in das Saugrohr gewiesen

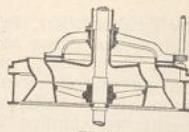


Fig. 16.

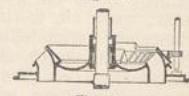


Fig. 17.

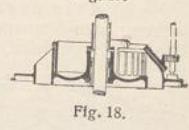


Fig. 18.

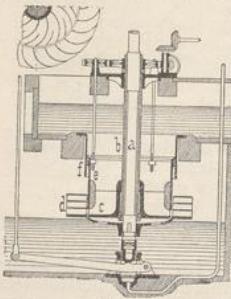


Fig. 19.

wird. Das Saugrohr  $d$  kann an seinem unteren Ende durch eine Ringschütze  $e$  geschlossen werden. Um den Austrittsquerschnitt des Laufrades allmählich in den Querschnitt des Saugrohres überzuführen, ist hier ein Kranz von passend gefalteten Holzklötzen  $f$  im Saugrohr angebracht. Der Unterwasserzapfen läuft in einer von einem dreibeinigen Bocke im Saugrohr getragenen Pfanne  $g$ . Da bei Beaufschlagung von außen die Bewegung des Wafers im Laufrade durch die Zentrifugalkraft verzögert wird und der innere Umfang des Zellenkranzes kleiner ist als der äußere, müßte man bei Aktionsturbinen die innere Zellenhöhe sehr viel größer machen als die äußere, wenn Winkel  $\delta$  klein werden soll, was wegen der nach unten eingebogenen Decke des Laufrades nicht gut möglich ist. Deshalb werden Francis-Turbinen meist als Reaktions-turbinen ausgeführt. Für diese gilt, wenn von Reibungswiderständen u. dergl. abgesehen wird, die Formel  $r^2 \sin(\beta - \alpha) \sin \delta = r_1^2 \sin \alpha \sin \beta$ , wenn  $r_1$  den äußeren und  $r$  den inneren Halbmesser des Laufradkranzes bedeutet. Nimmt man beispielsweise  $\alpha = 20^\circ$ ,  $\beta = 90^\circ$ ,  $r_1 : r = 4 : 3$ , so erhält man danach  $\delta = 40^\circ 20'$ , und wenn man die innere Zellenhöhe  $4/3$  mal so groß macht, als die äußere,  $\delta = 29^\circ$ . Da aber  $c_2 = v$  hier nur  $3/4$  von  $v_1$  beträgt, während es bei innerer Beaufschlagung  $4/3 v_1$  sein würde, wird die absolute Austrittsgeschwindigkeit hier bei  $29^\circ$  etwa ebenso klein, wie wenn bei innerer Beaufschlagung  $\delta = 16^\circ$  genommen wird.

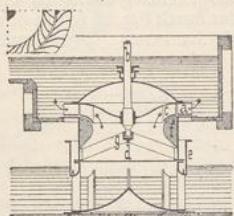


Fig. 20.

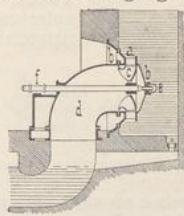


Fig. 21.

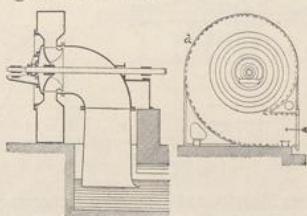


Fig. 22.

d) Radialturbinen mit horizontaler Welle. Da Turbinen mit horizontaler Achse Aufstellung im Saugrohr erfordern, sind von den Radialturbinen nur solche mit äußerer Beaufschlagung (Francis-Turbinen) hierzu geeignet. Fig. 21 zeigt eine einfache, im Wafferkasten angeordnete Turbine dieser Art von J. M. Voith in Heidenheim a. d. Brenz. Das Leitrad  $a$  ist an einem in eine Seitenwand des Turbinenschachtes einbetonierte Tragring geschrägt und in axialer Richtung durch einen Deckel  $b$  gegen den Schacht abgeschlossen. Es umschließt das Laufrad  $c$  und setzt sich als Saugrohrkrümmer  $d$  fort. Die Turbinenwelle ruht in einem am Deckel angebrachten, durch eine Kappe gegen das Wasser geschützten Lager  $e$  und einem gewöhnlichen, am Krümmer befestigten Lager  $f$ . Sie ist hier durch eine Stopfbuchse am Krümmer abgedichtet. Will man zwei solche Turbinen symmetrisch auf einer Welle anordnen, so setzt man sie an die Enden des horizontalen Teiles eines T-förmigen Saugrohrs, und die eine dicht an die Oberwafferschachtwand, durch welche man die Turbinenwelle hindurchführt.

Ist ein Wafferausleitungsrohr erforderlich, so läßt man es zweckmäßig in tangentialer Richtung in ein Gehäuse einmünden, welches das Laufrad spiralförmig, wie ein Ventilatorgehäuse, umschließt (Fig. 22). Bei solchen sogenannten Spiralturbinen kann die spiralförmige Außenwand  $a$  des Gehäuses als eine Leitschaufel betrachtet werden, die das Auffschlagwasser beinahe tangential in das Laufrad leitet. Bei kleineren Gefällen gibt man dem spiralförmigen Zuleitungsrohr rechteckigen, bei großen Gefällen aber runden Querschnitt. Francis-Turbinen mit liegender Welle im offenen Schachte werden für Gefälle bis zu 10 m ausgeführt. Für größere Gefälle geht man zu Spiralturbinen mit Zuleitungsrohr über.

Außere Radialturbinen können nicht nur, wie Axialturbinen, im Saugrohr und somit in beliebiger Höhe bis zu 7 m über dem Unterwasser aufgestellt werden, sondern bieten alsdann auch den Vorteil, daß das aus dem Laufrade strömende Wasser nach innen zuführt und daher die Luft rasch aus dem Saugrohr verdrängt, wodurch die volle Mitwirkung des letzteren gesichert ist, während bei Axialturbinen das aus dem Schaufelkranze des Laufrades strömende Wasser unter diesem einen Luftfack einschließt, der die Wirkung des Saugrohrs beeinträchtigt, nur durch Schließen der Ringschütze am Fuße des selben beim Anlassen der Turbine verdrängt werden kann und sich während des Betriebes aus der vom Wasser mitgeführten Luft leicht wieder bildet. Da der Laufraddurchmesser bei äußeren Radialturbinen nicht größer wird, als der Saugrohrdurchmesser und der Leitschaufelkranz außerhalb des Saugrohrs liegt, findet sie zur Erlangung einer großen Umdrehungszahl und einer guten und leicht zugänglichen Regelung besonders geeignet. Man kann auch, um bei größerer Wassermenge kleinere Laufraddurchmesser und somit eine größere Umdrehungszahl zu erhalten, zwei und mehr äußere Radialturbinen nicht nur, ähnlich den Axialturbinen Fig. 13, auf eine wagerechte, sondern auch auf eine senkrechte Welle setzen, wie z. B. Fig. 23 zeigt, ohne daß die Leitschaufelkranze der unteren Turbinen für die Regelung unzugänglich werden, und diese kann durch Fink'sche Dreh-schaufeln (Fig. 24), d. h. durch um feste Achsen drehbare Schaufeln des Leitrades geschehen, die den Wafferzufluß durch runden gleichförmige Verengung oder Erweiterung der Ausflußquerschnitte des Leitrades verkleinern oder vergrößern und der

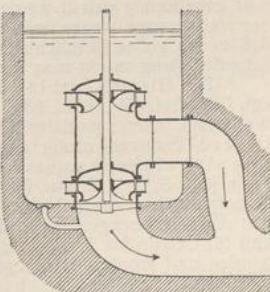


Fig. 23.

Regelung durch teilweises und symmetrisches Abschließen der Leitradzellen oder durch Verändern der Zellenhöhe mittels Rundschieber bei weitem vorzuziehen ist. Aus diesen Gründen werden in der Neuzeit, welche schnellaufende, gut geregelte Motoren, insbesondere zum Betriebe elektrischer Dynamos, fordert, von namhaften Firmen für Gefälle von  $\frac{3}{4}$  bis 100 m ausschließlich äußere Radialturbinen gebaut. Für sehr hohe Gefälle können auch, um zu rasche Abnutzung zu vermeiden, sogenannte Verbundturbinen (Fig. 25) mit Vorteil angewendet werden, die aus zwei oder mehr auf einer Welle sitzenden, vom Wasser nacheinander durchströmten Turbinen bestehen. Das Gefälle wird dadurch in  $m$  Stufen geteilt, wovon auf jede der  $m$  Turbinen eine mit der vollen Wassermenge wirkt, wodurch die sonst allzu hohe Umdrehungszahl im Verhältnis  $V_m : 1$  verkleinert wird.

Um die Finkschen Drehshaufeln alle gleichzeitig zu bewegen, wird jede durch eine Gelenkstange, wie in Fig. 24, oder durch ein Gleitstück mit einem dem Leitradkranze konaxialen Ring verbunden. Damit sich dieser Ring mit möglichst geringer Reibung hin und her drehen lässt, müssen zwei gleiche, parallele Kräfte mit diametral einander gegenüberliegenden Angriffspunkten auf ihn wirken. Zur Ausgleichung derselben wird unter anderem der durch Fig. 26 schematisch dargestellte Mechanismus angewendet.

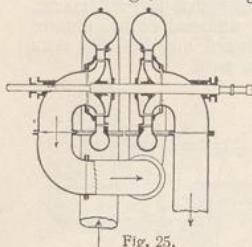


Fig. 25.

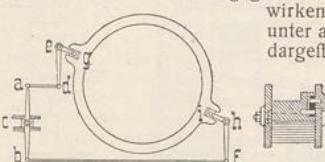


Fig. 26.



Fig. 24.

Der Mittelpunkt  $c$  eines gleicharmigen Hebels  $a\,cb$  wird hin und her geschoben und verteilt den Druck oder Zug gleichmäßig auf die mit seinen Enden verbundenen Stangen  $a\,d$  und  $b\,f$  sowie auf die Winkelhebel  $d\,e\,g$  und  $f\,h\,l$ , welche die gleiche Hebelübertragung haben.

Turbinenregulierungen zeigen die D.R.P. Nr. 3462, 5100, 6247, 9673, 10193, 10202, 10616, 10917, 10920, 11368, 16152, 20013, 38379, 45810, 45812, 53710, 56636, 62350, 62644, 66025, 75124, 75302, 75761, 86167, 86184, 87438, 91931, 96814, 98825, 99590, 103096, 103261, 117465, 125186, 125187, 126520, 129838, 133917, 142651, 144524, 148140, 148611, 150823, 181645. Wegen Turbinen vgl. D.R.P. Nr. 355, 547, 2007, 2371, 7544, 8989, 10618, 10661, 12077, 17601, 19368, 19416, 24538, 37436, 38266, 58386, 65303, 74771, 75342, 87852, 91006, 93653, 98894, 101145, 105537, 107146, 112257, 128265, 138838, 184953, 198174, 199625.

#### B. Partialturbinen.

Wollte man für eine sehr geringe Wassermenge und ein sehr hohes Gefälle eine Turbine voll beaufschlagen, so würden ihre Abmessungen so klein und ihre Umdrehungszahl so groß, daß auf Dauerhaftigkeit nicht zu rechnen wäre. In solchen Fällen gibt man daher dem Laufrade größere Abmessungen und beaufschlägt es nur an einem Teile seines Umfangs. Aus dem früher Gefragten geht hervor, daß sich nur Aktionsturbinen hierfür eignen; sie können aber sowohl Radialturbinen mit innerer oder äußerer Beaufschlagung als auch Axialturbinen fein und mit stehender oder liegender Welle angeordnet werden. Die Wafferzuführung erfolgt durch eine Rohrleitung, bei der plötzliche Querclimitts- und Richtungsänderungen zu vermeiden sind. Im Leitapparat müssen die Leitflächen, der großen Waffergeschwindigkeit wegen, geglättet sein. Dieser und der Laufkranz werden am besten aus Kanonenmetall gefertigt. Um die Rückschaufeln zu ersparen, läßt man Partalturbinen stets in freier Luft gehen. Der dadurch bedingte Gefäßverlust ist im Vergleich zur Höhe des Gefäßes unbedeutend. Bei nicht sehr kleinen Wassermengen beaufschlägt man auch Partalturbinen symmetrisch. Sie können dann ähnlich konstruiert werden wie die durch ringförmige Schieber regulierbaren Vollturbinen; da es aber bei der Regulierung nur auf die relative Stellung zwischen den Schiebern und Leitradsegmenten ankommt, kann man auch die ersten in Form einer Platte mit zwei symmetrischen Öffnungen feststellen und die Leitradsegmente hin und her drehen. Will man eine Partalturbine radial und symmetrisch von außen beaufschlagen, so leitet man das Wasser durch zwei Röhren nach beiden Seiten des Rades. Auch bei axialer symmetrischer Beaufschlagung kann das Zuleitungsrühr gabelförmig geteilt werden. In sehr vielen Fällen aber begnügt man sich, der Kleinheit der Wassermenge wegen, mit einseitiger Beaufschlagung. Das Laufrad erhält eine solche Größe, daß es bei voller Beaufschlagung die vier- bis achtfache Wassermenge aufnehmen könnte. Die Schaufelteilung macht man klein, so daß das Rad 40–100 Schaufeln erhält.

Die Girard-Turbine hat als Partalturbine die mannigfaltigste Anwendung gefunden; vgl. [18], Taf. 467, 637, 638, 647, 648, 1735, 1736. Auch als Radialturbinen mit liegender Welle und innerer partierter Beaufschlagung nach System Schwamkrug ([10], S. 344) werden Girard-Turbinen häufig angewendet ([18], Taf. 1733, 1734). Das Tangentialrad von Zuppinger ist eine partiel von außen beaufschlagte Radarturbine mit vertikaler Welle ([10], S. 343). — In [28], S. 376, ist eine symmetrisch beaufschlagte Turbine dieser Art dargestellt, deren Regulierung durch ebene Schieber erfolgt, die längs der Leitshaufeln bewegt werden können und den Auslauf verengen, wenn sie gegen das Rad vorgehoben werden. Solche Tangentialräder sind für Gefälle bis 175 m und Leistungen bis zu 200 PS, namentlich in der Schweiz ausgeführt worden und ergeben Wirkungsgrade von 65–72%.

Einstrahlige Turbinen sind als Unterabteilung der Partalturbinen zu betrachten und ergeben sich, wenn bei ganz geringer Wassermenge das Leitradsegment auf eine Zelle reduziert wird. Bei nicht sehr großem Gefälle oder Wassertdruck in der Zuleitungsröhre sind

folche Turbinen nur als Kleinmotoren dienlich; bei sehr großen Gefällen aber werden sie auch für bedeutendere Leistungen angewendet.

Die Partialturbine System Benz (Fig. 27) hat eine horizontale Achse, und die Beaufschlagung erfolgt von innen wie bei dem System Schwamkrug. Das Wasser tritt durch eine gekrümmte Zelle aus, deren Ausfluß ein durch Spindel und Wurmgetriebe verschiebbares Kurvenstück reguliert. Eine Turbine dieser Art, von der Fürstl. Fürstenbergischen Maschinenfabrik Immendingen für 83 m Gefälle und 40 l Wasser pro Sekunde ausgeführt, ergibt bei 280 Umdrehungen pro Minute 31,4 PS., also einen Wirkungsgrad von 71 % einschließlich der Leitungswiderstände.

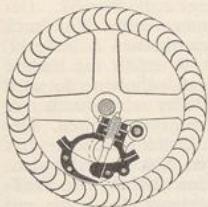


Fig. 27.

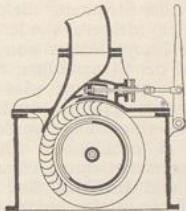


Fig. 28.

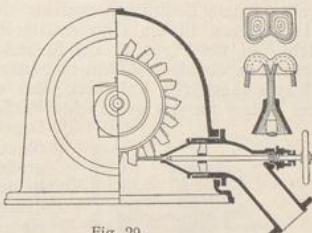


Fig. 29.

Die kleine Radialpartialturbine von H. Queva & Co. in Erfurt (Fig. 28) mit äußerer Beaufschlagung, für einen Nutzeffekt von 2 PS. bei 35 m Gefälle oder 3,5 Atmosphären Druck einer flädtichen Waffeleitung konstruiert, ist in einem Kasten eingehüllt. Der Radkranz von 400 mm äußerem Durchmesser mit Schaufeln aus 2 mm starkem Stahlblech ist einseitig an das Armkreuz befestigt, um in seinem Innern ein Gefäß aufzunehmen, welches das aus dem Laufrade ausströmende Wasser auffängt und seitlich abfließen läßt. Das Waffezuleitungsrohr geht allmählich in die Form einer Leitradzelle über, deren Leitfläche feststeht, während die mit einer Kolbentführung verbundene gegenüberliegende Wand zum Zwecke der Regulierung durch einen Hebel mit Schubstange verschoben werden kann. — Bei den im übrigen ähnlichen Turbinen von Escher, Wyss & Co. in Zürich sind die Laufradzellen durch eine am äußeren Umfange zugeschränkte Mittelrippe halbiert. Diese sind so geformt, daß der die Schärfe der Mittelrippe treffende Wafferstrahl sich teilt und erst seitwärts, dann rückwärts abgelenkt wird. — Auch bei dem in Amerika erfundenen und verbreiteten Peltonrad (Fig. 29, mit Angabe der Schaufelform rechts oben), das in Deutschland von H. Breuer & Co. in Höchstädt a. M. für Leistungen von 0,01 bis 56 PS. gebaut wird, teilt sich der Wafferstrahl in dieser Weise und wird nach rückwärts abgelenkt; doch stehen die Schneiden nahezu radial zwischen den Schaufeln und werden vom Wafferstrahl senkrecht getroffen. Dieser aber entströmt einem Mundstücke, das dem einer Spritze ähnlich ist und zum Zwecke der Regulierung durch einen konischen Dorn verengt werden kann. Auf der Treadwell-Hütte in Alaska soll ein 7fußiges Peltonrad bei 150 m Gefälle und 0,3 cbm Wasserzufluß rund 500 PS. liefern. Seine normale Mundstückbreite beträgt 84 mm.

Zur **selbsttätigen Regulierung** von Wafferrädern und Turbinen werden Zentrifugalregulatoren angewendet. Da aber die Verstellung von Schützen oder Leitschaufeln bedeutende Kraft erfordert, kann sie nur vermittelt eines durch ein Schaltwerk mit der von dem Waffermotor betriebenen Transmision verbundenen Vorgeleges oder vermittelt einer kleinen Wafferaulenmaschine bewirkt werden, welchen sogenannten Servomotor der Zentrifugalregulator nur zu steuern hat.

So wie bei der Dampfmaschine jeder Stellung der Regulatormuffe eine bestimmte Öffnung des Dampfeinlasses entspricht, trifft man auch hier die Einrichtung so, daß der durch den Zentrifugalregulator in Gang gesetzte Servomotor wieder abgefeillt wird, sobald er die der Stellung des Regulators entsprechende Öffnung der Leitzellen bewirkt hat. Diese Abstellung wird durch die sogenannte Nach- oder Rückführung bewirkt. Da bei mechanischen Regelungen größere Massen zu bewegen sind, erfordern sie 15—20 Sekunden Schlußzeit; hydraulische Regelungen dagegen erfordern nur 2 bis 4 Sekunden Schlußzeit und sind auch weit einfacher, weshalb sie jetzt vorzugsweise angewendet werden.

Ein Schema eines mittelbaren hydrostatischen Turbinenreglers zeigt Fig. 30. Sobald die Umlaufzahl der Turbine über die ihrer Belaufung entsprechende steigt, hebt sich die Muffe *m* des Zentrifugalregulators, dreht den Hebel *mce* um *e* und hebt den entlasteten Steuerkolbenschieber *k* des hydrostatischen Servomotors, so daß Druckflüssigkeit in den hinteren Raum *d* seines Zylinders gelangt, seinen Kolben vorschreibt und die Regelwelle *r* so dreht, daß die Ausflußöffnungen des Leitrades der Turbine verengt werden. Mit der Regelwelle *r* dreht sich der Arm *g* und bewirkt die Nach- oder Rückführung, indem er mittels der Stange *i* den Punkt *e* des Hebels *mce* herabzieht, bis er den Kolbenschieber *k* wieder in seine Mittelfstellung und damit den Hauptkolben zum Stillstande gebracht hat. Die Gestänge *mce*, *i*, *g*, *r* und die Drehshaufeln des Leitrades befinden sich dann in derselben Stellung, als ob die Regelwelle *r* bei feststehendem Drehpunkt *c* direkt durch die Muffe *m* des Zentrifugalregulators gedreht worden wäre. Sinkt die Umdrehungszahl der

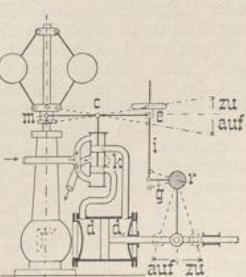


Fig. 30.

Turbine dagegen unter die ihrer Belastung entsprechende, so findet die Regelung auf gleiche Weise in umgekehrtem Sinne statt. Durch das Handrad bei *e* kann dieses Ende des Hebels *m c e* an der Stange *i* auf und nieder geschraubt werden. In letzterem Falle erfolgt das Abstellen des Servomotors bei höherer Stellung der Mutter *m*, also bei größerer Umdrehungszahl. Hierdurch kann also die Regelung auf bestimmte Umdrehungszahlen der Turbine eingestellt werden.

Erscheint bei größerem Durchmesser des Steuerkolbens die Reibung deselben noch zu groß, um ihn direkt durch den Zentrifugalregulator bewegen zu lassen, so wendet man hierfür nochmals indirekte Steuerung an, indem man den Steuerschieber des Hauptkolbens durch einen zweiten Arbeitskolben (Zwischenkolben) bewegt und nur die Steuerung dieses kleinen Zwischenkolbens dem Zentrifugalregulator überlässt. Eine Steuerung dieser Art zeigt z. B. Fig. 31. Der Hauptkolben ist ein Differentialkolben, dessen kleinere Vorderfläche immer unter Volldruck steht. In der Figur ist der Steuerkanal des Hauptkolbens von dem Steuerkolben *b* bedeckt, über dem ebenfalls Volldruck herrscht. Wird der Steuerkolben *b* gesenkt, so erhält die hintere Hauptkolbenfläche Volldruck, der den Kolben vorchiebt; wird er dagegen gehoben, so wird der Ablauf für das gebrauchte

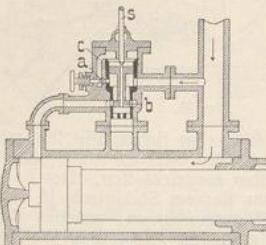


Fig. 31.

Wasser hinter dem Hauptkolben frei und dieser wird durch den Druck auf seine ringförmige Vorderfläche zurückgeschoben. Der Steuerkolben ist nach oben mit einem Zwischenkolben von größerem Durchmesser durch einen kräftigen Schaft verbunden. Beide Kolben und der Schaft sind zentral durchbohrt. Die Preßflüssigkeit zwischen diesen beiden Kolben gelangt durch die mit einer Stellschraube zu regelnde Öffnung *a* und den Kanal *c* auch auf die größere obere Fläche des Zwischenkolbens und drückt ihn herab, wenn die durch den Kolben gehende zentrale Bohrung verschlossen ist; wird sie aber allmählich geöffnet, so nimmt der Druck auf die obere Fläche des Zwischenkolbens mehr und mehr ab. Ist er um das Gewicht der Kolben geringer als der Druck auf die Differenz der Ringflächen des Zwischen- und des Steuerkolbens, so bleiben die Kolben in der Schwabe, und wird er noch geringer, so heben sie sich. Das Öffnen und Schließen der zentralen Bohrung erfolgt durch das kegelförmige

die Kolben immer in die Schwebestellung, d. h. in eine und dieselbe Entfernung von dem Ende des Stängchens *s* zurückzukehren streben, wenn diese durch den Zentrifugalregulator vergrößert oder verkleinert worden war. Sie bewegen sich also, von minimalen Schwankungen abgesehen, ebenso, als ob sie mit dem Stängchen *s* fest verbunden wären, so daß hier die Nach- oder Rückführung auf die gleiche Weise zu erfolgen hat, wie bei der vorher beschriebenen Regelung.

Bezüglich solcher Regulierungen verweisen wir auf die Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1891, S. 891; 1896, S. 1231, 1278; 1900, S. 1113, 1348; den Prospekt über Turbinen der Firma J. M. Voith in Heidenheim a. d. Brenz und die D.R.P. Nr. 2461, 82215, 82480, 85708, 89483, 96814, 98825, 118733, 136003, 140560, 141713, 143795, 193319, ferner bezüglich Partialturbinen auf D.R.P. Nr. 868, 3896, 12314, 36211, 59193, 60303, 72932, 87224, 93654, 97990, 101767, 107419, 120128, 122732, 132769, 132771, 181449.

Zur Bestimmung der für ein gegebenes Gefälle und einer gegebenen Wassermenge geeigneten Turbinenart, der Hauptabmessungen der Turbine, der Einzelteile, der Kanäle, Schützen, Röhre und Schieber sowie zur Berechnung der Schwungmassen und der in den einzelnen Teilen auftretenden Widerstände bedient man sich mit besonderem Vorteile des Hollischen Rechenschiebers [69].

#### IV. Wafferfählenmaschinen.

Wafferfählenmaschinen haben als Rezeptor einen Treibkolben, der durch den Druck des von einem höheren Orte in geschlossenem Einfallrohre zufließenden Wassers in einem Treibzylinder bewegt wird. Diese Bewegung muß eine hin und her gehende sein, und die Übertragung der Wasserkraft auf den Treibkolben erfolgt in der Weise, welche Eingangs als die achte Art bezeichnet und beschrieben worden ist. Hat das Druckwasser den Kolben einmal hin oder her geschoben, so tritt es durch ein Abfallrohr aus und gelangt in einen Abflußkanal oder Unterwassergraben. Liegt die Mündung des Abfallrohrs um höchstens 9,8 m tiefer als der Kolben in feiner höchsten Stellung und ist durch Eintauchen ins Unterwasser vor dem Eindringen von Luft geschützt, so wirkt nicht nur das Wasser im Einfallrohre drückend, sondern auch jenes im Abfallrohre saugend auf den Kolben; liegt sie dagegen höher als der Zylinder, so übt das Wasser im Abfallrohre einen Gegendruck auf den Kolben aus, so daß der wirksame Druck stets dem Gefälle vom Ober- bis zum Unterwasserspiegel entspricht. Da das Wasser sehr wenig elastisch ist und verhältnismäßig große Masse oder Trägheit besitzt, müssen rasche Geschwindigkeitsänderungen bei Wafferfählenmaschinen vermieden werden, um Stöße zu verhüten, und da außerdem der Kolben am Anfang und Ende jedes einfachen Hubes zur Ruhe kommen muß, können solche Maschinen nur mit geringer Geschwindigkeit arbeiten. Wafferfählenmaschinen älterer Art haben daher nur etwa 0,3 m Kolbengeschwindigkeit in der Sekunde. In neuerer Zeit hat man durch Einschaltung von Windkesseln nahe beim Treibzylinder elastische Luftpuffer zwischen dem Wasser in der Leitung und der verhältnismäßig geringen Wassermenge im Zylinder gebildet und dadurch etwa eine doppelt so große Geschwindigkeit ermöglicht. Die Waffergeschwindigkeit in den Leitrohren wird zweckmäßigerverweise nicht größer als 1 m genommen.

Einfach wirkende Wafferfählenmaschinen müssen stehende Zylinder haben, die oben offen sein können, weil das nur unten eintretende Druckwasser den Kolben nur hebt und dieser durch sein Gewicht und das des Gefäßes wieder herabfällt. Liegt der Unterwasserspiegel bei solchen Maschinen um höchstens 9 m tiefer als der Zylinder und taucht die Mündung

des Abfallrohres hinein, so sind sie infofern nicht einfach wirkend, als das Waffer im Abfallrohre beim Kolbenniedergange ziehend wirkt. Da dieser Zug während des Kolbenniederganges abnimmt und der Druck des Oberwafers beim Steigen des Kolbens ebenfalls geringer wird, ist die auf den Kolben wirkende Kraft nicht gleichmäßig, wenn nicht besondere Vorkehrung zur Ausgleichung getroffen wird.

Bei doppelt wirkenden Maschinen ist der Zylinder, der eine beliebige Lage haben kann, an beiden Enden geschlossen; das Druckwasser wird abwechselnd an beiden Enden eingelassen, während an dem jeweils gegenüberliegenden der innere Zylinderraum mit dem Abfallrohe in Verbindung steht.

Der Mechanismus, der die Ein- und Ausströmungsöffnungen rechtzeitig und allmählich öffnet und schließt, heißt die Steuerung, das von dieser nach dem Zylinder führende Rohr das Gurgelrohr. Die Steuerung kann durch Kolben, Schieber, Ventile oder Hahnen bewirkt werden. Wegen des hohen Wafferdruckes müssen die Steuerorgane entlastet werden, was bei Steuerkolben am leichtesten zu erreichen ist. Bei sogenannten Hubmaschinen, d. h. Maschinen, deren Kolbenbewegung einfach durch ein Gestänge direkt und unverändert auf die Arbeitsmaschine (z. B. eine Schachtpumpe) übertragen wird, können die Steuerungsorgane nicht vom Treibkolben bewegt werden, weil mit dem Abschlusse der Einströmung am Ende des Kolbenhubes die ganze Maschine stillstehen würde; ihre Bewegung kann nur indirekt durch den Kolben veranlaßt werden, indem er ein sie bewegendes Relais in Gang setzt. Meist dient als solches eine kleine Hilfswafferfaulenmaschine, deren Steuerung, die sogenannte Vorsteuerung, vom Hauptkolben bewegt wird. Bei Rotationsmaschinen dagegen, bei denen die hin und her gehende Bewegung des Kolbens zunächst in die drehende einer Schwungradwelle umgewandelt wird, kommt diese nicht mit dem Treibkolben zur Ruhe und kann daher die Steuerungsorgane mittels Exzenter u. dergl. bewegen. Der Wirkungsgrad der Wafferfaulenmaschinen kann bei möglichster Vermeidung von Wafferverlusten und geringem Wafferverbrauche der Hilfsmaschine zur Bewegung der Steuerung auf etwa 78 bis 82 % geschätzt werden.

Bei der Wafferfaulenmaschine von Ph. Mayer (D.R.P. Nr. 313, 8939), wovon Fig. 32 die wesentlichsten Teile zeigt, erfolgt die Steuerung durch einen von der Schwungradwelle mit Exzenter bewegten Schieber, der genau zwischen den Schieberspiegel und einer den Schieber entlastenden verstellbaren Deckplatte paßt. Die aus der Figur ersichtlichen Ausparungen in dieser Deckplatte bieten den Vorteil, daß bei einer Entfernung  $x$  des Schiebers von seiner Mittellage eine Durchlaßweite  $= 2x$  frei wird. Das Einfallrohr  $a$  geht unten um die Mitte des Treibzylinders und mündet in der mittleren Öffnung des Schieberspiegels, worüber der Hauptwindkessel  $b$  angeordnet ist. Die in ihm enthaltene Luft hat die in der Einfallröhre herrschende Spannung und verhindert diejenigen Stöße, die beim Öffnen und Schließen der Einströmung entstehen können. Die Zylinder haben an jedem Ende Erweiterungen, deren oberer Teil  $d_1$ , zusammen mit den aufgesetzten kugelförmigen Gehäufen  $e$  und  $e_1$  Expansionswindkessel bilden, wovon jeweils der auf der Einströmseite befindliche, bei Beendigung des Kolbenhubes mit Luft von der in der Abfallröhre herrschenden Spannung gefüllt ist, und welche eine solche Größe haben, daß diese Luft beim Kolbenrückgang, nachdem die Ausströmung infolge der Schieberüberdeckung vor Beendigung des Kolbenhubes geschlossen ist, bis zu der in der Einfallröhre herrschenden Spannung komprimiert wird. Ist beim Hingange des Kolbens die Einströmungsperiode ebenso groß, wie die Ausströmungsperiode war, so expandiert nach erfolgtem Abschlusse die Luft, bis sie bei Beendigung des Hubes die in der Abfallröhre herrschende Spannung wieder erlangt, und gibt die Arbeit, die zu ihrer Kompression aufgewendet wurde, wieder ab. Auf diese Weise wird daher ermöglicht, die Schieber ohne Nachteil mit Ueberdeckung arbeiten zu lassen.

Wafferfaulenmaschinen, die für Steuerkolben oder -schieber mit Ueberdeckung konstruiert sind, eignen sich auch für variable Leistungen besser als solche ohne Expansionswindkessel und ohne Schieber- oder Kolbenüberdeckung. Bei der Wafferfaulenmaschine von Ph. Mayer ist aber die Größe der Expansionswindkessel vom Füllungsgrade abhängig, wenn die zur Luftkompression aufgewendete Arbeit vollständig wieder gewonnen werden soll, und dies kann daher nicht mehr vollständig der Fall sein, wenn bei gegebener Größe der Windkessel der Füllungsgrad der Maschine verändert wird. Man pflegt die Größe der Expansionswindkessel  $e$  und  $e_1$  (Fig. 32) für den größten Füllungsgrad zu berechnen; für kleinere Füllungsgrade reichen sie dann nicht aus, und deshalb bringt man seitlich ein Luftpfeil  $i$  und oben ein Druckventil  $m$  an, das durch eine Rohrleitung  $n$  mit dem oberen Teile des Hauptwindkessels verbunden ist. Wird durch früheren Abschluß der Einströmung die Saugperiode verlängert und die Luft im Expansionswindkessel mehr verdünnt, so tritt atmosphärische Luft durch das Saugventil  $i$  ein, und bei der darauffolgenden verlängerten Kompression wird der Ueberschuß in den Hauptwindkessel gepreßt. — Soll variable Leistung von Rotationswafferfaulenmaschinen durch Veränderung der Hublänge erreicht werden, so muß die Entfernung des Kurbelzapfens von dem Achsenmittelpunkt veränderlich sein. Größere Maschinen dieser Art baut F. Helfenberger in Rorschach; vgl. D.R.P. Nr. 12018, 53657 und 4635, 76903.

Die Wafferfaulenmaschine als Kleinmotor wird vorzugsweise als Rotationsmaschine mit doppelt wirkendem, ofzillierendem Zylinder gebaut, weil sie aus dem Bedürfnis entstanden ist, Hochdruckwafferleitungen in Städten vermittelst möglichst einfacher Motoren dem Klein-

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

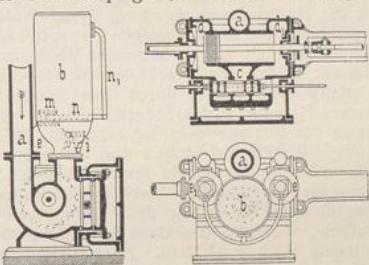


Fig. 32.

gewerbe dientbar zu machen. Sie sind kleinen Partialturbinen für diesen Zweck vorzuziehen, weil sie mit geringerem Wafferverluste arbeiten. Ihre Kolbengeschwindigkeit beträgt 0,6 m und mehr. Ihre Anlage und ihr Betrieb wird um so billiger, je höher der Druck des Einfallwassers ist. Nur der hohe Wafferzins, der in vielen Städten erhoben wird, steht ihrer allgemeineren Verbreitung entgegen.

A. Schmidts Motor (Fig. 33), vielleicht der verbreitetste derartige Kleinmotor, hat einen um zwei massive, auf der Mitte der Zylinderachse senkrecht stehende Zapfen oszillierenden, liegenden Zylinder *a*, unten mit einem Schieberriegel versehen, der nach einem Kreisbogen gekrümmmt ist, dessen Mittelpunkt in der Achse der Drehzapfen des Zylinders liegt. Der Schieberriegel ist auf eine ebenso gekrümmte Fläche des mit dem Gestelle vereinigten Steueraufschliffen, woran das Ein- und Abfallrohr sich so anschließen, daß das Einfallwasser durch die mittlere Öffnung des Steueraufschliffen in den Zylinder tritt und das Abfallwasser durch die seitlichen Öffnungen desselben ausfließt. Das Einfallrohr kommuniziert mit einem dicht bei dem Zylinder stehenden Windkegel *f*. Die Zylinderzapfen sind in zwei einarmige Hebel *c* gelagert, deren eines Ende das Schwungradlager so umschließt, daß es als Drehpunkt des Hebels dient, während die beiden andern Enden durch eine Traverse *d* verbunden sind. Diese kann durch die Mutter einer unten im Gestelle befestigten Schraube *e* niedergedrückt und dadurch dichter Anschluß des Schieberriegels an den Steueraufschliffen erzielt werden. Da aber dessen Radius und folglich die hier zu verrichtende Reibungsarbeit verhältnismäßig groß ist, arbeitet die Maschine vorteilhafter, wenn noch ein wenig Gleitflächen entweichen kann. Bei einer 1872 von der städtischen Baubehörde in Zürich ausgeriebenen Konkurrenz zeichnete sich der Schmidtsche Motor durch den größten Wirkungsgrad von 80—90% aus. Er machte 150—180 Umdrehungen in der Minute und konnte etwa  $1\frac{1}{2}$  PS. abgeben.

Kröbers Wafferaulnenpumpe (Fig. 34), D.R.P. Nr. 14760, ist eine der Schmidtschen ähnlichen Wafferaulnenmaschine, die einen Teil ihres Einfallwassers zu einem Orte hinaufdrückt, der höher liegt als derjenige, wovon es herkommt. Sie unterscheidet sich von der Schmidtschen dadurch, daß der Steueraufschliff am hinteren Zylinderende angebracht ist, und die Drehzapfen ihm so nahegelegt sind, daß der Krümmungsradius der Schieberfläche und die zu ihrer Bewegung erforderliche Reibungsarbeit entsprechend vermindert werden. Ferner ist die Kolbenstange zu einem Plungerkolben verdickt, der vor dem Treibkolben nur einen ringförmigen Raum frei läßt, dessen Querschnitt je nach der zu hebenden Waffermenge ein Zehntel bis ein Drittel des Treibkolbenquerschnittes beträgt. Das Einfallwasser gelangt durch den Rohrsutzen *a* und die innere Kammer *b* des Steueraufschliffen in die mittlere Öffnung des Schieberriegels, während dessen untere Öffnung mit dem Abfallrohr *c* und die obere mit dem Steigrohr *d* kommuniziert. In der abgebildeten Stellung gelangt dann das Einfallwasser durch den Zylinderkanal *e* in den ringförmigen Raum vor dem Treibkolben und schiebt ihn mit verhältnismäßig geringer Kraft zurück, während das dahinter befindliche Wasser durch die untere Öffnung des Schieberriegels nach *c* abfließt. Nach Beendigung des Kolbenrückgangs tritt die untere Schieberöffnung im Zylinder vor die mittlere des Steueraufschliffen, das Einfallwasser schiebt daher den Kolben mit voller Kraft vorwärts und drückt das in dem ringförmigen Raum vor dem Kolben befindliche Wasser durch den Kanal *e* in das Steigrohr *d*. Diese Maschinen sind für starke Quellen (bis zu 10 l in der Sekunde) bei größerem Betriebsgefälle vorzüglich geeignet und ergeben Wirkungsgrade von 72—80%.

Beztiglich Wafferaulnenmaschinen vgl. man ferner: D.R.P. Nr. 1155, 1544, 1831, 2121, 3213, 3967, 4026, 4261, 5015, 5199, 6006, 6399, 6647, 6999, 7257, 7274, 7927, 9024, 9570, 9683, 9775, 10311, 10335, 10905, 11931, 13355, 13742, 14520, 16968, 17983, 18490, 19363, 28135, 29075, 37269, 39082, 39897, 41265, 41286, 43352, 46190, 46336, 48723, 49968, 51192, 51406, 53686, 54530, 54575, 54945, 56249, 60114, 63493, 66352, 68867, 71234, 72931, 74316, 76480, 86684, 87376, 97315, 116722, 122077, 142652, 143961, 146043, 167870, 199969.

Literatur: [1] Redtenbacher, Theorie und Bau der Wafferräder, Theorie und Bau der Turbinen, Mannheim 1860. — [2] Rittinger, Theorie und Bau der Rohrturbinen, Prag 1861. — [3] Werner, R. R., Theorie der Turbinen, Berlin 1869. — [4] Girardin, M. H., Théorie des moteurs hydrauliques, Paris 1872. — [5] Redtenbacher, Resultate, herausgegeben von Grashof, Heidelberg 1875. — [6] Valet, Principes de la construction des turbines etc., Paris 1875. — [7] Callon, Cours de la construction des machines hydrauliques, Paris 1875. — [8] Richelmy, Intorno alle turbine a distribuzione parziale, Turin 1875. — [9] Rühlmann, M., Allgemeine Maschinenlehre, Bd. 1, Braunschweig 1875. — [10] Weisbach-Herrmann, Ingenieur- und Maschinenmechanik, 2. Teil, 2. Abt., Braunschweig 1883—87. — [11] Fink, C., Theorie und Konstruktion der Turbinen, Berlin 1877. — [12] v. Reiche, Gesetze des Turbinenbaues, Berlin 1877. — [13] Benetti, J., Teoria dei motori hydraulici, Padua 1877. — [14] Kofak, G., Katechismus der Einrichtung und des Betriebs der Motoren für Kleinindustrie, Wien 1877. — [15] Hell, P., Die wichtigsten Kleinkraftmaschinen, Berlin 1878. — [16] Lehmann, J. C. B., Ueber Turbinen, deren Konstruktion u. f. w., Berlin 1879. — [17] Mühl, A., Bericht über die Weltausstellung in Paris, die Motoren des Kleingewerbes, Wien 1879. — [18] Uhlands Skizzenbuch f. d. prakt. Maschinenkonstrukteur, Bd. 7, Leipzig 1878—90. — [19] Towbridge, W. P., Turbine Wheels, theoretical

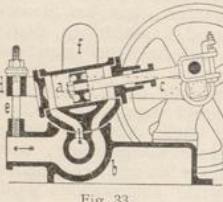


Fig. 33.

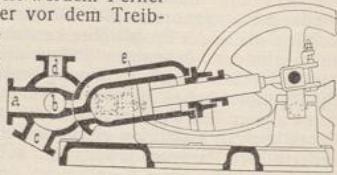


Fig. 34.

investigation, New York 1879. — [20] Uhland, W. H., Handbuch des praktischen Maschinenkonstrukteurs, Bd. 1, 2. Abt., Leipzig 1880—86. — [21] Hofemann, P., Ueber Kleinkraftmaschinen, Berlin 1881. — [22] Bork, F. W., Die Kraftmaschinen für das Kleingewerbe, Berlin 1881. — [23] Fleischer, E., Der Hydromotor u. die Phyzik des Hydromotors, Kiel 1882. — [24] Caligny, A., Recherches théoriques et expérimentales sur les oscillations de l'eau et les machines hydrauliques à colonnes liquides oscillantes, Paris 1883. — [25] Bach, C., Die Wafferräder, Stuttgart 1886. — [26] Knoke, J. O., Die Kraftmaschinen des Kleingewerbes, 2. Aufl., Berlin 1899. — [27] Hermann, Graphische Theorie der Turbinen und Kreiselpumpen, 2. Aufl., Berlin 1900. — [28] Böck, R., Waffermotoren, in Karmarsch u. Heerens, Technologisches Wörterbuch, bearbeitet von Kick u. Gintl, Prag 1889. — [29] Grashof, F., Theoretische Maschinenlehre, Bd. 3, Kraftmaschinen, Hamburg 1890. — [30] Ludewig, H., Allgemeine Theorie der Turbinen, Berlin 1890. — [31] Claussen, E., Die Kleinmotoren, Berlin 1891. — [32] Reifer, J., Einfache Berechnung der Turbinen, Zürich 1892. — [33] H. Queva & Co., Turbinenbau, Berlin 1892. — [34] Buchetti, Les moteurs hydrauliques actuels, 2. Aufl., Paris 1902. — [35] Lavergne, Les turbines, 2. Aufl., Paris 1904. — [36] Die Knopturbine von Briegleb, Hansen & Co., Gotha 1893. — [37] Linnebrügge, Berechnung und Bau der Radialturbinen, Hamburg 1894. — [38] Biorling, Water or hydraulic motors, London 1894. — [39] Bodmer, Hydraulic motors: turbines and pressure engines, 2. Aufl., London 1902. — [40] Box, Practical hydraulics, London 1895. — [41] De Volson Wood, Theory of turbines, New York und London 1895. — [42] Chaudy, Machines hydrauliques, Paris 1896. — [43] Lefèvre, Les moteurs, Paris 1896. — [44] Präsil, Die Turbinen und deren Regulatoren auf der schweiz. Landesausstellung in Genf 1896, Zürich 1897. — [45] Meißner, Die Hydraulik und hydraul. Motoren, 2. Aufl., neu bearbeitet von Hederich u. Nowak, Bd. 2, Jena 1897. — [46] Blaine, Hydraulic machinery, London 1897. — [47] Perdoni, Idraulica, Mailand 1897. — [48] Schulte, Wirkungsweise des Wassers im Laufrad der Turbine, Berlin 1897. — [49] Bayrich, Berechnung und Ausführung der Wafferräder, Hildburghausen 1898. — [50] Mufil, Die Motoren für Gewerbe und Industrie, 3. Aufl. von „Die Motoren für die Kleingewerbe“, Braunschweig 1898. — [51] Henne, Die Wafferräder und Turbinen, 2. Aufl. von Neumanns „Hydraulische Motoren“, Weimar 1898. — [52] Zeuner, G., Vorlesungen über Theorie der Turbinen, Leipzig 1899. — [53] Keßler, J., Berechnung und Konstruktion der Turbinen, Hildburghausen 1899. — [54] Vigreux, Ch., Turbines centrifètes et Turbines mixtes, Paris 1899. — [55] Brauer, E. A., Grundriß der Turbinentheorie, Leipzig 1899. — [56] Marks, G. Groydon, Hydraulic power engineering, London 1901. — [57] Hederich, H., Die hydraulischen Motoren (auschließlich Turbinen und Wafferräder), Jena 1899. — [58] Henriotte, J., Turbines hydrauliques, pompes et ventilateurs centrifuges, Paris 1900. — [59] Innes, Ch., The centrifugal pumps, turbines and water motors, 3. Aufl., Manchester 1902. — [60] Reichel, E., Der Turbinenbau auf der Weltausstellung in Paris, Berlin 1902. — [61] Escher, R., Die Schaufelung der Francis-Turbinen, Zürich 1903. — [62] Graf, O., Theorie, Berechnung und Konstruktion der Turbinen, München 1904. — [63] Robinson, H., Hydraulic power and hydr. machinery, 3. Aufl., London 1904. — [64] Bauersfeld, W., Die automatische Regulierung der Turbinen, Berlin 1905. — [65] Wagenbach, W., Neuere Turbinenanlagen, Berlin 1905. — [66] Pfarr, A., Die Turbinen für Wafferbetrieb, Berlin 1907. — [67] Thomann, R., Die Wafferturbinen, ihre Berechnung und Konstruktion, Stuttgart 1908. — [68] Kaplan, V., Bau rationeller Francisturbinalaufräder, München u. Berlin 1908. — [69] Holl, P., Der Turbinenrechenchieber und seine Anwendung zur Projektierung von Wafferkraftanlagen, Berlin 1908. Zahlreiche Mitteilungen finden sich auch in der Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing., dem Journ. f. Gasbel. u. Wafferverf. u. f. w. *Th. Beck.*

**Waffernafe**, f. Wafferschlag.

**Wafferpolster**, f. v. w. Wafferkissen (f. d.).

**Wafferquerschnitt**, f. Querprofil der Flüsse und Kanäle.

**Wafferräder**, f. Waffermotoren, S. 855.

**Wafferrecht**, die Gefetze und Vollzugsverordnungen über Eigentum, Benutzung und Schutzvorkehrungen am Waffer.

Die Bestimmungen weichen in den verschiedenen Kulturstaaten fein voneinander ab; sie umfassen im allgemeinen — abgesehen von privatrechtlichen Verhältnissen — die Benutzung und Unterhaltung der sogenannten öffentlichen Gewässer, die Fischerei und Flößerei, den Hochwasserchutz und die Schiffahrt auf Flüssen und Kanälen. Die moderne Rechtsauffassung drängt dahin, alle ständig fließenden Gewässer für öffentliche zu erklären, also zu dem schon vom römischen Recht eingenommenen Standpunkte, jedes Privateigentum an solchen Gewässern auszuschließen. Durchgeführt ist aber diese Auffassung bis jetzt in vollkommener Weise nirgends; ebenso wenig ist der Tatsache, daß Quellen und Grundwasserströmungen integrierende Bestandteile der fließenden Wafferwelle und daß auch die Binnenseen fließende Gewässer sind, Rechnung getragen. Das Deutsche Reich hat nach Art. 65 des Einführungsgesetzes zum Bürgerlichen Gefetzbuch das Wafferrecht den landesgesetzlichen Vorschriften der einzelnen Bundesstaaten überlassen; bis jetzt bestehen befondere, kodifizierte Waffergesetze in Baden [1], Bayern [2], Braunschweig [3], Elsfab-Lothringen [4], Hessen [5], Sachsen (Königreich) [6], Sachsen-Meiningen [7], Sachsen-Weimar [8], Württemberg [9]. Der im Königreich Preußen 1894 aufgestellte Entwurf ist bis jetzt noch nicht verabschiedet. In Öesterreich bestehen das Reichsgesetz vom 30. Mai 1869, und betreffend die der Reichsgesetzgebung vorbehalteten Bestimmungen des Wafferrechts, und daneben 17 Landesgesetze aus den Jahren 1870—75.

Literatur: [1] Badisches Waffergesetz vom 26. Juni 1899. — [2] Gesetze vom 28. Mai 1852, die Benutzung des Waffers, die Bewässerungs- und Entwässerungsunternehmungen zum Zweck der Bodenkultur, den Uferschutz und den Schutz gegen Überschwemmungen betreffend. —

[3] Waffergesetz vom 20. Juni 1876. — [4] Gesetz vom 2. Juli 1891, betreffend Wafferbenutzung und Wafferschutz, vom 21. Juni 1865, betreffend Syndikatsgenossenschaften; vom 17. April 1899 (Ausführungsgezet zum Bürgerl. Gefetzbuch). — [5] Gesetze vom 14. Juni 1887, vom 30. Juli 1887 und vom 30. September 1899. — [6] Gesetz vom 12. März 1909, Ausführ.-Verordnung vom 21. September 1909. — [7] Gesetz vom 6. Mai 1872, die Benutzung und die Behandlung der Gewässer betreffend. — [8] Gesetz vom 16. Februar 1854 und Gefetzesnachtrag vom 21. Mai 1872. — [9] Waffergesetz vom 1. Dezember 1900. S. a. Strafrecht, S. 336.

**Wafferreinigung**, die Befreiung des Waffers von Zumischungen, welche für die weitere Verwendung desselben unerwünscht sind.

Die Reinigung städtischer Abwasser s. unter Kläranlagen, Berieselung mit städtischem Kanalwasser und Flussverunreinigung; jene der Abwasser im Bergbau s. Klärung der Waschwasser; vgl. a. Abwasser und [1], ferner Ablagerungsbassins, Filter, Filterpressen und Kesselsteinmittel. Die Entfernung der Suspensionen erfolgt durch Klärbassins und Filter (f. d. und [2], S. 340—345); im folgenden soll deshalb nur die Wafferreinigung für gewerbliche Zwecke beprochen werden.

Die Entfernung des Eisens sowie der Kalk- und Magnesialösungen aus dem Waffer ist dringend geboten bei Dampfkesselpfeisungen (f. Kesselreinigung, Kesselpfeifewafferreiniger, Kesselstein, Kesselsteinmittel). Zerstörend auf die Kesselbleche wirkt die Anwesenheit von Ammoniaksalzen, zerlegbaren Fetten, Kohlensäure, Luft, Humusäure, Chlor-magnesium u. f. w.; Petroleumzufatz (vgl. D.R.G.M. Nr. 73989) ist zur Abbröckelung von Kesselsteinchichten zwar dienlich, aber wegen entstehender Wärmestauungen gefährlich. — Bei der Bleicherei, Druckerei, Färberei, Papierfabrikation, Tuchfabrikation, bei Waschanstalten u. f. w. ist die Härte des Waffers (f. S. 840) ebenfalls schädlich, noch mehr der Rostflecken erzeugende Eifengehalt. Besonders beim Färben verhindern die Kalk- und Magnesialalze das gleichmäßige Angehen der Farbstoffe. Beim Entfetten und Waschen der Wolle bilden sich aus kalkhaltigem Waffer Kalkseifen auf den Fafern, welche die Färbung erschweren; auch wird durch Bildung von fettfauerm Calcium und Magnesium ein Teil der Seife unwirksam gemacht, was besonders bei Waschanstalten und bei der Papierfabrikation (Zersetzung der Harzseife) empfindlich ist. Bei der Leimfabrikation ist weiches, eisenfreies Waffer unbedingt erforderlich, ebenso in Stärkefabriken, Brennereien, Glasfabriken u. f. w. — Harte Waffer sind nur in der Seidenfabrikation, in der Lederfabrikation zum Schwellen der Häute, bei der Malzbereitung, in der Brauerei und als Trinkwasser benutzbar; indessen ist auch in diesen Fällen der Eifengehalt stets schädlich. Waffer, welches Nitrate, Alkalikarbonate und Sulfate enthält, eignet sich nicht zur Zuckerfabrikation; auch bei der Tonwarenfabrikation soll das Waffer frei sein von Sulfaten und Chloriden. — Ammoniak- oder schwefelwaffertstoffhaltige, mit übermäßig viel organischer Substanz oder faulenden Stoffen beladene und gefärbte Waffer sind für Gewerbebetrieb und Wafferverfogung unbrauchbar. Zur Entfernung von Säuren aus Gebrauchswäffern hat Wehner-Frankfurt a. M. ([2], S. 353) die Vakuumreifelung empfohlen und in der neueren Zeit praktisch ausgebildet.

**Eisen** entfernt man aus dem Waffer durch Oxydation des im Waffer gelösten Eisenoxyduls zu unlöslichem Eisenoxydhydrat; sie erfolgt zum Teil von selbst, wenn das Waffer in feuchten Kanälen geleitet wird, durch das Entweichen der Kohlensäure und Berührung mit der atmosphärischen Luft. Die Ausscheidung des Eisens erfolgt auch durch Erwärmung und kann dadurch beschleunigt werden, daß man entweder nach Oesten [3] das Waffer mittels Regenbrausen mit der Luft in Berührung bringt oder nach Piecke [4] durch Regenbrausen über ein Kokskörper ergießt, wobei es mit großen Flächen in Berührung tritt, auf welchen sich die Zersetzung des Eisenoxyduls unter Einwirkung von Luft rasch vollzieht. In beiden Fällen wird der Niederschlag (Eisenoxydhydrat) in Filtern zurückgehalten, unter welchen dann reines, eisenfreies Waffer abfließt; Näheres f. [5]. Ein weiteres Verfahren haben Desein & Jacobi-Hamburg und Darapsky ([2], S. 350) ausgebildet, bei welchem die Belüftung des Waffers im geschlossenen Wafferstrom erfolgt. Vgl. a. D.R.P. Nr. 114709, 115519, 125395, 126808, 141278, 142929, 145797, 148404, 153472, 154792, 168631, 179417, 180687 u. f. w. Die meisten der unten für Entfernung der Kalkalze arbeitenden Firmen stellen auch Enteifungsanlagen her.

Die Entfernung der Kalkalze aus dem Waffer erfolgt meist durch kohlenfaures Natron (Soda) und Kalkmilch (Kalkwasser); mit ersterem fällt man die an Säuren gebundenen Kalkalze, mit letzterer die Bikarbonate des Kalkes und auch der Magnesia. Die an Schwefelsäure, Salpeteräure oder Chlor gebundene Magnesia wird mit Aetznatron ausgefällt. Ohne Kalkmilch arbeiten jene Verfahren, welche den Schwefelfauern Kalk mit Soda ausscheiden und durch Erwärmung des Waffers bis nahe an den Siedepunkt die doppeltkohlenfauern Salze zersetzen. — Jeder Grad der temporären oder schwindenden Härte (f. Waffer) erfordert pro Kubikmeter ca. 10 g Calciumoxyd, jeder Grad der permanenten Härte ca. 20 g kohlenfaures Natron. Zur Verwendung gelangen gebrannter fetter Kalk und calcinierte Soda (f. S. 143), welch letztere ca. 98 % kohlenfaures Natron enthält. Patente und Firmen für die mit Kalk und Soda arbeitenden Apparate sind sehr zahlreich; wir verweisen auf die Kataloge von Babcock & Wilcox-Oberhausen (D.R.P. Nr. 175192), Breuer-Höchstädt a. M., Büttner-Uerdingen, Dehne-Halle (D.R.P. Nr. 34415, 43825, 82030), Grimme-Natalis Co.-Braunschweig (D.R.P. Nr. 45708), Gutmann-Hamburg, Halvor-Breda-Berlin, Humboldt-Kalk (D.R.P. Nr. 34914, 38032, 59229), Kefstein-Braunschweig, Körting-Körtingsdorf (D.R.P. Nr. 160131, 161742), Kröhnke-Hamburg (D.R.P. Nr. 146402), Kyll-Cöln (D.R.P. Desrumaux Nr. 66034, 167796), Reichling-Dortmund, Reifert-Cöln (D.R.P. Dervaux Nr. 48268, 61025, 61029, 72007, 84660, 97438), Schröter-Reppen, Schumacher-Cöln, Schumann u. Co.-Düsseldorf, Seiffert-Halle, Seitz-Nürnberg, Steinmüller-Gummersbach u. f. w.; ferner auf die D.R.P. Nr. 58676, 72052, 96061, 97079, 105849, 107948, 134093, 134770, 137271, 137426, 138555, 140990, 141667,

146404, 157810, 158326, 159378, 160683, 162778, 162861, 163749, 164713, 166854, 168631, 172761, 174060, 175192, 175371, 179011, 180184 u. f. w. Im allgemeinen geht bei hoher Wassertemperatur die Abscheidung der Salze rascher und vollständiger vor sich als bei kaltem Wasser; auch werden im ersteren Falle Kohlensäure und Luft ausgetrieben. Die Feststellung der Zufüsse ist natürlich nur nach genauer Analyse des Wassers möglich, und da letzteres seine Beschaffenheit vielfach ändert, so müssen auch die Zufüsse verschieden dosiert werden. Die Untersuchung des gereinigten Wassers auf die Richtigkeit der angewandten Zufüsse [6]. — In der Hauptfache dienen die Apparate zur Reinigung von Kesselspeisewasser (Speisewasserreiniger) und zwar wird dieses sowohl im Kessel selbst (Kesselreinigung, Bd. 5, S. 445, und [7]) als auch vor dessen Einführung in den Kessel durch Vorwärmung und Vorreinigung [8] vollzogen. Fig. 1 gibt nach [6], S. 15, ein Bild des Verfahrens der Vorreinigung mit Kalk und Soda; in vielen Fällen wird ein besonderer Filter für das aus dem Reinigungsraum *S* austretende Wasser entbehrlich. Als ein Uebelstand der Reinigung mit Kalk und Soda wird die Bildung von doppelkohlenfauern Natron empfunden, das mit dem Speisewasser in den Kessel gelangt und sich dort infolge der starken Erwärmung wieder in Soda zurückverwandelt. Es entsteht dann nicht nur ein unnötig großer Verbrauch von Soda, sondern vielfach auch ein lästiges Schäumen des Kesselspeisewassers mit unliebsamen Nebenerscheinungen (z. B. eine Inkrustation der Kesselmaturen, das „Spucken“ der Lokomotiven u. f. w.). Reichling-Dortmund hat zur Vermeidung dieser Uebelstände ein Regenerativverfahren ausgebildet, bei dem ein Teil des heißen fodahaltigen Kesselspeisewassers zur Erwärmung des zu reinigenden Rohwassers und gleichzeitig wieder zum Füllen des doppelkohlenfauern Kalkes benutzt wird, so daß bei seinen Apparaten nicht mehr als die zum Zersetzen des etwa vorhandenen schwefelfauern Kalks, des Chlorcalciums u. f. w. nötige Soda erforderlich ist. Gründlicher Abhilfe scheint das von Reisert-Cöln ausgebildete Barytverfahren zu schaffen, bei dem kohlenfauern Baryt in größeren Mengen in den Reinigungsapparat verbracht wird (bei Anwesenheit von doppelkohlenfauern Kalk unter Zugabe einer Aetzalklöfung). Sowohl die freie als die gebundene Schwefelfäure wird von dem kohlenfauern Baryt aufgenommen; insbesondere der hauptsächliche Kesselsteinbildner, der schwefelfaure Kalk, wird in einfacher kohlenfauern Kalk und schwefelfaurem Baryt umgesetzt, die als Schlamm ausfallen. Ueberschüssiger kohlenfauerner Baryt ist im Wasser sehr schwer löslich; von den in dem Apparat befindlichen Vorräten wird also annähernd nur so viel verbraucht, als durch die Schwefelfäure im Rohwasser bedingt ist. Das Verfahren wird in neuester Zeit vielfach angewendet.

Bei der Wiederverwendung von Abdampf- und von Kondensationswassen (zur Kesselspeisung oder zu andern Zwecken) erweist sich — aus bekannten Gründen — eine Entfettung (Entölung) als notwendig. Trotz verschiedener Bedenken gegen diese Wiederverwendung (vgl. [9]) findet in neuester Zeit — schon wegen der Rückgewinnung der Fette u. f. w. — zahlreiche Einrichtungen für diese Entfettung im Gebrauch (vgl. a. Oelabscheidern). Grundsätzlich unterscheiden sich dieselben voneinander durch das Verfahren der direkten Abscheidung mittels Abstehenlassen der Kondensate bzw. rein mechanische Fällung des Oels

aus dem Wassertdampf oder durch Anwendung chemischer Zufüsse zum Zweck der Flockenbildung u. f. w. Filtertücher, welche der Dampf durchdringt und mit Oel sättigt, sind in [9] beschrieben; zwei hintereinander geschaltete, mit präpariertem Zellstoff gefüllte Behälter, wie in Fig. 2 dargestellt (System Breda-Holz), arbeiten nach gleichem Prinzip. Bei den von H. Schafflädt-Gießen in den Handel gebrachten Zentrifugalabdampfentölern dringt der ölige Dampf in einer

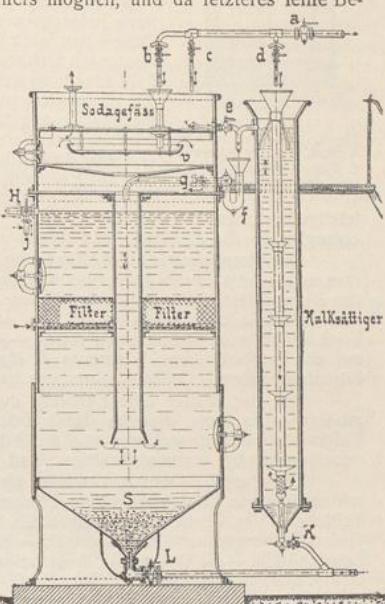


Fig. 1. Wasserwärmereiniger und -vorreiniger. *a* Zufluß des Rohwassers. *b* Rohwassereinlaß zum Vorwärmereiniger. *c* Rohwassereinlaß zum Sodagefäß. *d* Rohwassereinlaß zum Kalktäpfel. *e* Ausfluß der Sodaalange. *f* Ausfluß der Mischung von Kalkwasser und Sodaalange. *g* Dampfentnahmestutzen zum Vorwärmereiniger. *h* Dreiweghahn zum Ablassen des gereinigten Wassers und zur Filterfüllung. *j* Ablauf des eventuell entstehenden Spülwassers. *k* Leerauf für den Kalkschlamm. *l* Leerauf für das Reinigungsraum-Schlamm.

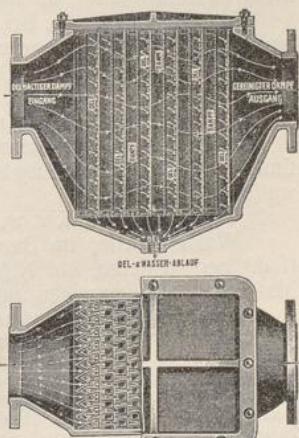


Fig. 2.

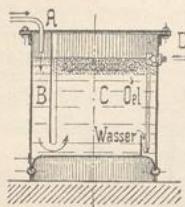


Fig. 4. A Zulauf des Oelwaffers. B Scheidewand. C Trennungsraum. D Ablauf des entstehenden Waffers.

mit durchlochtem Mantel umgebenen Spirale abwärts, schleudert Oel und Waffer durch den Mantel aus und strömt sodann durch ein im Innern des Apparates angebrachtes Kernrohr weiter (vgl. die Prospekte der genannten Firma). Bei den sogenannten Stoßkraft dampfentölern wird der ölhaltige Dampf zunächst in viele schmale Streifen geteilt und sodann nach besonderen Oelfängern getrieben, aus welchen die abgeschiedenen Oelteilchen nach besonderer Oelkammer abfließen, aus welcher sie ständig oder nach Öffnen eines Ablauftisches abgelassen werden können. Fig. 3 stellt einen derartigen Apparat von Scherer & Co.-Feuerbach dar (vgl. die Prospekte von Brunner & Bühring - Mannheim). Der Abfluß von mechanisch abgetrenntem Oel und Waffer gelangt entweder in Klärbecken oder in besondere Oelabscheider, wie sie z. B. in Fig. 4 dargestellt sind.

Unter Anwendung chemischer Zusätze arbeitende Apparate beschränken sich auf Entölung von Kondensationswaffern und wirken ähnlich wie die früher beschriebenen Speisewaffereiniger; nahezu alle Firmen, welche letztere herstellen, bauen auch Apparate für Kondensationswafferentölung. Eine Flockenbildung erzeugt auch die elektrolytische Auscheidung von Oel aus dem Kondensationswaffer [10].

Zur Reinigung des Waffers von organischen und organisierten Substanzen benutzt man auch Zusätze von Kaliumpermanganat, Kupfervitriol u. f. w.; sie vollzieht sich übrigens in der Regel gleichzeitig mit dem Fällen der Bikarbonat durch Kalkmilch (f. Kläranlagen) und ebenso in den Sandfiltern u. f. w. In neuerer Zeit hat sich — besonders zur Befreiung des Trinkwaffers von pathogenen Keimen — das Ozonieren des Waffers ausgebildet; wir verweisen auf die Prospekte von Siemens & Halske-Berlin und auf [2], S. 375, wofür zahlreiche Literaturangaben. Große Verbreitung hat das Verfahren bis jetzt nicht gefunden.

Hat das Waffer eine Färbung durch organische Stoffe — z. B. bei Herkunft von Torfmooren — so kann dieselbe durch Zusatz von Aluminiumsulfat oder Eisenchlorid mit etwas Kalkmilch beseitigt werden; mit denselben Mitteln erfolgt auch die Geruchsbeseitigung (Desodorierung) bei ammoniakhaltigen und schwefelwaffersulfithaltigen Waffern.

Literatur: [1] Dunbar, Leitfaden für die Abwaffereinigungsfrage, München und Berlin 1907, mit zahlreichen Literaturangaben; Lübbert, A., Einführung in die Frage der Abwaffereinigung, Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1909, S. 26, 57, 135; Aufbereitung der Fabrikationsabwaffers u. f. w., Gefundesingenieur 1898, S. 400 ff. — [2] Lueger, O., Die Wafferverförgung der Städte, 2. Abt., Leipzig 1908. — [3] Oefen, G., Auscheidung des Eifens aus eisenhaltigem Grundwaffer, Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1890, S. 1343; Derf., Auscheidung des im Grundwaffer der nordd. Tiefebene enthaltenen Eifens, Gefundesingenieur 1890; Derf., Enteisenung des Grundwaffers, Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1900, S. 976; 1906 S. 1114. — [4] Piefke, Reinigung des Waffers von Eifens, Journ. f. Gasbel. u. Wafferverf. 1891, S. 61. — [5] Bericht über die 21. Versammlung des Deut. Ver. f. öffentl. Gefundespflege zu Kiel, Braunschweig 1897, S. 9—55; Fischer, F., Das Waffer, feine Verwendung, Reinigung und Beurteilung, Berlin 1898. — [6] Morgenstern, C., Waffervorwärmer und Vorreiniger, Stuttgart 1900. — [7] Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1907 S. 1513, u. 1908 S. 1134. — [8] Rottmann, Die mechanische Klärung und Filterung im Waffereiniger, ebend. 1906, S. 1947. — [9] Ebend. 1906, S. 1742 u. 1779; 1907, S. 1641. — [10] Ebend. 1907, S. 761. Lueger.

#### Wafferfäulenmaschinen, f. Waffermotoren, S. 864.

**Wafferschlag** (Wafferschräge), steiler Abfall vorspringender Gurten und Simse zur Ableitung des Regenwaffers von den Mauern. An der Unterkante des vorspringenden Gliedes ist außerdem eine Waffernase (f. die Figur) nötig, damit das Waffer dort abtropft und nicht durch Adhäsion an die Mauer zurückläuft.

Weinbrenner.

**Wafferschloß**. 1. Bei Turbinenanlagen der im Oberwaffer vor dem Waffereinlauf zur Turbine angebrachte Vorbau mit Rechen, Einlaßschütze und Bedienungsfrieg u. f. w. 2. Bei der Wafferverförgung eine architektonisch ausgebildete Brunnenstube.

Weinbrenner.

#### Wafferfeige, f. Stönn und Strecken.

**Wafferspeier**, die in neuerer Zeit wenig mehr angewendet, an den Geimfen angebrachten Ausgäufe, um das in der Wafferrinne gefammelte Regenwaffer abzuführen.

Weinbrenner.

#### Wafferspiegel, f. v. w. Wafferoberfläche.

**Waffertände**, im Bauingenieurwesen die gewöhnlich mittels der Pegel (f. d.) beobachteten, auf N.N. bezogenen Spiegellagen der offenen Gewässer, im Maschineningenieurwesen (abkürzungswise) die Waffertandszeiger (f. d.).

Bei den Hochwaffertänden unterscheidet man den höchsten bekannten Stand (HHW) und das normale Hochwaffer, d. h. das Mittel aller in einem langen Zeitabschnitt (30—50 Jahre) beobachteten Jahreshochwaffertände (HW). — Winterhochwaffer (WHW) und Sommerhochwaffer (SHW) find in unserm Klima das arithmetische Mittel aller im Winter bzw. im Sommer über dem Mittelwaffertande (f. unten) gelegenen Monatswaffertände. — Der Mittelwaffertand (MW) ist der absolute mittlere Waffertand aller Monatswaffertände eines langen Zeitabschnittes. Auch hier unterscheidet man in unserm Klima manchmal noch Wintermittelwaffer (WMW) und Sommermittelwaffer (SMW), d. h. das arithmetische Mittel aller Waffer-

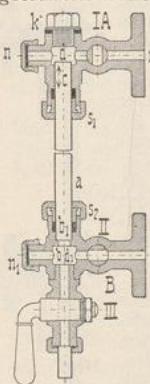
stände in den Winter- bzw. Sommermonaten einer langen Periode. — Nicht zu verwechseln mit dem Mittelwasserstand ist der gewöhnliche Wasserstand (GW), welcher an ebensoviel Tagen des Jahres überstiegen als unterschritten und ebenfalls aus Beobachtungen eines längeren Zeitabschnittes berechnet wird. — Der Niedewasserstand ist in unferm Klima bei nicht alpinen Flüssen (oder bei nicht von solchen gespeisten Seen u. f. w.) in der Regel dem Sommerwasserstand entsprechend; bei alpinen Flüssen fällt er meist in den Winter. Auch hier unterscheidet man einen Niedrigwasserstand (NNW), d. h. das überhaupt in langem Zeitraum beobachtete kleinste Wasser und das gemittelte Niedewasser (NW), d. h. das arithmetische Mittel aller unter dem Mittelwasserstand (f. oben) gelegenen Monatswasserstände. — Die Berechnung der Wassermengen aus den Wasserständen von Flüssen ist nicht ohne weiteres möglich, sondern erfordert besondere Studien, die mit den Verhältnissen an der Meßstelle eng verknüpft sind und deshalb allgemein nicht behandelt werden können; vgl. dazu Querprofile der Flüsse und Kanäle.

Lueger.

**Wasserstandstelegraph**, f. Alarmvorrichtungen, Bd. 1, S. 126, Pegel. Wasserstandszeiger dienen zum bequemen Erkennen des Wasserstandes für Behälter mit undurchsichtiger Wandung.

Für **offene Behälter** (z. B. Wasserbehälter für Wasserversorgung) benutzt man meistens einfache Schwimmervorrichtungen, die einen über einer Skala gleitenden oder sich drehenden Zeiger betätigen. Auch **pneumatische Wasserstandszeiger** sind gebräuchlich, die aus einer auf den Boden des Behälters verankerten Tauchglocke in Verbindung mit einem Quecksilber- oder Federanometer bestehen. Die in der Tauchglocke abgesperrte Luft wird durch den mit dem Wasserstande sich ändernden Wasserdruk mehr oder weniger zusammengepreßt, und diese Druckänderungen werden durch das Manometer angezeigt. Beide Arten von Wasserstandszeigern (Schwimmer bzw. pneumatischer Zeiger) ermöglichen, den Wasserstand auch in einem fernliegenden Raum erkennbar zu machen.

Für **geschlossene, unter Druck stehende Behälter** (Windkessel von Pumpen, Dampfkessel u. f. w.) benutzt man vorwiegend Wasserstandsgläser, meistens mit runder Glasröhre (Fig. 1—7), seltener mit ebener Glasplatte (Fig. 8 und 9). Die folgenden Angaben beziehen sich auf Wasserstandsgläser für Dampfkessel. Der obere Wasserstandskopf A (Fig. 1) enthält den Absperrhahn I und die zur Befestigung und Abdichtung des Glases erforderliche Stopfbuchse  $s_1$ . Die obere mit dem Gewindeputzen  $k$  verschloßene Öffnung ermöglicht die Einführung des Wasserstandsglases  $a$ . Da sich die Öffnung  $m$  mit Kesselfelsen zufetten kann, wodurch eine falsche Anzeige des Wasserstandes und eine Gefährdung des Kessels entstehen würde, so muß gegenüber von  $m$  eine Öffnung  $n$  vorhanden sein, die das Durchstoßen eines dünnen spitzen Gegenstandes zur Befestigung der Verstopfung ermöglicht. Die Öffnung  $n$  ist gewöhnlich mit einer leicht lösbarer Kapself verschlossen. Der untere Wasserstandskopf B enthält den Absperrhahn II, die Stopfbuchse  $s_2$  und die Öffnung  $n_1$ ; außerdem ist noch ein Entwässerungs- oder Abblasehahn III vorhanden. An Stelle der Hähne I—III können auch Ventile verwendet werden. Zur Dichtung des Glasrohres in den Wasserstandsköpfen verwendet man Gummiringe. Da diese bei der Erwärmung aufquellen, so können sie bei falscher Konstruktion der Glashalter Verstopfungen der Glasröhre oder der Verbindungskanäle herbeiführen. Von Wichtigkeit ist es, daß die Glasröhre die richtige Länge und Dicke besitzt und in der richtigen Höhenlage eingesetzt wird, da eine zu hoch oder zu tief stehende Glasröhre die freie Verbindung mit dem Kesselinnern beeinträchtigt und Verstopfungen begünstigt. Der preußische Minister für Handel und Gewerbe stellte durch Erlaß vom 20. Februar 1899 im Anschluß an zwei durch verstopfte Wasserstandsgläser herbeigeführte Kesselaufschmelzen die folgenden Anforderungen auf, denen ein gut angeordneter Wasserstand genügen muß. Das Glas  $a$  (Fig. 1) muß sich im unteren Wasserstandskopf



auf den vorpringenden Rand  $b$  innerhalb einer zentralen Ausenkung  $b_1$  aufsetzen. Im oberen Wasserstandskopf muß das Glas eine hinreichend lange Führung  $c$  finden und etwas in den Hohlraum  $d$  hineinreichen. Die erweiterten Hohlräume  $d$  und  $d_1$  sind zur Verhütung des leichten Zufettens der Verbindungen mit dem Kesselinneren zweckmäßig. Das Glas muß möglichst dicht in die Bohrung des Hahnkopfes bei  $c$  passen. Die Bohrungen der Hähne I—III müssen schlitzartig verlängert werden, damit sich die Durchgangsöffnungen beim Nachschleifen der Hähne nicht verengen. Beim Einsetzen eines Glases muß daselbe mit einer Hand fest auf  $b$  gestoßen werden, so lange, bis die Überwurfmutter des unteren Hahnkopfes fest angezogen ist. Erst dann darf die Überwurfmutter oben angezogen werden, wobei das Glas stets nach unten zu drücken ist, damit es unten vom Sitz  $b$  nicht abgehoben werden und der Dichtungsgummi unten nicht durchquellen kann. Fig. 2 zeigt eine vom Bergischen Dampfkesselrevolutionsverein angegebene Konstruktion; neu ist besonders der mit Bügel und Führungsschaft versehene Anschlag  $o$ , der eine zu hohe Stellung des Glases verhindern soll. Es ist

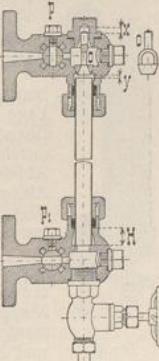


Fig. 2.

$x+y < H$  zu machen, damit auch bei ganz hochgezogenem Glase das Dichtungsmittel nicht in die untere Glasöffnung einquellen kann. Die Hähne sind mit Öffnungen  $p$  und  $p_1$  versehen, die während des Betriebes eine Schmierung der Hähne sowie eine Kontrolle daraufhin ermöglichen sollen, ob die Durchbohrungen der Hähne noch hinreichend mit denen im Gehäuse

übereinstimmen. Die Bohrungen  $m$  und  $p$  bzw.  $m_1$  und  $p_1$  (Fig. 1 und 2) müssen natürlich von vornherein richtig, d. h. zwischen denselben Ebenen liegend, ausgeführt werden. Die an den Dichtungsfächern der Hähne angeordneten Nuten werden mit Asphalt ausgefüllt und sollen eine sichere Dichtung bei leichter Beweglichkeit der Hähne ermöglichen. Es empfiehlt sich, den Durchmesser des Glases sowie die zu einer bestimmten Mittelentfernung der Wasserstandsköpfe gehörige Länge des Glases auf den Wasserstandsköpfen einzuschlagen.

Fig. 3 zeigt noch eine der Firma Willh. Strube in Magdeburg-Buckau patentierte Konstruktion. Das Glas wird nicht von oben, sondern von der Seite eingeführt und besitzt unten einen Flansch, der die richtige Höhenlage des Glases sichern soll.

Eine sehr beliebte Anordnung eines Doppelwasserstandsglases (jeder Dampfkessel ist nach dem Gesetz mit zwei Wasserstandszählern zu versehen) ist durch Fig. 4 wiedergegeben. Die Wasserstandsköpfe sind an einem aus Gußeisen oder auch aus Stahlguß gefertigten Gehäuse befestigt. Dieses wird mittels Flanschen an den Kessel angeschraubt. Der Querschnitt der Verbindungsleitung mit dem Kessel darf nach der gesetzlichen Vorschrift nicht kleiner als 60 qcm sein. Vielfach wird mit dem Gehäuse auch das Manometer verbunden, obwohl hierbei nicht selten das letztere durch Wärmestrahlen zu leiden hat. Werden die Wasserstandszähler an den gewölbten Stirnböden des Kessels angebracht, so ist es empfehlenswert, ebene Befestigungsschalen einzupressen zu lassen;

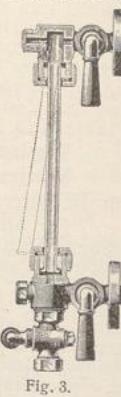


Fig. 3.

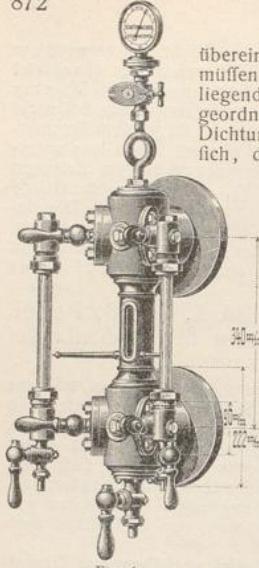


Fig. 4.

andernfalls muß an den Stirnboden ein Gußstück angenietet werden. Kann der Wasserstandszähler nicht unmittelbar mit dem Kessel verbunden werden, etwa wegen einer vorgebauten Feuerungsanlage, so muß die Verbindung von Kessel und Wasserstandszähler durch ausreichend weite Stutzen erfolgen, die möglichst der Einwirkung der Heizgase zu entziehen sind. — Infolge der oft bedeutenden Temperaturänderungen, denen die Wasserstandsgläser ausgesetzt sind, kommen Brüche der Glasröhren verhältnismäßig oft vor. Es sollen deshalb nur Gläser verwendet werden, die möglichst unempfindlich gegenüber plötzlichen Temperaturänderungen sind. Die Röhren werden am besten auf genaues Maß in bezug auf Länge und Durchmesser (20 mm außen) von Spezialfirmen bezogen. Sehr gut bewährt haben sich die Verbundglasröhren von G. Landmann in Zwickau und Schott & Genossen in Jena. Letztere Firma stellt neuerdings Wasserstandsgläser aus sogenanntem Durax-Glas her, die nach angestellten Versuchen beim plötzlichen Bespritzen mit ziemlich kaltem Wasser erst zerpringen sollen, wenn der Dampfdruck im Innern des Glases bis auf etwa 25 Atmospären ( $t = 225^\circ$ ) gestiegen ist. Bei den üblichen Spannungen bis 12 Atmospären ( $t = 190^\circ$ ) würden diese Gläser selbst das Bespritzen mit kaltem Wasser noch im allgemeinen ertragen, ohne zu platzen. Da nun aber selbst bei den besten Gläsern das Zerpringen derselben nicht unter allen Umständen ausgeschlossen ist, so sucht man durch geeignete Schutzkonstruktionen die mit dem Zerpringen eines Wasserstandsglases verbundene Gefahr nach Möglichkeit zu vermindern. Zu erwähnen sind hier die Wasserstandssapparate mit Selbstschluß und die Apparate mit Schutzmantel. Die erstenen sollen das Herausströmen des heißen Wassers und Dampfes verhindern, indem unmittelbar nach dem Zerpringen des Glases eine fehltragende Absperrung eintritt, während die letzteren Apparate durch den Schutzmantel das Heraumfliegen der Glasplitter verhindern sollen.

Fig. 5 zeigt einen Selbstschlußapparat von Schäffer & Budenberg, bei dem in dem unteren Wasserstandskopf eine Kugel in solcher Lage eingebaut ist, daß beim Eintritt eines Glasbruches durch die Energie des ausströmenden Wassers die Kugel gehoben und hierauf durch die Druckdifferenz gegen die Durchbohrung gepreßt wird. Der Abschluß durch die Kugel ist hinreichend vollständig, so daß die Absperrhähne geschlossen werden können, ohne daß eine Gefahr des Verbrühens vorliegt. In den oberen Hahnkopf ist eine Drosselvorrichtung eingebaut, die nur geringen Dampfmengen den Austritt gestattet. Nach demselben Prinzip sind noch verschiedene andre Selbstschlußapparate gebaut worden, z. B. der Selbstschlußapparat von Schumann & Co., Leipzig-Plagwitz, der an Stelle der Absperrhähne Klappen besitzt. Sehr beliebt geworden sind die Drahtglasbeschläge (Fig. 6 und 7), wie sie von Richard Schwartzkopff, Berlin, und Schäffer & Budenberg, Magdeburg-Buckau, gefertigt werden. Die Befestigung des Schutzmantels erfolgt in elastischer Weise mit Hilfe von biegsamen Federn am Sechskant der Wasserstandsköpfe. Die elastische Befestigung und das Drahtgewebe verhindern das Fortspringen des Schutzmantels und gegebenenfalls das Fortfliegen der Bruchstücke in wirksamer Weise. Bei dem Glasbeschlag von Hans Reifert, Köln a. Rh., ist der Schutzhügel oben pendelartig aufgehängt. Die Glasbeschläge dürfen die Erkennbarkeit des Wasserstandes nicht wesentlich herabsetzen; sie wirken



Fig. 6.



Fig. 7.

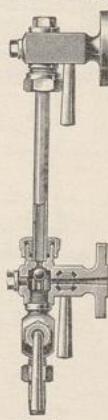


Fig. 5.

auch vorbeugend, indem sie Zugluft von der Wasserstandsglasröhre mehr oder minder fernhalten. Zu verwerfen sind die früher vielfach üblichen Metallschutzhülsen, die das Wasserstandsglas eng umschließen und nur mit zwei gegenüberliegenden offenen Schlitzten zur Beobachtung des Wasserstandes verfehen find. Diese Hülsen beeinträchtigen das deutliche Erkennen des Wasserstandes ganz erheblich. Der Heizer ist genötigt, das Auge ziemlich nahe an den Schlitz der Hülse zu bringen. Platzt in einem solchen Augenblick das Glas, so wird der Heizer beinahe unfehlbar verletzt, denn die Glasplatter und das heiße Wasser müssen ihren Weg durch den Schlitz, also nach dem Geficte des Heizers, nehmen. Man war auch bemüht, durch geeignete Hilfsmittel — Lichtbrechung, Reflexion u. f. w. — die Erkennbarkeit des Wasserstandes zu erhöhen. Bei der Vorrichtung von F. Rockstroh, Görlitz, wird hinter das Wasserstandsglas ein halbzylindrisches, vorn durch eine starke Glastafel abgeschlossenes, weiß emailiertes Blech gelegt. Auf dem Bleche sind hinter dem Wasserstandsglas schräge schwarze Striche angebracht. Soweit diese Striche durch das Wasser des Wasserstandsglases hindurch angesehen werden, erscheinen sie infolge der Lichtbrechung dicker und weniger schrägliegend. — Bei dem Wasserstandszeiger von Rich. Klinger, Gumpoldskirchen bei Wien, Fig. 8 und 9 (mit abseitverpackten, stopfbuchsenlofenen Hahnköpfen), wird ein starkes Metallgehäuse vorn durch ein flaches Glas abgeschlossen, das mit Rillen verfehen ist. Die in den Dampfraum einfallenden Lichtstrahlen werden vollständig reflektiert, so daß der entsprechende Teil der Glasplatte filzglänzend erscheint. Die in den Wasserraum einfallenden Lichtstrahlen gehen dagegen infolge der Brechung bis zur hinteren, schwarz gefärbten Wand des Gehäuses, so daß der entsprechende Teil der Glasplatte tiefschwarz erscheint. Der Wasserstand ist deshalb selbst bei schwacher Beleuchtung noch aus größerer Entfernung sichtbar. Das Glas ist hinreichend stark gemacht um einem Bruche vorzubeugen. Der Ochwaldtsche Wasserstandszeiger, gebaut von Richard Schwartzkopff, Berlin, ist dadurch bemerkenswert, daß Wasserraum und Dampfraum nur durch eine Öffnung mit dem Wasserstandsglas verbunden sind.

Literatur: S. Dampfkessel sowie die Preisverzeichnisse und Drucksachen der angeführten und sonstigen Armaturenfabriken. *O. Herre.*

**Wasserstationen** der Eisenbahnen, im allgemeinen die Einrichtungen zum Verforgen der Lokomotiven mit Wasser auf den Bahnhöfen (s. Wasserkrane), im besondern die Behälter zur Ansammlung des Wassers samt deren Unterbau (s. Hochbehälter); vgl. a. Wasserleitung.

Die Abgabe des Wassers an die Lokomotiven erfolgt durch Wasserkrane. Die Wasserbehälter werden, um den nötigen Druck in den Leitungen zu erhalten, 10 m und höher über den Schienen entweder auf den Bahnhöfen oder in nächster Nähe derselben errichtet. Bei günstigen Geländebedingungen werden sie, wie die Hochbehälter bei der Wasserförderung von Gemeinden, im Erdreich gemauert oder betoniert ausgeführt, in weitaus der größten Zahl der Fälle aber als eiserne Behälter, die auf Gerüsten oder in turmartigen Gebäuden aufgestellt werden, „Wassertürme“ (s. Hochbehälter, Bd. 5, S. 82, Fig. 9–12). Die Speisung der Behälter kann nur selten durch natürlichen Druck aus hochgelegenen Quellen oder Wasserfamilienstellen geschehen, öfters aus städtischen Wasserleitungen (wenn solche wegen zu geringer Rohrweite nicht unmittelbar benutzt werden können), meistens aber durch Pumpen des Wassers aus natürlichen Gewässern (Seen, Flüssen, Bächen) oder aus künstlich angelegten Sammelbrunnen. In diesen Fällen ist die Pumpstation so anzulegen, daß die Saughöhe der Pumpe nicht über 6–7 m beträgt (Eisenbahnbau- und Betriebsordnung § 15 und Techn. Vereinbarungen vom 1. Januar 1909 § 59).

Literatur: Röll, Encyklopädie d. ges. Eisenbahnwesens, Bd. 7, Wien 1897; Meyer, Georg, Grundzüge des Eisenbahnmaschinenbaues, Bd. 3, Berlin 1886; Zeitschr. f. Bauwesen 1891, S. 419; Zeitschr. des Ver. deutsch. Ing. 1890 (Riedler); Eisenbahntechnik d. Gegenwart, Bd. 2, 3. Abschn., Bahnhofsanlagen, Wiesbaden 1899, S. 660. *H. Kübler.*

**Wasserstockwerk**, f. Grundwasser, Bd. 4, S. 660.

**Wasserstoff** *H*, Atomgew. 1,008, ist ein farb-, geruch- und geschmackloses Gas, das sich bei sehr niedriger Temperatur und starkem Drucke zu einer farblosen Flüssigkeit verdichten läßt, deren Dichte 0,07 ist und deren Siedepunkt bei  $-238^{\circ}$ , deren Gefrierpunkt bei  $-260^{\circ}$  liegt [1]. Wasserstoff ist der leichteste aller bekannten Körper, hat spez. Gew. 0,620; 1 l Wasserstoff wiegt bei 760 mm Druck und  $0^{\circ}$  0,0896 g; er ist 14,435 mal leichter als atmosphärische Luft. In Wasser sehr wenig löslich. Vgl. Knallgas, Leuchtgas.

**Wasserstoffchlorid**, f. v. w. Chlorwasserstoff; f. Salzsäure.

**Wasserstofffulfid**, f. v. w. Schwefelwasserstoff (s. d.).

**Wasserstoffsuperoxyd** *H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>*, ist eine farblose, in konzentriertem Zustande sirupdicke Flüssigkeit, welche bei langem Stehen allmählich, bei schwachem Erwärmen schnell, bei stärkerem Erhitzen unter Explosion in Wasser und Sauerstoff



Fig. 9.

Fig. 8.

zerfällt. Löslich in Wasser, Alkohol und Aether; die wässrige, etwas angefärbte oder mit 2% Alkohol oder Aether versetzte Lösung ist haltbarer.

Wafferstoffperoxyd wird von den meisten Schwermetallen, besonders in fein verteilem Zustande, in Wasser und Sauerstoff zerstört, ohne daß die Metalle selbst verändert werden; auf Superoxyde wirkt es reduzierend, sonst aber auf die meisten Verbindungen oxydierend, z. B. wird schwefelige Säure zu Schwefelfäure, Jodwafferstofffäure zu Wasser und Jod oxydiert. Es ist in sehr geringer Menge in der atmosphärischen Luft enthalten. Technisch wird es aus Baryumperoxyd durch Einwirkung von verdünnten Säuren ( $H_2SO_4$ ,  $H_3PO_4$ ,  $HCl$ ,  $CO_2$ ) gewonnen [1] und [2]. Die reine verdünnte, neutrale oder schwach saure Lösung von Wafferstoffperoxyd läßt sich bis auf 50% Gehalt abdampfen; durch Destillation im Vakuum kann es als nahezu reines Wafferstoffperoxyd erhalten werden [3], doch ist für technische Zwecke eine solche Konzentration meistens nicht erforderlich. Es findet Verwendung als Bleichmittel für Wolle, Baumwolle, Seide, Federn, Elfenbein. Haar erhält eine goldgelbe Farbe. Auch als Antiseptikum wird es gebraucht.

Literatur: [1] Fischer, Handbuch der chemischen Technologie, Leipzig 1893, S. 611. — [2] Roscoe und Claffan, Lehrbuch der anorganischen Chemie, Braunschweig 1895, Bd. I, S. 302. — [3] Chemikerzeitung 1896, S. 309.

(Rathgen) Moye.

### Waffertürme, f. Hochbehälter.

### Wafferverfchlüsse, f. Geruchverschlüsse, Kanalisation.

**Wafferverfassung**, allgemein die Beschaffung von Wasser für beliebige Zwecke, speziell die Beschaffung des Wassers für den Gebrauch der Hauswirtschaft und der bürgerlichen Gewerbe (bürgerliche oder Städteversorgung).

Die Versorgung kann ununterbrochen stattfinden, so daß die Abnehmer jederzeit an den Zapfstellen in den Grundstücken Wasser ablaufen können, oder eine unterbrochene (intervallierende) fein, bei welcher zu bestimmten Zeiten Reservoir in den Grundstücken zu weiterer Benutzung gefüllt werden. Letztere Art findet man heutzutage nur noch ausnahmsweise. Im übrigen ist das Ideal einer Wafferverfassung die ununterbrochene Abgabe von reinem Trinkwasser für alle Zwecke. In sehr großen Städten ist leider dieses System un durchführbar; dann tritt an Stelle der einheitlichen Versorgung jene mit Wasser verschiedener Qualität: befondere Trinkwafferversorgung (Wasser erster Qualität) und Brauchwafferversorgung (Wasser zweiter Qualität). Womöglich sollte dafür gesorgt werden, daß Wasser letzterer Art — insbesondere, wenn sie als Trinkwasser untauglich sind — nicht innerhalb der Wohnhäuser zur Verteilung gelangen, sondern nur an die Industrie, für Straßenbegießen, Kanalpflügen u. f. w. aus befonderen Leitungen verabfolgt werden [1]. Bezüglich der Umwandlung von Meerwasser zu Trinkwasser f. Destillierapparat, Bd. 2, S. 721 und [3]. Wafferverfassung (f. d.) und Wafferleitung (f. d.) werden in der Regel nicht bloß dem Verbrauche angepaßt, der bei Einführung der Versorgung besteht, sondern so bemessen, daß sie auf eine Reihe von Jahren auch noch dem mit der Bevölkerungsziffer steigenden Bedarfe genügen. Bei städtischen und Landgemeinden hängt der Wafferverbrauch in den Häusern ab von der Einwohnerzahl und von der Art und Ausdehnung der Gewerbe; jener für öffentliche Zwecke von der Größe und Beschaffenheit des Straßennetzes, der öffentlichen Plätze und Anlagen, den Bedürfnissen zur Kanalpflüfung u. f. w. In heißem Klima ist er bei geordneten Verhältnissen größer als im gemäßigten und kalten. Im übrigen wird der Verbrauch abhängig von dem Preise des Wassers und der Art der Wafferabgabe; wird nach Waffermessern verkauft oder das Wasser intermittierend in sogenannte Hausreservoir geliefert, so besteht ein Minimum, bei der Abgabe nach Einschätzung (à discréton) ein Maximum des Verbrauchs. Für letzteren Verteilungsmodus sind Verbrauchs ziffern nicht angebbar. In unfern oder einem dem deutschen ähnlichen Klima kann eine mit Waffermessern ausgefertigte Wafferverfassung als genügend angesehen werden, wenn sie in Landgemeinden und kleinen Städten 50—100 l, in Städten von mehr als 5000 Einwohnern 60—120 l Wasser pro Kopf und Tag im Durchschnitt liefert. Für den Tag des Maximalverbrauches ist sodann mindestens das 1,5fache dieses Durchschnittsverbrauches zu setzen, so daß die Anlagen für eine Wafferverteilung von 75—150 bzw. 90—180 l pro Kopf und Tag zu bauen sind. Ist  $Z$  die Einwohnerzahl einer Stadt zur Zeit der Errichtung eines Wafferwerkes,  $Z_n$  jene nach  $n$  Jahren, wenn die Bevölkerung um  $p$  Prozent jährlich zunimmt, so besteht die Beziehung  $Z_n = Z(1 + 0,01 \cdot p)^n$ ; der Gesamtbedarf pro Tag ist für  $Z_n$  zu bemessen durch Multiplikation mit einer der vorhin genannten Maximalverbrauchs ziffern. Nicht inbegriffen in dem Einheitsverbrauch pro Kopf und Tag sind befondere, manchmal sehr hohe Bedürfnisse für große Springbrunnen, große Fabrikbetriebe, die ausnahmsweise viel Wasser verbrauchen u. f. w. — Bei Wafferwerkerweiterungen pflegt man aus der Erfahrung die Verbrauchszunahme zu bestimmen; in der Regel zeigt der Einheitsverbrauch pro Kopf und Tag eine mit der Zeit zunehmende Steigerung. Die Verbrauchsschwankungen innerhalb eines Tages werden durch Reservoir (f. Hochbehälter) ausgeglichen. Näheres in [2], § 44, wo auch der Verbrauch für verschiedene spezielle Bedürfnisse angegeben ist. Die Verteilung des Wassers innerhalb des Verfassungsgebietes erfolgt durch Rohrnetze (f. d.) und von letzteren aus mittels der Hausleitungen, die durch Schieber oder Ventile, hinter welchen in der Regel der Waffermesser sitzt, abgeschlossen werden können. Für den öffentlichen Verbrauch werden die Hydranten benutzt. Besondere Leitungen bestehen für Zierbrunnen (f. d.) und öffentliche Entnahmestellen (f. Brunnen und Brunnenständen). Liegt ein Verfassungsgebiet in seinen einzelnen Teilen in sehr ungleichen Meereshöhen, so erfolgt die Wafferverteilung innerhalb desselben nach verschiedenen Druckzonen, einseits, um übergröße, für den Betrieb nachteilige Preßungen in den Leitungen zu vermeiden, anderseits (speziell bei künstlicher Wafferhebung), um die Betriebs-

kosten herabzumindern und die Betriebsicherheit zu erhöhen. Die einzelnen Zonen müssen unter sich verbunden werden können; ihre Anlage ist auch manchmal geboten durch verschiedene Bezugsquellen für das Wasser, meistens aber durch den Umstand, daß sich Stadterweiterungen auf höher gelegenem Gelände vollziehen, für welche die Preßung der ursprünglichen Anlage nicht mehr ausreicht. Ausführliches darüber in [2], § 50. — Kommt bei der Wasserförderung Rohwasser aus Flüssen und Seen oder überhaupt Wasser zweiter Qualität zur Verteilung (wie das vielfach bei der intermittierenden Verförderung geschieht), so ist daselbe für den Hausgebrauch innerhalb des Grundstückes durch sogenannte Haustüren zu reinigen. Derartige Anlagen sind aber im Verschwinden begriffen. Die Leitungen, welche das Wasser von dem Rohrnetze nach den Grundstücken führen (Hausleitungen) müssen trostlicher gelegt oder so angeordnet werden, daß man durch Frost gefährdete Teile derselben abstellen kann; das Abwasser, welches sich bei Benutzung der Zapfstellen ergibt, muß rasch entfernt werden können. Stehen die Hausleitungen unter einer Preßung von 2 Atmosphären (dem sogenannten bürgerlichen Verförderungsdruck) oder weniger, so werden vielfach Bleiröhren oder auch Zinnröhren mit Bleimantel verwendet von 13—30 mm Lichtweite; bei höheren Preßungen empfehlen sich mehr die galvanisierten (mit Zink überzogenen) schmiedeeisernen Röhren, die sich — entgegen anderwärts kundgegebenen Meinungen — praktisch überall bewährt haben, wo gute Qualitäten zur Verwendung gelangt sind. Die Anlagekosten ausgeführter Wasserförderungen schwanken je nach der mehr oder weniger schwierigen baulichen Herstellung zwischen 15 und 30 M. pro Kopf der versorgten Bevölkerung; nur ausnahmsweise erreichen sie größere Höhen, die nicht immer durch die Verhältnisse gerechtfertigt sind. Der Verkaufspreis des Wassers schwankt dementsprechend, ist aber an vielen Orten deswegen ein hoher, weil Ueberflüsse aus dem Wasserverkaufe erzielt werden wollen.

Literatur: [1] Bechmann, M., De la distribution dans les villes de deux eaux de qualité différente par des canalisations distinctes, Transactions of the 7. International Congress of Hygiene, Bd. 7, Sektion 7, London 1891. — [2] Lueger, Wasserförderung der Städte, Darmstadt 1895. — [3] Bothas, L., Massendefillation von Wasser, Berlin 1908.

### **Wasserwage, f. Libelle.**

### **Wasserwirbel, f. Drehkopf.**

**Wasserwirtschaft**, die ökonomische Ausnutzung des Wassers bei Schaffung von Verkehrsmöglichkeiten (Wasserstraßen), Verhütung von Ueberchwemmungen und gefundheitlichen Gefahren, Nutzbarmachung von Wasserkräften bzw. auch von seither unverwendet gebliebenen, in ihrer Wirkung oft schädlichen Wasserabflüssen, Regelung der Wasserbenutzung u. f. w. durch technische Maßregeln.

Der Nutzen wasserbaulicher Arbeiten ist nicht immer in Zahlen ausdrückbar. So werden z. B. in der Anlage und Unterhaltung kostspielige Flußregulierungen sehr häufig auch dann ausgeführt, wenn dem Herstellungsaufwand keine entsprechenden Einnahmen in Geld gegenüberstehen; durch Ermöglichung der Schiffahrt soll in großen Gebieten der Verkehr und damit der Wohlstand der Bevölkerung gehoben werden. Auch kostspielige Korrekturen werden in Fällen ausgeführt, in welchen die wirtschaftliche Bedeutung nicht in der Gewinnung von brachliegendem Gelände, sondern mehr in der Hebung der gefundheitlichen Verhältnisse, in der Verhütung von Eigentumsbeschädigungen, in politischen Gründen (z. B. bei Grenzflüssen) u. f. w. liegt, Vorteile, die sich ziffernmäßig sehr schwer — besonders nicht unanfechtbar — feststellen lassen. Nur bei wenigen Anlagen — z. B. bei Wasserwerksbauten, Wasserförderungen, Schiffahrtskanälen, Meliorationen u. a. — stehen den Herstellungskosten bestimmte Einnahmen an Geld gegenüber, die mit einiger Sicherheit zahlenmäßig zu bewerten sind.

Das technische Vorgehen ist dann streng ökonomisch, wenn unter den wasserbaulichen Entwürfen jene ausdrücklich gemacht werden, bei welchen die Lebensdauer des zu schaffenden Objektes ein Maximum und dabei die Kosten für die Verzinsung des Baukapitals sowie die Unterhaltungskosten ein Minimum werden. Die besonderen Umstände bei allen Wasserbauten — namentlich die in unfern Klima unvorherzusehenden Hochwasser u. f. w. — erschweren im übrigen die richtige Bemessung der Herstellungskosten. Auch die Lebensdauer, d. h. die Zeit, nach deren Umlauf eine vollständige Erneuerung eines Wasserbaues erforderlich wird, läßt sich nur in wenigen Fällen genau angeben; vielfach haben auch hier Hochwasser und Eisgang, besondere Naturereignisse, fremde Eingriffe aller Art unberechenbaren Einfluß. Ganz besonders von Bedeutung für die Lebensdauer ist die mehr oder weniger gute Unterhaltung eines Wasserbauwerkes; je nach dieser wird unter sonst gleichen Umständen die jährliche Rücklage (Amortisationsquote) zur Befreiung späterer Erneuerungskosten bemessen werden müssen. Nicht selten — besonders bei Privatunternehmungen kleineren Stils — stellt man Wasserbauwerke mit möglichst geringem Bauaufwande her, obgleich hohe Unterhaltungskosten vorherzusehen sind, und erfasst sie schon nach kürzerer Zeit — in welcher voraussichtlich die ursprünglich geringe finanzielle Leistungsfähigkeit des Unternehmers erstarkt ist — durch eine dauerhaftere Neu-anlage u. f. w. — Derartige Nebenumstände können also ein streng ökonomisches Vorgehen verhindern. — Bei Nutzbarmachung von Wasserkräften ist vorzugsweise zu erheben, wie die Anlage bei den verschiedenen Wasserständen (f. d.) funktionieren wird. Durch das Niederwasser ist die Leistung abgegrenzt, durch das Hochwasser der Bestand gefährdet. Daraus ergibt sich von selbst das Bestreben, eine mehr gleichmäßige Wasserförderung mit besonderen Stauteilen (f. d.), vor allen Dingen mit Talsperren (f. S. 259) zu ermöglichen. Man kann in kleinen Verhältnissen hier flets günstige Wirkungen erzielen (f. Sammelteiche); dagegen ist die Verminderung der sekundären Hochwassermenge in größeren Flüssen mit diesem Hilfsmittel selbst bei enormen Kosten nur in geringem Maße erreichbar. Hier sind also wirtschaftliche Erwägungen von der

allergrößten Bedeutung. — Die Wafferbenutzung ist in allen Kulturstaten durch kodifizierte Waffergesetze (f. Wafferrecht) oder durch landrechtliche Bestimmungen geregelt.

**Wafferzeichen**, im Papiere auf der Papiermaschine hergestellte, im durchscheinenden Licht deutlich erkennbare Zeichen, durch welche die Herstellungs firma und die Sorte des Papiers untrüglich festgestellt werden kann; f. Papierfabrikation, Bd. 6, S. 815 und Papiernormalien. Unechte Wafferzeichen (z. B. bei Wechselblanketten u. dergl.) werden mit farblosem Firnis aufgedruckt. *Kraft*.

**Waterproof**, wasserdichtes, tuchartiges Gewebe; f. Tuchfabrikation.

**Watt**, f. Maßsystem, absolutes, Bd. 6, S. 329. **Wattmeter**, f. Meßinstrumente, elektrotechnische. **Wattzähler**, f. Elektrizitätszähler.

**Watte**, **Wattenmaschine**, f. Baumwollspinnerei, Bd. 1, S. 599.  
**Wavellit**, wasserhaltiges Aluminiumphosphat.

**Wealdenschichten**, f. Deisterformation, Bd. 2, S. 707.  
**Weberei**, die Herstellung der Gewebe (Zeuge, Stoffe).

Gewebe ist ein flächenartiges Fadengebilde, bei welchem sich zwei Fadengruppen (Kette und Schuß) unter gegenseitiger gesetzmaßiger Schränkung derart kreuzen, daß die eine Fadengruppe (die Kette, Zettel, Werft, Aufzug, Schwieif, chaîne, warp) nur längs durch das ganze Gebilde hindurchgeht, während die andre Fadengruppe (der Schuß, Einschuss, Eintrag, Einfach, fram, weft) in der Querrichtung läuft. Für das Weben werden die Kettenfäden aus der Gewebeebene ausgelenkt, und in das so gebildete Fach wird der Schußfaden über die ganze Gewebebreite auf einmal eingetragen.

Es können bei den Geweben ein oder mehrere Kettenfadenysteme vorhanden sein (Doppelgewebe, Gaze, Samt, aufgeschweifte Muster) und auch ein oder mehrere Schußfadenysteme (Doppelgewebe, Manchester, Schußflorerteppiche, broschierte Stoffe, Gobelins). Die Kettenfäden können vollständig parallel durch das Stück hindurchlaufen, das Gewebe also immer vollständig von gleicher Breite sein, oder die Kettenfäden können ausgeweilt sein, so daß die Gewebebreite sich ändert, oder die Kette kann nach Kreisbogen gekrümmt in dem Gewebe verlaufen (kreisförmige Gurte, [1]). — Die Schußfäden kreuzen in der Regel die Kette rechtwinklig, laufen also in der Regel geradlinig rechtwinklig zu den Gewebebefahlleisten (Kante, Leiste, Egge, Saibband, Ende, Lisière, selvage), doch sind auch Gewebe mit schräglauflaufenden Schußfaden ausgeführt worden; der Schußfaden kann ferner durch ein wellenförmig gestaltetes Blatt in geschlängelter Form angeschlagen werden, wobei wieder die Tiefe der Wellen sich ändern kann (Ondulé-Gewebe); endlich kann auch der Schußfaden für einzelne Eintragungen nicht über die ganze Breite gebunden sein (Gewebe mit verlorenen Schritten); zu alledem kann die Schußdichte veränderlich gemacht werden. — Schlauchförmige Gewebe können entweder auf einem gewöhnlichen Webstuhl oder auf einem Rundstuhl (f. weiter unten) hergestellt werden.

Die Kette sowohl als der Schuß verlangen vor dem Verweben verschiedene Vorbereitungsarbeiten; für beide das Spulen, für die Kette außerdem das Scheren, das Schlichten oder Leimen und das Aufbauen.

Das Spulen geschieht in kleineren Betrieben auf dem bekannten Spulrad; regelmäßiger und schneller geschieht die Arbeit auf der Spulmaschine (Treibrädermaschine), welche eine Anzahl Spulen gleichzeitig bewickelt, und deren Einrichtung in Nebenumfänden manigfach abgeändert werden kann [2]. — Im allgemeinen sind zwei Hauptgattungen zu unterscheiden. Entweder kann das Aufwickeln auf die Spulen so geschehen, daß die Spulen mit sich gleichbleibender Umdrehungszahl getrieben werden (unveränderliche Wickelgeschwindigkeit), oder so, daß die Spulen mit ihrer Fadenmantelfläche auf einer Reibungsrolle liegen und somit mit unveränderlicher Umfangs- oder Wickelgeschwindigkeit angetrieben werden. Weiter können die Fadenwindungen wieder ganz nahe aneinander liegen, so daß die Enden durch Scheiben zu flüchten finden, oder es können die Fadenwindungen in sehr steilen, an den Enden rasch umkehrenden Schraubengängen liegen, so daß die Endflächen sich in sich selbst halten (Kreuzspulmaschinen) [3]. — Die Einrichtungen sind außerdem verschieden, je nachdem sogenannte Lauffspulen oder Schleifspulen gebildet werden sollen. Bei den ersten erfolgt das Abziehen des Fadens etwa senkrecht zur Spulnase, und dieselben laufen dabei um, bei letzterem ist der Faden in kegelförmigen Trichtern gewunden und der Abzug erfolgt in der Richtung der Achse (Trichter-spulmaschinen u. f. w.) [2].

Das auf das Spulen folgende Scheren bezweckt, die Fäden von den Spulen zu sammeln und in gleicher Länge parallel nebeneinander liegend auf eine Walze, den Scherbaum, zu bringen. Zu dieser Arbeit benutzt man für die Handweberei einen großen, aufrecht stehenden oder liegenden Hafpel, den Scherrahmen, Schweißrahmen, welcher von Hand gedreht wird. Für die mechanische Weberei verwendet man eine Schermaschine, auch Ketten-schermaschine oder Zettelmashine genannt. Man unterscheidet zwei Hauptsysteme der Schermaschinen: das englische und das fäschische (oder Schönherrsche) System. Bei ersterem schert man einen Teil der zur Webekette gehörigen Fäden auf die volle Webebaum-breite, bei letzterem immer nur auf einen Teil der Baumbreite, jedoch gleich in der richtigen Webekettendicke; die Stützung der seitlichen Spulenränder erfolgt nach der freien Seite durch leicht auswechselbare Drähte oder Bleche. Als besondere Abart, welche zwischen beiden angegebenen Maschinengattungen steht, ist in neuerer Zeit die Teils- oder Sektions-scher-mashine fehr in Aufnahme gekommen [4]. Konuscher- und Bäummaschine vgl. [5]. — Besondere Vorteile hat dieses Teilscheren bei gemusterten Ketten. Da sich das Muster in der

Breite mehrere Male wiederholt, so braucht das Spulengefstell nur einmal dafür eingerichtet zu werden, während bei dem Vorgange der englischen Maschine eine Anzahl Spulengefstellte nötig sind. Zur Umgehung des Aufspulens sind in neuester Zeit von W. Schlafhorst & Co. in M.-Gladbach auch Scheremaschinen ausgeführt worden, welche unmittelbar von den Kötzen icheren; es erfordert das eine befondere Ausbildung der Fadenpann- und Wächtervorrichtungen.

Die gescherte Kette wird ferner geleinmt (bei tierischen Rohstoffen) oder geschlichtet (bei vegetabilischen Ketten). Darunter versteht man das Durchtränken des Fadens mit dünnflüssigem Klebmittel (Leim oder Kleister, Mehl-, Dextrin-, Mooschlüchte), das nach dem Erhärten den Fäden die erforderliche Widerstandsfähigkeit gegen Abnutzung verleiht.

Nach dem Leimen bzw. Schlichten wird die Kette getrocknet und dann aufgebäumt, d. h. fest und gleichmäßig auf die hierfür bestimmte Walze des Webstuhls, den Kettenbaum, aufgewickelt. Für die mechanische Weberei kommen hierbei Maschinen zur Verwendung, welche das Schlichten, Trocknen und Aufbäumen in einem Durchgang der Fäden beforgen (Schlichtmaschinen). — Bei der schottischen Schlichtmaschine wird das Garn in zwei Partien vorgelegt, und ist deren Anordnung symmetrisch; die Schlichte wird auf die Fäden aufgetragen und durch hin und her gehende Bürsten glatt gestrichen (dressing). — Bei der Sizingmaschine werden nur rotierende Walzenbüsten verwendet. Die ganze Kette wird meist auf einmal geschlichtet, weshalb diese Maschinen gewöhnlich einseitig gebaut sind. Das Trocknen erfolgt durch mit Dampf geheizte Trommeln (Zylinderfizingmaschine) oder durch mit Dampfrohren erwärmte Luft (Lufttrockenfizingmaschine). Bei der Strangschlichtmaschine kommt die meist wie bei der Handweberei gescherte Kette in Strangform zum Schlichten. Dieses Verfahren wird besonders bei zum Verfang bestimmten Ketten angewendet, die dann in Knäuelform verschickt werden [6]. Der Einschuß von Woll-, Baumwoll- oder Leinengarn wird oft feucht verwebt; dazu werden die Schußspulen auf verschiedene Weise angefeuchtet (Humecteur).

Nach der Art des **Webverfahrens** unterscheidet man glatte, geköperte, atlasbindige, gemusterte, samtartige und gazeartige Gewebe (Bindungslehre) [7]. Bei dem glatten, schlichten oder leinwandbindigen Gewebe läuft jeder Schußfaden abwechselnd über und unter einem Kettenfaden und dann wieder ein Kettenfaden über einem Schußfaden u. f. w.

Das geköperte Gewebe zeigt meist auf jeder Seite eine ungleiche Verteilung von Schuß- und Kettenfadenmaterial, indem jeder Schußfaden die zu einem Rapport gehörigen Kettenfäden in zwei verschieden großen Gruppen teilt, unter regelmäßiger Verteilung der Teilstelle um ein Kettenfadenintervall, so daß immer schräggestreifte Musterungen entstehen. Je nachdem der Schußfaden über je zwei, drei oder mehr Kettenfäden hinweggeht, ehe er wieder durch einen solchen gebunden wird, unterscheidet man drei-, vier- und mehrbindigen, -fädigen oder -teiligen Körper; ist die Verteilung von Schuß und Kette auf beiden Seiten gleich, so spricht man den Körper als beidrechten oder zweiseitigen Körper an. Als besondere Abart des Körpers kann der Atlas aufgefäßt werden, bei welchem das eine Material möglichst auf der Schaufelseite frei (flott) liegt und die Bindungspunkte durch das andre möglichst versteckt sind.

Die gemusterten, fassonierten, definierten oder figurierten Stoffe (Bildgewebe oder Jacquardgewebe) bilden durch die Verkürzung der Ketten- und Schußfäden nach genau vorgeschriebener Art und Reihenfolge eine Zeichnung mit oder ohne Farbenverschiedenheit, deren Grund leinwandartig, atlasartig oder geköpft ist.

Samtartige Stoffe werden dadurch erzeugt, daß auf einem leinwandartigen oder geköperten Gewebe, dem Boden, eine pelzähnliche Decke hergestellt wird, deren feine, gleichlange Fäden (Flor oder Pol) aufrecht stehen oder bei besonderer Länge nach dem Strich niedergelegt werden. Bei Baumwollsamt, Manchester oder Velvet wird der Flor durch den Schußfaden hervorgebracht, welcher die Kettenfäden zum Teil zu einem festen, nur an der Rückseite sichtbaren Grundgewebe verbindet und zum Teil derartig durch die Kette läuft, daß er mindestens um drei Viertel seiner Länge auf der rechten Seite des Stoffes frei (flott) liegt, so daß er lauter parallele enge Schläuche (begrenzt von der Oberseite des Grundgewebes und dem ungebundenen Teil des Schusses) bildet. Diese Schläuche werden nach dem Weben aufgeschnitten, die Fadenendchen aufgebürstet, abgefangt und zu gleicher Länge abgeschert. Beim echten Samt wird der Flor durch eine zweite Kette, die Polkette, hervorgebracht, welche auf dem Webstuhl oberhalb der Grundkette aufgepannt ist. Die Polkette erzeugt kleine Maschen, indem in jedes von der selben gebildete Fach eine Nadel eingeschoben wird; diese Maschen werden dann oben aufgeschnitten und durch Büsten und Scheren in den dichten Flor verwandelt. Bei den gazeartigen Geweben legen sich je zwei benachbarte Kettenfäden um den Schußfaden und halten letzteren durch eine halbe oder ganze Verzwirnung fest, so daß der eine Kettenfaden über sämtlichen, der andre unter sämtlichen Schußfäden liegt.

Die Herstellung der Gewebe erfolgt auf dem **Webstuhl**. Man hat Webstühle für Hand- und Fußbetrieb (Handwebstühle, Handstühle) und solche, die durch Elementarkraft getrieben werden (mechanische Webstühle oder Kraftstühle). Webstühle für Antrieb durch Hand oder Fuß, bei welchen die Menschenkraft nur an einer Kurbel oder Griffstange oder an einem einzigen Fußtritt tätig ist und alle übrigen Bewegungen von dem Getriebe selbst ausgeführt werden, bezeichnet man als mechanische Handwebstühle, halbmechanische Webstühle oder Dandy-looms.

Einen Handwebstuhl, vorgerichtet für leinwandbindiges Gewebe, zeigen Fig. 1 und 2. Derfelbe besteht aus den durch Längs- und Querriegel miteinander verbundenen senkrechten Stuhlfäulen, die das Webstuhlgestell bilden, und den zur Herstellung des Gewebes erforderlichen Mechanismen und Hilfsvorrichtungen. Es sind dies die am Balken bei *q* beweglich aufgehängte Lade *l*, die über Rollen *h* laufenden, miteinander durch Schnüre verbundenen Schäfte *g*, welche von unten durch die Trittschemel *i* auf und ab gezogen werden, während das fertige Gewebe auf den vorn liegenden Zeugbaum *b* gewickelt wird. Der Schußfaden ist auf die Spule des

Webschützen gewickelt, der auf der Lade hin und her bewegt wird, während die breit ausgespannte Kette auf dem hinteren Teil des Gefells vom Kettenbaum  $\alpha$  abgezogen wird, wobei die Bremsvorrichtung  $e$  für die nötige Spannung Sorge trägt.

Schützen oder Schiffchen nennt man hölzerne oder metallene kahnförmige Behälter, welche die Schußpule aufzunehmen bestimmt find; sie werden entweder von Hand geworfen (Handschützen) oder durch Antrieb eines verschiebbaren Klötzchens (Pickers, Treibers) geschossen (Schnellschützen).

Schnellschützen werden vielfach auf kleinen Rädern laufend verwendet, deren Achsen nach hinten divergieren, so daß ein sicheres Anlegen an

den Stuhl ermöglicht wird.

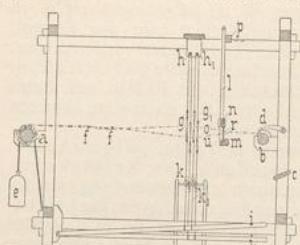
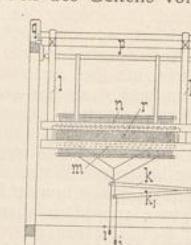
Fig. 1. 

Fig. 2. 

das Blatt  $r$  erzielt wird. Die Schäfte (Flügel, Kämme) find, wie Fig. 2 zeigt, je zwei Leisten welche miteinander durch eine Anzahl Litzen (Helfen) verbunden find; diese besitzen in der Mitte zwischen den Leisten je ein Ohr (Zeugringel, Auge, Maillon), durch welches ein Kettenfaden gezogen wird. Die Ohre können aus Zwirn, auch aus Glas oder Metall hergestellt werden. Sämtliche Kettenfäden sind auf zwei, drei oder mehr Schäfte verteilt; durch Heben einiger Schäfte und Senken der übrigen wird das Fach oder der Sprung gebildet, durch welches der Schütze geschnellt wird, wobei der obere Teil als Oberfach  $o$ , der untere als Unterfach  $u$  angesprochen wird. Zur besseren Führung der Schäfte wird vielfach ein besonderes Hebelsystem (Kontermarsch, [8]) angewendet. Die Schäfte zusammengenommen nebst der Vorrichtung zu ihrer Aufhängung im Stuhl bilden das Geschirr, Werk oder Zeug, den Kamm, die Remise. — Das bei  $r$  befindliche Blatt (Kamm, Rietblatt, Rietkamm, Riet), welches eine Menge feiner Sprossen aus Stahl, Messing oder Rohr trägt, dient zum Auseinanderhalten der zwischen den Rohren hindurchgezogenen Kettenfäden in gleichmäßiger Breite sowie zum jedesmaligen Heranschieben des durchgeschossenen Schußfadens gegen das fertige Gewebe. — Zur Einhaltung einer gleichmäßigen Breite und zum Aufheben des im Gewebe bestehenden Zuges in der Breitenrichtung wird das neu erzeugte Gewebe durch sogenannte Breithalter (Sperrute, Spannstock, Tempel) auseinander gehalten; hierdurch wird auch erreicht, daß die Rohre nicht unausgesetzt an den Kettenfäden scheuern. Durch die mannigfachen Ausbiegungen des Schusses sowohl als der Kette wird sowohl die Kette im Stoffe kürzer erscheinen (Einweben in der Längenrichtung) als auch der Schuß (Einspringen in der Breitenrichtung) [9]. Beztiglich der Vorrichtung des Stuhles mag noch folgendes erwähnt sein. Wenn die Kette aufgebaut und der Kettenbaum eingelegt ist, so werden zunächst die Fäden einzeln durch die Augen der Schäfte und dann zu 1, 2, 3 oder mehr gemeinschaftlich durch die Öffnungen des Rietblattes gezogen. Diese Arbeit heißt das Einziehen, Einreihen, Paffieren oder Einpaffieren; das Einziehen in das Blatt wird insbesondere auch Kammstecken oder Rietstecken genannt. Die hierzu dienenden Werkzeuge sind Einziehhaken, Blattmeffer, Rietstecher u. f. w.; andre Werkzeuge sind Weberzange und Weberglas (f. d.). Wenn auf einem Stuhl, von welchem ein fertig gearbeitetes Zeugstück abgenommen ist, ein neues Stück fertig verarbeitet werden soll, welches hinsichtlich der Anzahl der Kettenfäden und deren Asteilung in dem Blatte mit dem vorhergehenden übereinstimmt, so erpart man sich das Einziehen, indem man das nicht mehr zu verarbeitende Ende der Kette (Drahim, Trum) hinter den Schäften gerade quer durchschneidet und die Fäden der neuen Kette mit den Fäden des Drahms durch Andrehen (Zusammendrehen zwischen den Fingern; Maschinen hierzu [10]) verbindet, worauf das Durchziehen (Maschinen hierzu [11]) und Befestigen am Zeugbaum leicht erfolgen kann. Für die Herstellung der Gaze (Dreher-, Kongreßstoffe, Stramin, Cannavas) erfordert der Stuhl besondere Vorrichtungen [12].

Nicht selten kommt der Fall vor, daß Eintrag von zwei oder mehreren verschiedenen Farben oder Arten erforderlich wird; dann gebraucht man für jede Art von Eintragfäden einen besondern Schützen, und von der Gesamtzahl ist immer nur einer im Gange. Zum Wechseln der Schützen sind hierfür besondere Wechselladen (Doppelladen) in Gebrauch. Beztiglich der baulichen Durchführung unterscheidet man [13]: 1. Die Schützenkästen oder Zellen sind übereinander angeordnet und werden je nach der Anordnung der Ladenwelle von unten (Steiglade) oder von oben (Hebelade) gehoben (Hub- oder Fallkästen). 2. Die Schützenkästen sind nebeneinander und werden wagerecht verschoben (Schiebelade). 3. Die Schützenkästen sind auf einem vollständigen oder einem Auschnitt eines Zylinders angeordnet (Revolverlade, revolver box, Ueberspringer, Schwinglade, swing box) und werden durch Drehung verstellbar. Die Schützenwechselmechanismen bewegen sich meist auf dem Gebiete des Schwinghebels, der durch Exzenter oder Hebel betätigt wird. Das Knowleszahnradgetriebe hat sich hierbei stark eingebürgert; doch sind auch noch andre Konstruktionen, besonders solche mit Rollen und Ketten anzutreffen. Beim Schützenwechsel können auf einer Seite mehrere Schützenkästen fein, während auf der andern sich nur ein einziger Kasten befindet (einseitiger Schützenwechsel) oder es können auf beiden Seiten mehrere Kästen fein (zweiseitiger Schützenwechsel). Hierbei können wieder die beiden Kastenanordnungen untereinander verbunden und abhängig voneinander bewegt werden (zweiseitig beschränkter Schützenwechsel) oder die beiden Kastenanordnungen bewegen sich unabhängig in beliebiger Weise (zweiseitig beliebiger Schützenwechsel). Der Schützenwechsel wird mit zwei bis zu elf Schützen ausgeführt.

Die gemusterten, fassonierten, definierten oder figurierten Zeuge, **Bildgewebe**, sind solche, welche eine Zeichnung (Muſter, Deſſin) infolge eigentümlicher Verſchlingung von Ketten- und Eintragfäden, mit oder ohne Farbenverſchiedenheit, darbieten. Der Begriff eines Muſters ſetzt im allgemeinen eine Verſchiedenheit des Anſehens zwischen dielem und den es umgebenden Teilen der Zeugfläche voraus: letztere nennt man den Fond, Grund oder Boden, und das Muſter wird im Gegenſatze die Figur genannt. Der Grund ist entweder leinwandartig oder gazeartig, geköpft oder atlasartig und heißt hiernach: Leinwand- (bei Seidenſtoffen Taffet-), Gaze-, Köper-, Atlasgrund. Das Muſter ſelbst bietet innerhalb feines Umfangs entweder eine geköpfte oder atlasartig gewebte Fläche dar, oder besteht überhaupt aus größtenteils frei (flott) liegenden (Ketten- oder Eintrag-)Fäden, welche nur an verſchiedentlich verteilt einzellen Punkten, durch rechtwinklig darüberlaufende (Eintrag- oder Ketten-)Fäden niedergehalten, beſteht. Das Flottliegen (Flotten) begründet ganz befonders das Sichtbarwerden der Zeichnung und deren Glanz. Ein starkes Flottliegen der Fäden heißt Lizeré (Kett- oder Schuhblizeré).

Man erzeugt Muſter in den Geweben auf folgende Arten: 1. Durch beſtimmte regelmäßige, aber auf verschiedenen Teilen der Fläche verſchiedene Verſchlingung der nämlichen Kette und des nämlichen Eintrags, welche zugleich das Grundgewebe, überhaupt das Zeug bilden, fo daß man das Muſter nicht wegnehmen könnte, ohne den Zusammenhang des Zeuges aufzuhören (Beispiele: Drell, leinener, wollener und feidener Damast, zahllose Arten von Bändern, Westen- und Kleiderſtoffen u. f. w.). 2. Durch Einweben beſonderer, nur zum Muſter gehöriger, vom Grundgewebe ganz unabhängiger und oft in mehreren verſchiedenen Farben angewendeter Einfachlädfäden: broſchierte oder überſchoffene Stoffe; breitüberſchoffene (lanzierte) Stoffe, wenn der Figurſchuß über die ganze Breite geht, ſchmalüberſchoffene (broſchierte), wenn der Figurſchuß innerhalb jeder einzelnen Figur hin und her geht (Broſchierlade, Wippchenlade u. f. w.). 3. Durch Anwendung beſonderer, auschließlich für das Muſter bestimmter, in das für ſich beſtehende Grundgewebe eingefchalteter Kettenfäden: aufgelegte oder aufgeschweifte Muſter. 4. Durch Hervorbringung gitterartiger Oeffnungen mittels der dem Gazeſtuhl eigentümlichen Vorrichtung, entweder in Gazeſtuhl ſelbst oder in Leinwandgrund (durchbrochene Stoffe). 5. Durch regelmäßiges teilweises Zusammenweben zweier aufeinanderliegender Zeuge, wobei die Art des Zusammenwebens das Muſter erzeugt; Doppelgewebe (Beispiele: Der Piqué und gewisse Teppiche, f. d.). 6. Durch muſterartige Anordnung von ſenkrecht aus der Gewebeebene hervorragendem Flor (Noppen, Poile), der entweder durch eine beſondere Kette oder einen beſonderen Schuß gebildet fein kann (Samte, Möbelplüſche, gewisse Teppiche).

Der Ausführung eines Muſters auf dem Webſtuhle geht die Verfertigung einer auf Papier gemachten Zeichnung desfelben voraus. Dieſe Zeichnung (die Patrone), aus welcher dann der Weber die jeweilige beſondere Anordnung des Stuhles ableitet, muß über den Lauf oder die Lage eines jeden Ketten- und Eintragfadens Aufſchluß geben und eine genaue vergrößerte Abbildung des gewebten Stoffes darstellen. Zu dem Behufe bedient man ſich des Patronenpapiers (Muſterpapier, Tupfpapier, Cartarigata), welches mit engſtehenden Parallellinien in zwei rechtwinkligen Richtungen bedeckt ist. Auf diesem Papiere werden durch beſondere Zeichen (Punkte, Tüpfel, Augen u. f. w.) diejenigen Quadrate herausgehoben, wo das eine Fadenſystem oben liegt. Die Zwischenräume des lotrechten Systems gelten nämlich für die Kettenfäden und heißen Korden, die des wagerechten für die Schußfäden und werden Fache, Schußfache oder Latzen genannt. Die in einer Muſterbreite vorkommenden Kettenfäden heißen zusammen der Kurs oder Chemin, während die Gefamtheit aller Schußfäden in der Höhe des Muſters als Tour oder Maſch bezeichnet wird und die Wiederholung des Muſters Rapport heißt.

Für nicht ganz einfache gemuſerte Gewebe genügt die Muſterweberei mit Schäften und Tritten (auch Kammweberei genannt) nicht mehr; man wendet alsdann das nach feinem Erfinder benannte Jacquardgetriebe (auch Jacquardmechanismus oder -maschine genannt) an. Vorläufer des Stuhles mit Jacquardgetriebe sind der Kegel-, Trommel-, Zampel-, Wellenſtuhl u. f. w. [14]. Fig. 3 zeigt ein Element eines Jacquardgetriebes. Jeder Kettenfaden *k* bzw. jede Fadengruppe, welche gemeinfam zu bewegen ist, ist mittels einer Schnur *s* (Korde) an eine fo genannte Platine *p* angeſchloſſen, wird also von dieſer gehoben und geſenkt. Die Fäden *k* ſelbst find durch Oefen (Maillons) der fo genannten Harnischchnüre *h* hindurchgezogen. Jede Platine ist von einer um die Platine herum zur Oefe gebo genen Nadel *n* umfaßt, welche durch die Feder *f* fortwährend nach rechts gedrückt wird. Wenn auf die Nadel keine äußeren Kräfte einwirken, fo verharriſt sie (und damit auch die Platine) in der gezeichneten Stellung. Oben trägt die Platine einen Haken, welcher durch das bei jedem Schuß einmal auf und ab bewegte Meffer *m* erfaßt wird, folange die Platine nicht seitlich abgelenkt ist. Solange also keine äußeren Kräfte auf die Nadel einwirken, wird bei jedem Mefferaufgang die Platine, welche in den Platinenboden *b* geführt ist, gehoben und damit der daran befeſtigte Kettenfaden in das Oberfach gezogen. Wird dagegen die Nadel nach links verschoben, fo nimmt die Platine die punktiert gezeichnete Lage ein, der Haken wird außer Bereich des aufsteigenden Meffers gebracht und der Faden bleibt im Unterfache ſitzen. (Bei doppelt hebenden Jacquardgetrieben wird der ganze Platinenboden *b* bei jedem Mefferaufgang nach unten bewegt und hiernach das Unterfach gebildet.) Die Nadel wird nun dadurch verschoben, daß gegen ihr eines (in der Figur das rechte) Ende hin ſich ein Prisma (Zylinder) *c* in der Richtung der Nadel bewegt. In das Prisma ist für jede Nadel ein Loch gebohrt, so tief, daß durch das Prisma allein überhaupt keine

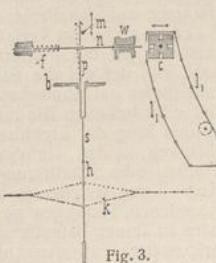


Fig. 3.

Wirkung auf die Nadel ausgeübt wird. Soll die Nadel verschoben werden, so wird vor das Loch ein Pappblatt oder eine Pappkarte  $I_1$  gebracht, welche an der Prismenfläche aufliegt und somit beim Einwärtschieben des Prismas die Nadel mit verschiebt. Ist hingegen in der Pappkarte ein Loch, dann findet die Nadel in dem Prismenloche Platz und wird nicht verschoben.

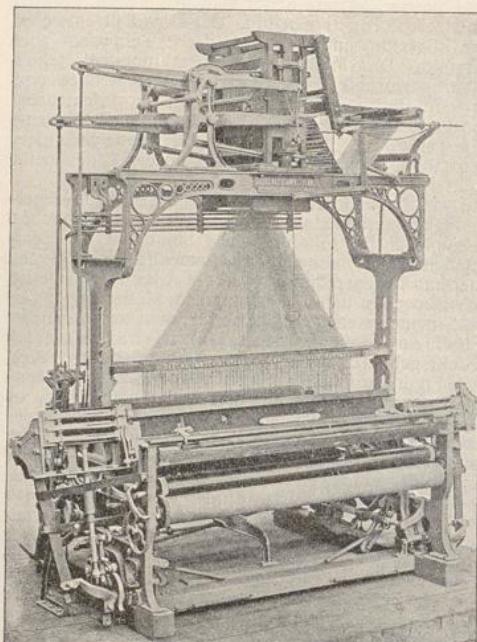


Fig. 4. Jacquardtuhl mit fünffachem Schützenwechsel für Buckkin, Teppich- und Möbelstoffe.

haben zu müssen, schaltet man von der Symmetriechse gefestzten Richtung. In gleicher Weise schaltet man Schußfaden für mehrere Schuß ausgeblichen sein sollte, da andernfalls im Muster ein Fehler entstehen würde. Will man ein andres Muster haben, so genügt das bloße Wechselen der Jacquardpappkarte, wenn die benutzte Platinenzahl dieselbe bleibt. Das Muster wird auf einer Jacquardkartenstagsmaschine [15] (Clavis-, Leviermaschine) ausgegeschlagen nach der Patrone, welche der Musterzeichner angefertigt hat. Die der Schußnummer nach geordneten Karten werden zu einer endlosen Kartenkette zufammengeknüpft (Jacquardkartenbindemaschinen [16]). Die Pappkarten lassen sich auch auf besonderen Maschinen kopieren bzw. vervielfältigen (Jacquardkartenkopiermaschinen). — Die wichtigsten Verbesserungsversuche, die sich auf das Jacquardgetriebe beziehen, bezwecken eine Umgestaltung des Musterkartenstoffs. Hier ist vor allen Dingen die sogenannte Verdolmaschine [17] zu nennen, die mit einfacher Papierkarte und sehr enger Teilung arbeitet. Die Maschine besteht aus der eigentlichen Jacquardmaschine, der aber ein Vorschaltapparat vorgelagert ist; dieser Vorschaltapparat besorgt erst das Auswählen der eigentlichen Jacquardnadeln, so daß dadurch die Rückwirkung auf das Papierblatt außerordentlich vermindert wird. — Weiter ist neuerdings von Szczepanik ein Verfahren angegeben worden, welches die Photographie nach Art der Rastermethode für die Musterübertragung benutzt (vgl. a. [18]). — Nach Szczepaniks Erfindung wird von der auf die Patrone zu übertragenden Zeichnung ein Positiv oder Negativ angefertigt und dieses auf photographischem Wege auf Patronenpapier kopiert. Hierbei wird zur Erzielung der erforderlichen Bindungstellen ein Rasternetz vor oder hinter das Positiv oder Negativ und in den Weg der Lichtstrahlen gelegt, welches quadratische Felder mit verschiedener Lichtdurchlässigkeit besitzt. Infolge des Zusammenwirkens der doppelten Felder des Rafters und der Tönung oder Schattierung des Positivs oder Negativs entsteht eine direkt als Patrone benutzbare Kopie, auf welcher je nach der Tönung anders und übereinstimmend mit den für die verschiedenen Tönungen gewählten Bindungen gruppierte Felder sichtbar werden. Szczepanik wies in seiner Patentchrift schon auf die Möglichkeit hin, die Kopie der Zeichnung nicht auf präpariertes Patronenpapier, sondern auf präparierte Metallplatten zu übertragen, welche hierdurch in elektrisch leitende und nichtleitende Felder geteilt würden, um als Stromverteilende Mustergeber für elektrische Jacquardmaschinen verwendet zu werden. Diese Verwendungsmöglichkeit ist in neuerer Zeit durch die englische Firma Thomas A. B. Carver für den Bau elektrischer Damastmaschinen benutzt worden [19]. Die Photographie für die Patronierung benutzte auch Borzykowski [20], die Elektrizität für das Kartenfchlagen Handwerk [21].

Für jeden Schuß muß natürlich der Kettenfaden entsprechend bewegt werden, es muß deshalb vor jedem neuen Schuß eine neue Pappkarte vor die Nadeln geschaltet werden. Dies geschieht nun dadurch, daß durch einen Schaltmechanismus das Prisma um genau ein Viertel gedreht wird und somit die nächste Karte zur Wirkung gelangt. Die Kartensorte ist aus einzelnen Blättern zusammengesetzt. Für jeden Schuß hat man eine Karte nötig, während man für jeden sich bewegenden Kettenfaden oder für jede sich gemeinschaftlich bewegende Kettenfadengruppe eine Platine mit Nadel nötig hat. Um diese große Anzahl von Nadeln und Platinen in gedrängter und übersichtlicher Form einzubauen, ordnet man eine bestimmte Anzahl Platinen (bis 8, 10, 12) hintereinander und eine noch größere Anzahl (bis zu Hunderten) solcher Reihen nebeneinander an, wie das das Jacquardgetriebe des mechanischen Webstuhles Fig. 4 erkennen läßt. Die Platinen- und Kartenzahl bestimmt sich nach folgender, aus dem vorher Erläuterten ersichtlichen Regel. So groß wie der sogenannte Rapport in der Kette ist, so viel Nadeln, so viel Platinen muß man benutzen (entspricht den Schäften), während man so viele Pappkarten nötig hat, wie der Rapport im Schuß groß ist (entspricht den Tritten). Um bei symmetrischen Mustern, deren Symmetriechse in der Richtung des Schusses liegt, nicht die Karten noch einmal in umgekehrter Reihenfolge aus das Prisma nach der entgegengesetzten Richtung. In gleicher Weise schaltet man rückwärts, wenn beim Weben der Schußfaden für mehrere Schuß ausgeblichen sein sollte, da andernfalls im Muster ein Fehler entstehen würde. Will man ein andres Muster haben, so genügt das bloße Wechselen der Jacquardpappkarte, wenn die benutzte Platinenzahl dieselbe bleibt. Das Muster wird auf einer Jacquardkartenstagsmaschine [15] (Clavis-, Leviermaschine) ausgegeschlagen nach der Patrone, welche der Musterzeichner angefertigt hat. Die der Schußnummer nach geordneten Karten werden zu einer endlosen Kartenkette zufammengeknüpft (Jacquardkartenbindemaschinen [16]). Die Pappkarten lassen sich auch auf besonderen Maschinen kopieren bzw. vervielfältigen (Jacquardkartenkopiermaschinen). — Die wichtigsten Verbesserungsversuche, die sich auf das Jacquardgetriebe beziehen, bezwecken eine Umgestaltung des Musterkartenstoffs. Hier ist vor allen Dingen die sogenannte Verdolmaschine [17] zu nennen, die mit einfacher Papierkarte und sehr enger Teilung arbeitet. Die Maschine besteht aus der eigentlichen Jacquardmaschine, der aber ein Vorschaltapparat vorgelagert ist; dieser Vorschaltapparat besorgt erst das Auswählen der eigentlichen Jacquardnadeln, so daß dadurch die Rückwirkung auf das Papierblatt außerordentlich vermindert wird. — Weiter ist neuerdings von Szczepanik ein Verfahren angegeben worden, welches die Photographie nach Art der Rastermethode für die Musterübertragung benutzt (vgl. a. [18]). — Nach Szczepaniks Erfindung wird von der auf die Patrone zu übertragenden Zeichnung ein Positiv oder Negativ angefertigt und dieses auf photographischem Wege auf Patronenpapier kopiert. Hierbei wird zur Erzielung der erforderlichen Bindungstellen ein Rasternetz vor oder hinter das Positiv oder Negativ und in den Weg der Lichtstrahlen gelegt, welches quadratische Felder mit verschiedener Lichtdurchlässigkeit besitzt. Infolge des Zusammenwirkens der doppelten Felder des Rafters und der Tönung oder Schattierung des Positivs oder Negativs entsteht eine direkt als Patrone benutzbare Kopie, auf welcher je nach der Tönung anders und übereinstimmend mit den für die verschiedenen Tönungen gewählten Bindungen gruppierte Felder sichtbar werden. Szczepanik wies in seiner Patentchrift schon auf die Möglichkeit hin, die Kopie der Zeichnung nicht auf präpariertes Patronenpapier, sondern auf präparierte Metallplatten zu übertragen, welche hierdurch in elektrisch leitende und nichtleitende Felder geteilt würden, um als Stromverteilende Mustergeber für elektrische Jacquardmaschinen verwendet zu werden. Diese Verwendungsmöglichkeit ist in neuerer Zeit durch die englische Firma Thomas A. B. Carver für den Bau elektrischer Damastmaschinen benutzt worden [19]. Die Photographie für die Patronierung benutzte auch Borzykowski [20], die Elektrizität für das Kartenfchlagen Handwerk [21].

Die Handweberei wird, weil die Kettenfäden durch Tritte gehoben und gesenkt werden, auch Trittweberei oder Fußarbeit genannt, im Gegensatz zur Herstellung gemusterter Stoffe mittels des Jacquardwebstuhls, die Zugarbeit genannt wird. Die Mühe und besondere Aufmerksamkeit, welche das Treten einer größeren Anzahl von Tritten erfordert, haben Veranlassung gegeben zur Konstruktion sogenannter Schafft- oder Trittmachinen (Ratière, Dobby) [22], d. h. Vorrichtungen, welche, in analoger Art wie das Jacquardgetriebe auf die Harnischfchntüre, auf die Schäfte wirken, so daß durch die Bewegung eines einzigen Trittes oder dergl. der Reihe nach die verschiedenen Fachbildungen der Kette hervorgebracht werden. Je nach der Art und Weise der Fachbildung, der Beschaffenheit der Musterkarte u. f. w. lassen sich die Schafftmachinen verschieden einteilen; doch kann selbfredend ein und dieselbe Schafftmachine verschiedenen der nachfolgenden Klassen angehören, da die möglichen Kombinationen der einzelnen verschiedenen zur Wirkung kommenden Teile, welche die Einteilung bedingen, sehr mannigfaltig sind. So untercheidet man

a) **Geschlossenfach-, Offenfach- und Halboffenfachschafftmachinen.** Bei den Geschlossenfach- (Schlußfach, Klappfach-) Schafftmachinen wird nach jedem Schuß für die Anschlagstellung der Lade das Fach (die Kehle) geschlossen, ein jeder Schafft bewegt sich für jeden Schuß einmal auf und ab. Dies liefert für den Anschlag gleiche Kettenfaden Spannung, aber für jeden Schuß wiederholte Inanspruchnahme der Fäden innerhalb großer Grenzen. Bei den Offenfachschafftmachinen bleiben die Schäfte so lange, als es das Muster erheischt, in ihrer Hoch- oder Tieffachstellung, und werden nur die Schäfte umgetreten, welche den zuletzt eingetragenen Schuß abbinden. Dies ergibt Schonung der Fäden während der Fachbildung, aber beim Anschlagen werden die Kettenfäden sehr verschieden starken Spannungen ausgesetzt. Die Halboffenfachschafftmachinen schließen vor jedem Schafftwechsel das ganze Fach zu einem Teil, also etwa zur Hälfte, und erst dann werden die nicht umzutretenden Schäfte in ihre vorige Stellung zurück-, die umzutretenden in die neue übergeführt. Nach erfolgtem Schußfaden eintrag wird für den Anschlag wiederum das Halbfach hergestellt. Die Spannungsunterschiede in den Kettenfäden werden im allgemeinen verringert, da die während des nachfolgenden Schafftwechsels im Offenfach verbleibenden Kettenfäden mit den kreuzenden, neuen Fach machenden nahezu gleiche Spannung haben. Die letzte Gattung ist daher vielfach für raschgehende Stühle beliebt.

b) **Einhub- und Doppelhubschafftmachinen.** Bei den Einhubmaschinen macht jedes für die Bewegung eines Schaffts dienende Meffer für jeden Schuß ein volles Spiel, also Hin- und Hergang, bei den Doppelhubmaschinen aber nur einen Hin- oder Hergang, und kommen daher abwechselnd zwei Meffer zur Wirkung. Man kann somit die Doppelhubmaschine als Vereinigung zweier Maschinen auffassen, von welchen jede abwechselnd alle zwei Schuß die Schaffthebung vermittelt.

c) **Aufzugs-, Niederzugs- und Auf- und Niederzugsschafftmachinen.** Die Aufzugs- oder Hochfachmaschinen heben nur, die Schäfte ruhen im Unterfach, und nur die ausgewählten Schäfte werden in das Oberfach gezogen. Die Niederzugsmaschinen bewegen die Schäfte in umgekehrter Weise. Die Auf- und Niederzugs- (oder Hoch- und Tieffach-) Maschinen machen dagegen volles Fach; man nennt sie wohl auch Zentralhubmaschinen, wenn die Schäfte von dem geschlossenen Fach (Klappfach) aus, also von ihrer Mittellstellung aus nach oben und unten hingeführt werden.

d) Die Schafftmachinen können die Musterungen herbeiführen mit Hilfe von Trommeln (Stift-, Daumen- oder Löchertrömmeln) oder von Karten (Holz- oder Metallkarten mit Stiften oder Daumen, Kartenketten mit Rollen aus Gußeisen oder Hartgummi, Metall- oder Pappkarten mit Löchern); f. Damastmaschine, Bd. 2, S. 532.

Abgesehen von den Schafftmachinen benutzt man zur Bewegung der Schäfte für die Herstellung mehrbindiger und kleingemusterter Gewebe meist entsprechend gestaltete unrunde Scheiben, welche entweder gleichmäßig gedreht oder in bestimmten Abständen geschaltet werden (Treiber- oder Sternradantrieb), und gegen deren Umfang sich die Tritte mit ihren Trittrollen stützen. Hierbei kann sowohl Kraftschluß (Offtexcenter mit Federn, Gewichten, Flächenzügen u. i. w. vereinigt) wie Paarfschluß Verwendung finden (Nuten scheiben, Doppelzenter). Die unrunden Scheiben find entweder so beschaffen, daß sie für jeden Schafft aus dem Ganzen find und deshalb bei Aenderung der Bindung im ganzen ausgewechselt werden — welche Scheiben in den Webereien gewöhnlich als Exzenter (Trittexcenter) benannt werden, weshalb man die damit arbeitenden Stühle als Trittexcenterstühle bezeichnet — oder aber die einzelnen Teile (Formstücke) einer jeden solchen Scheibe sind für sich zum Auswechseln gemacht und können für andre Bindungen abgeändert werden; folche Scheiben heißen Bundräder, Bundscheiben, Daumen- oder Zackenscheiben, Patronenscheiben (Tappet wheels), weshalb die damit ausgerüsteten Stühle als Bundradwebstühle bezeichnet werden [23]. Weil das äußere Aussehen der gesamten Trittrollenbewegung im letzteren Falle dem einer Trommel gleicht, nennt man folche Stühle wohl auch Trommelwebstühle und arbeiten folche dann, wie man sich ausdrückt, mit Daumentrömeln oder Nutenscheibenrömeln (letztere meist Tappet wheels genannt).

**Spannung der Kette und Aufwickeln des gewebten Stoffes** [24]. Die Regelung der Kettenspannung ist möglich: 1. vom Kettenbaum aus, 2. von dem zwischen Ketten- und Zeugbaum liegenden Kettenstück und 3. von dem Zeugbaum aus. Wird die Kettenspannung durch Bremfung des Kettenbaumes erzeugt, so benutzt man hierzu Seil-, Ketten-, Backen- oder Bandbremsen (vielfach als Differentialbremsen ausgeführt). — Außer der Bewegung zum Zwecke der Fachbildung (Arbeitsbewegung) ist der Kette noch die zweite in ihrer Längsrichtung (Schaltbewegung) in dem Maße zu erteilen, in welchem das Gewebe erzeugt wird. Hierzu dienen besondere regelbare Schaltwerke, Schaltregler oder Regulatoren. Man teilt dieselben in positive und negative Regulatoren [25]. Der positive Regulator dreht den Baum, meist ein in positive und negative Regulatoren [25]. Der positive Regulator dreht den Baum,

der die Ware aufwindet, für jeden eingetragenen Schuß um ein vom Widerstand, den die Ware der Aufwindung entgegensetzt (Aufwindungswiderstand), unabhängiges gleichgroßes Stück. Der Aufwindungswiderstand hängt hauptsächlich von der Kettenspannung, also gewöhnlich von der Bremfung des Kettenbaumes, ab und ist proportional. Er wird durch den Druck des Blattes gegen den Warenrand vermindert und daher eventuell auch durch die Dicke der Schußfäden, die Eigenschaften des verwebten Materials und die Bindung des Gewebes beeinflußt. — Der negative Regulator sucht den Riffel- bzw. Sandbaum mit einer bestimmten Kraft aufwindend zu drehen, der der Aufwindungswiderstand entgegenwirkt. Die Drehung des Baumes bzw. seine Größe hängt daher von diesem Widerstande ab; sie wird um so größer, je kleiner derselbe ist. — Die Aufwindung kann beim Rückgang oder beim Vorgange der Lade erfolgen. Letzteres zieht man bei sehr dichtem Anlegen der Schußfäden behufs Schonung von Kette und Einfuß vor, da dann der heftige Ladenschlag in etwas gemildert wird. — Regulatoren mit absetzender Bewegung sind so konstruiert, daß die Schaltbewegung erst durch das in bestimmtem Maße federnd zurückgedrückte Blatt eingerückt wird (Kompensationsregulatoren). Zur Überwachung der Kette hat man ferner sogenannte Kettenfadenwächter [26] angeordnet, welche den Webstuhl beim Bruch eines Kettenfadens zum Stillstand bringen (mechanisch oder elektrisch wirkend).

**Die Lade und ihre Bewegung.** Die Hängeladen finden nur noch bei Bandwebstühlen und bei solchen Stühlen Verwendung, welche nach geringfügigen Änderungen als Handstühle benutzt werden sollen. Im übrigen werden Stehladen verwendet. Die Befestigung der Ladenarme oder Stelen muß sowohl eine Verstellung in seitlicher Richtung als auch eine solche in der Höhenlage des Blattes zulassen, damit bei zurückgeschwungener Lade während des Schützendurchgangs das Kettenunterfach dicht auf dem Ladenlotze aufliegt. — Die Bewegung der Lade [27] hat im allgemeinen dergegen zu erfolgen, daß während des Durchlaufens des hinteren Teiles ihrer Bahn möglichst Zeit gewonnen wird für das Durchschließen des Schützen durch das geöffnete Fach, im hinteren Teile soll sie sich also langsam bewegen, während der Vorgang dann rasch vonstatten gehen soll und das Einpressen des eingetragenen Schußfadens endlich durch kräftigen Druck zu geschehen hat. Diese Bedingungen wird z. B. durch den in Fig. 5 gezeichneten Kurbelantrieb Genüge geleistet, welche den Querschnitt eines sogenannten Kurbelstuhles darstellt. — Statt der Kurbelverbindungen werden natürlich auch unruhige Scheiben mit Kraftschluß bzw. Nutenscheiben oder doppelte unruhige Scheiben mit Schraubengänge u. f. w. verwendet, um das gewünschte Ladenbewegungsgesetz zu erhalten. Ebenso kann das Blatt statt in einer schwingenden Lade auch in einem auf Rollen gesetzten Rahmen oder Wagen bzw. auf einem Schlitten untergebracht sein. — Bei sehr dicht zuschlagenden Stoffen, welche dabei jedoch nur verhältnismäßig geringe Bremfung des Kettenbaumes zulassen, benutzt man zum Vortreiben des Schusses den sogenannten Blattschlag oder Nachschlag. Kurz bevor das Blatt in die vorderste Stellung kommt, wird es zurückgezogen, wobei Federn gespannt werden, die dann das Blatt in die Schlagstellung schwellen. Auch mehrfacher Anschlag wird ausgeführt.

**Bewegung des Schützen [28].** Der Antrieb des Schützen (Schützenschlag) erfolgt bei den mechanischen Webstühlen in der Regel nach der auch bei den Handstühlen üblichen Weise, daß mittels des entsprechend rasch bewegten Treibers oder Pickers der Schütze aus dem Schützenkasten hinaus durch das Fach in den gegenüberliegenden Kästen getrieben wird. Damit der Schütze beim Stoßen auf den gegenüberliegenden Treiber nicht wieder zurückschlägt, sind Klemmvorrichtungen (Bremsfedern u. dergl.) angeordnet, welche sich vor dem nachfolgenden Abgang der Schütze wieder auslösen. Diese Vorrichtungen werden gleichzeitig meist als Schützenwächter (Absteller, Protektor) benutzt, infolge dieser, wenn der Schütze nicht an sein Ziel anlangt, den Webstuhl selbsttätig austrecken. Die nötige Beschleunigung kann dem Schützentreiber unter Zuhilfenahme von Schlagarmen entweder dadurch erteilt werden, daß der Schlagarm durch entsprechend gefaltete Kurvenscheiben oder dergl. seine Bewegung erhält, deren Geschwindigkeit von der Stuhlgeschwindigkeit abhängig ist — in diesem Falle darf ein vorliegender Stuhl eine bestimmte Geschwindigkeit nicht unterschreiten, wenn der Schütze noch sein Ziel zur richtigen Zeit erreichen soll — oder der Schlagarm wird durch eine vorher gespannte Feder beschleunigt (Federbeschleunigung) —, hierbei darf der Stuhl eine bestimmte Geschwindigkeit nicht überschreiten, da dem Schützen immer nur eine bestimmte, von der Stuhlgeschwindigkeit unabhängige Geschwindigkeit erteilt wird. Der Federbeschleunigung wird namentlich für schwere Schützen oder für solche, die einen sehr langen Weg zurücklegen müssen, angewendet. Je nachdem der Schläger oder die Peitsche von unten oder von oben her auf den Treiber einwirkt, unterscheidet man unterschlägige und overschlägige Webstühle (underpick, overpick); im letzteren Falle kann der Schlagarm in einer wagerechten Ebene schwingen (das ist der gewöhnliche Fall) oder in einer lotrechten Ebene (selten mehr vorkommend, vgl. oben, Hängeladen). Auch Preßluft und elektrischen Antrieb hat man zur Schützenbewegung zur Anwendung gebracht [29]. Ferner hat man besondere Mechanismen erfunden, um den maschinellen Zusammenhang des Schützen mit der Antriebwelle ununterbrochen zu erhalten (Steckschützen, Maulschützen, positiver Schützen-

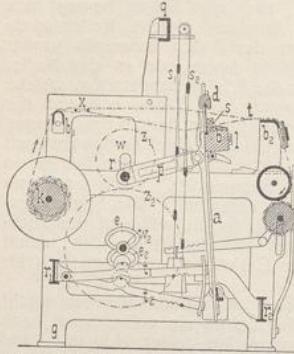


Fig. 5. Querschnitt durch einen Kurbelstuhl. a Ladenarm, b Schützenbahn, d Ladendeckel, e<sub>1</sub>, e<sub>2</sub> Patronenscheiben (Exzenter), f Geffell, g Querstück des Geffells, r Kröpfung der Antriebwelle (Kurbel), r<sub>1</sub>, r<sub>2</sub> Querriegel, s Schützen, s<sub>1</sub>, s<sub>2</sub> Schäfte (Gefchirr), t Ort des Tempels (Bretthalters), t<sub>1</sub>, t<sub>2</sub> Tritte, w Kurbelwelle, w<sub>1</sub> Schaftwelle, x Kreuzruten, z Zentrum, z<sub>1</sub>, z<sub>2</sub>, z<sub>3</sub>, z<sub>4</sub> Zahnräder (Überleitung 1:2).

geringe Bremfung des Kettenbaumes zulassen, benutzt man zum Vortreiben des Schusses den sogenannten Blattschlag oder Nachschlag. Kurz bevor das Blatt in die vorderste Stellung kommt, wird es zurückgezogen, wobei Federn gespannt werden, die dann das Blatt in die Schlagstellung schwellen. Auch mehrfacher Anschlag wird ausgeführt.

**Bewegung des Schützen [28].** Der Antrieb des Schützen (Schützenschlag) erfolgt bei den mechanischen Webstühlen in der Regel nach der auch bei den Handstühlen üblichen Weise, daß mittels des entsprechend rasch bewegten Treibers oder Pickers der Schütze aus dem Schützenkasten hinaus durch das Fach in den gegenüberliegenden Kästen getrieben wird. Damit der Schütze beim Stoßen auf den gegenüberliegenden Treiber nicht wieder zurückschlägt, sind Klemmvorrichtungen (Bremsfedern u. dergl.) angeordnet, welche sich vor dem nachfolgenden Abgang der Schütze wieder auslösen. Diese Vorrichtungen werden gleichzeitig meist als Schützenwächter (Absteller, Protektor) benutzt, infolge dieser, wenn der Schütze nicht an sein Ziel anlangt, den Webstuhl selbsttätig austrecken. Die nötige Beschleunigung kann dem Schützentreiber unter Zuhilfenahme von Schlagarmen entweder dadurch erteilt werden, daß der Schlagarm durch entsprechend gefaltete Kurvenscheiben oder dergl. seine Bewegung erhält, deren Geschwindigkeit von der Stuhlgeschwindigkeit abhängig ist — in diesem Falle darf ein vorliegender Stuhl eine bestimmte Geschwindigkeit nicht unterschreiten, wenn der Schütze noch sein Ziel zur richtigen Zeit erreichen soll — oder der Schlagarm wird durch eine vorher gespannte Feder beschleunigt (Federbeschleunigung) —, hierbei darf der Stuhl eine bestimmte Geschwindigkeit nicht überschreiten, da dem Schützen immer nur eine bestimmte, von der Stuhlgeschwindigkeit unabhängige Geschwindigkeit erteilt wird. Der Federbeschleunigung wird namentlich für schwere Schützen oder für solche, die einen sehr langen Weg zurücklegen müssen, angewendet. Je nachdem der Schläger oder die Peitsche von unten oder von oben her auf den Treiber einwirkt, unterscheidet man unterschlägige und overschlägige Webstühle (underpick, overpick); im letzteren Falle kann der Schlagarm in einer wagerechten Ebene schwingen (das ist der gewöhnliche Fall) oder in einer lotrechten Ebene (selten mehr vorkommend, vgl. oben, Hängeladen). Auch Preßluft und elektrischen Antrieb hat man zur Schützenbewegung zur Anwendung gebracht [29]. Ferner hat man besondere Mechanismen erfunden, um den maschinellen Zusammenhang des Schützen mit der Antriebwelle ununterbrochen zu erhalten (Steckschützen, Maulschützen, positiver Schützen-

antrieb) [30] bzw. hat man den Schützen ganz in Fortfall gebracht (schützenlose Webstühle) [31]. — Wenn der Schußfaden abreißt oder ausgeht, so ist der Webstuhl zum Stillstand zu bringen; bei langsam gehenden Stühlen überläßt man dies der bedienenden Person, bei rasch gehenden bringt man besondere sogenannte Schußwächter [32] an. Entweder läßt man den Schußfaden durch einen am Gestell befindlichen Führer, eine Gabel, überwachen (Gabelschußwächter) oder man versieht den Schützen mit einem Wächter, welcher die Schützenkraften-zunge beim Reißsen des Fadens in das Innere des Schützens zurücktreten läßt, so daß dann der Schützenwächter das Abstellen des Stuhles bewirkt (Schußwächterschützen). — Schließlich sind noch die sogenannten Schützenfänger [33] zu erwähnen. — Die Unfälle in den Webereien röhren — abgesehen von denen, welche durch die Betriebsmaschinen und die Wellenleitung veranlaßt werden — weitaus in den meisten Fällen von dem Herausfliegen des Webschützen her. Die Verletzungen, welche unter anderm durch ungenügende Verdeckung der Verzahnungen u. f. w. an den Webstühlen vorkommen, treten dagegen zurück. Entweder kann man nun ein Auspringen des Schützen dadurch verhindern, daß man das Fach auch nach oben hinreichend abdeckt, oder aber man kann den ausgeprungenen Schützen unfähig zu machen suchen durch Abfangen, sei es, daß man ihn oberhalb des Faches selbst aufhält oder ihn durch an den Seiten des Webstuhles angebrachte Schutzvorrichtungen absängt.

Um bei den mechanischen Webstühlen eine möglichst hohe Leistung zu erzielen, hat man einerseits durch Ausbildung und Vervollkommenung der Bewegungsmechanismen eine tunlichst große Arbeitsgeschwindigkeit zu erreichen gesucht, andererseits hat man den Arbeitsvorgang auf

eine andre Weise als bisher durchgeführt (Rundwebstühle, Webstuhl ohne Schütze), und endlich hat man Vorrichtungen erfunden, um die durch die Bedienung der Maschine verursachten Betriebsstillstände fast gänzlich zu vermeiden. Diese dritte Richtung findet sich in den Vorrichtungen verkörpert, welche neue, volle Schußspulen, nachdem die alten leer geworden sind, in den arbeitenden Webstuhl selbsttätig einlegen [34]. Neben dem vollkommenen Austausch der leeren gegen eine volle Schußspule [35] kann dies auch durch den Austausch des Schützen mit der leer gewordenen Spule gegen einen neuen mit voller Spule [36] und sogar des ganzen Schützenkastens gegen einen andern erfolgen [37]. Wenn die Spule in

dem Schützen während des schnellen Arbeitens des Webstuhles gewechselt werden soll, so kann dies jedenfalls nicht auf die von Hand geübte Weise erfolgen, daß nämlich die Spule auf eine aus dem Schützen herausklappbare Spindel gefleckt und der Fadenanfang durch ein Ohr in dem Schützen gesaugt wird, vielmehr sind hierzu besondere Schützen und besondere Spulen nötig. — Vorbildlich für die Schußspulenauswechslung ist der Northrop'sche Webstuhl geworden. Northrop benutzt einen Schützen, in welchem die Spule ohne Spindel nur durch die seitliche Klemmung ihres Kopfes festgeklemmt wird, so daß sie einfach von oben in den Schützen hineingedrückt werden kann, wobei die neue, volle Spule die leere nach unten aus dem Schützen drückt. Fig. 6 zeigt einen solchen Northrop-Webstuhl nach Ausführung der Elsässischen Maschinenbaugesellschaft. Am interessantesten ist hierbei der Schußwechselapparat, in welchen die Reservepulse eingelegt werden. Das Auswechseln der Spule bewirkt der sogenannte Stoßhammer, als Spulenhalter dienen zwei drehbar gelagerte Scheiben, in deren Einkerbungen die Spulen durch den Arbeiter eingelegt werden. Das Garnende einer jeden Spule wird um einen außerhalb des Wechselapparates angebrachten Knopf gewickelt, was während des Betriebes erfolgen kann. Sobald das Auswechseln der Spule erfolgen soll, wird die Wechselbewegung von einer mit dem Schußwächter in Verbindung stehenden und auf eine Eingreiflinke einwirkenden Stange angeregt. Gleichzeitig schiebt sich ein Kontrollfinger gegen den Ladenkasten vor, welcher die Auswechselbewegung verhindert, falls der Schütze sich nicht in seiner normalen Lage befindet. Ist alles in Ordnung, so begegnet das an der Lade befestigte Messer der Eingreiflinke, die mit einem Hammer verbunden ist. Die Lade setzt ihre Vorwärtsbewegung fort, und der Hammer übt auf die unter ihm befindliche gefüllte Spule einen Druck aus. Diele wird in den Schützen eingeführt, gleichzeitig die leere Spule austostend, und letztere fällt in einen darunter stehenden Blechkasten. Bei jeder Bewegung des Hammers wird eine Schaltkette nachgezogen, eine Klinke greift in ein auf der Achse der Wechselvorrichtung sitzendes Schalttrad ein und eine Feder bewirkt ein Nachrücken der Drehscheibe, so daß eine neue Spule unter dem Hammer gebracht wird. Da das Fadenende der neuen Spule um einen festen Knopf gewickelt ist, so windet sich beim Abschießen des Schützen von rechts nach links der Faden von der Spule ab und legt sich hierbei um das Auge der Einfädelungsöse des Schützen. Auf den Spannstab ist nun ein sogenannter Fadenabschneider aufgeschraubt, welcher durch eine besondere kleine Welle bei jeder Bewegung des Stoßhammers in Tätigkeit gesetzt wird, wobei eine Schere sowohl das Fadenende der alten als auch dasjenige der neuen Spule abschneidet. — Außer dem Schußfüllapparat ist der Webstuhl mit einem Kettenwächter ausgestattet. Diese zwei Neuerungen entbinden den Arbeiter von der beständigen Aufsicht, die er den alten Stühlen widmen mußte, so daß bei Herstellung von einfachen Geweben ein Arbeiter sechzehn bis zweidreißig Stühle überwachen kann. — Die Erfahrungsfache, daß hin und her gehenden

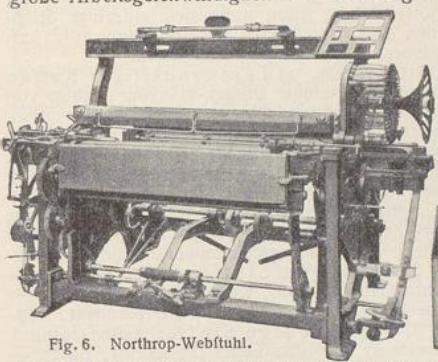


Fig. 6. Northrop-Webstuhl.

Mechanismen vielerlei Nachteile anhaften, mag dazu beigetragen haben, daß seit Jahrzehnten die Bemühungen vieler Erfinder (Waffermann [38], Herold [39] u. a.) sich auf dem schwierigen Gebiete der Rundwebstühle bewegen, auf welchemem Schlauchgewebe hergestellt werden. Diese Stühle haben aber den Nachteil, einmal vorgerichtet, sich schwer für andre Bindungen umändern zu lassen und die Anbringung eines Schützenwechfels nicht oder nur schwer zuzulassen. Die einzelnen Organe sind schwer mit der Hand und dem Auge zu erreichen, auch erweist sich die Schlauchform der Ware beim Bleichen, Färben und Zurichten als nachteilig. Die bislang aus geführten Rundwebstühle haben sich keinen Eingang in die Praxis verschaffen können.

Weitere Bestrebungen beziehen sich darauf, daß man überhaupt nicht die Schußspule durch das offene Fach führt, sondern die Spule neben dem Webstuhl aufstellt und nur den Faden einträgt. Bei älteren Versuchen wurde der Faden doppelt in Schleifenform eingelegt [31]; bei dem neuen mechanischen Webstuhl von Seaton [40] wird jedoch nur der einfache Faden in das Fach durch besonders gebaute Greiferschütteln eingelegt, und die einen großen Fadenvorrat fassenden Spulen sind auf beiden Seiten des Stuhles in bestimmter Entfernung von der Leiste aufgestellt (gleich der Schußlänge). Der Faden liegt zwar ebenfalls in Schleifenform in dem Gewebe, aber so, daß immer ein Teil der von rechts eingetragenen Schleife mit einem Teil der von links eingetragenen abwechselt (vgl. Fig. 7) und sämtliche Schußteile sind in der gewöhnlichen Weise durch die Kettenkreuzungen getrennt.

Ueber das Weben der Zeuge aus den verschiedenen Rohstoffen und die verschiedenen Arten dieser Gewebe s. in [41]. Hier genügt, soweit nicht schon unter den einzelnen Stichwörtern befondere Erläuterungen gegeben worden sind, zur kurzen Kennzeichnung die Aufzählung der einzelnen Stoffe unter den verschiedenen Rohstoffen und Bindungen.

**Arten der baumwollenen Zeuge.** 1. Glatte Stoffe. a) Leinwandartige: Kattun (Baumwolleinwand, imitiertes Leinen), Kitay (Kattun von geringer Breite), Nanking (Kattun von bräunlichgeiger Farbe), Nankinet (feinerer Nanking), Shirting (Futterkattun, Hemdenkattun, Nefel), Indian Shirtings (schwerste Sorte), Dhoties (Shirtings mit farbigen Streifen), T-Cloth, Mexicans, Domestics, Madapolams; Druckkattune, Glanzkattune; Bettücher; Tanjibs, Manifocks; Kambrik (Kammertuch, feiner Hemdenkattun), Baumwollbatist (schottischer Batist, Batismusselin), Jaconnet, Perkal, Perkalin, Kaliko (Druckperkale), Katt; Schnürchenperkal; Sarfenet; englische oder schottische Leinwand, Wiener Leinwand (Gingham), Hairkord, Blue-Mettle, Rips (Ribs); Musselin (Muslin, Neseltuch), Musselinet, Vapeur, Zephyr; Organdy (Organdin, Mull), Linon (Schleier), Tarlatan. — b) Gazeartige: Baumwollene Gaze, Kanevas, Baumwollstramin, Kongreßstoff, Etamine, Marly, Camilla; Glanzgaze. — 2. Geköperte Stoffe: Köper oder Croisé (Twill), Cretonnes (bedruckte Köper), Jeans, baumwollener Merino, Köper-Gingham, Drill oder Drell, Baft oder Baftzeug (Baumwollbaft); Barchent, Parchend (Fustian), Futterbarchent, Bettbarchent, Bettrell, Inlet, Köper-Swardown. — 3. Atlasbindige Stoffe: Satin (Jeannet, Oriental), Atlasbarchent, Baumwollmolton (Beavertene), englisch Leder (Moleskin), Biber. — 4. Gemusterte Stoffe: a) Köperbindige: Dimity, Wallis, gestreifte Barchente, Bettrell (Drillich); b) baumwollener Damast; c) Doppelstoffe: Piqué, Piqué-Barchent. — 5. Samtartige Stoffe: Manchefer (Baumwollsamt, unechter Samt), Kafforin (baumwollener Plüscher), Badehandtücher (Frottierstoffe).

**Arten der leinenen und hänenen Zeuge.** 1. Glatte Stoffe: Leinwand (Leinen); Flachsleinwand, flächenes Leinen; Hanfleinwand; Wergleinwand, Hedeleinen; halbflächene Leinwand, Halbhedeleinen, Halblaken; halbbaumwollene Leinwand (Halbleinen, irische Leinwand); Segeltuch (Segelleinwand); Schirrtuch; Packleinwand; Creas (Lederleinwand); Schockleinen, Futterleinen, Franzleinen, Moorleinen, Starr- oder Steifleinen (Schetterleinen), Glanzleinwand; Batist (Leinenkambrik), Batistleinwand, Schleier, Linon, englische Charpie (Patent-Charpie); Flachstuch (Gobelinstoff). — 2. Geköperte und gemusterte Stoffe: Drell (Drillich, Zwillich); Atlasdrell, Leinenatlas; Damast (Leindamast); Halbdamast, Frottierstoffe, Leinenplüscher.

**Arten der Jutezeuge** [42]. 1. Glatte Stoffe: Netztruit (Biskuit Baggings, Fasson Heffians); gewöhnliches Juteleinen (Common Heffians), Jutefeinleinen (Fine Heffians), Jute-doppelheiten (Tarpawlings), Einfach- und Doppel-Jutesackleinen (Single warp and double warp Baggings); Zuckerfackleinen (Heffian-Baggings); Plansackleinen (Plain-Sackings). — 2. Geköperte Stoffe: Juteköper und Drell (Twilled Sackings); Hopfentuche (Hoppoketings). — 3. Juteplüscher (Grund Baumwolle, Flor Jute).

#### Tuchartige Wollensezeuge (Tuchfabrikation, Tuchsorten).

**Kammwollene Zeuge.** Eine vollständige Aufzählung der Stoffe würde bei dem ewigen Wechsel der Mode fast unmöglich, mindestens sehr weitläufig sein; es sollen deshalb hier nur die geläufigsten Namen erwähnt sein. 1. Glatte Stoffe: Kamelott, Orleans, Perkan, Barrakan, Moir (Moor, Möbelmoor), Bombafin, Beuteltuch, Krepp (Crépon), Moreen, Wollenstramin, Wollenmusselin, Chaly, Poil de chèvre (Mohair), Rips (Reps), Stramin, Tamis (Damis), Grosgrain, Quinet, Polemit, Konzentzeug. Gazeartig: Barège. — 2. Geköperte Stoffe: Geköppter Wollmusselin, Merinos, Tibet, Kaschmir, Bombafin (Kette von Seide, Schuß von Kammwolle), Halbmerino (halbwollener Merino); Paramatta, Zanella, Rasch (Zenografch, Chalon, Soy, Tuchrasch), Oeltuch (Oelpreßtuch). — 3. Atlasbindige Stoffe: Wollener Atlas, Kalmank, Serge (Sarfche). — 4. Gemusterte Stoffe: Schuhkord (verderbt Schuhgurt), Stramin, gemusterte Kleiderzeuge u. s. w., gemusterte Damaste und Schals. — 5. Samtartige Stoffe: Wollener Samt und Plüscher, sowohl geschnitten als ungeschnitten und gepreßt. Mohair-Plüscher (Sealskin, vgl. d. Art. Sealskin). — 6. Teppiche (f. d.).

**Arten der feidene Zeuge** [43]. 1. Glatte Stoffe: a) leinwand- oder taffetartig gewebte: Taffet (Futtertaffet, Zendeltaffet, Kleidertaffet, Avignon, Florence); Halbtaffet, Halb-

florence (feidene Kette, baumwollener Schuß); Baftzeug; Marzellin oder Doppeltaffet; Lufrin; Gros (Gros de Naples, de Tours, d'Ispahan u. f. w.); Poult de soie (Gros grain); Papeline; Seidenkamelott. Werden Ketten- und Schußfäden mehrfach (bündelweise) zusammengekommen (Würfleinwand, Panamabindung), so entstehen der Foulard und die Louifine. Ripsartig ist Turquoise. Ferner wären zu erwähnen Velours simulé (falscher, ungeschnittener Samt, Epingle, Simuline) und der Krepp. — b) Gazeartige Stoffe: Dünntuch (eigentliche Gaze), feidenes Beuteltuch, Beutlgaze; Stramin; Barège. — 2. Geköperte Stoffe: Croisé, Satin de Lyon, Levantin, Bataviakörper, Drap de soie, Serge, Radzimir, Bombafin u. f. w. — 3. Atlasbindige Stoffe: Fünfbindiger Satin (Bastardatlas, Satin turc), Satin de Chine, Alcionne, Satin à la reine, Rhadamé (sechsbindig), Satin merveilleux (siebenbindig), Atlas (achtbindig und mehr).

4. Gemusterte Stoffe. Als bekanntere Namen feien bloß angeführt: Droget, Chagrin, Satinet, Parisienne, gemusterter Levantin, damastartige Stoffe, sogenannte Brillantstoffe, Stoffe mit aufgeschwefelten und übergeschossenen Mustern, Brokat, Pequin. — 5. Samtartige Stoffe: Ungefchnittener und geschnittener Samt, Plüsch (glatt und mit Mustern), Felpel (glatt und gemustert).

Als besonderen Zweiges der Weberei muß der Bandweberei (vgl. [44]) gedacht werden. Die Bandwebstühle dienen meist zur gleichzeitigen Herstellung einer größeren Anzahl von Bändern und sind deshalb als Vereinigung einer Anzahl von mechanischen Webstühlen aufzufassen. Die Anzahl der auf einmal auf einem Stuhle angefertigten Bänder nennt man die Gang- oder Lauftahl des Stuhles (ausgeführt bis zu 140 Gängen). Um Raum zu sparen, kann man die Bänder in verfetzter Bandlage etwa zweigeschossig anordnen, was den Vorteil großer Raumersparnis, dagegen den Nachteil der geringeren Überblicklichkeit befreit. — Die Lade ist in bezug auf die Schiffchenanordnung entweder eine Sägelade mit flachen von unten angetriebenen oder eine Spindellade mit flachen von hinten angetriebenen oder eine Kreis- oder Bogenlade mit kreisbogenförmig bewegten Schiffchen. An sich ist sie meist eine Hängelade, d. h. oben aufgehängt. Bezuglich der Schützenanordnung unterscheidet man einschützige und mehrschützige Laden. Im letzteren Falle liegen mehrere Schützenreihen (bis sieben) übereinander, und man bedarf eines besonderen Wechselmechanismus, der den Schützen, der zum Schuß kommen soll, gerade in die Lage bringt, daß er ungehemmt das Fach durchlaufen kann. Man vermag dabei auch mit mehreren Sorten Schiffchen zu arbeiten, beispielsweise mit einem Grundschuß und mehreren Brotschierbüßen. Je nach der Schiffchenbewegung lassen sich die Bandwebstühle einteilen in Bandstühle mit sogenanntem Marionettenschiffchenzug, oder mit Schiffchenzug mittels Exzenter und Tritt oder mit zwangsläufiger Schiffchenbewegung durch Hebel, Verzahnungen oder dergl., und endlich Bandwebstühle mit Eintragung des Schußfadens durch Nadeln (vgl. Art. Bandstuhl, Bd. 1, S. 543). — Die Lade kann ferner ein-, zwei- oder mehrteilig sein, d. h. es können nebeneinander in einem Stuhle zwei oder mehrere Laden, beispielsweise mit verschiedener Lauftahl für verschiedene breite Bänder eingebaut sein. Dabei kann der Antrieb gemeinsam oder für jede Abteilung besonders gewählt werden, so daß man jede Abteilung für sich in Bewegung setzen oder abstellen kann. — Bei einfacheren Mustern erfolgt die Fachbildung mittels Schäften. Hierbei wendet man zur Schäftebewegung entweder eine innere unabhängige Gefürrbewegung mittels Exzenter und Tritte an oder eine äußere, oder man bewegt die Schäfte mittels Außentrommeln oder Schaufmaschinen. Letztere sind meist Seitenfachmaschinen mit Aufzug, und zwar Geschlossenfachmaschinen oder Offenfachfachmaschinen. Reicher gemusterte Bänder werden mit Hilfe von Jacquardmaschinen hergestellt. — Fig. 8 zeigt einen Jacquardstuhl mit Bogenladen

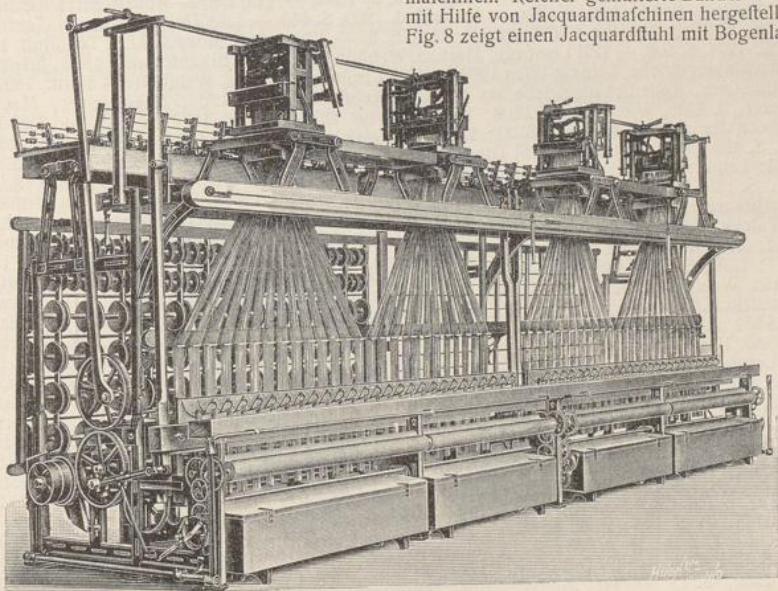


Fig. 8.

der deutschen Webstuhlfabrik von Fr. Lüdorf & Co. in Barmen-Rittershausen. Die Stühle werden bis zu einer inneren Breite von 7 m gebaut und erhalten dabei bis zu 140 Gänge. Sie sind mehrfach (2-, 3-, 4-fach) geteilt, jeder Teil bekommt dann feinen Sonderantrieb und arbeitet unabhängig von den andern. — Weiter lassen sich die Bandstühle nach dem Fabrikate in Litzen-, Borten- und Treppenstühle, einfarbige glatte Rutenbandstühle, mehrfarbige gemusterte Seidenbandstühle mit Jacquardeinrichtung, Gurtenstühle verschiedener Art, Gummibandstühle, Samtbandstühle einteilen (Nadel- oder Rutenfam. und Doppelfam.). Endlich gibt es noch Bandstühle zur Erzeugung von Dreherbändern, Bändern mit Perlensatz u. f. w.

In neuerster Zeit sind auch besondere Verfahren für die eigenartigen Beanspruchungen ausgesetzten Gewebeeinlagen der Fahrrad- und Automobilradreifen erdacht worden [45]. Ueber die Herstellung der Stroh-, Holz-, Rohr-, Pferdehaar-, Kautschuk- und Drahtgewebe, über Perlensweberei und Weben des Tülls vgl. [41].

Literatur: D.R.P.-Kl. 86. — Knorr, Elemente der Weberei, Chemnitz 1872; Reh, Lehrbuch der mechan. Weberei, Wien 1890; Oelsner, Die deutsche Webschule, Altona 1891; Schams, Handbuch der gef. Weberei, Weimar 1892; Kinzer und Fiedler, Technologie der Handweberei, Wien 1893; Lembcke, Mechan. Webstühle, Braunschweig 1886/96; Müller, Ernst, Handbuch der Weberei und Zurichtungsarbeiten, Leipzig 1896; Utz, Die Praxis der mechan. Weberei, Leipzig 1907. — [1] Dinglers Polyt. Journ. 1882, Bd. 246, S. 69. — [2] Lembcke, Die Vorbereitungsmaschinen in der mechan. Weberei, Leipzig 1877; Mikolaschek, Mechan. Weberei, I. Abt., Wien und Leipzig 1904. — [3] Müller, Ernst, Handbuch der Weberei und Zurichtungsarbeiten, S. 492, 512; Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1886, S. 150; 1890, S. 1049; 1894, S. 874; 1897, S. 713; 1902, S. 389; 1907, S. 821; Leipz. Monatschr. f. Textilind. 1900, S. 412; 1902, S. 89; 1903, S. 9. — [4] Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1891, S. 98; 1903, S. 1105. — [5] Uhlands prakt. Maschinienkonstrukteur 1898, S. 58; Leipz. Monatschr. f. Textilind. 1904, S. 36 (Spezial-Nr. 1); 1905, S. 116. — [6] Leipz. Monatschr. f. Textilind. 1898, S. 771. — [7] Donat, Franz, Methodik der Bindungslehre, Dekomposition und Kalkulation für Schafftweberei, Wien-Peß-Leipzig 1892; Derf., Bindungs-Lexikon v. Schafftweberei, Wien-Peß-Leipzig 1897. — [8] Müller, Ernst, Handbuch der Weberei und Zurichtungsarbeiten, S. 530, 531. — [9] Leipz. Monatschr. f. Textilind. 1895, S. 586. — [10] D.R.P. Nr. 97797, 100503, 119666, 125443/46, 140332, 141669, 146586, 202819; Leipz. Monatschr. f. Textilind. 1898, S. 378; 1903, S. 316; 1904, S. 804. — [11] D.R.P. Nr. 12304, 111202, 152622, 184475; Oesterr. Wollen- u. Leinenind. 1908, S. 1062; Zeitschr. f. Textilind. 1909, S. 108. — [12] Donat, Methodik der Bindungslehre, S. 62; Finsterbuch, Die mechan. Weberei und die Fabrikation der Kunst- und Figurendreher, Altona 1889; Lembcke, Mechan. Webstühle, 2. Fortf., 1890, S. 162; Wenzel, Die Bindungslehre f. Gazegewebe, Glauchau (Selbstverlag); Leipz. Monatschr. f. Textilind. 1897, S. 138, 469; 1898, S. 158, 166, 302, 705; 1902, S. 829; 1905, S. 18; 1909, S. 65. — [13] Oelsner, Die deutsche Webschule, 1891, S. 217; Reh, Lehrbuch der mechan. Weberei, 1889, S. 174; Utz, Die Praxis der mechan. Weberei, S. 80 ff. — [14] Kohl, F., Geschichte der Jacquardmaschine, gekrönte Preisfchrift, Berlin 1873; Kinzer, Technologie der Handweberei II. Teil, Die Jacquardweberei, Leipzig 1908. — [15] Lembcke, Die Vorbereitungsmaschinen in der mechan. Weberei, 1893, S. 138; Leipz. Monatschr. f. Textilind. 1896, S. 513; 1897, S. 8, 72; 1887, S. 117; 1891, S. 349; 1896, S. 514. — [17] Ebend. 1900, S. 97; 1901, S. 90; 1901, Spezial-Nr. IV, S. 103; Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1903, S. 1343. — [18] Leipz. Monatschr. f. Textilind. 1898, S. 81. — [19] Oesterr. Wollen- u. Leinenind. 1909, S. 446. — [20] Zeitschr. f. d. gef. Textilind. 1907/08, S. 264; Zeitschr. f. d. Textilind. 1908, S. 8. — [21] Leipz. Monatschr. f. Textilind. 1902, S. 826; 1904, S. 596. — [22] Lembcke, Mechan. Webstühle, 5. Fortf., Braunschweig 1893; Edelstein, Die Fachbildegetriebe, Leipzig-Wien 1909. — [23] Lembcke, Mechan. Webstühle, 4. Fortf., 1892. — [24] Edelstein, Kettenfachgetriebe am mechan. Webstuhl, Berlin 1904; Mikolaschek, Mechan. Weberei, 2. Abt., Wien-Leipzig 1908; Zivilingenieur 1875, S. 615; 1877, S. 145. — [25] Reh, Lehrbuch der mechan. Weberei, S. 31; Leipz. Monatschr. f. Textilind. 1889, S. 271; 1896, S. 634; 1897, S. 460; 1898, S. 695. — [26] Dinglers Polyt. Journ. 1863, Bd. 168, S. 361; 1864, Bd. 174, S. 181; Leipz. Monatschr. f. Textilind. 1897, S. 9, 328, 674; 1898, S. 239, 241, 765; 1899, S. 797; 1904, S. 169; 1909, S. 40; Oesterr. Wollen- u. Leinenind. 1909, S. 792. — [27] Mittteil. d. Gewerbevereins f. Hannover 1872, S. 414; Reh, Lehrbuch der mechan. Weberei, S. 118. — [28] Falcke, Chemnitzer Gewerbeschulprogramm, 1872; Reh, Lehrbuch der mechan. Weberei, S. 144; Zeitschr. f. d. gef. Textilind. 1901/02, S. 601. — [29] Leipz. Monatschr. f. Textilind. 1896, S. 577; 1897, S. 577; 1898, S. 451; 1901, S. 494; D.R.P. Nr. 194318, 211916. — [30] Lembcke, Mechan. Webstühle, 1. Fortf., S. 142; Reh, Lehrbuch der mechan. Weberei, S. 172; Leipz. Monatschr. f. Textilind. 1903, S. 816. — [31] Barlow, History of weaving, S. 302; engl. Patent Nr. 18852 vom Jahre 1896; D.R.P. Nr. 96959, 99787, 99788; 104819; Leipz. Monatschr. f. Textilind. 1898, S. 376, 681, 761; 1899, S. 639. — [32] Lembcke, Mechan. Webstühle, 1886, S. 105; S. 415, 812; 1903, S. 169, 459, 671; 1904, S. 168, 595. — [33] Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1890, S. 202, 226; 1902, S. 540; 1903, S. 235; 1905, S. 12, 47, 109; Zeitschr. f. Gewerbehyg., Wien 1907, S. 36, 280, 350, 355. — [34] Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1896, S. 144; Zeitschr. d. Oesterr. Ing.-u. Arch.-Vereins 1908, S. 17. — [35] D.R.P. Nr. 63687, 96513, 97309, 121958, 123248, 129545, 147349, 204993; Leipz. Monatschr. f. Textilind. 1898, S. 158, 229, 455; 1901, S. 653; 1902, S. 320; 1909, S. 13; Zeitschr. f. Textilind. (Berlin) 1907, S. 25; 1908, S. 91. — [36] D.R.P. Nr. 47872, 164093, 206940; Leipz. Monatschr. f. Textilind. 1904 (Spezial-Nr. 2), S. 75; 1905 (Spezial-Nr. 4), S. 144; 1909, S. 69. — [37] Claviez, D.R.P. Nr. 78904. — [38] D.R.P. Nr. 76105, 82430. — [39] D.R.P. Nr. 96270, 96271, 98335, 98336, 98623; Leipz. Monatschr. f. Textilind. 1898, S. 304, 528. — [40] D.R.P. Nr. 99787, 99788; Leipz. Monatschr. f. Textilind. 1898, S. 681, 761; 1909, S. 43. — [41] Müller, Ernst, Handbuch der Weberei, Leipzig 1896; Reifer und

Spennrath, Handbuch der Weberei, 3 Bde., München 1894—1906. — [42] Pfuhl, Die Jute und ihre Verarbeitung, 2. Teil, Berlin 1891. — [43] Feldges, Anleitung zur Kenntnis der Seidenstoffe, Krefeld 1868; Leipz. Monatschr. f. Textilind. 1904, S. 649; 1905 (Spezial-Nr. 3), S. 97. — [44] Kinzer-Fiedler, Handweberei, Wien 1893; Reifer und Spennrath, Handbuch der Weberei, Bd. 3, Abt. II, München 1900; Utz, Die Praxis der mechan. Weberei, Leipzig 1907; Both, Die Bandweberei, Hannover 1907; Zeitfchr. f. Textilind., Berlin 1908, S. 65 und [41]. — [45] D.R.P. Nr. 70734, 99069, 113402, 116938, 122754, 211512, 212241. *E. Müller.*

**Weberglas** (Fädenzähler), ein Vergroßerungsglas (Lupe) zur Beleuchtung und Untersuchung der Stoffe und Abzählung der auf einen bestimmten Raum kommenden Fäden.

**Webstuhl**, f. Weberei.

**Wechsel** (Wechselbalken) in der Balkenlage (f. d., Bd. 1, S. 529 ff., Fig. 1) angeordnete Querbalken.

Sie kommen zur Anwendung an Stellen, wo ein Auswechseln (f. d. Bd. 1, S. 413 und Figur) nötig ist, um die gekürzten Balken (Trumpe) aufzunehmen, die hier durch Brustzapfen (f. d. Bd. 2, S. 372) ihr Auflager finden. Der Wechsel soll höchstens 4—5 m freiliegen. *Weinbrenner.*

**Wechselfeuer**, festes Feuer von annähernd gleicher

Stärke, welches abwechselnd verschiedene Farben (in der Regel Rot und Weiß) zeigt (f. nebenstehende Figur).

Literatur: Verzeichnis der Leuchtfeuer aller Meere, Reichsmarineamt. *von Nießen.*

**Wechselfgeschwindigkeit** der Momentanachse. Die Momentanachse der Bewegung eines unveränderlichen Systems ist im allgemeinen eine mit der Zeit  $t$  wechselnde Gerade  $\gamma$  im System, welche mit einer Geraden  $c$ , im Raume der Bewegung gleichfalls wechselnd, zusammenfällt. Die sämtlichen Achsen  $\gamma$  bilden im System eine geradlinige Fläche ( $\gamma$ ), welche auf der von sämtlichen Achsen  $c$  im Raume der Bewegung gebildeten Fläche ( $c$ ) rollt und gleitet. Die beiden, den Zeiten  $t$  und  $t+dt$  entsprechenden Momentanachsen bilden miteinander den Winkel  $d\alpha$  und haben voneinander den kürzesten Abstand  $d\alpha$ . Die Größe  $\omega = d\alpha/dt$  heißt die Wechselfgeschwindigkeit und die Größe  $u = d\alpha/dt$  die Orthogonalgeschwindigkeit der Momentanachse zur Zeit  $t$ . Die Wechselbewegung der Momentanachse ist daher selbst eine Windungsbewegung um die Linie des kürzesten Abstandes beider Momentanachsen als Windungsachse. Für die ebene Bewegung ist  $w=0$ , und es reduziert sich die Wechselfgeschwindigkeit auf die Orthogonalgeschwindigkeit  $u$  (Wechselfgeschwindigkeit des Momentanzentrums der ebenen Bewegung, f. Bd. 6, S. 476); für die Rotation des Systems um einen Punkt (physische Bewegung) ist  $u=0$  und ist die Wechselfgeschwindigkeit bloß Winkelgeschwindigkeit. (f. Schell) *Fünferwalder.*

**Wechselgetriebe** sind Mechanismen, durch welche die von einer gleichförmig rotierenden Triebwelle auf eine andre Welle übertragene Drehungsgeschwindigkeit vermittelt willkürlicher oder selbsttätiger Einwirkung verändert wird.

**Wechselkreis** (Tangentialkreis), f. Beschleunigungszentrum.

**Wechselstrom, elektrischer**, Strom von wechselnder Größe und Richtung.

Rechnet man die Drehung eines kreisförmigen Drahtringes in einem homogenen, magnetischen Felde von der Lage aus, in welcher er das Maximum  $N_0$  der Kraftlinien einschließt, so beträgt die Zahl der eingeschlossenen Kraftlinien in der um den Winkel  $\alpha$  gedrehten Lage (Fig. 1)  $N = N_0 \cos \alpha$ . Nun folgt aber der Momentanwert der elektromotorischen Kraft zur Zeit  $t$  in Volt (Bd. 5, S. 184)  $e = -\frac{dN}{dt} \xi 10^{-8}$ , so daß in unserm Falle wird:

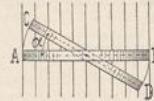


Fig. 1. unter  $\xi$  die Windungszahl des Drahtringes und  $\omega$  die Winkelgeschwindigkeit der Rotation verstanden.

Fig. 2 zeigt den Verlauf der Veränderlichkeit von  $e$  mit  $\alpha$  als Abszisse und  $e$  als Ordinate (Sinuslinie). Man erkennt, daß für  $\alpha = 90^\circ$ , d. h. während der ersten Viertelumdrehung  $e$  bis zu seinem Maximum  $E_0 = N_0 \xi \omega \cdot 10^{-8}$  wächst, dann wieder abnimmt, um nach einer halben Umdrehung den Wert Null anzunehmen, dann wieder, jedoch mit umgekehrten Vorzeichen, wächst bis zu dem negativen Maximum  $-E_0$ , dann abermals bis Null abnimmt u. f. f. Nach jeder ganzen Umdrehung (Oszillation) des Ringes wiederholt sich der Vorgang; eine Oszillation entspricht also einer Periode des Wechselstromes von bestimmter Zeitdauer  $T$ . Frequenz ist die Zahl der Perioden pro Sekunde.

Man erhält aus 1. mit Einfügen des vorhin gefundenen Wertes  $E_0$  die Gleichung  $e = E_0 \cdot \sin \alpha$ , bzw. da bei konstantem  $\omega$  die Gleichung  $d\alpha/dt = \omega$  integriert werden kann:  $e = E_0 \cdot \sin \alpha = E_0 \cdot \sin(\omega t)$ . Die Gleichung  $\alpha = \omega t$  gilt für jeden Wert von  $t$ , also auch für den Wert  $t = T$  der Zeitdauer einer Periode. Diese ist vollendet für  $\alpha = 2\pi$ , also ist  $2\pi = \omega T$  und hiermit  $\omega = 2\pi/T$ . Ist  $\sim$  die Anzahl der Perioden in einer Sekunde, so ist  $T = \frac{1}{\sim}$  und demnach  $\omega = 2\pi \sim$ . Anstatt  $e$  als die Ordinaten der Sinuslinie darzustellen, kann man auch

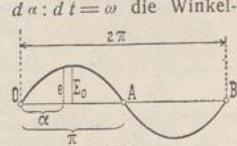


Fig. 2.

unter dem Winkel  $\alpha$  gegen eine als Abszissenachse angenommene Gerade eine Strecke  $OA$  (Fig. 3) gleich dem Maximalwert  $E_0$  abtragen und diese auf eine zur Abszissenachse senkrechte Gerade projizieren; die Projektion  $OA'$  ist alsdann der momentane Wert  $e$  (Vektordiagramm).

Denkt man sich nun zwei genau gleiche Drahtringe auf die Rotationsachse gesetzt, deren Ebenen einen Winkel  $\varphi_0$  miteinander einschließen, so unterscheiden sich die in den beiden Drahtringen erzeugten elektromotorischen Kräfte nur dadurch, daß die Momentanwerte in dem zweiten Drahtring die gleichen des ersten um den Winkel  $\varphi_0$  später erreichen. Wenn also die elektromotorische Kraft des ersten Ringes durch die Gleichung  $e_1 = E_0 \cdot \sin \alpha$  gegeben ist, so ist die des zweiten bestimmt durch die Gleichung  $e_2 = E_0 \sin (\alpha - \varphi_0)$ . Man kann nun die beiden

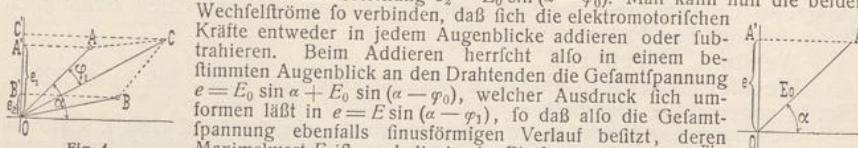


Fig. 4.

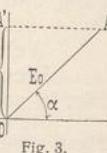


Fig. 3.

Wechselströme zu verbinden, daß sich die elektromotorischen Kräfte entweder in jedem Augenblick addieren oder subtrahieren. Beim Addieren herrscht also in einem bestimmten Augenblick an den Drahtenden die Gesamtspannung  $e = E_0 \sin \alpha + E_0 \sin (\alpha - \varphi_0)$ , welcher Ausdruck sich umformen läßt in  $e = E \sin (\alpha - \varphi_1)$ , so daß also die Gesamtspannung ebenfalls sinusförmigen Verlauf besitzt, deren Maximalwert  $E$  ist, und die in der Phase gegen die elektromotorische Kraft der ersten Maschine um den Winkel  $\varphi_1$  zurückbleibt. Besser über sieht man das Resultat, wenn man die einzelnen Momentanwerte im Vektordiagramm sichtbar macht. In Fig. 4 sei  $OA$  der Maximalwert der elektromotorischen Kraft des ersten Drahtringes,  $OB$  diejenige des zweiten; dann ist  $OA'$  der Momentanwert  $e_1$  und  $OB'$  der Momentanwert  $e_2$ . Die Summe  $e_1 + e_2$  sei dargestellt  $OC'$ , und man ersieht sofort, daß diese Summe die Projektion der Diagonale  $OC$  des  $\# OACB$  ist.

Fließt ein Wechselstrom, dessen Momentanwert  $i$  ist, durch einen induktionsfreien Widerstand  $w$ , so ruft er an den Enden des Widerstandes einen Spannungsunterschied hervor; ist dessen Momentanwert  $e$ , dann ergibt sich  $i = e : w$ . Wird der Wechselstrom von der oben betrachteten Wechselstrommaschine hervorgebracht, so ist  $e = E_0 \sin \alpha$ , und es wird auch  $i = E_0 \sin \alpha : w = J_0 \sin \alpha$ , wo  $J_0 = E_0 : w$  gesetzt wurde. Stellt man die Momentanwerte  $i$  und  $e$  durch die Projektionen ihrer Vektoren dar, so sieht man, daß die Vektoren  $E_0$  und  $J_0$  sich nur durch die Größe und den gewählten Maßstab, hingegen nicht durch die Richtung unterscheiden, so daß wir sagen können: Im induktionsfreien Widerstand fällt der Vektor des Stromes mit dem Vektor der Spannung zusammen.

Der Wechselstrom möge durch eine widerstandslos gedachte Spule ohne Eisenkern fließen, deren Selbstinduktionskoeffizient  $L$  sei. Fließt ein Wechselstrom  $i$  durch eine derartige Spule, so ruft dieser, da er ja von Kraftlinien begleitet ist, eine elektromotorische Kraft der Selbstinduktion hervor, deren Größe durch die Formel  $e_s = -L \frac{di}{dt}$  (Bd. 5, S. 185) gegeben ist, und die der Klemmenspannung  $e_k$  der Spule entgegengewirkt. Bezeichnet zunächst  $w$  den Widerstand der Spule, so ist  $i = (e_k + e_s) : w$  der Strom, der durch die Spule fließt. Hieraus folgt  $iw = e_k + e_s$ , und wenn  $w = 0$  ist,  $e_k = -e_s$ . Die Klemmenspannung  $e_k$  röhrt von unsrer Wechselstrommaschine her, ändert sich also nach der Gleichung  $e_k = E \sin (\omega t)$ , während  $e_s = -L \frac{di}{dt}$  ist; also gilt die Gleichung  $E \sin (\omega t) = +L \frac{di}{dt}$ , woraus durch Integration  $i = -\frac{E}{L \omega} \cos (\omega t)$  folgt. Der Nenner  $L \omega$  stellt einen Widerstand vor, der Induktanz genannt wird.

Stellt man die Momentanwerte  $e_k$ ,  $i$ ,  $e_s$  durch Projektionen im Vektordiagramm dar, so zeigt Fig. 5 die Resultate, welche in Worte gekleidet folgende sind: Durchfließt ein Wechselstrom von sinusförmigem Verlauf eine widerstandslose Induktionsspule, so steht im Vektordiagramm

der Vektor der Stromstärke ( $OB$ ) senkrecht auf dem Vektor der Klemmenspannung  $OA$ , und zwar im Sinne des Zurückbleibens. Der Klemmenspannung genau entgegengerichtet ist die elektromotorische Kraft der Selbstinduktion, so daß diese hinter dem Strom um  $90^\circ$  zurückbleibt. Eine Spule, die Widerstand und Selbstinduktion besitzt, kann als die Hintereinanderschaltung eines induktionsfreien Widerstandes  $W$  und einer widerstandslosen Spule mit dem Selbstinduktionskoeffizienten  $L$  angesehen werden. Wird diese an eine Wechselstromquelle angeschlossen, so fließt durch sie ein Strom, dessen Richtung im Vektordiagramm durch die Linie  $OX$  (Fig. 6) dargestellt sein möge. Dieser erzeugt an den Enden des induktionsfreien Widerstandes eine Klemmenspannung, deren Maximalwert  $E_1 = J_0 W$  ist und welche in der Richtung von  $OX$  fällt ( $OA = E_1 = J_0 W$ ). An den Klemmen der widerstandslosen Induktionsspule herrscht eine Spannung  $E_2 = J_0 L \omega$ , welche dem Strom um  $90^\circ$  vorausfällt ( $OB = E_2 = J_0 L \omega$ ). Die resultierende  $E_0$  aus  $OA$  und  $OB$  gibt dann die Gesamtspannung an, welche die Maschine zu erzeugen hat. Man sieht hieraus, daß die Gesamtspannung um einen Winkel  $\varphi$ , „den Phasenverschiebungswinkel“, der Richtung des Stromes vorausfällt, d. h. denkt man sich das Quadrat  $AOB'C$  im entgegengesetzten Sinne des Uhrzeigers um  $O$  rotierend, und die Projektionen der Gesamtspannung und des Stromes auf eine vertikale Gerade gebildet, so sieht man, daß der Strom immer um den Winkel  $\varphi$  später die Maximal- und Nullwerte als die Spannung erreicht. Der Maximalwert  $J_0$  des Stromes kann aus dem rechtwinkligen Dreieck  $AOC$  berechnet werden, denn es ist  $OC^2 = (J_0 W)^2 + (J_0 \omega L)^2$ , woraus  $J_0 = E_0 : \sqrt{W^2 + (\omega L)^2}$  folgt. Den Nenner dieses

angefüllte, so fließt durch sie ein Strom, dessen Richtung im Vektordiagramm durch die Linie  $OX$  (Fig. 6) dargestellt sein möge. Dieser erzeugt an den Enden des induktionsfreien Widerstandes eine Klemmenspannung, deren Maximalwert  $E_1 = J_0 W$  ist und welche in der Richtung von  $OX$  fällt ( $OA = E_1 = J_0 W$ ). An den Klemmen der widerstandslosen Induktionsspule herrscht eine Spannung  $E_2 = J_0 L \omega$ , welche dem Strom um  $90^\circ$  vorausfällt ( $OB = E_2 = J_0 L \omega$ ). Die resultierende  $E_0$  aus  $OA$  und  $OB$  gibt dann die Gesamtspannung an, welche die Maschine zu erzeugen hat. Man sieht hieraus, daß die Gesamtspannung um einen Winkel  $\varphi$ , „den Phasenverschiebungswinkel“, der Richtung des Stromes vorausfällt, d. h. denkt man sich das Quadrat  $AOB'C$  im entgegengesetzten Sinne des Uhrzeigers um  $O$  rotierend, und die Projektionen der Gesamtspannung und des Stromes auf eine vertikale Gerade gebildet, so sieht man, daß der Strom immer um den Winkel  $\varphi$  später die Maximal- und Nullwerte als die Spannung erreicht. Der Maximalwert  $J_0$  des Stromes kann aus dem rechtwinkligen Dreieck  $AOC$  berechnet werden, denn es ist  $OC^2 = (J_0 W)^2 + (J_0 \omega L)^2$ , woraus  $J_0 = E_0 : \sqrt{W^2 + (\omega L)^2}$  folgt. Den Nenner dieses

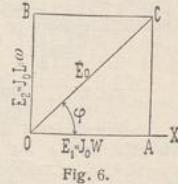


Fig. 6.

Ausdrucks nennt man den scheinbaren Widerstand oder die Impedanz. Man kann ihn als die Hypotenuse eines rechtwinkligen Dreiecks darstellen, dessen eine Kathete der wahre Widerstand  $W$  und dessen andre die Induktanz  $L\omega$  ist (Fig. 7). Der scheinbare Widerstand und mit ihm die Phasenverschiebung wird um so größer, je größer die Periodenzahl des Wechselstromes ist. Da beide Erscheinungen jedoch unwillkommene sind, darf man die Periodenzahl nicht zu hoch wählen. Bogenlampen brauchen Ströme von mindestens 40 Perioden, wenn man nicht ein Zittern des Lichtes bemerken soll. Die Werke für Licht und Kraft erzeugen daher meistens Ströme von 50 oder 42 Perioden. Für reine Kraftwerke werden 25 bis herab zu

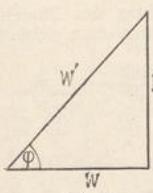


Fig. 7.

13 Perioden gewählt. Wechselströme mit sehr wesentlich höheren Frequenzen wurden mit Maschinen zuerst von Tesla erzeugt und untersucht (Teslaströme s. unten).

Während, wie gezeigt, bei einem Induktionswiderstand der Vektor des Stromes zurückbleibt gegen den Vektor der Spannung, eilt bei einem in den Wechselstromkreis eingeschalteten Kondensator der Strom, dessen Stärke  $I' = C e' \omega$  ist, um  $90^\circ$  der Spannung voraus. Die Stromstärke nimmt mit der Periodenzahl zu, während sie in einer Spule kleiner wird. Für Gleichstrom ist ein Kondensator ein Isolator, für Wechselströme hoher Periodenzahl dagegen ein guter Leiter. Ist ein Induktionswiderstand und ein Kondensator hintereinander in einen Wechselstrom eingeschaltet, so entstehen an den Klemmen des Induktionswiderstandes und des Kondensators Spannungen, deren Maximalwerte  $E_1$  und  $E_2$  seien. Ist (Fig. 8)  $OX$  die Richtung des Stromvektors, so ist  $OA = E_1$  die Richtung des Vektors der Klemmenspannung am Induktionswiderstande und  $OB = E_2$  die Klemmenspannung des Kondensators. Die Gesamtspannung, die von der Stromquelle herröhrt, ist die Diagonale  $OC$ . Wie die Figur zeigt, ist diese kleiner als  $E_1$ , sie kann aber auch kleiner als  $E_2$  sein. Die Phasenverschiebung ist durch den Winkel  $COX$  dargestellt. Ist dieselbe Null, so gilt die Gleichung  $L\omega = 1 : C' \omega$ , wo  $C'$  die Kapazität des Kondensators bezeichnet. Da ein Kabel die Eigenschaften eines Kondensators besitzt, so zeigen sich die genannten Erscheinungen auch an langen Kabeln (Ferranti-Effekt). Schaltet man einen Kondensator parallel zu einem Induktionswiderstande, so gibt Fig. 9 die eintretenden Verhältnisse an. Es sei  $OX$  die Richtung der gemeinsamen Spannung,  $OA = J_1$  der Strom im Induktionswiderstande, welcher gegen die Spannung um den Phasenverschiebungswinkel  $\varphi$  zurückbleibt,  $OB = J_2$  der Strom im Kondensator, welcher der Spannung um  $90^\circ$  vorausseilt, dann gibt die Resultierende  $OC$  den Gesamtstrom in der Zuleitung an. Man erkennt, daß der Gesamtstrom kleiner sein kann als jede der Komponenten, und macht Gebrauch von dieser Kondensatoreigenschaft, indem man dem Swinburnefchen Igeltransformator einen Kondensator parallel schaltet, und so den Strom in der Zuleitung wesentlich verringert.

Enthält eine Spule Eisenkerne, so wird die Stromkurve von der Sinuslinie stark abweichen, und infolge dessen verlieren die obigen Formeln zum Teil ihre Gültigkeit. Man zerlegt dann den Strom in zwei Komponenten: die Nutzkomponente, welche mit der Richtung der Spannung zusammenfällt, und die wattlose Komponente, welche senkrecht auf der Spannungsrichtung steht. Die ersteren deckt die Verluste durch Stromwärme, Hysteresis und Wirbelströme und ist definiert durch die Gleichung: Spannung mal Nutzkomponente gleich Effektverlusten; die letztere ( $i' u$ ) dient zur Erzeugung der Kraftlinien. Sie folgt aus der Gleichung:  $N_0 = (0,4 \pi i u \xi \sqrt{2}) : w$ , worin  $N_0$  die maximale Kraftlinienzahl,  $\xi$  die Windungszahl und  $w$  den magnetischen Widerstand des Kreises bedeutet. Die Gleichung läßt sich umformen in die für Anwendungen bequemere  $\Sigma H l = 0,4 \pi \xi i' \mu \sqrt{2}$ , wo  $l$  die Weglänge der Kraftlinie in der Induktion  $B$  bezeichnet und zu der die aus einer Magnetisierungskurve zu entnehmende magnetisierende Kraft  $H$  gehört. Das Kraftlinienfeld  $N_0$  erzeugt in den Windungen eine elektromotorische Gegenkraft  $e'_s$ , deren Größe durch die Gleichung  $e'_s = 4,44 N_0 \xi \sim 10^{-8}$  gegeben ist. Die angegebenen Gleichungen finden Verwendung bei der Berechnung von Drosselspulen (s. Uiformer, elektrischer), die entweder einer Bogenlampe vorgeschaltet oder zu hintereinander geschalteten Glühlampen parallel geschaltet werden. Zum Messen von Wechselströmen braucht man Instrumente, bei denen der Ausschlag von dem Quadrate der Stromstärke abhängt, weil nur bei diesen der Ausschlag unabhängig von der Stromrichtung ist. Solche Instrumente sind die Elektrodynamometer und die Hitzdrahtvoltmeter (s. Meßinstrumente, elektrotechnische, Bd. 6, S. 378 u. 379).

Bei dem Elektrodynamometer ist der Ausschlag proportional dem Mittelwerte aus dem Quadrate der Stromstärke, so daß die gemessene Stromstärke definiert ist durch die Gleichung  $i'^2 = \Sigma i^2 : m$ , wo  $\Sigma i^2$  die Summe der momentanen Werte und  $m$  die Anzahl der Addenden dieser Summe vorstellt. Man nennt  $i'$  die effektive Stromstärke.

Mit dem Hitzdrahtvoltmeter mißt man die effektive Spannung  $e'$ . Die Beziehung, die zwischen dem größten der Momentanwerte, „dem Maximalwert“, und dem effektiven Wert herrscht, richtet sich nach der Gestalt der Kurve in Fig. 2. Ist diese eine Sinuslinie, so wird  $e' = E_0 : \sqrt{2}$ , worin  $E_0$  den Maximalwert bezeichnet. In gleicher Weise gilt  $i' = J_0 : \sqrt{2}$ , also ist auch  $i' = e' : \sqrt{\omega + (\omega L)^2}$ . Das Produkt  $e i$  aus den Momentanwerten von Spannung und Strom stellt den momentanen Effekt vor, d. h. die Arbeit, welche der Strom in einer Sekunde leisten würde, wenn von dem betrachteten Augenblick an Spannung und Strom konstant würden; der wahre Effekt  $\mathfrak{E}$  ist der Mittelwert aus den Momentaneffekten, also  $\mathfrak{E} = \Sigma e i : m$ , wo  $m$  die Anzahl der Addenden bezeichnet. Um den Effekt zu bestimmen, der in einer Induktionspule geleistet wird, stelle man sich die Momentanwerte im Vektordiagramm (Fig. 10) für zwei um  $90^\circ$

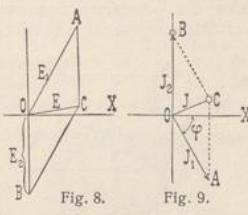


Fig. 8.

Fig. 9.

verschiedene Stellungen dar. Es ist für die erste Lage  $O A' = e_1 = E_0 \sin \alpha$ ,  $O B' = i_1 = J_0 \sin \beta$ , also  $e_1 i_1 = E_0 J_0 \sin \alpha \cdot \sin \beta$ . Für die zweite Lage, von der ersten um  $90^\circ$  entfernt, ist  $O C' = e_2 = E_0 \sin (\alpha + 90^\circ) = E_0 \cos \alpha$ ;  $O D' = i_2 = J_0 \sin (\beta + 90^\circ) = J_0 \cos \beta$ ; also  $e_2 i_2 = E_0 \cos \alpha \cdot J_0 \cdot \cos \beta$ ; hieraus:  $e_1 i_1 + e_2 i_2 = E_0 J_0 (\sin \alpha \sin \beta + \cos \alpha \cos \beta) = E_0 J_0 \cdot \cos (\alpha - \beta)$   
 $= E_0 J_0 \cdot \cos \varphi$ . Man erhält also:  $\Im e i = \frac{m}{2} \cdot E_0 J_0 \cos \varphi$ , demnach  $\Im = \frac{1}{2} E_0 J_0 \cos \varphi$   
 $= \frac{E_0}{\sqrt{2}} \cdot \frac{J_0}{\sqrt{2}} \cos \varphi = e' i' \cos \varphi$ , d. h. der Effekt eines Wechselstromes wird gefunden, indem man die gemessene Spannung und die gemessene Stromstärke mit dem Cosinus des Phasenverschiebungswinkels (Leistungsfaktor) multipliziert. Die Formel gibt jedoch nur dann richtige

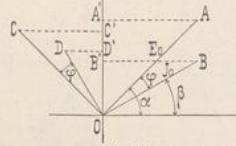


Fig. 10.

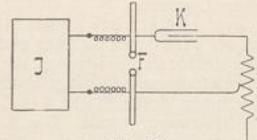


Fig. 12.

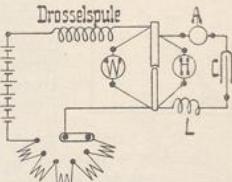


Fig. 11.

Resultate, wenn der Wechselstrom, wie bisher vorausgesetzt, einen der Sinuslinie entsprechenden Verlauf hat. Zur Messung eines Wechselstromeffektes reichen das Ampéremeter und Voltmeter nicht aus, da man den Phasenverschiebungswinkel nicht kennt. Ein allen praktischen Anforderungen genügendes Instrument ist jedoch das Wattmeter (vgl. Meßinstrumente, elektrotechnische, Bd. 6, S. 371). Ist kein Wattmeter vorhanden, so kann man sich auch der Methode der drei Ampéremeter oder der Methode der drei Voltmeter bedienen. Wechselströme mit sehr hoher Periodenzahl, die vor allem durch den großen, scheinbaren Widerstand ihrer Leiter auffallen und bei denen selbst kleine Kondensatoren schon wesentliche Ströme leiten, können ohne Maschinen noch auf folgende Weise erzeugt werden: Von einer Gleichstromquelle, die 65 Volt bis einige 100 Volt haben kann, fließt durch eine Drosselpule (Fig. 11), einen Regulationswiderstand und ein paar Homogenkohlen ein Gleichstrom von etwa 3–6 Ampère. Parallel zu den Kohlen ist ein Kondensator mit der Kapazität  $C$  und eine Spule  $L$  mit wenig Windungen angegeschlossen. Es gelingt leicht, den Lichtbögen durch passende (kleine) Entfernung der Kohlen zu einem pfeifenden Ton zu veranlassen, in welchem Falle dann durch den Kondensator ein kräftiger Wechselstrom fließt, der durch das Hitzdrahtampémetre  $A$  gemessen werden kann. Die Tonhöhe und somit die Periodenzahl des Wechselstromes ändert sich entsprechend der Gleichung  $L \omega = 1 : C \omega$  oder  $\omega = 1 : \sqrt{C L}$ . Man hat hiermit die Möglichkeit, durch Änderung der Größen  $C$  und  $L$  Wechselströme von nahezu beliebig hoher Periodenzahl zu erzeugen.

Auch durch die Entladung von Leidener Flaschen können, wie schon Fedderen nachgewiesen hat, oszillierende Ströme entstehen. In Fig. 12 bedeute  $J$  einen Funkeninduktor,  $F$  eine sogenannte Funkenstrecke, d. h. zwei blanke Zinkkugeln, die einander auf einige Millimeter genähert werden können,  $K$  eine Leidener Flasche und  $L$  eine aus wenigen Windungen blanken Drahtes bestehende regulierbare Selbstinduktion. Bei jeder Unterbrechung des Induktors entsteht dann in dem Stromkreis  $FKL$  ein Wechselstrom von sehr hoher Periodenzahl.

Literatur: Kapp, G., Dynamomaschinen für Gleich- und Wechselstrom, Berlin 1904; Arnold, Die Wechselstromtechnik, Karlsruhe 1904; Holzt, Die Schule des Elektrotechnikers, Leipzig 1910.

Holzt.

**Wechselstrommaschinen** arbeiten mit Feldmagneten und Anker ohne Kommutator und dienen zur Erzeugung von Wechselströmen (f. d.); vgl. a. **Drehstrom und Umformer**.

In einer Drahtspule wird stets eine elektromotorische Kraft erzeugt, wenn die Zahl der von der Spule eingeschlossenen Kraftlinien sich ändert (vgl. Induktion, Bd. 5, S. 184). Bei den Maschinen, welche zur Erzeugung elektrischer Ströme dienen, wird nun die Änderung der von der Spule eingeschlossenen Kraftlinien dadurch bewirkt, daß sich Magnetpole vor der Spule vorbeibewegen. In Fig. 1 ist eine Anordnung dargestellt, bei welcher sich vor den Spulen  $A, B, C$  abwechselnd die Nord- und Südpole  $N$  und  $S$  vorbeibewegen. Betrachten wir z. B.

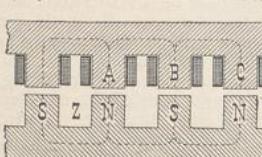


Fig. 1.

die Spule  $A$  in dem dargestellten Augenblick, so umschließt sie das Maximum von Kraftlinien, welche von unten nach oben fließen; bewegen sich die Pole nach rechts, so gelangt der Zwischenraum  $Z$  vor die Spule, und es gehen jetzt keine Kraftlinien durch; steht der Südpol  $S$  vor der Spule, so umschließt sie wieder ein Maximum, die Kraftlinien gehen aber jetzt von oben nach unten hindurch. Bei der weiteren Bewegung nimmt die Kraftlinienzahl abermals auf Null ab, um endlich wieder, wenn der nächste Nordpol unter der Spule steht, das ursprüngliche Maximum einzuschließen. Um ein klares Bild vom Kraftlinienverlauf in der Spule zu erhalten, kann man die jeweilige Stellung des Pols als Abszisse, die zugehörige Kraftlinienzahl als Ordinate auftragen, wie dies Fig. 2 zeigt; in I befindet sich der Nordpol unter der Spule, in II der Zwischenraum  $Z$ , in III der Südpol, in IV der nächste Zwischenraum, in V der nächste Nordpol. Bei der Weiterbewegung wiederholt sich das Spiel von neuem in genau der-

selben Weise. Die Formel  $e = -\frac{dN}{dt} \cdot \xi \cdot 10^{-8}$  Volt (vgl. Induktion, Bd. 5, S. 184) liefert die elektromotorische Kraft, die in jedem Augenblick in der Spule erzeugt wird; in dieser Formel bedeutet  $N$  die von der Spule zur Zeit  $t$  eingeschlossene Kraftlinienzahl,  $\xi$  die Anzahl der auf die Spule gewickelten Windungen. Es ist aber  $\frac{dN}{dt} = \operatorname{tg} \tau$ , mithin die elektromotorische Kraft  $e$  der Größe  $\operatorname{tg} \tau$  proportional. Demnach kann man aus der Kurve Fig. 2a für den Verlauf der Kraftlinienzahl die Kurve für die elektromotorische Kraft herleiten. So ist im Punkte I  $\operatorname{tg} \tau = 0$ , also  $e = 0$ , in II wird  $\operatorname{tg} \tau$  ein Maximum, in III gleich Null, von IV ab wird  $\tau$  ein stumpfer Winkel, also  $\operatorname{tg} \tau$  negativ, demnach auch  $e$ , in V wird  $e$  ein negatives Maximum, in VI wieder Null, u. f. w. Fig. 2a gibt den Verlauf der elektromotorischen Kraft an. Man erkennt hieraus, daß die elektromotorische Kraft der Größe und Richtung nach veränderlich ist, was im geschlossenen Stromkreise auch von dem zugehörigen Strom gilt. Eine Periode umfaßt die Zeit von 0 bis C. Bewegen sich die Pole noch weiter, so wiederholt sich genau derselbe Vorgang.

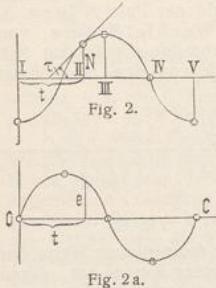


Fig. 2a.

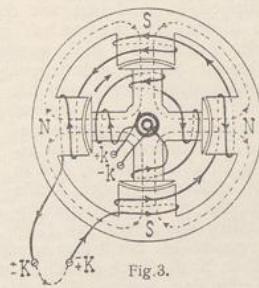


Fig. 3.

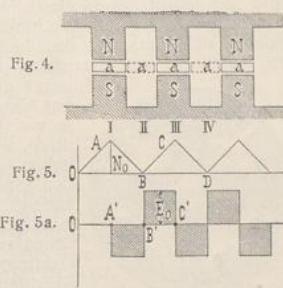


Fig. 4.

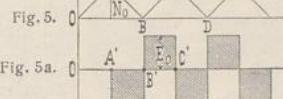


Fig. 5.

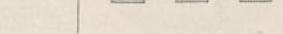


Fig. 5a.

Die Magnete sind in der Regel Elektromagnete, und zwar wird der zu ihrer Erregung erforderliche Strom durch eine kleine, direkt mit der Wechselstrommaschine gekuppelte oder durch Riemen angetriebene Gleichstrommaschine erzeugt. Der Strom wird der rotierenden Magnetwicklung durch Schleifringe zugeführt. Fig. 3 zeigt schematisch die Anordnung einer vierpoligen Maschine. Der Wechselstrom wird den Klemmen KK entnommen, während zu den Klemmen +k, -k der Gleichstrom zugeführt wird. Die Spulen sind hier hintereinander geschaltet, so daß die elektromotorische Kraft der ganzen Maschine viermal so groß ist wie die einer Spule. Eine Periode wird vollendet, wenn über der betrachteten Spule wieder ein gleichnamiger Pol steht, das ist nach einer halben Umdrehung. Hätte die Maschine sechs Pole besessen, so wäre nach einer Dritteldrehung eine Periode vollendet worden; allgemein besitzt die Maschine  $p$  Nordpole, so wird eine Periode nach  $1:p$  Umdrehungen vollendet. Macht das Magnetgefeß  $n$  Umdrehungen in einer Sekunde, so gibt  $n p$  die Anzahl der Perioden pro Sekunde (die Frequenz) an, die in der Regel durch das Zeichen  $\sim$  bezeichnet wird; es besteht demnach die Beziehung  $n p = \sim$ . Die Praxis lehrt, daß zum guten Brennen der Bogenlampen mindestens 40 Perioden erforderlich sind; will man also die Umdrehungszahl  $n$  klein halten, so muß die Anzahl der Nordpole  $p$  groß gewählt werden. Anstatt die einzelnen Magnetchenkel zu bewickeln, ordnet man die Wicklung auch in einer einzigen Spule an; f. [3], Bd. 2, S. 668.

Eine andre Art von Wechselstrommaschinen ist die, bei welcher gleichnamige Pole aufeinander folgen. Das Schema einer solchen Maschine stellt Fig. 4 dar. In demselben sind N und S Magnetpole, a, a hintereinander geschaltete Spulen; ob sich die Spulen verschieben und die Magnetpole feststehen, oder umgekehrt, ist gleichgültig. Fig. 5 und 5a geben den Kraftlinienverlauf und die elektromotorische Kraft in einer Spule an, wenn sich diese von einem Nordpol zum benachbarten verschiebt, also von I über II nach III gelangt. Man sieht, daß eine Periode vollendet ist, wenn die Spule von I nach III gelangt. Da man aber Spulen hintereinander schalten kann, welche um eine halbe Periode voneinander entfernt sind, so kann die Anzahl der Spulen  $a$  doppelt so groß sein wie die Anzahl der Nordpole. Eine derartige Maschine hat zuerst Mordey gebaut. Fig. 6 zeigt den Magneten derselben. Zwischen den

Klaugen ist die Erregerwicklung deutlich erkennbar. Diese macht beispielsweise die linke Seite zu einem Nordpol, die rechte zu einem Südpol. Die Ankerspulen, welche aus Kupferband bestehen und auf einen Porzellankern gewickelt werden, zeigt Fig. 7. Aus derselben erkennt man, daß 18 Ankerspulen vorhanden sind, während der Magnet (Fig. 6) nur 9 Vorsprünge auf jeder Seite zeigt. Die Ankerspulen stehen still, während der Magnet rotiert. Die Erregerwicklung erhält ihren Strom durch Schleifringe von einer besonderen Gleichstrommaschine. Man hätte, ohne an der Wirkungsweise auch nur das Geringste zu ändern, die Erregerwicklung auch an den Ankerspulen aufhängen und dann der feststehenden Spule den Erregerstrom zuführen können,

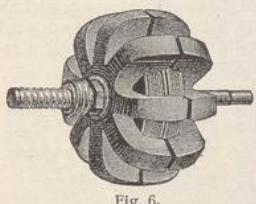


Fig. 6.

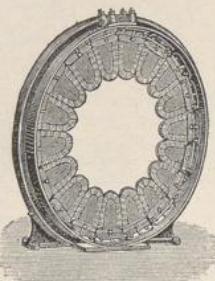


Fig. 7.

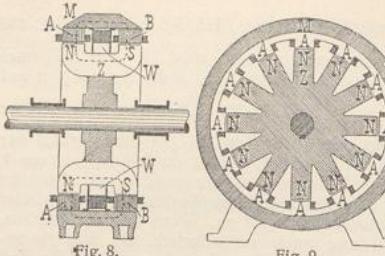


Fig. 8.

Fig. 9.

tragen vorspringende Pole, auf welche die Ankerpulse aufgesetzt werden. Die Zahl der letzteren kann bei jedem Ringe gleich oder doppelt so groß sein wie die Zahl der Pole  $N$  bzw.  $S$ .

Eine Abart des Wechselstromes bilden die mehrphasigen Wechselströme, von welchen besonders der dreiphasige oder Drehstrom (f. d.) große Verbreitung gefunden hat. Die Maschinen zur Erzeugung mehrphasiger Ströme unterscheiden sich von den einphasigen

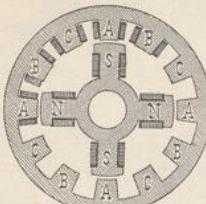


Fig. 10.

Kräfte die Kurven  $A, B, C$  der Fig. 11. Da jedoch, um mit drei Fortleitungen des Stromes auszukommen, die Stern- oder Dreieckschaltung der Spulen gewählt werden muß und diese nur für Ströme gilt, die in der Phasen um  $120^\circ$  abstehen, so muß man den Strom in Spule  $B$  umkehren, wodurch man anstatt der Kurve  $B$  die Kurve  $B'$  erhält; die Kurven  $A, C$  und  $B'$  sind dann um je  $120^\circ$  in der Phasen gegen einander verschoben. Bei der Wicklung heißt dies, daß man als Anfang der Spule  $B$  nicht den unmittelbaren Nachbar von  $A$ , sondern die entferntere Spule zu nehmen hat.

Moderne Drehstromgeneratoren werden meistens mit Loch- oder Nutenankern ausgeführt. In diesem Falle müssen die Spulen so angeordnet werden, daß sie übereinander greifen, wie dies die von Siemens ausgeführte, in Fig. 12 schematisch dargestellte Wicklung für eine achtpolige Maschine zeigt. Der aus dünnen Blechen aufgebaute Anker besitzt am inneren Umfang 24 Nuten zur Aufnahme der Wicklung. Die Nuten haben eine beträchtliche Größe und gestalten daher eine feste Isolation der Wicklung vom Eisenkörper. Bei der Wicklung wird ein von hinten nach vorn durch Nute 1 gehender Draht auf der vorderen Stirnfläche zu der Nute 4 geführt, auf der hinteren Stirnfläche zur Nute 1 zurück, so daß eine geschlossene Schleife entsteht. Diese Wicklungsart wird soviel Mal wiederholt, als Drähte in den Nuten liegen sollen. Ferner wird ein von hinten durch Nute 2 gelegter Draht zur Nute 23 geführt; er geht durch diese Nute und kehrt auf der hinteren Stirnfläche zur Nute 2 zurück; auch dies wird so oft wiederholt wie bei Nute 1 und 4. In gleicher Weise wird eine Spule durch 3 und 6 gelegt, durch 5 und 8, durch 7 und 10 u. f. w. Die Spulen  $A_1, A_2, A_3, A_4$  sind, wo es auf direkte Erzielung hoher Spannung ankommt, hineinander geschaltet, ebenso die Spulen  $B_1, B_2, B_3, B_4$  und die Spulen  $C_1, C_2, C_3, C_4$ . Die Enden der drei Ableitungen finden in dem neutralen Punkte vereinigt, die drei Anfänge dagegen zu den drei Klemmen der Maschine geführt. Die Schaltung ist also die als Sternschaltung bekannte. Die Wicklung ist so ausgeführt, daß an den Stirnseiten die Hälften der Spulen, in Fig. 12 die Spulen  $A_3, C_3, B_4$ , näher am Eisenkörper liegen, die übrigen über diese weggewickelt sind. Die Nutenöffnung ist enger als die Nute selbst und wird nach dem Einlegen der Windungen durch einen Holzkeil verschlossen, damit die Wicklung vollkommen festliegt.

Die einphasigen Wechselstrommaschinen unterscheiden sich von den Drehstrommaschinen nur durch die Ankerwicklung. Anstatt in Fig. 12 die Wicklung durch die Löcher 1 und 4 zu ziehen, benutzt man für einen Ankerpol die Löcher 1 und 3, für den benachbarten 4 und 6 u. f. w., wodurch die Löcher 2, 5, 8, 11 u. f. w. freibleiben.

Läuft eine Wechselstrommaschine mit bestimmter Erregung leer, so gibt sie eine elektromotorische Kraft, die als Klemmenspannung gemessen wird. Entnimmt man ihr nun einen Strom, so sinkt die Klemmenspannung sehr bedeutend, namentlich wenn der Strom gegen die

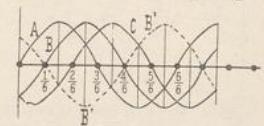


Fig. 11.

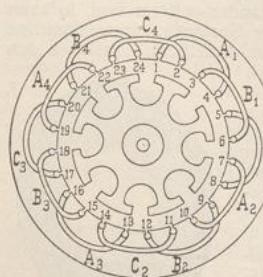


Fig. 12.

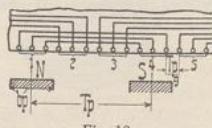


Fig. 13.

Spannung eine Phasenverschiebung besitzt. Der Grund hierfür liegt in dem Spannungsverlust  $i^2 w_a$  des Ankers, der Schwächung des Magnetfeldes durch das Ankerfeld und der Selbstinduktion des Ankers. Um die Selbstinduktion (die hauptsächlichste Ursache des Spannungsabfalls) klein zu erhalten, verteilt man die Drähte einer Spulenseite auf mehrere Nuten und erhält so eine Zweilochwicklung, wenn man zwei Nuten für eine Spulenseite wählt, eine Dreilochwicklung bei drei Nuten u. f. w. Die Ausführung der Wicklung für eine Dreilochdrehstromwicklung deutet Fig. 13 an. Die Wicklung ist genau wie in Fig. 12 ausgeführt, nur bekommen drei nebeneinander liegende Nuten die gleiche Nummer. Das Schaltungsschema für die drei Phasen ist (vgl. a. Motor, elektrischer, Bd. 6, S. 501):

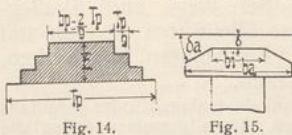


Fig. 14.

Fig. 15.

I. Phase	II. Phase	III. Phase
1-4	3-6	5-8
7-10	9-12	11-14
13-16	15-18	17-20

Die schraffierte Fläche dargestellt. Um bei einer Zweilochwicklung eine nahezu sinusförmige Kurve zu erhalten, gibt man dem Polschuh die in Fig. 15 dargestellte Form. If  $T_p$  die Polteilung, d. i. die Entfernung von Mitte Nordpol bis Mitte Südpol, so soll  $ba = \frac{2}{3} T_p$ ,  $bi = \frac{1}{3} T_p$   $p$  und  $\delta_a = 1,5 \delta$  werden [1].

Ein besonderes Interesse beanspruchen neuerdings die Turboalternatoren, d. f. Wechselstrommaschinen, die von Dampfturbinen unmittelbar angetrieben werden. Wegen der hohen Tourenzahl der letzteren erhalten die Wechselstrommaschinen, entsprechend der oben aufgestellten Gleichung  $np = \sim$  nur sehr wenig Pole (häufig nur zwei). Schwierigkeiten bietet die Konstruktion der rotierenden Teile wegen der großen Zentrifugalkraft, und die Abführung der Wärme, weil die ausstrahlende Oberfläche nur klein ist. Eine Zusammenstellung ausgeführter Turbodynamos findet man in der Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1909, Nr. 26. Anstatt, wie bisher vorausgesetzt wurde, den Magneten, kann man auch den Anker rotieren lassen. Man hat in diesem Falle den Anker mit einer Gleichstromwicklung zu versehen und geeignete Punkte derselben zu Schleifringen zu führen (f. Umformer). In bezug auf Eisenverluste sind derartige Maschinen günstiger als die mit feststehendem Anker, da das Eisengewicht geringer ausfällt. Die Schleifringe aber bilden einen großen Nachteil, denn bei großen Stromstärken fallen sie sehr groß aus, bei hohen Spannungen können sie während des Betriebes nicht bedient werden. Auch macht im letzteren Falle die Isolation der bewegten Wicklung Schwierigkeiten.

Um stets die Leistung eines Elektrizitätswerkes dem jeweiligen Verbrauch in günstiger Weise anpassen zu können, stellt man in den Zentralen statt einer einzigen großen Maschine eine Anzahl kleinerer auf und schaltet sie bei Bedarf parallel. Das Parallelschalten geschieht, indem die neue Maschine zunächst auf annähernd richtige Tourenzahl und Spannung gebracht wird. In dem Augenblick, in welchem der Phasenindikator Phasengleichheit, d. h. Synchronismus anzeigt, kann eingeschaltet werden. Die Belastung geschieht nun durch Regulierung der Antriebskraft. Um also zu erkennen, ob der Synchronismus erreicht ist, bedient man sich des Synchronisators oder Phasenindikators. Dieser besteht aus zwei kleinen Transformatoren, von denen die Primärspule des einen mit den Sammelschienen, die des andern mit den Klemmen der zuzuschaltenden Maschine verbunden sind. Die Sekundärspulen sind hintereinander oder gegeneinander geschaltet und enthalten in ihrem äußeren Stromkreise zwei hintereinander geschaltete Glühlampen (Fig. 16). Solange die Maschinen verschiedene Phasen haben, so lange fluktuierten die Lampen rasch. Nach nahezu erreichter Phasengleichheit hört das Fluktuierten fast auf, und die Lampen brennen längere Zeit ruhig oder gar nicht, je nachdem die sekundären Windungen hintereinander oder gegenüberliegender geschaltet sind. Um Phasengleichheit zu erzielen, muß man den Regulator der Arbeitsmaschine beeinflussen, was bei den Siemens-Schuckert-Werken durch einen kleinen Gleichstrommotor geschieht, der auf dem Regulator sitzt und das Gegengewicht des Regulators in der einen oder andern Richtung verschiebt, so daß die Maschine entweder langsamer oder schneller läuft. Kleine Tourenänderungen einer beladenen Maschine lassen sich leicht durch Änderung der Belastung erzielen. Man ließ daher früher häufig die zuzuschaltende Maschine auf einen Belastungswiderstand arbeiten, durch dessen Änderung die Phasengleichheit erzielt wurde. Auch Wirbelstrombremsen, die auf das Schwungrad der Antriebsmaschine (in diesem Falle meist Gasmotoren) wirken und durch Gleichstrom erregt werden, dienen dem gleichen Zweck.

Sind mehrphasige Generatoren parallel zu schalten, so hat man zu beachten, daß durch den Ankerstrom ein Drehfeld erzeugt wird. Schaltet man daher in zwei Leitungen Phasenlampen (Phasenindikatoren) ein, so brennen diese entweder gleichzeitig hell bzw. dunkel, wenn die Drehrichtung des Feldes mit der Drehrichtung der Maschine zusammenfällt, oder die eine Lampe brennt hell, die andre dunkel, wenn dies nicht der Fall ist. Um die Drehrichtung des Feldes zu ändern, muß man alsdann zwei Leitungen miteinander vertauschen. Es kann dieser Fall nur eintreten, wenn die Verbindungen zum ersten Male geprüft werden, so daß die zweite Lampe später nicht mehr erforderlich ist. Man kann jedoch auch in alle drei Leitungen Lampen einschalten, die bei übereinstimmender Drehrichtung alle gleichzeitig aufleuchten, bei nicht übereinstimmender Drehrichtung abwechselnd hell bzw. dunkel brennen. Stellt man in letzterem Falle die Lampen so auf, daß sie ein Dreieck bilden, so erfolgt das Aufleuchten in

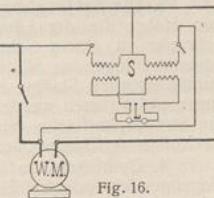


Fig. 16.

einem gewissen Drehſinne, der von der Periodenzahl der zuzuschaltenden Maschine abhängt. Man kann nun aus dem Drehſinn des Aufleuchtens darauf schließen, ob die neue Maschine zu ſchnell oder zu langsam läuft. Hat sie die richtige Tourenzahl, fo steht der Lichtſchein ſtill. — An Stelle der drei Lampen wendet man auch drei Spulen an, über denen eine Magnetnadel aufgehängt ist, die bei richtiger Tourenzahl ſtillſteht, fonft ficht aber rechts oder links herum dreht. — Literatur f. unter Wechſelstrom.

Holz.

**Wegerung**, die Verkleidung der hölzernen bzw. flählernen Spannen mit Planken, Latten oder dünnen Blechen; f. Schiffbau.

**Wegeſchranken**, Abschlußvorrichtungen, um bei Weg- und Straßenkreuzungen in Schienenhöhe das Ueberschreiten der Gleife bei Bahnen mit stärkerem Verkehr und größerer Fahrgeschwindigkeit von Fußgängern, Fuhrwerken, Vieh u. f. während des Paßieren der Züge abzuhalten.

Die Wegübergänge und Straßenkreuzungen sind, wenn tunlich, ſenkrecht oder jedenfalls nicht mit kleinerem Winkel als  $30^\circ$  über die Gleife zu führen. Im allgemeinen follen die Schranken die ganze Breite der Straße oder des Weges abſchließen. Die Entfernung der Schlagbäume von der Mitte des Nachbargleifes ift bei den einzelnen Bahnverwaltungen fehr verschieden, fie variiert von 2,3 bis 18,8 m, je nachdem davon ausgegangen wird, daß ein eingefloßenes Fuhrwerk noch innerhalb der Schranken und der Umgrenzung des lichten Raumes Platz finden foll oder nicht. Nach den Beschlüssen der XIII. Technikerverfammlung 1903 wird ein größerer Abstand als 3 m nicht empfohlen, weil der Gefahrraum dadurch größer ift, daß die Einfloßung von Fuhrwerken erhöht wird; auch ift die Schranke derart einzurichten, daß ein Oeffnen ohne Zutun des Wärters möglich ift [1]. Bei Bahnen niederer Ordnung (Lokalbahnen, Vizinalbahnen, Kleinbahnen), auf welchen Züge von geringer Fahrgeschwindigkeit verkehren, kann die Wegabſperrung unterbleiben. Man unterscheidet Wegeſchranken, welche an Ort und Stelle von dem Wärter mittels Hand bedient oder aus der Entfernung mittels eines Drahtzuges oder einer elektrischen Leitung geöffnet oder geschlossen werden, oder daß die Schranken durch die Züge ſelbsttätig bedient werden; in letzteren Fällen find die Schranken mit einer Glocke zu verfehen, die vor dem Sperren der Schranken zu läuten ift; es empfiehlt fich, diese Glocke ſelbsttätig einzurichten und die Abschlußvorrichtungen, folange die Schranken geschlossen find, zu erleuchten. Beide Arten von Wegeſchranken find, um das Durchkriechen zu verhindern, nötigenfalls mit bis an den Boden reichenden Drahtgittern oder leichten Gehängen zu verfehen. Bei Wegübergängen, die von schweren Fuhrwerken befahren werden, follten nur Handſchranken angewendet werden, damit bei Anſtänden der Wärter fogleich eingreifen kann. Bei Schranken, die auch mit der Hand geöffnet oder geschlossen werden können, wird die Anbringung eines Signals empfohlen, welches dem bedienenden Wärter anzeigt, daß die geschloßene Zugſchranke von Hand geöffnet wird [2]. Abgefehen von der Art der Bedienung werden die Schranken in Ketten-, Einlege-, Schiebe-, Dreh- und Schlagſchranken eingeteilt.

1. Die gewöhnliche Kettenſchranke wird an einem Ständer befestigt und an dem gegenüberliegenden Ständer zum Zwecke der Abſperrung zeitweilig vom Wärter eingehängt. Kettenſchranken werden auch zur Bedienung von der Entfernung mittels Drahtzuges eingerichtet, durch welchen die Kette angepannt wird, so daß sie beim Nachlassen des Drahtzuges mit Beihilfe von Gewichten ſich in eine in der Straße hergestellte Rinne einlegt.

2. Die Einlegeſchranke für Wege bis 5 m Weite besteht aus einer Absperrſtange, die an einem Ende mit der Barrierefäule mit einem Eifengelenke befestigt und in die gegenüberliegende Säule eingehängt oder in einem Eifenzug eingeleget wird.

3. Die Schiebeſchranke für Wege bis 5 m Breite besteht aus einer runden Absperrſtange von Holz, die der Längenrichtung nach zum Verschieben eingerichtet ift und bei offener Schranke in einem Schutzkasten ruht; bei abgeſperrter Straße wird die Stange auf einem gegenüberliegenden Ständer aufgelegt. Bei größeren Straßenbreiten wird statt der ſich leicht durchbiegenden Stange ein hölzerner oder eiferner, auf Rollen laufender leichter Gitterträger angewendet; auch werden für die Abſperrung vollſtändige Gitterwände verwendet, die bis an die Straßenoberfläche reichen und auf einem dafelbst verſenkten liegenden Schienenſtrang auf Laufrollen verſchoben werden.

4. Drehſchranken bestehen bei Straßenbreiten bis zu 6 m aus einem Schlagbaum mit Gegengewicht oder bei Straßenbreiten bis 8 m aus einem ein- oder zweiflügeligen Tore, welches ſich beim Oeffnen oder Schließen um eine ſenkrechte Achse dreht. Drehſchranken um eine horizontale Achse mit Gegengewicht laffen ſich beſonders rasch öffnen oder ſchließen und nehmen bei ihrer Bewegung in ſenkrechter Ebene wenig Raum in Anſpruch.

5. Drahtzugſchranken werden dort, wo kein Wärter in unmittelbarer Nähe ift, von der Ferne aus bedient; dieſelben find in Bd. 3, S. 45 eingehend beschrieben.

Die Detailkonstruktionen der Wegeſchranken werden in der Regel von den betreffenden Bahnverwaltungen vorgeſchrieben, fo daß hierauf verwiesen werden kann. In letzterer Zeit wurde bei Hauptbahnen die mangelhafte Holzkonstruktion aufgegeben, und man ift zur ſolideren Eifenskonstruktion aus Schmiede- und Fassoneifein, insbefondere aus koniſch genieteten Blechröhren übergegangen. Auch werden bei einigen Bahnen zu den Ständern und Barrieren alte, im Gleife nicht mehr verwendbare Eisenbahnschienen und als Schlagbäume unbrauchbare eiferne Lokomotivfeuerrohre oder neue ineinandergefleckte gezogene eiferne Rohre verwendet. Zum Schlufe find noch die fogenannten Seitenſchranken (Nebentüren) für Fußgänger anzuführen, um an belebten Uebergängen das Ueberschreiten der Kreuzungſtelle durch Perlonen kurz vor Ankunft des Zuges, während des Ablaufes der Straße, welcher wegen der Fuhrwerke ſchon

früher erfolgen muß, noch zu gestalten. Solche Seitenföhrungen werden gewöhnlich derart ausgeführt, daß sich dieselben hinter jeder Person schließen, Tieren aber den Durchgang möglichst verhindern. Außer den bekannten Drehkreuzen, Drehstock, Triller, Tourniquets u. f. w., welche nur unvollständig entsprechen, kommen gitterförmige Drehföhrungen vor, welche durch eine entsprechende Neigung ihrer Drehachse zufallen und vom Wärter verschlossen werden können. Eine andre Art sind die Portillons, bestehend aus zwei im rechten Winkel zueinander gefalteten Gittertüren, die sich um eine gemeinschaftliche Achse drehen, ebenfalls von selbst zufallen und vom Wärter abgeschlossen werden können. Als zweckmäßige Abchlußvorrichtungen werden die Guichets (Schlupfpforten) angesehen, bei welchen der Fußgänger gezwungen ist, in einen abgegrenzten kleinen Raum einzutreten und hinter sich die Türe zu schließen, um auf die entgegengesetzte Seite austreten zu können. S. a. Läutewerke.

Literatur: [1] Dreizehnter Ergänzungsband „Fortschritte der Technik des Eisenbahnwesens in den letzten Jahren“, nach den Befchlüssen der Technikervertammlung 1903, Wiesbaden; Wegeföhrungen mit Bewegungsfreiheit, Zentralbl. der Bauverwalt. Nr. 19, 1901. — [2] Handbuch für spezielle Eisenbahntechnik, Bd. I, Leipzig 1870, in welchem mehrere Literaturangaben enthalten sind; Becker, Handb. der Ingenieurwissenschaft. 1882; Rölls Enzyklopädie, Bd. I, Wien 1890; Technische Vereinbarungen über den Bau und die Betriebeinrichtungen der Haupt- und Nebeneisenbahnen, dann der Grundzüge für den Bau und die Betriebeinrichtungen der Lokaleisenbahnen, herausgegeben von der geschäftsführenden Verwaltung des Vereins deutscher Eisenbahnverwalt., Berlin 1897; Ticherton, Der Eisenbahnbau, Wiesbaden 1899; Warnungsläutewerke für unbewachte Wegübergänge, Zentralbl. der Bauverwalt. Nr. 84, 1900; Sicherung von Bahngängen, Glafers Annalen Nr. 626, 1903; Scholkmann, Neuerungen an Wegföhrungen, ebend., Bd. 32, 1903; Stöckl, Karl, Wegföhrungen bei Eisenbahnen, Wochenchr. für den öffentlichen Bauwesen, Wien 1902; Marr, Durch den vorüberfahrenden Zug bewegte Wegföhrungen, Organ f. d. Fortschr. d. Eisenbahnw., Wiesbaden 1904; Wittfeld, Selbsttätige Zugföhranze, Zeitfchr. f. Arch. u. Ingenieurw., ebend. 1904; Beiträge zur Ausbildung von Drahtzugföhrungen, ebend. 1904; Herzog, S., Elektrisch betriebene selbsttätige Bahngänge, Elektrotechnik und Maschinenbau, Wien 1907; Selbsttätige Sicherheitseinrichtung „Oerlikon“ für Niveauübergänge von elektrischen Bahnen, Patent Zehnder, Deutsche Straßen- und Kleinbahnges., Berlin 1908, Nr. 21; Hand- und Zugföhrungen System Waldner, Technische Blätter, Prag 1905. *Ziffer.*

### Wegeüber- und -unterführungen, f. Wegkreuzungen.

**Wegfüllarbeit** wird im Bergbau bei losen Gebirgsmassen, die nur einen geringen Zusammenhang besitzen, sowie bei solchen Massen, welche bereits durch andre Gewinnungsarbeiten gelöst worden sind, außerdem als Nacharbeit zum Verladen in die Fördergefäße angewendet.

Die Gezähne für das Wegfüllen mittels Handarbeit sind: Schaufel oder Spaten, Kratze und Trog. Dort, wo das Wegfüllen in sehr großem Umfang angewendet werden muß, bedient man sich der Baggermaschinen, z. B. zum Abdecken in Tagebauen, bei der Beschaffung von Verfatzmaterial für die Gruben, auch bei der Seifengewinnung aus Flussläufen. *Treptow.*

**Weg(Straßen-)kreuzungen** mit Eisenbahnen können ausgeführt werden 1. als schienengleiche Uebergänge (Uebergänge in Schienenhöhe, Plan- oder Niveauübergänge); 2. als Unterführungen (Weg unter der Bahn); 3. als Ueberführungen (Weg über der Bahn).

Bei schienengleichen Uebergängen wird es sich meist um Ausgleichung geringerer Höhenunterschiede durch Wegrammen handeln, die mit zulässiger Neigung zum Bahndamm hinauf oder zum Einfchnitt hinabzuführen sind. Schienengleiche Uebergänge sind bei Hauptbahnen unbedingt mit Schranken, die bedient werden müssen, zu versehen; bei Neben- und Lokalbahnen können Schranken und Bewachung wegfallen, wenn die Geschwindigkeit der Züge bei verkehrssreichen Wegen nicht über 15 km/Std., bei sonstigen unübersichtlichen Wegen nicht über 40 km/Std. beträgt (Eisenbahnbau- und Betriebsordnung § 18 und 46). Die Fahrbahtiefe des Weges auf dem Uebergang soll so hergestellt werden, daß einerseits das Nachstopfen der Schwellen nicht zu sehr mit Umständen verknüpft, andererseits die Fahrbahtiefe nach dem Nachstopfen rasch wieder fest ist. Bei Steinfällung trifft das letztere, bei Steinpflaster das erforderlich nicht ganz zu, auch muß bei Pflaster der Oberbau so angeordnet werden, daß die Steine nicht unmittelbar auf den Schwellen aufsitzen (f. Oberbau, Fig. 33). Gutes Pflaster wird sich für verkehrsreiche Uebergänge empfehlen, während im übrigen Steinfällung genügt. Bei sehr schrägen Uebergängen bringt man, um ein Einklemmen der Räder der Fuhrwerke zu verhindern und um die Spurrinnen zu erhalten, längs der Fahrtschienen Leitschienen (f. d.) an, ebenso auch bei andern stark befahrenen Uebergängen, besonders wenn diese nicht gepflastert sind. Bei gepflasterten Uebergängen kann die Spurrinne auch durch das Pflaster selbst (Einlegen dünner Steine zwischen Schienen und Pflaster) gebildet werden. Schienenstöße sucht man auf Uebergängen zu vermeiden, indem man, wenn nötig, beiderseits lange Schienen (bis 18 m) einlegt.

Bei Unterführungen muß die für den Verkehr auf dem Weg (Straße) erforderliche lichte Höhe zwischen Fahrbahtiefe und Unterkante der Bahnbrücke vorhanden sein. Während z. B. bei Fußwegen schon 2,3 m genügen, sind bei Feldwegen 3,7—4 m erforderlich. Bei Landwegen werden 4 m und bei Straßen 4,4 m beinahe stets genügen. — Die Weite der Unterführung richtet sich nach der Wegbreite, bei Feldwegen werden im allgemeinen 4 m, bei Landwegen 5—6 m genügen, während in Städten oft viel größere Weiten vorkommen.

Bei Ueberführungen muß die lichte Höhe zwischen Schienenoberkante und Unterkante der Wegbrücke und die lichte Weite zwischen den Widerlagern mindestens der Umgrenzungslinie des lichten Raumes der Bahn entsprechen, wobei in Krümmungen sowohl die Gleis-

überhöhung als auch die Spurerweiterung zu berücksichtigen ist. Bei Hauptbahnen und normalspurigen Nebenbahnen muß somit betragen in den Geraden: die lichte Höhe mindestens 4,8 m (besser 5 m, um Spielraum zu haben), die lichte Weite mindestens 4,4 m. Letztere nimmt man gewöhnlich viel größer an, vielfach so groß, daß die Bahngräben ohne weiteres unter der Ueberführung durchgeführt werden können. — Wegen der größeren Höhe und Weite sind die Bauwerke für Ueberführungen meistens teurer als die für Unterführungen, dagegen entstehen bei Unterführungen, die ins Gelände eingegraben werden, oft Schwierigkeiten wegen der Entwässerung.

H. Kübler.

#### Wegübergangssignale, f. Läutewerke.

**Wegweiser**, Steinsäulen oder Pfeilern aus Holz oder Eisen an Straßenabzweigungen. In ersterem Fall werden die Namen der nächsten Orte, unter Angabe der Richtung ihrer Lage, mit eingehauener Schrift angegeben. In letzterem Fall sind Tafeln als Arme angeordnet, welche in die betreffende Richtung weisen und die Ortsnamen sowie unter Umständen deren Entfernung in ortsüblichem Wegmaß angeben.

L. v. Willmann.

**Wehr (Wuhr)**, f. Stauanlagen. Wehrkörper, die in den Wasserlauf eingebaute Konstruktion eines festen Wehres; f. Fig. 10–30 unter Stauanlagen. **Wehrkrone** (Wehrücken, -fattel), bei hölzerner Konstruktion der Fachbaum, der oberste Teil mit der höchstegelegenen (horizontalen) Linie eines festen Wehres oder des festen Unterbaues eines beweglichen Wehres. **Wehrrippe**, umlegbarer Wehrbock bei Nadelwehren; f. Stauanlagen.

**Weichen**, auch Ausweichungen oder Wechsel, die Vorrichtungen zum Uebergang einzelner Eisenbahnfahrzeuge und ganzer Züge von einem Bahngleis in ein anderes abzweigendes ohne Unterbrechung der Bewegung (f. a. Gleisverbindungen, Bd. 4, S. 568). Jede Weiche besteht aus drei Teilen: der Zungenvorrichtung, auch Ausweichvorrichtung, Auslenkung, früher auch kurz Weiche oder Wechsel genannt; dem Herzstück, auch Kreuzung genannt, mit den zugehörigen Zwangschielen oder Radlenkern an den gegenüberliegenden Schienen der Weichengleise und den zwischen Zungenvorrichtung und Herzstück liegenden Weichengleisen, dem Stamngleis und dem Ausweichgleis oder Weichenbogen.

Die Zungenvorrichtung hat im Laufe der Zeit mannigfache konstruktive Aenderungen erfahren. Die älteste, einfachste und billigste Konstruktion ist die Schleppweiche; f. [1] a, b, d, e) und g). Diese Weichen haben den Nachteil, daß stets eines der beiden Gleise unterbrochen ist, so daß Fahrzeuge, die von hinten die Weiche befahren, bei unrichtiger Stellung entgleisen. Obgleich Schleppweichen bei Hauptbahnen ([4], § 40, 9) in Nebengleisen und bei Lokalbahnen in Hauptgleisen bei geringerer Zuggeschwindigkeit als 20 km/Std. ([5], § 32) zulässig sind, findet man sie bei uns wegen ihrer geringen Betriebsicherheit beinahe nur noch auf Erdtransportbahnen für Bauten. Die Zungenvorrichtungen der neueren Zeit bestehen aus zwei außenliegenden festen Backenschienen und zwei innenliegenden beweglichen Zungen. Doch gibt es auch andre Konstruktionen, sie bilden aber selte Ausnahmen und werden daher hier nicht weiter berücksichtigt. Die Backenschienen sind Schienen gewöhnlichen Profils. Die Backenschiene des geraden Schienenzuges, an die sich die Zunge des kurvigen Stranges anlegt, kann unbearbeitet bleiben (f. Fig. 7), doch ist es zweckmäßig, die Unterseite des Kopfes innen auf die Länge der Berührung mit der Zunge etwas zu unterschneiden (Fig. 5 und 6), um die Zungenspitze etwas kräftiger gestalten zu können. Daselbe

gilt von der Backenschiene im kurvigen Strang; diese muß aber außerdem einmal geknickt und gebogen werden (f. Fig. 1). Die Backenschienen erhalten, wie die Schienen in den Weichengleisen, meist keine Seitenneigung (f. Oberbau, Bd. 6, S. 700); bei manchen Verwaltungen wird dieselbe aber doch durchgeführt (f. Fig. 4 und 7). Die Zungen wurden anfangs ebenfalls aus gewöhnlichen Schienen und ungleichlang hergestellt, später aber gleichlang, und um sie tragfähiger, steifer und dauerhafter zu machen, aus besondern gewalzten Stahlschienen

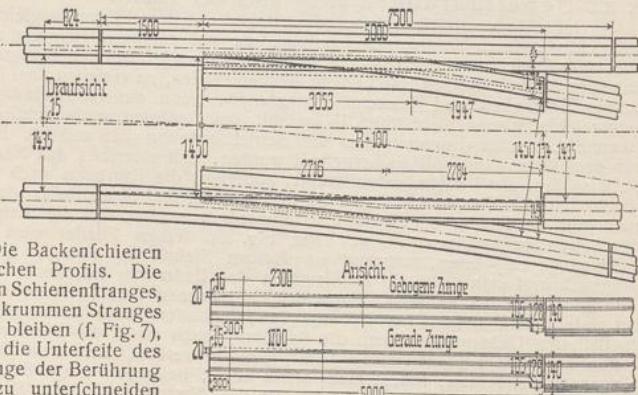


Fig. 1.

mit massigem hutförmigen Querschnitt, sogenannten Block-schielen (Fig. 2-7). Aus denselben Gründen lässt man auch die Zungen an der Spitze unter die

Backenschiene greifen und verwendet zu Backen- und Zungenschienen den zäheren, aber auch teureren Siemens-Martin-Stahl, während die gewöhnlichen Schienen aus dem billigeren Bessemer- oder Thomas-Stahl gewalzt werden. Die Zungen des krummen Schienenstranges werden bei manchen Bahnen

waltungen wegen der billigeren Herstellung gerade belassen, meist aber gebogen, weil dadurch die Ablenkung an der Spitze geringer, das Einfahren in die Weiche sanfter und außerdem die Weiche kürzer wird (s. unten, Berechnung der Weichen). Die Zungen fallen an der Spitze 100 mm, im übrigen aber so weit aufschlagen, daß an keiner Stelle die Räder an die aufgeschlagene Zunge treifien können, somit bei normalspurigen Bahnen mindestens  $1,435 - (1,357 + 20 \text{ mm}) = 58 \text{ mm}$  ( $1,357$  geringste lichte Entfernung der Radreifen, 20 mm geringste Spurkränzstärke bei einseitiger Abnutzung (I. [4], §§ 40, 67 und 69, 3). Die Länge der Backenfchienen beträgt bei Hauptbahnen gewöhnlich 7,5 m, die der Zungen 5—6 m und der Krümmungshalbmesser der Zungenvorrichtung bei Einfahrweichen 250 m, bei sonstigen Weichen gewöhnlich 180 oder 200 m, ausnahmsweise weniger (z. B. in Sachsen bei Weichen mit Herzfläckneigung 1 : 7 nur 140 m). Es ist ratsam, an der Zungenspitze am inneren Schienentrag, d. h. an der gekrümmten Backenfchiene, eine Spurerweiterung (8—15 mm) anzutordnen (I. Fig. 1), die man gegen die Wurzel im kurmmen Strang gewöhnlich auf 15 mm übergehen, im geraden Strang dagegen verschwinden läßt. Damit die Zungen gegen die Spitze möglichst kräftig werden, sowie auch, um die Bearbeitungskosten zu verringern, werden die Zungenschienen dort, wo die Zunge mit der Backenfchiene zusammentrifft, leicht geknickt (I. Fig. 1) und dann erst gehobelt, an der Fahrkante aber nur so tief, daß abgenutzte Spurkränze bei abgenutzten Backenfchienen und Zungen nicht auflaufen. Beim Hobeln werden stets gerade Längskanten erzeugt; das Hobeln der an der fertigen Zunge gekrümmten Kanten geschieht daher vor dem Biegen, das der geraden nach dem Biegen der Zunge. Da die Zunge gegen die Spitze wenig tragfähig ist, wird sie gegen die Spitze in der Höhe leicht abgekrägt (I. Fig. 1), so daß beim Einfahren in die Weiche die Zunge ablenkt, die Backenfchiene aber die Last trägt.

Die Befestigung der Zungen an der Wurzel muß

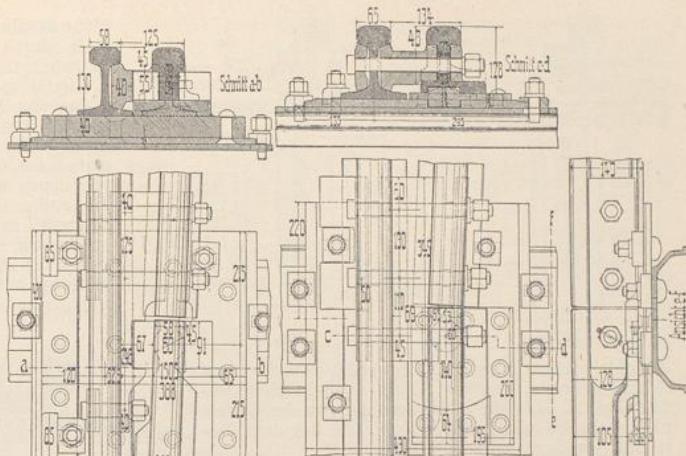


Fig. 2.

Fig. 3.

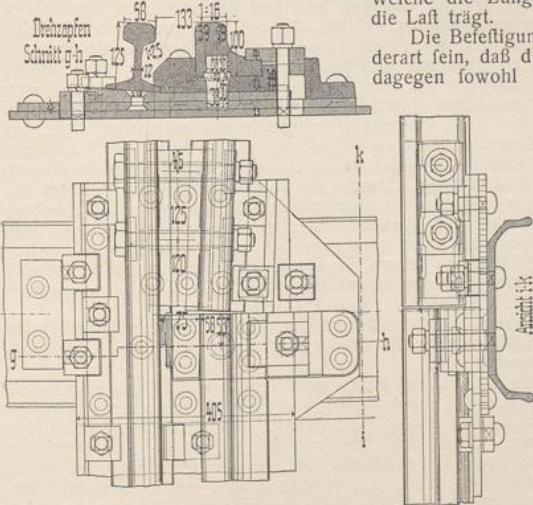


Fig. 4.

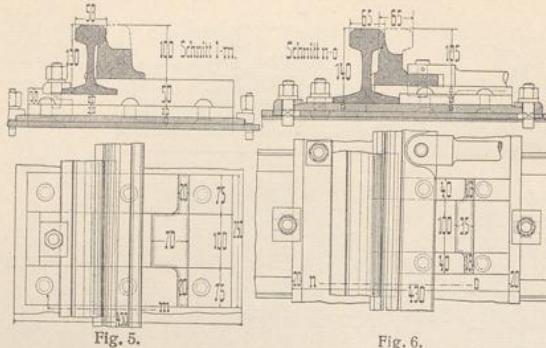


Fig. 5.

Fig. 6.

Ausweichgleis mittels Einlagekeils, Lache und Schraubenbolzen gehalten. Eine ähnliche Konstruktion, bei der aber die Höhe der Zunge an der Wurzel nicht geändert wird, zeigt Fig. 4, die bei der österreichischen Staatsbahn üblich ist.

Die Zungen werden durch eine Anzahl schmiedeeiserner (früher auch gusseiserner) Gleitflüsse oder Weichenfästel mit gehobelten oder geschliffenen Gleitflächen gestützt (Fig. 5—7). Diese werden unmittelbar auf eisernen oder hölzernen Querschwellen befestigt oder besser, wie jetzt meistens üblich, auf eisernen, 10—15 mm starke Weichenplatten genietet, die auf den Querschwellen befestigt werden. — In neuerer Zeit werden auch Zungenvorrichtungen mit federnden Zungen angewendet. Bei diesen sind die Zungen wie auch die Backenschiene länger (10—10,5 m bzw. 9,5—10,5 m). Die Enden der ebenfalls aus Blockschienen hergestellten Zungen sind nicht drehbar, sondern auf etwa 2 m Länge mittels Klemmplatten und Schraubenbolzen auf einer Zungenplatte unbeweglich befestigt (eingepaft). Vor dieser Einspannungsstelle ist der Fuß der Zungenschiene allmählich übergehend auf etwa 90 cm Länge auf Kopfbreite geschmälert und außerdem die Schiene am Steg ausgearbeitet, damit sich die Zungen beim Umlegen der Zungenvorrichtung hier federn.

Die beiden Weichenzungen werden, damit sie sich gleichzeitig bewegen, entweder durch eine bis drei kräftige Weichenstangen (f. Fig. 6) oder durch befondere Vorrichtungen (Spitzverschlüsse), durch die das dichte Anschließen der Zungenspitzen gesichert wird, z. B. das Haken-schloß- (f. Stellwerke, S. 298), verbunden. Das Umstellen der Weichen geschieht entweder von Hand an Ort und Stelle mittels Weichenstocks (f. d.) oder aus der Ferne von einem Stellwerk (f. S. 295). Wichtigere Weichen sind bei Haupt- und Nebenbahnen mit Signalen zu versehen ([4], § 144, C, und [6], § 21, 11), bei Lokalbahnen sind sie entbehrlich ([5], § 87, 1). Die Weichen-signale sollen jederzeit die Stellung der Weiche anzeigen und sind daher mit ihr automatisch verbunden. Gewöhnlich werden Laternen-Signale verwendet, die bei Tag und Nacht dasfelbe Signalbild zeigen ([4], § 145, 4 und [6], VI (f. a. Weichen-Signale). Die Anordnung der Zungenvorrichtungen und der Weichenhebel im einzelnen sind bei jeder Eisenbahnverwaltung wieder verschieden und als Normalien ausgebildet. Bei den Zungenvorrichtungen mit gleichlangen unter-schlagenden Zungen können Entgleisungen durch falsche Weichenstellung nicht eintreten. Bei der Fahrt gegen die Spitze kommen die Fahrzeuge allerdings in das unrichtige Gleis, bei der Fahrt von hinten wird aber die Zungenvorrichtung aufgeschnitten und durch die Spurkränze der Fahrzeuge in die richtige Lage gebracht. Um das dichte Anliegen der Zungen zu sichern, verwendet man auch Druck- oder Fühl-schienen. Durch diese wird auch das Umstellen der Weichen während des Därfübersfahrens von Fahrzeugen verhindert, was besonders bei Weichen, die in ein Stellwerk einbezogen sind, aber von diesem nicht übersehen werden können, von Wert ist. Um die Bedienung wenig benutzter oder vorübergehend nicht befahrbarer Weichen zu ersparen und die Stellung solcher Weichen zu sichern, verwendet man Weichen-schlösser, durch welche die anliegende Zunge an der Backenschiene festgehalten wird, z. B. Toblers Weichen-zungenverschluß (Organ f. d. Fortchr. d. Eisenbahnw. 1893, S. 14) [1].

Das Herzstück wird an der Durchschneidung der an die beiden Zungen anschließenden Schienenstränge eingelegt. Die Konstruktion der Herzstücke fällt Zwangsschienen ist in Bd. 5, S. 52, eingehend beschrieben und dargestellt [1].

Die Weichenngleise, zwischen Zungenvorrichtung und Herzstück, sind das Stammglied und das Ausweichgleis oder der Weichenbogen. Beide sind, soweit möglich, aus ganzen Schienen (Normal-, Ausgleichs- und Paßschiene, f. Oberbau) herzustellen. Der Krümmungshalbmesser soll im allgemeinen möglichst groß sein. Er ist dem Radstand der Fahrzeuge und der Fahrgeschwindigkeit anzupassen. Bei Haupt- und Nebenbahnen sind Krümmungen mit weniger als 180 m nicht zulässig; bei vollspurigen Lokalbahnen, auf welche Wagen der Hauptbahn übergehen, soll der Halbmesser der Krümmungen ebenfalls nicht kleiner als 180 m sein, und bei

Höhe der Blockschiene am Wurzelende durch Pressen, um etwa 25 mm, nach unten vergrößert (f. Fig. 1) und dadurch ein Anschlag der Zungenschiene gegen eine Führungslippe der Drehzapfenplatte erhalten, die mit den zylindrischen Zapfen dieser Platte, von denen der eine in die Zunge, der andre in die Weichenplatte eingreift, die Längsverschiebung verhindern. Seitlich und gegen Heben ist die Zunge durch Verlachung mit der Backenschiene und der anstoßenden Schiene des

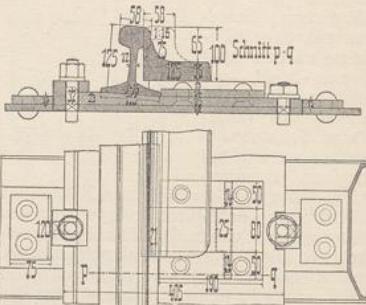


Fig. 7.

vollspurigen Anschlußgleisen nicht kleiner als 100 m. Bei Schmalspurbahnen fallen die Krümmungshalbmesser in der Regel bei 1 m Spurweite nicht kleiner als 50 m, bei 0,75 m nicht kleiner als 40 m, bei 0,60 m nicht kleiner als 25 m fein. Kleinere Halbmesser können bei allen diesen Lokalbahnen angewendet werden, wenn die Betriebsmittel zum Befahren schärferer Krümmungen eingerichtet sind. Die Ueberhöhung des äußeren Schienenstrangs wird in den Weichenkrümmungen stets weggelassen [1].

Man unterscheidet folgende Weichenformen:

1. Einfache Weichen, und zwar: a) Die geraden Weichen, auch Normalweichen; das Stammgleis ist gerade; je nachdem die Zungenvorrichtung nach rechts oder links ablenkt, hat man eine Rechtsweiche (Fig. 8) oder eine Linksweiche (Fig. 9).

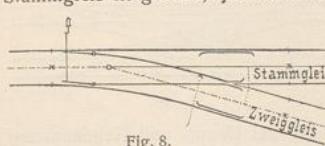


Fig. 8.

b) Die Krümmungsweichen, auch Kurvenweichen oder Zweibogenweichen; das Stammgleis ist ebenfalls gekrümmt. Gehen die Krümmungen von Stammgleis und Ausweichgleis nach derselben Seite, so hat man eine gleichlaufende Krümmungsweiche (Fig. 10), gehen sie nach entgegengesetzter Seite, eine ungleichlaufende Krümmungsweiche (Fig. 11); diese können entweder rechte

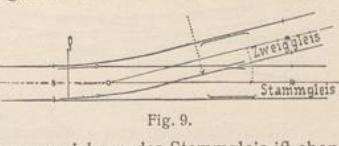


Fig. 9.

Fig. 10.

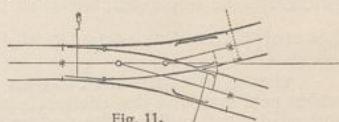


Fig. 11.

oder linke Krümmungsweichen sein, je nach der Ablenkung der Zungenvorrichtung. c) Die symmetrischen Weichen (f. Fig. 12); beide Backenschienen und beide Zungen sind gleich und symmetrisch gekrümmt; die Anordnung gestattet die

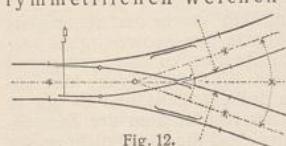


Fig. 12.

Anwendung viel größerer Krümmungshalbmesser als bei der geraden Weiche bei gleicher Zungen- und Weichenlänge und gleichem Herzstückwinkel, sie werden deshalb

Fig. 13.

in Frankreich auf Stationen oft als Einfahrweichen verwendet, haben aber den Nachteil, daß kein Gleis gerade durchgeht [2].

2. Die Doppelweichen, auch dreiteilige oder dreigleisige Weichen genannt; von einem Stammgleis zweigen gleichzeitig Weichen nach beiden Seiten ab. Sie werden gewöhnlich symmetrisch angeordnet (Fig. 13), doch ist die unsymmetrische Anordnung nicht ausgeschlossen; außer den beiden normalen Herzstücken ist noch ein Mittelherzstück samt Zwangsschienen erforderlich. Die Doppelweichen gestatten eine raschere Erbreiterung einer Gleisanlage und werden deshalb auf Vertriebebahnhöfen angewendet, haben aber den Nachteil, daß die Doppelzungen verhältnismäßig schwach sind und daher rasch abgenutzt werden.

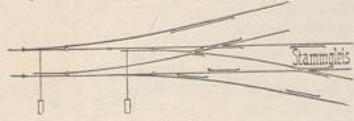


Fig. 14.

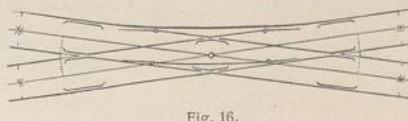


Fig. 16.

3. Die Folgeweichen, auch verschrankte Weichen genannt; die zweite Weiche zweigt so weit hinter der Zungenvorrichtung der ersten Weiche ab, daß ihre zwischen den Schienensträngen der ersten Weiche liegenden Zungen genügend auffschlagen können. Je nachdem die Abzweigung der zweiten Weiche ebenfalls im Stammgleis, aber nach der entgegengesetzten Seite,

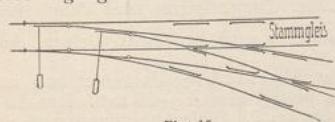


Fig. 15.

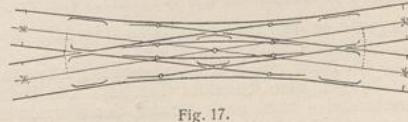


Fig. 17.

wie in Fig. 14, oder von dem Ausweichgleis der ersten Weiche, aber in demselben Sinn erfolgt wie in Fig. 15, hat man eine zweiseitige oder einseitige Folgeweiche. Durch Folgeweichen kann, wie durch Doppelweichen, bei einer Gleisanlage an Länge gespart werden, doch ist ihre Anordnung besonders auf die Länge der Zungenvorrichtung der zweiten Weiche nicht ganz einfach, auch ist ein Mittelherzstück samt Zwangsschienen erforderlich.

4. Die Kreuzungsweichen (englische Weichen) entstehen, wenn zwei sich schneidende Gleise innerhalb der Gleiskreuzung durch Bogen miteinander verbunden werden, und zwar

einfache Kreuzungsweichen (halbe englische Weichen, Fig. 16), wenn die Verbindungsbogen nur auf einer Seite, doppelte Kreuzungsweichen (englische Weichen, Fig. 17), wenn sie auf beiden Seiten eingelegt werden. (Das Weitere und Berechnung f. Bd. 5, S. 699.)

Läßt man bei der doppelten Kreuzungsweiche eines der Gleise in der Gleiskreuzung weg, so erhält man eine Weichen schlüngung. Dieselbe kann, wie Fig. 18, nach rechts ablenken oder nach links (Spiegelbild). Nicht zu verwechseln mit den Kreuzungsweichen sind die Kreuzweichen, auch Weichenkreuze genannt (Fig. 19), welche entstehen, wenn zwei Weichenverbindungen zwischen gleichlaufenden Gleisen sich durchkreuzen.

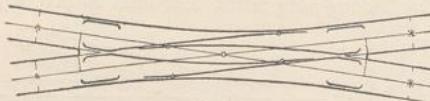


Fig. 18.

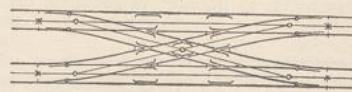


Fig. 19.

Beim Entwerfen von Gleisanlagen ist zu beachten, daß bei Haupt- und Nebenbahnen zwischen Gegenkrümmungen eines Verbindungsgleises zweier Weichen eine Gerade von wenigstens 6 m vorhanden sein soll; ferner soll vor Weichen, die aus gekrümmten Gleisen in entgegengesetztem Sinne abzweigen und von Zügen gegen die Spitze befahren werden, eine mindestens 6 m lange Gerade eingelegt werden. Eine solche Gerade wird auch bei Abzweigungen in gleichem Sinne empfohlen, wenn die Gleiskrümmung einen Halbmesser unter 500 m hat.

#### Geometrische Anordnung und Berechnung der geraden und Krümmungsweichen [3].

Hierbei ist zu trennen zwischen der Zungenvorrichtung und den Ausweichgleisen. Bei beiden geht man von der Gleisachse aus. Die Schienenstränge liegen gleichlaufend zu ihr im Abstand der halben Spurweite (an der Innenseite des Schienenkopfes gemessen); in Krümmungen wird der Abstand des inneren Schienenstranges (mit dem kleineren Krümmungshalbmesser) um die entsprechende Spurerweiterung vergrößert (f. Krümmungsverhältnisse der Eisenbahnen, Bd. 5, S. 718).

**I. Zungenvorrichtung.** Die Ablenkung der Fahrzeuge sollte in einem das Stammgleis berührenden Bogen geschehen, damit seitliche Stöße beim Einfahren in das Ausweichgleis vermieden werden. Praktisch läßt sich das nicht durchführen, da die Zungen zu lang und gegen die Spitze zu schwach würden; sie muß daher unter einem kleinen Winkel erfolgen, der abhängig ist von der Zungenlänge  $z$  und der Entfernung  $c$  zwischen Backenschiene und Zunge an der Wurzel und dem Krümmungshalbmesser  $r_z$ . Wie oben bei der Konstruktion der Zungenvorrichtung bereits gesagt ist, müssen die Zungen so weit aufschlagen, daß die Räder nicht an der aufgeschlagenen Zunge streifen. Der Abstand der Gleisachsen muß daher an der Zungenwurzel mindestens um die Kopfbreite der Zungenschiene breiter sein als der geringste Aufschlag. In

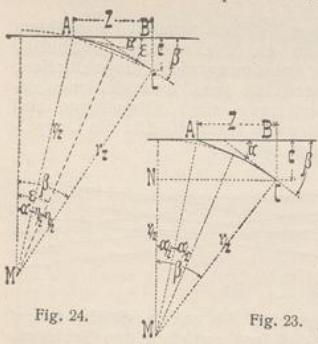


Fig. 23.

1. Gerade (Fig. 20), Ablenk- und Wurzelwinkel sind gleich groß. Als Ablenkwinkel ist dieser Winkel groß, als Wurzelwinkel klein, die Zungen sind aber leicht herzustellen.

2. Nach einem Kreisbogen gekrümmt, der das Stammgleis berührt; die Zunge  $z$  ist kürzer als die Tangente, also  $r_z > \frac{z^2}{2c}$ ; von der Zungen spitze wird dann eine Tangente an den Bogen gezogen (Fig. 21). Der Ablenkwinkel  $\alpha$  wird bedeutend kleiner, der Wurzelwinkel  $\beta$  dagegen größer.

3. Nach einem Kreisbogen gekrümmt, der die Gleisachse (Backenschiene) an der Zungen spitze schneidet (Fig. 22). Die Ueberschneidung beträgt etwa 15–20 mm. Der Ablenkwinkel  $\alpha$  wird noch kleiner, der Wurzelwinkel größer als bei 2. Diese Anordnung wird in neuerer Zeit beinahe durchweg gewählt.

**Berechnung.** Bei 1.: Gegeben Wurzelabstand  $c$  und Zungenlänge  $z$ , gemessen im geraden Gleis. Nach Fig. 20 ist  $\tan \alpha = \tan \beta = \frac{c}{z}$ .

Bei 2.: Gegeben  $c$ ,  $z$  und der Krümmungshalbmesser  $r_z$ . Nach Fig. 23 ist

$$NC = \sqrt{c(2r_z - c)}; \tan \beta = \frac{NC}{r_z - c}; \tan \frac{\alpha}{2} = \frac{NC - z}{r_z}.$$



Bei 3.: Gegeben  $c, z, r_z$  (so groß, daß die Ueberschneidung 15–20 mm beträgt). Nach Fig. 24 ist

$$\alpha = \varepsilon - \frac{\eta}{2}, \beta = \varepsilon + \frac{\eta}{2}, \text{ und da } \angle \varepsilon = \angle BAC, \tan \varepsilon = \frac{c}{z}, \sin \frac{\eta}{2} = \frac{1/2 AC}{r_z} = \frac{\sqrt{z^2 + c^2}}{2 r_z}.$$

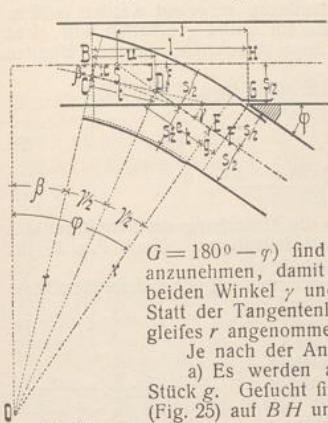


Fig. 25.

und

Werden diese Gleichungen quadriert und addiert, so erhält man

$$l = -r \sin \beta + \sqrt{(r+s/2)^2 + g^2 - (r \cos \beta + c - s/2)^2}, \quad 5.$$

sodann durch Substituierung des aus Gleichung 4 bestimmten Werts von  $\cos \varphi$  in Gleichung 3

$$\sin \gamma = \frac{(l+r \sin \beta)(r+s/2) - g(r \cos \beta + c - s/2)}{(r+s/2)^2 + g^2}, \quad 6.$$

und aus Gleichung 3 den Winkel  $\gamma$ .

In der gleichen Weise wird vorgegangen, wenn  $r$  und  $l$  oder  $l$  und  $g$  angenommen werden, und  $g, \gamma$  und  $\varphi$  oder  $r(l), \gamma$  und  $\varphi$  gefucht sind. Durch Quadrierung und Addierung der Gleichungen 3 und 4 ergibt sich

$$g = \sqrt{(l+r \sin \beta)^2 + (r \cos \beta + c - s/2)^2 - (r+s/2)^2} \quad 7.$$

$$\text{oder } r = \frac{s \cos \beta - 2l \sin \beta - 2c \cos \beta + s}{s \cos \beta - 2l \sin \beta - 2c \cos \beta + s}. \quad 8.$$

Sind  $g$  oder  $r$  gefunden, so werden  $\varphi$  und  $\gamma$  wie oben bestimmt.

Der Herzstückwinkel ist nur selten zu berechnen; meistens ist derselbe gegeben, weil bei jeder Verwaltung, wenn irgend möglich, nur Herzstücke von bestimmten Neigungen verwendet werden, um die Zahl der Ersatzherzstückgattungen, die für die Bahnhunterhaltung auf Lager gehalten werden müssen, möglichst zu verringern. (Auf normalspurigen Bahnen für Hauptgleise gewöhnlich 1:10 und 1:9, für Nebengleise 1:8 oder 1:8½, ausnahmsweise 1:7½ und 1:7, sowie für gleichlaufende Krümmungsweichen vielleicht noch 1:12½, 1:13 oder 1:14. Gewöhnlich wird daher einer der folgenden Fälle vorkommen, bei denen stets der dritte Winkel sofort nach Gleichung 1 zu berechnen ist.)

b) Angenommen Herzstückwinkel  $\varphi$  und Krümmungshalbmesser  $r$ , gefucht  $l$  und  $g$ . Aus Gleichung 2 ergibt sich  $t$ . Die Projektion des Sechsecks  $BCDFGH$  auf die Senkrechte zu  $BH$  (J. Fig. 25) gibt dann:

$$s/2 + s/2 \cos \varphi = c + t \sin \beta + t \sin \gamma + g \sin \varphi. \quad 9.$$

$$\text{Hieraus } g = \frac{s/2 \cos \varphi - t \sin \beta + s/2 - c}{\sin \varphi} - t. \quad 10.$$

Die Projektion auf  $BH$  ergibt  $l = t \cos \beta + (t+g) \cos \varphi + s/2 \sin \varphi. \quad 11.$ 

Krümmungshalbmesser, Herzstückgerade, Länge des Ausweichgleises und Herzstückwinkel stehen im engsten Zusammenhang. Den Krümmungshalbmesser nimmt man möglichst groß und als rundes Maß an, die Herzstückgerade soll sich möglichst dem Geringmaß nähern. Beachtet man diese Grundsätze, so ergibt sich für jede Herzstückneigung eine beinahe fest bestimmte Länge  $l$ . Größere Abweichungen von dieser Länge haben bedeutende Änderungen des Krümmungshalbmessers und der Herzstückgeraden zur Folge und geben daher praktisch unbrauchbare Resultate. Um möglichst günstige Abmessungen zu erhalten, berechnet man daher  $r$  unter der Annahme, daß  $g$  das Geringmaß habe.

c) Angenommen Herzstückwinkel  $\varphi$  und Herzstückgerade  $g$ , gefucht  $r$  und  $l$ . Aus Gleichung 9 erhält man:

$$t = \frac{s/2 \cos \varphi - g \sin \varphi + (s/2 - c)}{\sin \beta + \sin \varphi} = \frac{s/2 \cos \varphi - g \sin \varphi + (s/2 - c)}{2 \sin \frac{\varphi + \beta}{2} \cos \frac{\varphi - \beta}{2}}; \quad 12.$$

hierauf ist  $r$  nach Gleichung 2, alsdann  $l$  nach Gleichung 11 zu bestimmen. Handelt es sich nur darum, eine Unterlage für die günstige Annahme von  $r$  im Falle b) zu erhalten, so braucht man  $l$  nicht zu berechnen. Das gefundene  $r$  wird abgerundet und nun die Rechnung nach b) durchgeführt.

d) Angenommen Herzstückwinkel  $\varphi$  und die Länge des Ausweichgleises  $t$ , gesucht  $r$ ,  $t$  und  $g$ . Dieser Fall kann vorkommen, wenn man den geraden Schienenstrang zwischen Zunge und Herzstück aus ganzen (oder auch ganzen und halben) Schienenlängen zusammensetzen will, um Abfälle zu vermeiden. Es hat dies aber keinen großen Wert, weil in die drei andern Schienenstränge zur Ausgleichung der Längen doch Schienenstücke eingelegt werden müssen. Bei der Annahme von  $t$  muß man, wenn man gute Resultate für  $r$  und  $g$  erhalten will, sehr vorsichtig sein; es darf nur wenige Zentimeter von der Länge abweichen, die man erhalten hat, wenn man nach c) rechnet.

Aus der Projektion des Sechsecks  $BCDFGH$  auf  $OE$  erhält man (f. Fig. 25):

fomit

$$t \sin \gamma + s/2 + s/2 \cos \varphi = l \sin \varphi + c \cos \varphi, \quad 13.$$

und

$$t = \frac{l \sin \varphi - (s/2 - c) \cos \varphi - s/2}{\sin \gamma}, \quad 14.$$

ferner  $g$  nach Gleichung 10 wie oben.

Außer den berechneten Maßen ist für die Absteckung der Schnittpunkt  $S$  der Herzstückgeraden mit dem Stammgleis festzulegen. Nach Fig. 25 ist:

$$SF = SH = i = s/2 \operatorname{ctg} \varphi/2. \quad 15.$$

Ferner sind bei Berechnung der Krümmungsweichen mit gegebenem Herzstückwinkel erforderlich die Projektion von  $CD$  auf  $BH$

$$BJ = u = t \cos \beta. \quad 16.$$

$$DJ = f = c + t \sin \beta. \quad 17.$$

### III. Krümmungsweichen.

Bei diesen ist auch das Stammgleis gekrümt. Vor der Herzstückspitze muß, wie im Ausweichgleis, ein gerades Stück  $G$  (bei Normalpur ebenfalls mindestens 1 m wie  $g$ ) eingelegt werden. Zieht man die Tangenten an den Bogen des Stammgleises, so erhält man (f. Fig. 26 und 27) das Siebeneck  $BCD(E)FGHK$ .

In diesem sind stets drei Seiten  $BC = c$ ,  $FG = GH = s/2$  und vier Winkel, bei  $B, F, H$  (je  $90^\circ$ ) und bei  $C$  ( $90^\circ + \beta$ ) bekannt.

Die vier Seiten

$CD = t$ ,  $DF = t + g$ ,  $BK = T$  und  $KH = T + G$

fowie drei Winkel, bei  $D$  ( $180^\circ + \gamma$ ), bei  $G$  ( $180^\circ - \varphi$ ) und bei  $K$  ( $180^\circ \mp \delta$ ) sind nicht bekannt. (Das obere Vorzeichen gilt, wie auch im folgenden, für die gleichlaufende Krümmungsweiche, Fig. 26, das untere für die ungleichlaufende, Fig. 27.) Von den unbekannten sieben Stücken sind vier beliebig anzunehmen, damit die übrigen drei berechnet werden können, nur dürfen nicht alle drei Winkel darunter fein, weil der dritte Winkel bestimmt ist, wenn die beiden andern angenommen sind. Denn es ist stets

$$\varphi = \beta + \gamma \mp \delta. \quad 18.$$

Dagegen können flatt der Tangentenlängen  $t$  und  $T$  die zugehörigen Krümmungshalbmesser an-

genommen werden, da  $r = t \cot \gamma/2$  und  $R = T \operatorname{ctg} \delta/2$ . 19.

Fall 1. Angenommen sind die Krümmungshalbmesser  $r$  und  $R$  sowie die Herzstückgeraden  $g$  und  $G$ ; gesucht die drei Winkel  $\gamma$ ,  $\delta$  und  $\varphi$ . Die Dreiecke  $NOP$  und sodann  $GOP$  können berechnet werden. Es ist in Fig. 26 und 27

$$NO = r \sin \beta, NP = R \mp r \cos \beta \mp c, \text{ daraus } OP = \sqrt{NO^2 + NP^2} \quad 20.$$

und

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{ON}{NP} = \frac{r \sin \beta}{R \mp r \cos \beta \mp c}; \quad 21.$$

ferner ist  $OG = \sqrt{(r+s/2)^2 + g^2}$ ,  $PG = \sqrt{(R \mp s/2)^2 + G^2}$ . 22.

Setzt man im Dreieck  $OPG$  die Summe der drei Seiten  $(OP + OG + PG) = 2S$ , so hat man:

$$\sin \frac{\gamma}{2} = \sqrt{\frac{(S-PG)(S-OP)}{S \cdot (S-OG)}} \text{ und } \sin \frac{\delta}{2} = \sqrt{\frac{(S-PG)(S-OG)}{S \cdot (S-OP)}}; \quad 23.$$

$$\text{ferner ist } \operatorname{tg} \mu = \frac{g}{r+s/2} \text{ und } \operatorname{tg} w = \frac{G}{R \mp s/2}; \quad 24.$$

hieraus  $\delta = \nu - \gamma - w$ . 25.

und bei der gleichlaufenden Krümmungsweiche, da  $\beta + \gamma + \mu = \delta + w + \varphi$  ist,

$$\gamma = (\delta + w + \varphi) - (\beta + \mu) \quad 26.$$

und bei der ungleichlaufenden Krümmungsweiche, da  $\beta + \gamma + \mu = 180^\circ - (\delta + w + \varphi)$  ist,

$$180^\circ - \gamma = (\delta + w + \varphi) + (\beta + \mu). \quad 26a.$$

Sind die Winkel  $\gamma$  und  $\delta$  berechnet, so ergeben sich aus den Gleichungen 18 und 19 der Herzstückwinkel  $\varphi$  und die Längen der Tangenten  $t$  und  $T$  und aus diesen die Koordinaten der Herzstückspitze:

$$x = T + (T + G) \cos \delta \mp s/2 \sin \delta \quad 27.$$

$$y = s/2 \cos \delta \pm (T + G) \sin \delta. \quad 28.$$

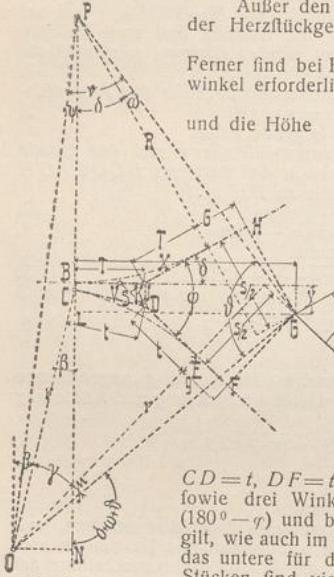


Fig. 27.

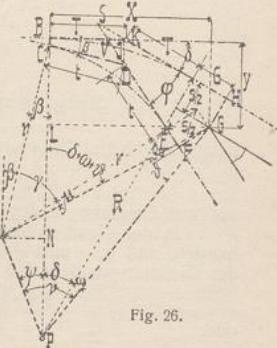


Fig. 26.

Fall 2. Angenommen sind der Herzstückwinkel  $\gamma$  sowie vom Hauptgleis  $R$ ,  $G$  und  $\delta$ ; gefucht  $r$ ,  $g$  und  $\gamma$  des Ausweichgleises. Aus Gleichung 18 erhält man

$$\gamma = \beta - \delta \pm \delta, \quad 29.$$

sodann  $T$  aus Gleichung 19 und  $x$  und  $y$  nach Gleichung 27 und 28. Die Projektion des Fünfecks  $CDFGL$  auf  $OE$  und  $DF$  ergibt, da  $LG = x$  und  $CL = y - c$ ,

$$t = \frac{x \sin(\gamma \pm \delta) - CL \cos(\gamma \pm \delta) - s/2}{\sin \gamma}, \quad 30.$$

$$g = x \cos(\gamma \pm \delta) + CL \sin(\gamma \pm \delta) - t \cos \gamma - t. \quad 31.$$

Der Krümmungshalbmesser  $r$  des Ausweichgleises ergibt sich sodann nach Gleichung 19. Analog verfährt man, wenn die Stücke des Ausweichgleises gegeben und die des Hauptgleises gefucht sind. Ist im Falle 2 statt  $\delta$  die Abszisse  $x$  der Herzstückspitze gegeben, so muß zunächst der Winkel  $\delta$  bestimmt werden. Man hat  $PG = \sqrt{(R \mp s/2)^2 + G^2}$ ,

$$\text{fodann } \sin(\delta + w) = \frac{LG}{PG} = \frac{x}{\sqrt{(R \mp s/2)^2 + G^2}} \quad 32.$$

$$\text{und } \operatorname{tg} w = \frac{G}{(R \mp s/2)}. \quad 33.$$

Aus Gleichung 32 und 33 erhält man  $\delta$ , worauf  $T$ ,  $t$ ,  $r$  und  $g$  wie oben berechnet werden. Zur Absteckung ist noch die Lage des Schnittpunktes  $V$  der Achse des Hauptgleises mit der Herzstückgeraden zu bestimmen. Nach Gleichung 16 und 17 ist  $BJ = u$  und  $DJ = f$  zu bestimmen; dann ist

$$BV = u - f \operatorname{ctg}(\gamma \pm \delta). \quad 34.$$

**IV. Regelmäßige Krümmungsweichen.** Wie oben bei der geraden Weiche bemerkt ist, ist man bei gegebener Herzstückneigung  $\gamma$  in der Annahme der Länge  $l$  an ganz kleine Spielräume gebunden, wenn man brauchbare Resultate, d. h. möglichst große Halbmesser  $r$  und eine dem Mindestmaß sich nähernde Gerade  $g$  erhalten will. Dies gilt auch für die Krümmungsweiche mit dem Herzstückwinkel  $\gamma$ . Ihre Länge darf, wenn man gute Resultate will, nicht nennenswert von der Länge  $l$  der geraden Weiche mit demselben Herzstückwinkel abweichen. Die Annahme der Tangentenlänge oder der Krümmungshalbmesser der Bogen und der zugehörigen Zentriwinkel oder der Herzstückgeraden sind daher zweckmäßig unter Zugrundelegung der Länge  $l$  der geraden Weiche mit demselben Herzstückwinkel  $\gamma$  zu machen. Am besten und schnellsten kommt man zum Ziel, wenn man annimmt, die Krümmungsweiche entfehe aus der geraden Weiche durch Drehung des Herzstückwinkels  $FSH$  um den Tangentenschnittpunkt  $D$  des Ausweichgleises (f. Fig. 28 und 29). Der Fußpunkt  $J$  des Lotes  $DJ$  beschreibt hierbei einen Kreis mit dem Halbmesser  $f$ , an dem die Tangenten des Bogens des Hauptgleises  $BK$  und  $KH$  berühren. Diese vom Verfasser herführende Berechnungsweise der Krümmungsweichen ist bei der Württembergischen Staatsbahn eingeführt; sie hat neben der Einfachheit den Vorteil, daß die gegenseitigen Abstände der Schienenstränge in der Krümmungsweiche (Fig. 28 und 29) gegenüber der geraden Weiche so wenig sich ändern, daß sie für die Praxis nicht in Betracht kommen. Bei Weichen mit eisernen Querschwellen können daher die für die gerade Weiche gelochten Schwellen ohne weiteres auch für die Krümmungsweiche mit gleicher Herzstückneigung benutzt werden, wenn die Schwellenteilung dieselbe ist, d. h. im Verhältnis der Längenänderung der Schienenstränge geändert wird. Bei den regelmäßigen Krümmungsweichen ist also stets der Herzstückwinkel  $\gamma$  gegeben, außerdem ist die Tangentenlänge  $t$  und die Herzstückgerade  $g$  nach der vorher berechneten geraden Weiche mit demselben Herzstückwinkel  $\gamma$  anzunehmen, so daß im Siebeneck  $BCDFGHK$  (f. oben, III.) nur noch vier Stücke,  $\gamma$  (oder  $r$ ),  $\delta$ ,  $G$  und  $T$  (oder  $R$ ), unbekannt sind. Von diesen kann nun ein Stück angenommen werden, mit Ausnahme von  $G$ , welches eine von der geraden Weiche abhängige Länge hat, denn denkt man sich den Grenzfall  $\delta = 0$ , so ist  $x = l$ ,  $G = x - 2T$  und  $T = u = t \cos \beta$  (f. Gleichung 16), somit

$$G = x - 2t \cos \beta = l - 2u. \quad 35.$$

Ferner bestehen die Beziehungen

$$\gamma = \beta + \gamma \mp \delta \quad (\text{wie oben Gleichung 18}), \quad r = t \operatorname{ctg} \gamma/2 \text{ oder } t = r \operatorname{tg} \gamma/2 \quad \{ \text{wie oben}$$

$$R = T \operatorname{ctg} \delta/2 \text{ oder } T = R \operatorname{tg} \delta/2 \quad \} \text{ Gleichung 19},$$

und, da die Punkte  $P$ ,  $D$  und  $K$  auf einer Geraden liegen,

$$\operatorname{tg} \delta/2 = \frac{u}{R \mp f} \text{ oder } R = u \operatorname{ctg} \delta/2 \pm f. \quad 36.$$

Wird eines der drei Stücke  $\gamma$  (oder  $r$ ),  $\delta$ ,  $T$  (oder  $R$ ) angenommen, so können die andern Stücke ohne weiteres berechnet werden. Wird z. B.  $R$  angenommen, so erhält man  $\delta/2$  aus Gleichung 36, da  $u$  und  $f$  von der geraden Weiche mit dem Herzstückwinkel  $\gamma$  bekannt sind, sodann  $\gamma$  aus Gleichung 18 und  $r$ ,  $x$  und  $T$  aus Gleichung 19. Zur Absteckung ist  $BV$  wieder nach Gleichung 34 zu bestimmen.

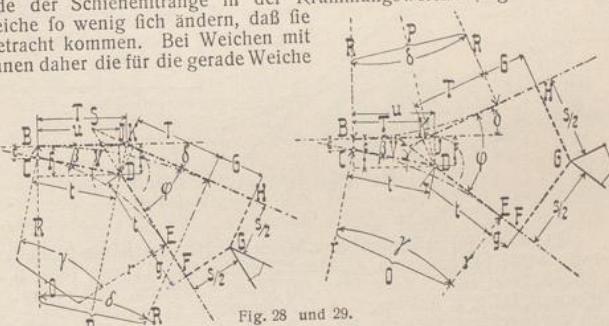


Fig. 28 und 29.

V. Berechnung der Schienenlängen (f. Fig. 30 und 31). Die Länge eines Kreisbogens mit dem Zentriwinkel  $\alpha$  und dem Halbmesser  $r$  ist  $l = \frac{\alpha}{\varrho} \cdot r$  ( $\varrho = \frac{180}{\pi}$ ). Die Länge der Schienen wird in der Mitte gemessen, somit Entfernung von der Achse:  $(s/2 + b/2)$  ( $b$  = Breite des Schienenzapfens) und bei Spurerweiterung, wie im inneren Strang von Krümmungen:  $(s/2 + b/2 + e)$ .

Zungenvorrichtung: Die Zungen spitzen und die Zungenwurzeln liegen winkelrecht zur Achse des Hauptgleises. Die Länge der geraden Backenschiene von Zungen spitze bis Wurzel ist  $l_z$ , die der gekrümmten Backenschiene bei Anordnung der Zunge nach Fig. 22:

$$l_z = \frac{\beta - \alpha}{\varrho} (rz - s/2 - e - b/2) + (s/2 + e + b/2) (\tan \beta - \tan \alpha). \quad 37.$$

Weichen gleise.

$$\text{Hauptgleis der geraden Weiche: } La = Li = l. \quad 38.$$

$$\text{Hauptgleis der Krümmungsweiche: } \begin{aligned} \text{äußerer Schienenstrang} & La = \delta/\varrho (R + s/2 + b/2) + G; \\ \text{innerer Schienenstrang} & Li = \delta/\varrho (R - s/2 - e_1 - b/2) + G. \end{aligned} \quad 39. \quad 40.$$

$$\text{Ausweichgleis: äußerer Schienenstrang } La = \gamma/\varrho (r + s/2 + b/2) + (s/2 + b/2) \tan \beta + g; \quad 41.$$

$$\text{innerer Schienenstrang } Li = \gamma/\varrho (r - s/2 - e_2 - b/2) - (s/2 - e_2 - b/2) \tan \beta + g. \quad 42.$$

Von besonderen Konstruktionen oder Verwendungen von Weichen findet noch zu erwähnen: Die Kletter (Sicherheits-)weichen, f. Bd. 5, S. 510, welche bei Hauptbahnen auf freier Strecke bei Abzweigung langsam befahrene, untergeordnete Anschlußgleise angewendet werden, damit das Schienengefänge nicht unterbrochen wird; die Entgleisungs- oder Ablenkungsweichen (f. Bd. 1, S. 20), besser Schutzweichen, die eingelegt werden, um Gleise vor unzeitiger Einfahrt von Fahrzeugen oder Zügen zu schützen; die Sandweichen (Sandgleise, Bd. 7, S. 568) zum Auffangen von durchgegangenen Wagen oder von Zügen, bei denen die Bremsen verflogen, sowie Auslaufweichen mit festen Zungen und Spurkranaufläufen. Die letzteren werden auf Bahnlöchern, auf denen mit Schwerkraft rangiert wird, an den unteren Enden der Richtungs-, Stations- und Abstellharfen eingelegt, da sie nicht bedient zu werden brauchen. Sie können nicht gegen die Spitze befahren werden. Muß dies ausnahmsweise geschehen, so wird vor der Spitze ein Paßstück zur Überbrückung der Spurkranzrinne eingelegt (vgl. Eisenbahntechnik der Gegenwart, Bd. 2, 3. Abschn., 2. Aufl., Wiesbaden 1909, S. 668).

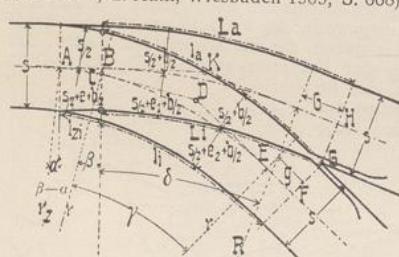


Fig. 30.

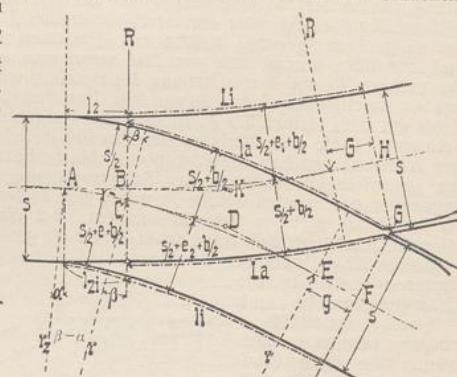


Fig. 31.

Literatur: [1] a) Heusinger v. Waldegg, Handbuch für spezielle Eisenbahntechnik, Bd. 1, Leipzig 1877; b) Haarmann, A., Das Eisenbahngleis, Leipzig 1891, S. 354—385; c) Röll, Encycl. d. Eisenbahnhw., Bd. 7, Wien 1895; d) Blum, v. Borries, Barkhaugen, Die Eisenbahntechnik der Gegenwart, Bd. 2, 2. Abschn., 2. Aufl., Oberbau u. Gleisverbindungen, Wiesbaden 1908; e) Handbuch der Ingenieurwissenschaften, Bd. 5, 3. Abt., Weichen und Kreuzungen, Leipzig 1898; f) Organ f. d. Fortschr. d. Eisenbahnhw., Erg.-Bd. IX u. XI, Wiesbaden 1875 u. 1895; g) Tscherton, Der Eisenbahnbau, 2. Aufl., Wiesbaden 1908; h) Sufemihl, A. J., Das Eisenbahnwesen, Wiesbaden 1899; i) Zentralbl. f. d. Bauverw. 1900, Nr. 74; k) Weichenkloß System Engelage, Illust. Zeitschr. f. Klein- und Straßenbahnen 1901; l) XIII. Erg.-Bd. über die Fortschritte der Technik des deutschen Eisenbahnwesens, nach den Beschlüssen der Technikerversammlung 1903 in Triest, Wiesbaden 1903. — [2] Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens, Löwe, F., Ueber Weichen in Gleiskrümmungen (Zweibogenweichen), 1897; Bückle, L., Beitrag zur Berechnung von Weichen in Gleiskrämmungen, Erg.-Heft 1904. — [3] Goering, A., Geometrische Anordnung der Gleisverbindungen, Berlin 1885, und Glafers Annalen, Berlin 1894; Leuschner, Berechnung von Bahnhofsgleisen, Wien 1873; Pinzger, Die geometrische Konstruktion von Weichenverbindungen für Eisenbahngleise, Aachen 1879; Steiner, F., Allgem. Theorie der Kurvenweichen und der Durchkreuzung zweier Weichen, Techn. Blätter, Prag 1882; Sufemihl, A. J., Gleisberechnungen, Berlin 1879; Ékama, P. E., Die mathematische Berechnung und geometrische Konstruktion von Weichen und Kreuzungen in gekrümmten Eisenbahngleisen, Wien 1887; Emperger, F. v., Die Kurvenweiche, eine neue Methode ihrer Berechnung, Zeitschr. d. Oester. Ing.-u. Arch. Ver., Wien 1889; Lipthay v. Kisfalud, A., Die Berechnung der Weichen und Gleisanlagen, Budapest 1892; Konstruktion und Ausführung von Straßenbahnweichen, Illust. Zeitschr. für Klein- und Straßenbahnen 1901; Verbesserte Weiche für Straßenbahnen, ebend. 1902. — [4] Technische

Vereinbarungen über den Bau und die Betriebseinrichtungen der Haupt- und Nebenbahnen (T.V.), herausgegeben vom Verein deutscher Eisenbahnverwaltungen, Berlin, 1. Januar 1909. — [5] Grundzüge für den Bau und die Betriebseinrichtungen der Lokalbahnen, herausgegeben vom Verein deutscher Eisenbahnverwaltungen (Grz.), Berlin, 1. Jan. 1909. — [6] Eisenbahn-Bau- und Betriebsordnung für die Eisenbahnen Deutschlands (B.O.) vom 1. Mai 1905, Berlin 1905. — [7] Eisenbahn-Signalordnung für die Eisenbahnen Deutschlands (S.O.) vom 1. August 1907, Berlin 1907.

H. Kübler.

**Weichenböcke**, Vorrichtungen zu örtlicher Umstellung der Weichen von Hand; die Fernstellung von Weichen geschieht durch andre Vorrichtungen (f. Stellwerke).

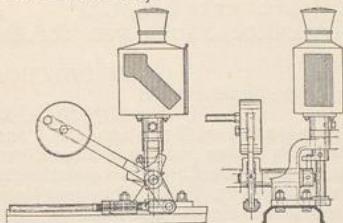


Fig. 1. Preußische Staatsbahnen.

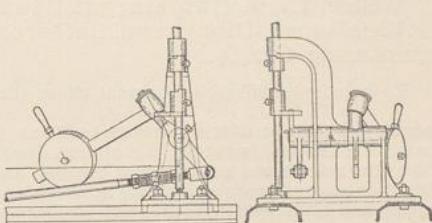


Fig. 2. Österreichische Staatsbahnen.

Der Weichenbock besteht aus einem gußeisernen Lagerbock, einem Hebel und einem an diesem befestigten (f. Fig. 3) oder an befestigtem Hebelarm auf den Hebel wirkenden (Fig 1 und 2) Gegengewicht (bei Hauptbahnweichen 35—40 kg schwer), durch das die anliegende Zunge, an die Backenschiene angepreßt, die abstehende genügend weit geöffnet wird. Der Hebel ist durch eine kräftige Zugstange, deren Länge meist regulierbar ist, mit der nächsten Zunge oder mit einer der nächsten Verbindungsstangen, die beide Zungen verbinden, oder, wenn ein Spitzerverschluß (Hakenschloß, f. Stellwerke) eingesetzt ist, um das dichte Anschließen der Zungenspitzen zu sichern, mit diesem in Gelenken verbunden. Das Umstellen der Weiche geschieht durch Umlegen des Gegengewichts. Am Weichenbock sind, wie in Fig. 1 und 2, meistens auch die Lager für Weichensignale (f. d. Weichen) angeordnet.

H. Kübler.

**Weichen- und Gleisversperrsignale** werden im Eisenbahnwesen benutzt, um die Stellung der Weichen und Gleisversperren schon aus der Ferne kenntlich zu machen.

Die Eisenbahn-Signalordnung (S.O., gültig vom 1. August 1907 ab), Gruppe VI, bestimmt über dieselben: „Die Weichensignale zeigen die Stellung der Weiche, die Gleisversperrsignale die Sperrung des Gleises bei Tage wie bei Dunkelheit durch dasfelbe Bild an.“ — Das Signal wird mittels einer um eine senkrechte Achse drehbaren Laterne, der Weichenlaterne, geben, welche mit der Stellvorrichtung der Weiche verbunden und zugleich mit ihr umgestellt wird. — Die einzelnen Signale sind folgende: Signal 12. Die Weiche steht auf den geraden Strang: Nach beiden Richtungen eine rechteckige weiße Scheibe. — Signal 13. Die Weiche steht auf den kurvigen Strang: a) gegen die Weichenspitze gegeben, ein die Richtung der Ablenkung anzeigen der Pfeil; b) vom Herzstück aus gegeben: eine kreisrunde weiße Scheibe. — Signal 14 (Gleisversperrsignal). Das Gleis ist gesperrt: Ein wagerechter schwarzer Strich auf weißem Grunde.

Köchy.



Signal 12. Die Weiche steht auf den geraden Strang.

Signal 13. Die Weiche steht auf den kurvigen Strang.

Signal 14. Das Gleis ist gesperrt.

Signal 15. Die Weiche steht auf den kurvigen Strang.

a: Gegen die Weichenspitze gegeben.

b: Vom Herzstück aus gegeben.

Weichenschloß, f. Stellwerke.

**Weichenstraße**, eine größere Anzahl gleichlaufender Gleise, die an ihren Enden durch Weichen verbunden sind, wobei die einzelnen Weichenverbindungen sich unmittelbar aneinander schließen und zusammen ein die Parallelgleise unter einem Winkel durchschneidendes Hilfsgleis bilden, das gemeinschaftliche Verbindungsgleis, welches Stamm- oder Muttergleis benannt wird.

Man unterscheidet die gerade einfache Weichenstraße, die verkürzte Weichenstraße und die gekrümmte Weichenstraße; erfriere ist die einfachste derartige Anlage, wenn man den Winkel, den die Parallelgleise mit der Richtung der Weichenstraße bilden, gleich dem Herzstückwinkel, der verbindenden Ausweichungen macht; die verkürzte Weichenstraße ist eine Anlage, welche um so raumsparend wird, je größer der Winkel ist, den die Parallelgleise mit der Richtung der Weichenstraße bilden, wodurch ein ökonomischer Vorteil, Gewinnung größerer nutzbarer Gleislänge und leichtere Bedienung durch größere Uebersichtlichkeit erzielt wird. Mehrere einfache Ausweichen derselben Herzstückneigung lassen sich zu einer Weichenstraße von stetiger Krümmung verbinden, von welcher man die einzelnen Rangiergleise derart abzweigen kann, daß dieselben eine mit dem verlängerten Hauptgleise der Weichenstraße konzentrisch verlaufende Rangiergruppe

bilden. Weichenstraßen können daher in der Mitte oder auch an den Enden der Bahnhöfe angeordnet werden und finden auch auf größeren Bahnhöfen namentlich in Rangiergleisen vielfach Anwendung.

Literatur: Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens 1859; Zeitschr. f. Bauwesen 1859; Ueber die sorgfältige Durchbildung von Weichenstraßen; Zentralbl. d. Bauverwalt. Nr. 81, 1901; Gleisentwicklung mit verkürzten Weichenstraßen, ebend. Nr. 3, 1902; Die Berechnung des Muttergleises, Zeitschr. des Oefferr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1903; Lambert, A., Weichenstraßen mit Weichen, Organ f. d. Fortschr. d. Eisenbahnw., Heft 5, Wiesbaden 1907. Ziffer.

### Weichmanganerz, f. Braunstein.

### Weichstock, f. Malz.

### Weifen, f. v. w. Haspeln; vgl. Baumwollspinnerei u. f. w.

Weinfäuren (Dioxyberinsteinfäuren), organische Säuren von der Zusammensetzung  $C_4H_6O_6$ .

Es sind vier Modifikationen bekannt, denen allen die gleiche Strukturformel

$CH(OH)-COOH$   
 $CH(OH)-COOH$

zukommt: gewöhnliche oder Rechtsweinfäure, Linkswineinfäure, Traubensäure oder Paraweinfäure und inaktive Weinfäure. Die beiden ersten Säuren sind sich in ihren Eigenschaften sehr ähnlich und unterscheiden sich nur dadurch, daß sie die Ebene des polarisierten Lichtes nach entgegengesetzten Richtungen, aber um gleichviel, ablenken. Traubensäure und Mesowineinfäure sind beide optisch inaktiv. Die Traubensäure kann aber in Rechts- und Linkswineinfäure gespalten werden; sie ist daher die racemische Mischung jener beiden optisch aktiven Komponenten. Die Mesowineinfäure ist nicht spaltbar, sondern wird durch Erhitzen mit Wasser in Traubensäure umgewandelt. Die verschiedenen Modifikationen haben alle die gleiche, durch obige Formel ausgedrückte Struktur.

1. Rechtsweinfäure, gewöhnliche Weinfäure, Weinsteinsäure, Acidum tartaricum, im Pflanzenreich weit verbreitet, findet sich namentlich im Traubensaft und kristallisiert in Form ihres saueren Kaliumsalzes, des Weinsteins, bei der Gärung desselben aus. Sie kristallisiert in weißen, großen, monoklinen Prismen, welche in Wasser und Alkohol leicht, in Äther nur schwer löslich sind, schmilzt bei  $170^\circ$  und verkohlt bei der trockenen Destillation unter Verbreitung eines Geruches nach Karamell und unter Bildung von Brenztraubensäure und Brenzweinfäure. Beim Erhitzen mit Wasser auf  $165^\circ$  entsteht hauptsächlich Mesowineinfäure, auf  $175^\circ$  überwiegend Traubensäure. Mit Linkswineinfäure verbindet sie sich in konzentrierter Lösung zu Traubensäure. Durch energische Oxydation zerfällt sie in Kohlendioxyd und Ameisensäure; durch Reduktion geht sie zunächst in Rechtsapfelsäure, schließlich in Bernsteinäure über. — Die Weinfäure wird technisch in großem Maßstabe aus Weinsteine oder aus Weinhefe gewonnen. Der Weinstein wird in großen Bottichen in siedendem Wasser gelöst und vermittelt Kreide oder Gips in weinfäuren Kalk übergeführt, welcher durch Abkühlen und Absetzenlassen der Lauge gewonnen wird. Aus Weinfaure wird der weinfaure Kalk dargestellt, indem man zunächst den Alkohol abdestilliert, den Rückstand mit Salzsäure zum Sieden erhitzt und die abgehoberte klare Lösung der freien Säure mit Kreide neutralisiert. Der ausfallende weinfaure Kalk wird gut ausgewaschen und mit einem Überdruck von Schwefelsäure versetzt. Die Weinfäurelösung, welche zur Erzielung schöner Kristalle freie Schwefelsäure enthalten muß, wird vom Gips abgezogen, in Bleipfannen bei  $70$ — $75^\circ$  eingedampft und in Blei- oder Tonsschalen der Kristallisation überlassen. Die Kristalle werden ausgekleidert und durch Umkristallisation unter Mithilfe von Tierkohle gereinigt. Die Rechtsweinfäure ist von den Weinfäuren die einzige technisch wichtige. Sie wird in großen Mengen als Beize in Färbereien und Druckereien, ferner zur Herstellung von Kunftwein, Backpulver, Brausepulver u. f. w. verwendet.

Salze der Weinfäure, Tartrate: Das neutrale Kaliumsalz  $C_4H_4K_2O_6 + \frac{1}{2}H_2O$  ist in Wasser leicht löslich. Durch Säuren wird aus reinen Lösungen das saure, in Wasser schwer lösliche Salz  $C_4H_5KO_6$  gefällt, welches mit dem natürlichen Weinstein oder Cremor tartari identisch ist. Das Kaliumnatriumtartrat, Seignettesalz,  $C_4H_4KNaO_6 + 4H_2O$ , kristallisiert in großen rhombischen Säulen mit hemiedrischen Flächen und dient zur Herstellung der Fehlingschen Lösung (f. d.). Ueber Brechweinstein f. den Einzelartikel.

2. Linkswineinfäure ist der gewöhnlichen Weinfäure sehr ähnlich, sie schmilzt bei  $167$ — $170^\circ$  unter denselben Erscheinungen, die Salze sind ähnlich und meistens isomorph, zeigen aber entgegengesetzte hemiedrische Flächen. Der Unterschied zwischen beiden Säuren ist somit auf die verschiedene optische Drehung beschränkt. In konzentrierter Lösung verbindet sich die Linkswineinfäure mit Rechtsweinfäure zu Traubensäure. — Ueber die Darstellung der Säure vgl. weiter unten.

3. Traubensäure, Paraweinfäure,  $C_4H_6O_4 + H_2O$  findet sich bisweilen neben der gewöhnlichen Weinfäure im Traubensaft und entsteht bei der Darstellung dieser Säure, wenn die Weinsteinsäurenlösungen zu heftig und besonders bei Gegenwart von Tonerde eingedampft werden. Die Traubensäure bildet rhombische Prismen, welche schon bei gewöhnlicher Temperatur langsam verwittern, beim Erhitzen auf  $110^\circ$  das Kristallwasser völlig verlieren und dann wasserfrei bei  $205$ — $206^\circ$  unter Aufschäumen schmelzen. Sie ist in Wasser schwerer löslich als Rechts- und Linkswineinfäure. Bei der Oxydation mit Kaliumpermanganat liefert die Traubensäure Oxalsäure, bei der Reduktion zunächst inaktive Apfelsäure, dann gewöhnliche Bernsteinäure. — Die Traubensäure entsteht durch Oxydation von Mannit, Dulcit und Weinsäure mittels Salpetersäure, von Fumaräure mit Kaliumpermanganat, aus Dibrombernsteinsäure u. f. w. Dargestellt wird sie durch Erhitzen von gewöhnlicher Weinsäure mit Wasser auf  $175^\circ$ . — Ihre Salze werden Racemate genannt, sind im allgemeinen den Tartraten ähnlich, zeigen aber keine

hemiedrischen Flächen. Das Monokaliumracematum ist in Wasser bedeutend leichter löslich als Weinstein, dagegen das Calciumracematum  $C_4H_4CaO_6 + 4H_2O$  schwerer löslich als die Calciumsalze der drei andern Weinsäuren. — Die Spaltung der Traubensaure in ihre beiden optisch aktiven Komponenten lässt sich auf verschiedenen Wegen bewirken. *Penicillium glaucum* zerflößt beim Wachsen in einer Traubensaurelösung die Rechtsweinsäure; Linkswinsäure bleibt übrig.

4. Inaktive Weinsäure, *Méfowinsäure*  $C_4H_6O_4 + H_2O$ , bildet rechtwinkelige, bei gewöhnlicher Temperatur schon verwitternde Tafeln vom Schmelzpunkt  $143^{\circ}$ . Sie entsteht unter andern aus Sorbin und Erythrit durch Oxydation mit Salpeteräure und am leichtesten durch zweitägiges Erhitzen von gewöhnlicher Weinsäure mit 0,1 ihres Gewichtes Wasser auf  $165^{\circ}$ . Das faule Kaliumsalz der Säure ist in Wasser leicht löslich.

Literatur: Beilstein, Handbuch der organ. Chemie, Hamburg u. Leipzig 1893, 3. Aufl., Bd. 1, S. 788—802; Fischer, F., Handbuch d. chem. Technologie, Leipzig 1893, S. 632; Schmidt, Pharm. Chemie, Bd. 3, Braunschweig 1901.

Bujard.

### Weinstein, f. Wein säuren.

**Weißblech**, f. v. w. verzinntes Eisenblech. Seine Stärke schwankt zwischen 0,1 bis 2,5 mm, die Stärke der Zinnsschicht beträgt 0,005 bis 0,01 mm.

Man unterscheidet **Glanzbleche**, d. h. Weißbleche, deren stark glänzender Ueberzug aus ganz reinem Zinn besteht, und **Mattbleche**, die mit bleihaltigem Zinn verzinkt wurden und geringen Glanz besitzen. Die Glanzbleche werden für Gefässer und ähnliches, die Mattbleche für Dachrinnen, Gießkannen u. f. w. verwendet. — Zur Herstellung der **Weißbleche** verwendet man möglichst weiches, gefüchmeidiges Flußeisen, feinerer Schweisseisen. Die fertiggewalzten Bleche werden zunächst in Salz- oder Schwefelsäure gebeizt, mit Wasser abgepföhlt und getrocknet, dann luftdicht in eisernen Kästen verpackt, die in Flammöfen auf helle Rotglut erhitzt werden, wodurch die Bleche weich und gefüchmeidig werden. Nach langamer Abkühlung werden sie zwischen polierten Hartwalzen glänzend gewalzt und hierauf in weniger hoher Temperatur nochmals geglättet, um die beim Kaltwalzen entstandene Sprödigkeit wieder zu beseitigen. Hierauf folgt nochmaliges Beizen zur Entfernung der Oxydschicht, in ganz schwacher Säure gebeizt, mit Wasser abgepföhlt und in Kalkwasser gestellt. — Das Verzinnen geschieht durch Eintauchen der Bleche in gefüchmolzenes Zinn, das sich in einem Kessel befindet. Um an Zinn zu sparen, werden die Bleche durch ein unmittelbar über dem Zinnkessel angeordnetes Walzwerk geführt, welches das überschüssige Zinn zurückhält. Ueber andre Verfahren der Verzinnung f. [1]—[4]. — Ueber das Entzinnen der Weißblechabfälle f. [5].

Literatur: [1] Verhandlungen des Vereins zur Beförderung des Gewerbes in Preußen 1887, S. 313; 1888, S. 192. — [2] Stahl und Eisen 1889, S. 552. — [3] Journal of the Iron and Steel Institute 1897, II, S. 27; Engineering 1897, S. 289. — [4] Revue universelle des mines 1899, S. 1, 221. — [5] Stahl und Eisen 1908, S. 1919.

A. Widmaier.

**Weißbleizerz** (*Cerussit*), Mineral, kohlensaures Blei (Bleikarbonat)  $PbCO_3$  (83,52% PbO), etwas zink- und silberhaltig.

Kristallisiert rhombisch, auch als Bindemittel von Sandsteinen (Commern). Farblos bis gefärbt, schwarz durch Kohle oder Schwefel (Schwarzbleizerz); durchsichtig bis durchscheinend, stark diamantglänzend, muschelig brechend, spröd. Härte  $3\frac{1}{2}$ . Spez. Gew. 6,4—6,6. Leicht schmelzbar und zu Blei reduzierbar. Löslich in Kalilauge und unter Kohlenstoffentwicklung in Salpeteräure. Vorkommen im Erzgebirge, Harz, Böhmen, Ural (Nertschinsk). Verwendung zur Bleigewinnung.

Leppla.

**Weißgußschalen**, f. Lagermetalle und -schalen, Bd. 6, S. 58 und 59.

**Weißkupfer**, sowohl ein Synonym für Neufilber (f. d., Bd. 6, S. 608), als auch eine Bezeichnung für eine, früher unter dem Namen weißer Tombak, Petong, Argent haché in den Handel gekommene, weiße, spröde, glänzende Legierung von Kupfer und Arsen. Vgl. Muspratts Chemie, 4. Aufl., Braunschweig 1893, Bd. 4, S. 2167. S. a. Nickellegierungen.

(Rathgen) Moyer.

**Weißmetall** für Lager, f. Lagermetall; für Stopfbüchsen (f. d.).

**Weißpech**, f. Fichtenharz.

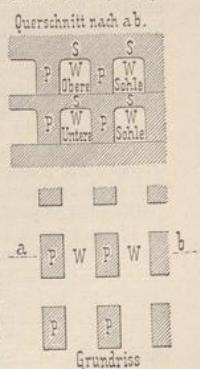
**Weißfieden** bezeichnet die Herstellung eines hauchdünnen Silberüberzugs auf Platten, Ofen, Nadeln u. f. w. durch längeres Sieden dieser Gegenstände im Silberweißfud. Letzterer besteht aus einer Auflösung eines Teigs aus Chlorfilber (gefällt aus 25 g Salpetersauer Silberoxyd), 1250 g Weinsteinpulver und 1250 g Kochsalz. — Vgl. a. Buchner, Die Metallfärbung, Berlin 1906.

A. Widmaier.

**Weiszeug**, f. Schachtförderung.

**Weitungsbau**, eine bergmännische Abbaumethode (f. Abbau, Bd. 1, S. 2), welche für mächtige und reine, dabei feste Lagerstätten, z. B. Steinsalz und Kalkstein, angewendet wird.

In jeder Sohle (vgl. die nebeneinstehende Figur) werden hohe und weite, unter rechten Winkeln sich kreuzende Strecken (Weitungen W) aufgefahren und zwischen denselben zur Stützung des Hangenden Pfeiler P aufgestellt. Bei größerer Mächtigkeit der Lagerstätte werden in dieser steilen gelassen. Bei größerer Mächtigkeit der Lagerstätte werden in dieser



Weise mehrere Sohlen untereinander angelegt und zwar so, daß Weitung unter Weitung und Pfeiler unter Pfeiler zu liegen kommen; zwischen der Firste der unteren und der Sohle der oberen Weitung bleiben einige Meter Salz stehen, die fogenannten *Schweben S.* Beim Steinsalzbergbau macht man die Strecken gewöhnlich 10 m breit bei annähernd gleicher Höhe; den Pfeilern gibt man etwa 8 m Breite und dabei bedeutende Länge (15, selbst 50 m). Die Schweben werden 2—4 m stark belassen. Derartige Bäume halten sich Jahrzehntelang unverändert. — Auf mächtigen Lagerstätten, auf denen die nutzbaren Mineralien ungleich verteilt sind und mit tauben (s. S. 419) Partien wechseln, wird eine ähnliche, nur unregelmäßigere Abbausweise, der Stockwerksbau, angewendet.

Treptow.

### Wellblechdach, I. Dach aus Eisen, Bd. 2, S. 505.

#### Wellblechherstellung

erfolgt durch Walzen oder Preßen.

Beim Walzen kann man unterscheiden: 1. Solche Verfahren, bei denen die Wellen quer zur Walzrichtung eingedrückt werden. Fig. 1 Wellblechwalzwerk (E. Kircheis in Aue i. S.) mit verstellbarer Oberwalze und Unterstützung der langen Walzen durch Stützrollen. Nach diesem Verfahren werden auch in Zickzacklinien verlaufende Wellen hergestellt (vgl. a. den Katalog von Bechem, Keetmann & Co. in Duisburg, Wellblechwalzwerk). 2. Solche Verfahren, bei denen die Wellen in der Walzrichtung verlaufend eingedrückt werden. Bei dem

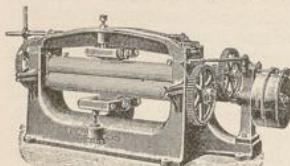


Fig. 1.

Walzwerk von Daelen werden sämtliche Wellen gleichzeitig hergestellt; da das Blech hierbei aber in der Breite stark abnimmt, so müssen nach jedem Durchgang des Blechs die zum Eindrücken der Wellen dienenden Walzenscheiben einander genähert werden [1]. Beim Baroper Wellblechwalzwerk werden die Wellen einzeln durch drei Walzen erzeugt (s. Fig. 2 und 3). Zuerst wird die glatte Blechtafel auf einer Seite umgebogen (a, Fig. 3) und zwischen der unteren und mittleren

Fig. 2. Fig. 3.

Walze hindurchgeführt, wobei sie die Biegung d erhält; dann wird das Blech zwischen den mittleren und oberen Walze gewalzt, es erhält dabei die Biegung c. Nun geht das Blech wieder unten durch und erhält die Biegung d, beim Zurückgehen die Biegung e. Erforderlich ist, daß der erste Wulst der Mittelwalze ihrträg abgedreht ist, daß der zweite schmäler und erst der dritte normal ist. Das Preßen von Wellblechen erfolgt mit Preßstempeln, mittels deren die Biegung des Blechs erfolgt. Man unterscheidet Preßen, die nur mit einem und solche, die mehrere bewegliche Stempel besitzen (vgl. a. den Katalog von M. Mönkemöller & Co. in Bonn und [1]).

Literatur: [1] „Stahl und Eisen“ 1894, S. 538.

**Wellen** in Triebwerken übertragen, indem sie sich in ihren Lagern drehen, mechanische Arbeit durch Torsion, während bei den Achsen der Zweck des Tragens unter Biegsungsbeanspruchung mehr in den Vordergrund tritt.

Transmissionswellen werden aus rundgewalztem Flußleben geradegerichtet, gedreht, poliert und nachgerichtet; Hauptwellen über 200 mm aus rund ausgeschmiedeten Blöcken gedreht. Früher hat man die Wellen geschruppt, geschlichtet und zu einem Lehrring passend gefeilt. Für manche Fälle genügen durch einen Kaliberring gezogene Wellen oder kalt rundgewalzte (gepreßte) Wellen, die sich wegen der Oberflächenspannung beim Nuten verziehen. Nach einem neueren Verfahren von Dreyer [1] schafft sich die Welle mit 0,1—0,2 m/Min. durch einen mit fünf Schneidstählen und Stützen besetzten Fräskopf, der mit 20—30 m/Min. auf der Welle umläuft. Meist schruppt man die Welle mit Schnellstahl vor und schleift sie umlaufend an einer längsverschiebbaren, schnell rotierenden Schmiegelscheibe glatt, rund und genau nach Maß. Eindrehungen an den Lagerstellen sind schädlich, weil sie vorwiegend die elastische Federungsarbeit in sich aufnehmen, unter starker Erhöhung der Spannung. Aufgeschweißte Bunde vermeidet man ebenfalls, weil sie die Herstellung erschweren und Längsverschiebungen beim Ein- und Ausbau hindern. Man gibt statt deffen jeder Transmissionswelle ein Paar Stellringe und schneidet nur die Hauptwellen als Fassonwellen aus dem Vollen. — Sehr empfehlenswert ist die Benutzung einer einheitlichen Wellenstärke in der Fabrik unter Teilung der Betriebskraft, z. B. 70 mm bei etwa 6 m Länge, je nach der Pfeilerteilung, für 3 m Lagerentfernung. Die Umlaufzahl  $n$  wählt man für schnelllaufende Arbeitsmaschinen zwischen 200 und 300, höchstens 400, sonst zwischen 100 und 200. — Das Gewicht glatter Wellen von  $d$  cm Stärke beträgt  $0,613 d^2 \text{ kg/m}$ , der Preis bei 2—7 m Länge ungefähr  $0,35 d^2 \text{ M. pro Meter}$ , bei kürzeren und längeren Stücken 5—10% mehr.

Die Berechnung befonders belasteter Wellen ist für Biegung und Drehung durchzuführen, wie bei den Achsen (Bd. 1, S. 66 f.) angegeben ist. Unter gewöhnlichen Verhältnissen beschränkt man sich auf die Berechnung der Torsion für das Moment  $M_{\text{cmkg}} = 71620 N/n$  und setzt es gleich dem polaren Widerstandsmoment  $d^3/5$  mit der Schubspannung  $\tau$ . Triebwerkswellen von 3—15 cm bemüht man allgemein nach der Formel  $d = 12 \sqrt[4]{N/n}$  oder  $d = \sqrt[4]{0,29 M}$ , der eine veränderliche Spannung  $\tau = 17,25 d$  entspricht. Für Wellen über 12 cm oder für  $N/n > 1$  rechnet man  $d = 12 \sqrt[4]{N/n} = \sqrt[4]{0,024 M}$  mit  $\tau = 208 \text{ kg/qcm}$  Spannung und setzt für stark belastete Wellen 14 statt 12, entsprechend 130 kg/qcm Spannung. Im ganzen kann man in der Formel  $M = \tau d^3/5$  die Spannung gegen 100 wählen bei flüssigem Betrieb und schwächeren Wellen, 200 für gewöhnliche Fälle und 300—400 für starke, gleichmäßig beanspruchte Wellen. Den Durchmesser von Stahlwellen darf man auf vier Fünftel der berechneten Werte ermäßigen, wenn

nicht die Rücksicht auf Verbiegung infolge der Belastung dagegen spricht; vgl. Schiffswellen (Bd. 7, S. 690), Kurbelwellen (Bd. 6, S. 9—12) und die elastische Welle der Laval-Dampfturbine (Bd. 2, S. 628).

Gelenkwellen haben an den Endstücken bewegliche Kupplungen (Bd. 5, S. 794, Fig. 10 bis 12) oder solche nach Fig. 1 von Klingelhöffer in Grevenbroich zum Antrieb der mit dem Support verschiebbaren Vorfchubwellen an kleineren Fräsmaschinen. Biegsame Wellen [2] für Bohrerantriebe u. dergl. enthalten in einem Metall- oder Gummischlauch entweder eine Reihe von Gelenkstücken, wie in Fig. 2 von Hensel & Dreyer in Berlin, oder zwei ineinander steckende, links- und rechtsgängige Flachdrahtspiralen. Die Enden, mit Bronze- oder Kugellagern gehalten, sind mit Gewindemuffe, Bajonettcupplung oder Schnurrolle (zum Antrieb mittels eines 10 mm starken Seiles) ausgerüstet. Nach der Liste von Henschel & Co.

in Charlottenburg-Berlin kommt die Wellenstärke in Zentimeter auf  $d = (22-28) \sqrt[3]{N/n}$ . Die Länge beträgt 1—3 m für 0,5—5 cm Stärke. Die Preise betragen 60—80 M. für je 1 cm Stärke.

Literatur: [1] Zeitfchr. d. Ver. deutsh. Ing. 1907, S. 1712. — [2] Werkstattechnik 1907, S. 279—284.

Lindner.

### Wellen, elektrische, f. Telegraph, S. 465, Wellenbewegung.

**Wellenbäder**, Bäder in wellenförmig bewegtem Wasser; die Wellen sind natürlich geboten an der See und an stark bewegten Stellen der Flüsse und werden künstlich hergestellt durch schaukelartig bewegte Badewannen.

**Wellenbewegung**. Die Welle ist ein sich fortpflanzender Bewegungszustand eines in feinen einzelnen Teilchen beweglichen Körpers; allgemein nennt man Wellenbewegung die räumlich forschreitende periodische Zustandsänderung eines Mittels.

Zur Ermöglichung einer Wellenbewegung in einem Mittel muß zwischen den Teilchen des Mittels ein derartiger Verband bestehen, daß die Zustandsänderung jedes einzelnen eine etwas spätere Zustandsänderung der Nachbarteilchen nach sich zieht. Ein solcher Verband kann entweder bloß durch innere, molekulare oder zugleich durch äußere Ursachen erzeugt sein. So ist es bei den Gleichgewichtsstörungen des Wafers die äußere Ursache der Schwere, welche den inneren Druck erzeugt, der die Übertragung der Bewegung von Teilchen zu Teilchen vermittelt. Bei Saiten und Membranen ist es die von außen kommende Beanspruchung auf Zug, durch welche ein elastischer Verband der Teilchen hervorgerufen wird, der sie zur Wellenbewegung befähigt. Elastische, starre Körper aber befinden sich schon ohne äußere Einwirkung in der elastischen Verfassung, welche die periodischen Wechsel von Spannungs- und Bewegungsenergie von Teilchen zu Teilchen weiterleitet. — Indessen findet es nicht bloß Wechsel elastischer Spannungen und kinetischer Energie, welche sich in den Wellenbewegungen fortpflanzen; die sichtbaren Wafferwellen selbst, im Gegensatz zu Schallwellen im Wasser, bestehen in der periodischen Umwandlung potentieller Energie der Lage, nicht der Elastizität, in kinetische Energie und umgekehrt, indem jeder Zustand des gestörten Niveaus zur Ursache einer Bewegung und jede Bewegung durch die Gleichgewichtslage zur Ursache einer Niveaustörung wird. Nach unfern heutigen Anschauungen besteht das Licht und die strahlende Wärme in einem forschreitenden Wechsel entgegengesetzter elektrischer und magnetischer Polarisationen der Teilchen eines Dielektrikums. Die auf einander senkrechten Richtungen sich gegenseitig induzierender Polarisationen stehen beide senkrecht zur Richtung der Fortpflanzung der elektromagnetischen Wellen. Von derselben Befähigung finden die Wellen der drahtlosen Telegraphie.

Der anschaulichste Fall periodischer Energieverwandlung ist die geradlinig schwingende Bewegung einer kleinen Masse unter dem Einfluß einer elastischen Kraft, deren Größe der Entfernung des Massenteilchens aus seiner Gleichgewichtslage proportional ist. Der analytische Ausdruck einer solchen Bewegung ist:

$$y = a \cdot \sin 2\pi(t:T), \quad 1.$$

worin der jeweilige Abstand von der Gleichgewichtslage mit  $y$ , die veränderliche Zeit mit  $t$  bezeichnet ist, während die Konstante  $a$  den Maximalwert bezeichnet, welchen  $y$  periodisch erreicht, die Hälfte der sogenannten Schwingungsamplitude, und  $T$  die Schwingungszeit, die Dauer der einzelnen Schwingungsperiode. Die Gleichung genügt der Differentialgleichung:

$$-\frac{d^2 y}{dt^2} = \frac{4\pi^2}{T^2} y, \quad 2.$$

d. h. der Forderung, daß die Beschleunigung dem Abstande  $y$  proportional sei. — Wenn in einer Punktreihe, die im Zuflande des Gleichgewichts sich in Richtung zunehmender Abzissen  $x$  erstrecken möge, jeder folgende Punkt die Bewegung des vorhergehenden vollführt, aber mit einer feineren Abzisse  $x$  proportionalen Verzögerung  $x:c$ , so ist der analytische Ausdruck einer solchen Bewegung dargestellt durch die Gleichung:

$$y = a \sin 2\pi(t:T - x:\lambda), \quad 3.$$

worin  $\lambda = cT$  die sogenannte Wellenlänge, das Produkt aus Fortpflanzungsgeschwindigkeit  $c$  und Schwingungszeit  $T$  bezeichnet. Falls die periodisch veränderliche Abweichung  $y$  eines Punktes von der Gleichgewichtslage senkrecht gerichtet ist zur Richtung  $x$  der Fortpflanzung, so heißen die Schwingungen und die Wellen transversal, dagegen longitudinal, falls  $y$  der Fortpflanzungsrichtung parallel ist. Im letzteren Falle bestehen die Wellen eines Mittels aus abwechselnden

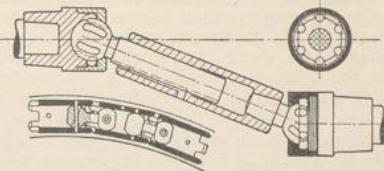


Fig. 2.

Fig. 1.

Verdichtungen und Verdünnungen, welche den Wellenbergen und Wellentälern der ersten Bewegungsart entsprechen.

Die an der Grenze eines Mittels angelangte Wellenbewegung, soweit sie nicht in ein neues Mittel übertritt, erfährt dort entsprechend dem Reflexionsgesetz (s. Reflexion) eine Zurückwerfung. Durch die Reflexion eines Wellenzugs in sich selbst bilden sich sogenannte stehende Wellen, deren analytischen Ausdruck wir aus Gleichung 3 unter Anwendung des Grundfaztes der Superposition kleiner Bewegungen ableiten, indem wir für jeden Punkt seine Ausbiegung  $y$  als die Summe zweier Ausbiegungen betrachten, deren eine durch die hingehenden, deren andre durch die zurückkehrenden Wellen erzeugt wird. Verlegen wir z. B. den Anfang der Reihe in einen Punkt, worin sich die beiden Wellenzüge mit genau gleicher Schwingungsphase begegnen, so ergibt sich die Gleichung:

$$y = a \cdot \sin 2\pi(t; T - x; \lambda) + a \cdot \sin 2\pi(t; T + x; \lambda) = 2a \cos(2\pi x; \lambda) \cdot \sin(2\pi t; T), \quad 4.$$

welche eine in stehenden Schwingungen begriffene Punktreihe darstellt. Zwischen den Punkten:  $x=0, x=\lambda, x=2\lambda$  u. f. w., welche alle in gleichzeitig übereinstimmender Phase der Bewegung begriffen sind, alle mit der Schwingungsamplitude  $4a$ , liegen die Punkte  $x=\lambda/2, x=3\lambda/2, x=5\lambda/2$  u. f. w., mit derselben Schwingungsamplitude, aber mit genau entgegengesetzter Phase. Inmitten zwischen diesen abwechselnd entgegengesetzt schwingenden Punkten, den Schwingungsbäuchen, liegen in den Entfernung  $x=\lambda/4, x=3\lambda/4, x=5\lambda/4$  u. f. w. Punkte, deren Schwingungsamplituden  $2a \cos 2\pi(x; \lambda)$  gleich Null sind, also unbewegte Punkte, die sogenannten Schwingungsknoten. Die stehende Welle, d. h. der zwischen zwei Schwingungsknoten enthaltene Teil der Punktreihe, hat die Länge  $\lambda/2$ , die Hälfte der Länge der fortschreitenden Welle.

Es sind zwei Arten der Wellenreflexion zu unterscheiden: die eine Art, wie z. B. die an einer Ufermauer reflektierten Wasserwellen, bildet den ersten Schwingungsknoten im Abstand  $\lambda/4$  vom Ort der Reflexion, an welch letzterem sich ein Schwingungsbaukumt bildet, die andre Art, z. B. die Wellen eines mit dem einen Ende an der Wand befestigten Seiles (Gummischlauches), dessen andres Ende von Hand in periodische Schwingungen versetzt wird, bilden den ersten Knoten im Reflexionsorte selbst. Für die Lichtwellen ist die eine Art die Reflexion am optisch dichteren, die andre die Reflexion am optisch dünnen Mittel. Der obenerwähnte Grundfatz der Superposition kleiner Bewegungen erklärt auch die Erscheinungen der Interferenz (f. d.) und der Beugung (f. Licht); er bildet den Inhalt des sogenannten Huyghenschen Prinzips [1], nach welchem jeder Punkt eines in Wellenbewegung begriffenen materiellen Systems durch seine Bewegung der Ursprung sogenannter Elementarwellen wird, aus deren Uebereinanderlagerung und Interferenz die tatsächlichen Wellen hervorgehen. Diesem nämlichen Grundfatz entsprechend lassen sich die verschiedensten Arten zyklisch sich wiederholender Vorgänge in der Natur, auch im Falle des ineinandergreifens verschiedener Zyklen und deren Verbindung zu einem verwickelt und unregelmäßig erscheinenden Gesamtvorgang, in ihre Einzelbestandteile zerlegen. Das analytische Verfahren, welches mittels Fourierscher Reihen die Gefamtercheinung gleichsam in ihre einzelnen Wellen von der Gestalt der Gleichung 3 zerlegt, heißt harmonische Analyse; vgl. z. B. [2].

Soweit für ein in Wellenbewegung befindenes Mittel die durch die Gleichung 2 ausgedrückte Bedingung erfüllt ist, ist die Fortpflanzungsgeschwindigkeit  $c$  von der Amplitude  $a$  und Länge  $\lambda$  bzw. Schwingungszeit  $T$  unabhängig. Das erhellt für longitudinale Elastizitätsschwingungen aus folgender Ueberlegung: Es sei aus dem in Wellenbewegung begriffenen Mittel ein in Richtung der Fortpflanzung sich erstreckender prismatischer Teil ins Auge gefaßt; der Querschnitt habe die Fläche Eins,  $\varrho$  sei die Masse pro Längeneinheit. Zwei Querschnitte im Abstande  $d x = c dt$  ( $c$  Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Wellen,  $dt$  Zeitelement) kommen die Werte  $\rho$  und  $\rho - d\rho$  der Dichte,  $p$  und  $p - dp$  des Drucks,  $v$  und  $v - dv$  der Geschwindigkeit zu. Da nun die Beschleunigung  $dv/dt$ , welche auf die Masse  $\rho dx$  wirkt, durch die Druckdifferenz  $dp$  erzeugt wird, so ist  $dv/dt = dp/\rho dx$ . Da anderseits die Dichte infolge der Geschwindigkeitsdifferenz  $dv$  sich in der Zeit  $dt$  vermehrt um  $d\rho = \rho dv/dt dx$ , so folgt aus diesen zwei Gleichungen:

$$c = \sqrt{\frac{dp}{d\rho}}. \quad 5.$$

Diese Gleichung gibt z. B. die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalls in Gaten, Flüssigkeiten und isotropen starren Körpern. Für atmosphärische Luft ist nach dem Gesetz der adiabatischen Zustandsänderung  $\frac{dp}{d\rho} = \frac{p}{\varrho} k$ , worin  $k$  das Verhältnis der beiden spezifischen Wärmen bei konstantem Druck und bei konstantem Volumen bezeichnet. Da  $c$ ,  $p$  und  $\varrho$  durch Beobachtung gefunden werden können, gibt die Gleichung 5 eines der besten Mittel zur Bestimmung von  $k$ .

Für Flüssigkeiten ist  $dp/d\rho = gh$ , worin  $g$  die Beschleunigung der Schwere,  $h$  die Höhe einer Flüssigkeitsfaule bezeichnet, die dem Druck der Flüssigkeit samt darauf lastender Atmosphäre das Gleichgewicht hält, und  $h$  den sogenannten Kompressionskoeffizienten (f. d.), der für Wasser den Wert 0,000049 besitzt. — Nach den Versuchen von Colladon und Sturm, im Genfer See ange stellt, stimmt der tatsächliche mit dem theoretischen Wert von 1438 m für das Wasser überein.

Für isotrope starre Körper, falls dieselben keinem äußeren Drucke unterliegen, nimmt der Quotient  $dp/d\rho$  den Wert  $e/\rho$ , Elastizitätsmodulus durch Dichte, an. — Ueber die Theorie elastischer longitudinaler Schwingungen, soweit dieselben mit Querschnittsänderung verbunden sind, sowie diejenige elastischer Quer schwingungen isotroper Körper verweisen wir auf die Art. Elastische Schwingungen und Elastizitätslehre, allgemeine, wofelbst auch die

Literatur für den gegenwärtigen Artikel nachzusehen ist. Für anisotrope Körper sei außerdem auf den Art. Licht, Abschnitt Doppelbrechung, verwiesen, sowie gegenüber einer neueren verfehlten Behandlung in [3] auf die ältere im Art. Elastische Schwingungen zitierte Theorie von Weyrauch Bd. 3, S. 381 ([9], § 101 und 102).

Wie oben erwähnt, bestehen die sichtbaren Wasserwellen nicht in Elastizitäts-, sondern in Gravitationsschwingungen. Für die Fortpflanzungsgeschwindigkeit  $c$  derselben ergibt die Theorie Gerstners und anderer (vgl. [4]) den Ausdruck:

$$c^2 = \frac{\lambda g}{2\pi} \left(1 - e^{-\frac{4\pi h}{\lambda}}\right) : \left(1 + e^{-\frac{4\pi h}{\lambda}}\right), \quad 6.$$

worin  $h$  die Tiefe der Flüssigkeit,  $\lambda$  die Wellenlänge,  $g$  die Beschleunigung der Schwere,  $e$  und  $\pi$  die üblichen Bezeichnungen bekannter Irrationalzahlen darstellen. Bei großen Werten der Tiefe  $h$  im Vergleich mit  $\lambda$  ergibt sich  $c^2 = \lambda g : 2\pi$ , dagegen bei großem Wert von  $\lambda$  im Vergleich mit  $h$  wird  $c^2 = hg$ . Die letztere Gleichung gefällt aus, aus der gemessenen Fortpflanzungsgeschwindigkeit der durch Ereignisse wie das Erdbeben von Simoda (23. Dezember 1854) oder den Krakatauausbruch (27. August 1883) erzeugten Flutwellen mittlere Meerestiefen zu berechnen [5]. Nach diesem Gefüge der Wellenfortpflanzung erklärt sich auch die Erscheinung der Seiches, stehender Wasserwellen in Seen, welche an den Ufern, in sich selbst reflektiert, eine Periode von der Zeitspanne  $\lambda : c$  besitzen, wobei die Wellenlänge  $\lambda$  gleich der doppelten Seelänge ist. Nicht bloß das Wasser ist solcher Gravitationswellen fähig, sondern auch, unter notwendiger Mitwirkung der elastischen Reaktionen, die Atmosphäre und das Festland. So erklärt sich nach [6] die Bildung der Federwölken als regelmäßiges Aufeinanderfolgen von Verdichtungen und Verdünnungen feuchter Luft mit Kondensationen bei der Verdünnung. So sind nach [7]—[9] die Hauptwellen der Erdbeben Oberflächenwellen, welche sich mit etwa 4 km Geschwindigkeit der Oberfläche der Erde entlang ausbreiten, ohne in größere Tiefen zu dringen, während die sogenannten ersten und zweiten Vorläufer nach [8] durch das Innere der als vollständig flüssig angenommenen Erde verlaufende longitudinale und transversale Wellen sind, nach [9] ebensoelche elastische Wellen durch eine Erdkruste von wenigen hundert Kilometer Dicke hindurch mit nach der Tiefe wachsenden Fortpflanzungsgeschwindigkeiten, denen bei [8] über der Tiefe von  $\frac{1}{6}$  Erdradius hinaus wieder abnehmende Werte zugeföhrt werden müssen.

Literatur: [1] Vgl. darüber Wüllner, Lehrbuch der Experimentalphysik, Bd. I, S. 728, 5. Aufl., Leipzig 1895, und Helmholtz, H. v., Vorlesungen über theoretische Physik, herausgegeben von König u. Runge, Bd. 5, S. 131 ff. — [2] Börgen, Die harmonische Analyse der Gezeitenbeobachtungen, Annalen der Hydrographie, 12. Jahrg., 1884. — [3] Rudzki, Beitr. zur Geophysik von Gerland, 3 und 4, S. 519—540, 1898. — [4] Wüllner, Bd. I, S. 821. — [5] Hann, Die Erde als Ganzes, ihre Atmosphäre und Hydrosphäre, S. 304, 5. Aufl., Prag, Wien, Leipzig 1896. — [6] Helmholtz, H. v., Ueber atmosphärische Bewegungen, wissenschaftl. Abhandl. III, S. 309—332, Leipzig 1895. — [7] Lord Rayleigh, London Math. Soc. Proc., Bd. 17 (1887). — [8] Wiechert, E., und Zoepritz, K., Ueber Erdbebenwellen, Göttinger Nachr. 1907. — [9] Schmidt, A., Einiges aus der Erdbebenkunde, Jahresh. d. Ver. f. vaterl. Naturk. in Württ., 1909, Bd. LXVII. Aug. Schmidt.

### Wellenbrecher, f. Seehäfen.

### Wellenlängen, f. Licht und Wellenbewegung.

### Wendedocke, f. Kraftübertragung im Bergbau, Bd. 5, S. 657.

**Wendegetriebe**, mechanische Vorrichtungen, welche die von einer kontinuierlich rotierenden Triebwelle erzeugte Bewegung vermittelt willkürlicher oder selbsttätiger Einwirkung abwechselnd in dem einen oder dem andern Sinn leiten. Viel in Anwendung bei Werkzeugmaschinen, Aufzügen, Laufkranen u. f. w.

Vgl. Keller, K., Berechnung und Konstruktion der Triebwerke, S. 328, München 1881; Fischer, H., Zur Kenntnis der für Werkzeugmaschinen gebräuchlichen Wendegetriebe, Zeitfchr. d. Ver. deutsch. Ing. 1898, Bd. 42, S. 517; Ernst, A., Die Hebezeuge, 4. Aufl., Berlin 1903.

**Wendekreis**, f. Bd. I, S. 765 unten, sowie Beschleunigungszentrum, Bd. I, S. 720 oben.

### Wendekurven, f. Flächentheorie, Bd. 4, S. 72.

**Wendenische**, der hinter einer Mauer- oder Wandflucht zurücktretende freie Raum, in welchem die Wendesäule der Verschlußvorrichtung aufgestellt ist; f. a. Kammerfischleufe und Schleusentor.

**Wendeplatten** oder Spitzkehren kommen an den Stellen des Richtungswechsels stetig ansteigender Straßen, der sogenannten „Steigen“ oder „Serpentine“ (f. d.) zur Anwendung und erhalten die kleinsten Krümmungshalbmesser (f. d.), weil die Richtung der Straße fast in die entgegengesetzte übergeht (f. Fig. 1) und die Erdarbeiten besonders an steilen Berglehnen um so größer werden, je größer der Krümmungshalbmesser der Wendeplatte angenommen wird. Aus demselben Grunde verlegt man die Wendeplatte auch möglichst auf solche Stellen des Geländes, die etwas flacher gestaltet sind.

Fig. 1 zeigt dies für die Punkte II und III der Nulllinie einer Serpentine von I nach IV, wo in dem mit Höhenkurven versehenen Lageplan die Höhenkurven weiter auseinander rücken, also das Gelände eine geringere Neigung zeigt. Je nach der Geländebeschaffenheit kann eine solche Wendeplatte unymmetrisch (wie bei III in Fig. 1) oder symmetrisch (wie bei

*H* in Fig. 1) ausgebildet werden. In beiden Fällen sind Gegenkrümmungen mit zwischen geschalteten geraden Strecken (*Da* und *Cc* bei Punkt *H*, bzw. *BC* bei Punkt *III*) anzusehen, und es ist darauf zu achten, daß die gekrümmten Linien *ADEC* (*B* in Punkt *H*) bzw. *ABCED* (*B* in Punkt *III*) länger sind als die geraden Strecken *AHB* (*B* in Punkt *H*) bzw. *AHID* (*B* in Punkt *III*), damit innerhalb der Krümmung die Steigung der Straße ermäßigt werden kann.

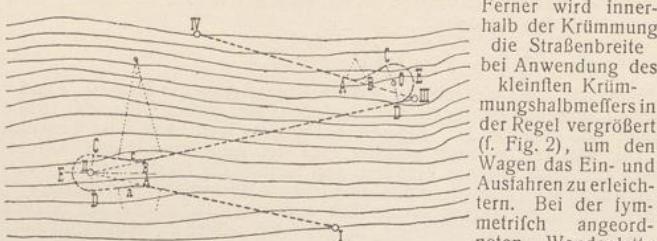


Fig. 1. Anordnung der Wendeplatten bei Steigen.

Wegrichtungen (f. Fig. 2) als Mittelpunkt für den kleinsten Krümmungshalbmesser *r* angenommen werden [1], S. 76, und [2], S. 153. Sodann bestimmt man die Punkte *A* und *B*, in denen die beiden Straßenprofile, entweder mit geböschter Dammfläche (f. Fig. 3) oder, bei steilrem Gelände, unter Zuhilfenahme von Stützmauern (f. Fig. 4) nebeneinander Platz finden. Von den Punkten *A* und *B* zieht man an den aus *H* geschlagenen Kreis die Tangenten *AD* und *BC* und kann dann in den Punkten *A* und *B* die sich bildenden Ecken durch Kreisbögen von größerem Halbmesser abrunden. Durch Antragen der Straßenbreite *b* wird dann der Grundriß der Wendeplatte in Fig. 2 vollendet, wobei von der normalen Straßenbreite *b* den Punkten *A* und *B* in der in Fig. 2 angegebenen Art zu den größeren Straßenbreiten *b*<sub>1</sub> in den Punkten *D* und *C* sowie in der Krümmung der Wendeplatte selbst übergegangen werden kann. Da die Strecken *AD* und *BC* angeplattet fast wagerecht ausfallen, jedoch wendet man gewöhnlich ein kleines Gefälle von  $\frac{1}{2}$  bis 2% an und ermäßigt dafür das Gefälle der Strecken *BC* und *DA*. Zur Vervollständigung des Grundrisses wären noch durch Austragung der hierzu erforderlichen Querprofile die Begrenzungen der Auf- und Abtragböschungen zu ermitteln und einzutragen, was in Fig. 2 unterlassen wurde. Die Zeichnung der unsymmetrisch ausgebildeten Wendeplatte wird in ganz ähnlicher Weise ausgeführt und ist in Fig. 1 für die Mittellinie bei Punkt *III* angedeutet.

Literatur: [1] Laible, Straßenbau, Handb. d. Ing.-Wiss., 3. Aufl., Leipzig 1903, Bd. 1, 4. Abt., S. 32, 46, 64, 73 und 76. — [2] v. Willmann, Straßenbau, Lehrbuch des Tiefbaues, 3. Aufl., Leipzig 1908, Kap. III, S. 101.

L. v. Willmann.

Wendeplatten bei Gießereiformmaschinen f. Eisengießerei, Bd. 3, S. 359, und Preßformmaschinen, Bd. 7, S. 221.

**Wendepol**, f. Befchleunigungszentrum, Bd. 1, S. 719 und 720.

**Wendepole**, auch Hilfspole und Kommutierungsmagnete genannt, haben den Zweck, bei Kollektormaschinen in der neutralen Zone eine funkenfreie Stromwendung zu erzielen.

Man baut zwischen die Hauptpole noch schmale Hilfspole ein, die in der kurzgeschlossenen Spule eine *EMK* induzieren, die der *EMK* *e<sub>s</sub>*, der so genannten Reaktanzspannung, gleich oder entgegengerichtet ist. Hierdurch wird erreicht, daß der zusätzliche Strom in der kurz geschlossenen Spule Null wird. Dieser folgt bekanntlich aus der Gleichung  $i_2 = \frac{e - e_s}{W}$ . Da sich nun *e<sub>s</sub>* mit der Ankerstromstärke ändert, so muß auch *e* sich mit ihr ändern, d. h. die Erregung der Wendepole geschieht durch den Ankerstrom. Die Figur zeigt schematisch eine zweipolare Nebenschlußmaschine mit ihren Hauptpolen *N* und *S* und ihren Wendepolen *n* und *s*.

Für die Schaltung der Wendepole gilt die Regel: Bei Dynamos muß im Sinne der Ankerdrehung auf einen Hilfspol ein gleichnamiger Hauptpol, bei Motoren im Sinne der Drehung auf einen Hauptpol ein gleichnamiger Hilfspol folgen.

An Stelle des in der Figur der leichteren Uebersichtlichkeit wegen angedeuteten Ringankers wird

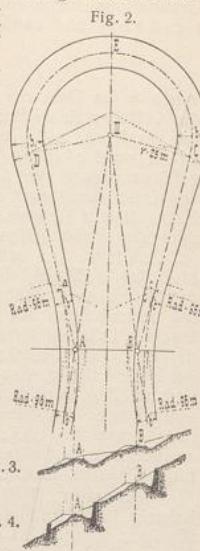
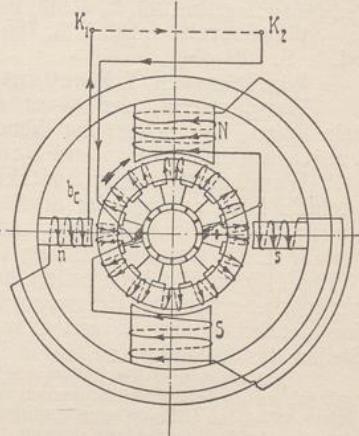


Fig. 2—4. Zeichnung einer symmetrischen Wendeplatte.



gegenwärtig fast ausschließlich der Trommelanker angewendet, so daß jede Seite einer Spule sich unter einem Wendepol befindet. Durch Verstärkung des Wendefeldes kann auch schon in einer Spulenfeite die erforderliche  $EMK$  erzeugt werden, so daß hierdurch die Zahl der Wendepole auf die Hälfte herabgesetzt wird. Der Polbogen  $b$  des Wendepoles muß so groß sein, daß alle Spulenfeiten, die in einer Nut liegen, in den Wirkungsbereich des Poles während der Kurzschlußzeit fallen. Man macht daher den Wendepolbogen gleich der ein- bis dreifachen Nutenteilung.

Die Ampèrewindungszahl eines Wendepoles kann angenähert berechnet werden nach der Formel

$$\overline{AW}_w = \frac{\overline{AW}_a}{2p} + \overline{AS} \left( 7,8 \delta \frac{b}{bw} + \frac{bc}{4} \right)$$

wenn  $2p$  Wendepole eingebaut werden, oder

$$\overline{AW}_w = \frac{\overline{AW}_a}{2p} + \overline{AS} \left( 15,6 \delta \frac{b}{bw} + \frac{bc}{4} \right)$$

bei nur  $p$  Polen. ( $2p$  Anzahl der Pole,  $\overline{AW}_a$  = Ampèrewindungszahl des Ankers,  $b$  Ankerlänge,  $bw$  Länge des Wendepols parallel zur Ankerachse gemessen.) Die Anwendung der Wendepole ist geboten, wo die funkenfreie Kommutierung sonst große Schwierigkeiten bereiten würde, z. B. bei Maschinen mit sehr hohen Umlaufszahlen (Turbogeneratoren, Motoren zur direkten Kupplung mit Pumpen u. dergl.), für Maschinen mit großen Belastungsschwankungen, für Motoren mit hoher Anzugskraft, für Maschinen mit großer Feldänderung (z. B. Motoren mit großer Tourenregulierung, Anlaßmaschinen, Zufatzmaschinen), für Reversionsmotoren, für Maschinen, welche abwechselnd als Motoren und Dynamos wirken müssen. Bei den Reihenmotoren, die mit einphasigem Wechselstrom betrieben werden, wird in der kurzgeschlossenen Spule, außer der Reaktanzspannung, durch das Wechselfeld noch eine  $EMK$  induziert, die wesentlich größer ist als die erstere. Um daher bei diesen Motoren während des Ganges eine funkenfreie Kommutierung zu erzielen, sind Wendepole unentbehrlich.

Literatur: [1] Arnold, Die Gleichstrommaschine, Berlin 1907. — [2] Holzt, Die Schule des Elektrotechnikers, Leipzig 1910. — [3] Elektrot. Zeitschr. 1905, Heft 28. *Holzt.*

**Wendefäule**, eine Säule, die um eine vertikale Achse drehbar ist; f. Kammerfchleufe, Schleusentor und Stauanlagen (Damm balkenwehr).

**Werfen** des Holzes, f. Nutzhölzer, Bd. 6, S. 684.

**Werft** (Seeschiffswerft), eine Fabrikanlage, welche den Bau und die Reparatur von Seeschiffen betreibt. Näheres in [1]—[9].

Literatur: [1] Schwarz, T., Moderne Werftanlagen, Jahrb. der Schiffbautechn. Gesellsch., Berlin 1907. — [2] Der amerikanische Schiffbau, ebend., Berlin 1902. — [3] Schwarz, T., und v. Halle, Die Schiffbauindustrie, Berlin 1902. — [4] Laas, W., Deutscher Schiffbau, Werftanlagen, Berlin 1908. — [5] Nauticus, Die Entwicklung des modernen Werftbetriebs in technischer und wirtschaftlicher Bedeutung, Berlin 1903. — [6] Michenfelder, Transporttechnische Gesichtspunkte bei Hellingen, Jahrb. der Schiffbautechn. Gesellsch., Berlin 1907. — [7] Macc, T., Die Werftanlagen der Newport News Shipbuilding and Drydock Co., ebend. 1907. — [8] Laas, W., Hellinganlagen, Zeitschr. des Ver. deutsch. Ing., Berlin 1908, S. 1622. — [9] Schwimmkran, ebend., 1908, S. 281; 1907, S. 184, 396, 1476, 1960. Ferner Hebezeug, ebend.; Hellingkrane in Zeitschr. Schiffbau.

*T. Schwarz.*

**Werft**, in der Weberei (f. d.), f. v. w. Kette.

**Wergspinnerei**, mechanische [1], beruht im wesentlichen darauf, daß das Werg (Hede, étoupe, tow), also namentlich der Flachsabfall, welcher beim Hecheln entsteht (Hechelabfall, vgl. Flachs pinnerei, Bd. 4, S. 50), nach Art der Baumwolle gekratzt und in Bänder verwandelt, dann aber ähnlich wie der Flachs behandelt wird. Das Werggarn heißt nach dem englischen Ausdruck *Towgarn*, während das Garn aus Langflachs als *Linengarn* bezeichnet wird.

Behufs **Vorbereitung** für das Spinnen werden die stark mit Schäben verunreinigten groben Wergferten zuerst einer Reinigung mittels Schlagens oder Schüttelns unterworfen (Wergreinigungsmaschinen). Die Hede wird entweder von sich rasch bewegenden Stiften erfaßt und an ruhenden Stiften vorbeigeschleudert (Schlagwölfe mit kegelförmiger Stiftentrommel, Oeffner) [2] oder in schonender Weise dadurch geschüttelt, daß sie, auf eine endlose Kette von sich langsam vorwärtsbewegenden Stiftenreihen gebracht, zwischen deren Zähnen durch von oben her wirkende längere Stifte hin und her geschlagen wird. — Die Reihe der ferneren Bearbeitungen ist folgende: 1. Kratzen; 2. Strecken und Doppeln; 3. Vorspinnen; 4. Feinspinnen. — Abweichend hiervon ist die in neuerer Zeit mehrfach in Aufnahme gekommene Verarbeitung des Werges unter Benutzung der Kämmmaschine (einköpfige Heilmannsche, Lister'sche u. a., vgl. Kammgarnspinnerei, Bd. 5, S. 321), wodurch dasselbe zu feineren Nummern und zu einem dem Flachsgarne in bezug auf Gleichmäßigkeit völlig gleichwertigen Garne gesponnen werden kann.

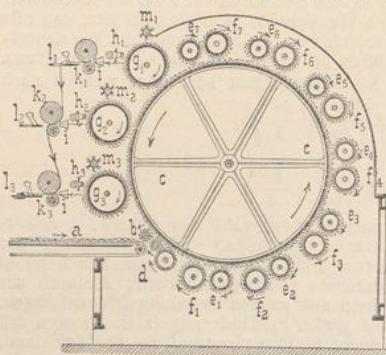
1. Die **Wergkarden**, **Kratzen** oder **Krempeln** sind Walzenkrepeln mit entsprechend grobem Beschlag (ähnlich wie der der Jutekrepeln). — Ihre allgemeine Einrichtung läßt die umstehende Figur erkennen, welche einen lotrechten Durchschnitt wiedergibt. Das Werg wird auf drei nebeneinander laufende Speisetücher *a* aufgelegt und durch zwei Speiselwalzen *b* wird auf drei nebeneinander laufende Speisetücher *c* zugeführt, auf welcher die gleichmäßige Verteilung durch der Trommel (Kardentambour) *d* erfolgt (vgl. Baumwollspinnerei, Bd. 1, S. 602). Auf die zweite Speiselwalze folgt vielfach zum vollständigen

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

Entladen dieser Walze eine Speifewenderwalze  $d$  (débourreur fournissoeur, feeding stripper), und man wiederholt wohl diese Anordnung in derselben Weise, indem man die Reihenfolge von Arbeiter und Wender für das erste Paar vertauscht. Das Abnehmen des Werges geschieht im gezeichneten Falle durch drei verschiedene dicht angestellte Abnehmwalzen  $g$  (doffers). Der erste, am weitesten gestellte Abnehmer  $g_1$  nimmt die größten und unreinsten Fasern, der letzte  $g_3$  die feinsten und reinsten. Das Ablösen der Bänder geschieht durch Hacker  $h$ , Abzugswalze  $k$  und Abzugsplatte  $l$ . Die Abnehmwalzen werden durch Bürtwalzen  $m$  gereinigt. Jeder Abnehmer hat, entsprechend der dreigeteilten Speifung, drei Abzugswalzen  $k$ , so daß im vorliegenden Falle neun Bänder erzeugt werden. Entweder nimmt man alle neun Bänder in dem seitlich befindlichen Streckkopfe (Rotarykopf, Zirkulargill oder Kettenstreckkopf) zu einem Bande zusammen, oder man vereinigt die von  $g_1$  kommenden (also die unreinsten) für sich und die von jeder Abteilung von  $g_2$  und  $g_3$  kommenden wiederum zu einem Bande. Die Bänder werden in Kannen aufgefangen. Die Wergkratzen werden wie die Flachsanzugsmaschinen erhaltenen Bänder von bestimmter Länge (Klingel-länge) werden in richtiger Weise zu einem Ansatzgewicht kombiniert, welches die folgende Maschine weiterstreckt. Die Ablösung des wattenförmigen in eine Fläche ausgebreiteten Werges von der kleinen Trommel geschieht bei den Vorreißkarden vielfach ohne Kamm durch zwei aufeinander liegende glatte, eiserne Walzen von etwa 50–75 mm Durchmesser. Nach dem Kamme oder den Abzugswalzen folgt eine trichterförmige, blecherne Rinne (shell, daher auch shellbreaker), in welcher die Watte (der Flor) beim Durchgang zur Bandgestalt zusammengezogen und aus welcher das Band durch Streckwalzen hervorgezogen wird, um in untergeführte Blechkannen hinabzufallen. — Die oben angedeutete Trennung der gesamten Kratzentzündungen in mehrere Abteilungen der Breite nach hat man in neuerer Zeit wiederholt verlassen und teilt dann nur noch auf den Abnehmern, welche an den Trennstellen mit schmalen Blechringen bezogen sind. — Früher wandte man meist zwei Karden, Vor- und Feinkratze, nacheinander an, die in den Hauptpunkten ihrer Bauart übereinstimmten, während man sich neuerdings fast stets mit einem einmaligen Kratzen (Krempe, Kardieren) begnügt, indem man der Krempe weniger Spinnung in derselben Zeit zur Verarbeitung überläßt (leichter kardiert). Bei der Vorkratze (briseur, breaker, breaking card) wird das Werg aus freier Hand auf ein endloses Zuführtuch vorgelegt. Der Feinkratze (finisseur, finisher, finishing card, welche einen Beschlag von etwas feineren Häckchen hat) werden die von der Vorkratze gelieferten Bänder dergestalt übergeben, daß man zehn bis zwanzig derselben für die ganze Breite der Maschine zusammenlegt. Um die regelmäßige Nebeneinanderlegung und Vereinigung dieser Bänder vor ihrem Eintritt auf die Kratze zu sichern, hält man es wohl für zweckmäßig, dieselben vorher auf einer Bandvereinigungsmaschine (Dupliermaschine, lapping machine), zu einem Wickel von der bestimmten Breite zu verbinden; häufig setzt man aber die Kannen der Vorkratze, wenn zweimal gekratzt werden soll, der Feinkratze vor, die dann eben solchen Zuführungstisch wie erstere hat. — Für die größten und unreinsten Wergsorten, für das Auflösen alter Seile, Flachs-bänder und Abfälle aller Arten wendet man zum Vorreißen besondere Maschinen an, welche verschiedene Bezeichnungen, wie Reißwolf, Teufel, Vorreißer (teazer) u. f. w., führen. — Sind die verarbeiteten Wergsorten so gut, daß sie ein doppeltes Krempe nicht erfordern, wird aber dennoch durch einfaches Krempe ein zu geringes Band erzeugt, so ist es zweckmäßig, die Bänder der oberen Abnehmwalze ( $g_1$  der Figur) von den andern zu trennen und die ersten entweder einem nochmaligen Krempe zu unterziehen oder sie zu einer höheren Garnnummer zu verwenden. — Bezüglich der Leistung der Krempe muß hervorgehoben werden, daß das leichte Kardieren mehr und mehr in Aufnahme kommt; während man früher durch eine Dreiannehmerkrempe (von 1,5 m Trommeldurchmesser und 1,83 Beschlagsbreite) täglich bis zu 500, ja 600 kg hindurchtrieb und damit bis zu acht Spinnmaschinen bediente, verlangt man jetzt von den Zweiannehmerkrempe nur täglich 150–250 kg, verfügt also nur noch drei Spinnmaschinen mit einer Krempe. Die Krempe werden zweckmäßig überdeckt. Für das Abfallen des Staubes bedient man sich besonderer Lüftungseinrichtungen [3].

**2. Das Strecken und Doppeln.** Es wird auf zwei oder drei nacheinander folgenden Streckmaschinen (Wergdurchzügen) wesentlich ganz in der Art wie beim Langflachse vor- genommen, nur ist die Streckweite (reach) entsprechend geringer, 250–300 mm.

**3. Das Vorspinnen und 4. das Feinspinnen.** Beide Arbeitsvorgänge gleichen, sowohl was die Ausführung als die Art der dazu dienenden Maschinen betrifft, dem Vor- und Feinspinnen des Flachses. Wenn das Werg trocken oder mit kaltem Wasser genetzt verponnen wird, so beträgt der Abstand zwischen den vorderen und hinteren Streckwalzen an der Feinspinnmaschine (von Mittelpunkt zu Mittelpunkt gemessen) 120–250 mm, je nach der Länge des Werges; spinnt man aber mit heißem Wasser, so werden die Walzen einander auf ungefähr 70 mm nahe gesetzt. — Das Werg erleidet im Kratzen und Spinnen durchschnittlich etwa 20% Abfall, so daß 100 kg, wie sie von der Hechel kommen, schließlich 80 kg Garn liefern; die feinsten und reinsten Wergsorten geben wohl 90 vom Hundert. — Zur Erzeugung dicker Garne aus der Schwing- und Abfallhede bedient man sich häufig eines besonderen Maschinenfatzes



für Abfall, bestehend in einer Krempel mit einer Trommel von 1,25 m Durchmesser, 1,83 m Breite und mit Streckkopf, dann folgt eine Streckmaschine mit drei Köpfen zu je sechs Bändern und hierauf eine Hechelspinnmaschine (gillspinning) oder Spindelbankspinnmaschine (roving-gill-spinning). — Die Hechelspinnmaschinen, besonders die zu den größten Nummern (bis Nr. 1 $\frac{1}{2}$ ), sind bis zu den Streckwalzen, ebenso wie eine Vorspinnmaschine, und von da in bezug auf die Spindeln wie eine Feinspinnmaschine gebaut, haben also nur eine Reihe Spindeln und gebremste Spulen, während der besondere Spulenmechanismus fehlt. Die zweite Art der Feinspinnmaschinen, die häufiger angewendet wird, ist ebenso wie eine Vorspinnmaschine gebaut, nur sind die Geschwindigkeiten der Spindeln und die möglichen Drehungen auf die Längeneinheit bedeutend größer als die bei den Vorspinnmaschinen. Bei Anwendung von Hechelspinnmaschinen fehlt also im Maschinenstapel die Vorspinnmaschine, und es folgt auf die letzte Streck- die obige Maschine. — Zusammenstellungen von Maschinenstapeln finden sich in [1]. — In neuerer Zeit werden auch die Kardinalabfälle, die Feinspinn- und Fadenabfälle nach gehöriger Aufbereitung wieder nach dem Streichgarnverfahren (vgl. Streichgarnspinnerei, S. 368) zu Fäden verponnen [4], darunter, daß ein Zweikrempelsatz (Reißkrempe und Vorspinnkrempe) und eine Spinnmaschine verwendet werden. Letztere ist entweder ein Selbstspinner oder eine sogenannte Doppeldrahtfeinspinnmaschine, wie sie namentlich von Oscar Schimmel & Co., der Sachsischen Maschinenfabrik und von C. Oswald Liebscher in Chemnitz i. S. gebaut werden. Bei diesen werden die von den Holzspulen der Vorspinnkrempe abgezogenen Wickel in rotierende Kapseln gelegt und aus diesen abgezogen, um durch ein Ringpinnystem fertig gesponnen zu werden. Zur entsprechenden Vorbereitung werden die Wergabfälle wohl auch gewollt und geschlagen, dann zwecks Degummierung und Kräufelung der Fasern in Bädern chemisch behandelt, gespült, geschleudert, gewollt, getrocknet und dann erst nach Art des Streichgarns in üblicher Weise verponnen [5].

Literatur: [1] Marshall-Reichenberger, Der prakt. Flachsspinner, Weimar 1888; Müller, E., Handbuch der Spinnerei, Leipzig 1892, S. 277; Sharp, Flax, Tow and Jutespinning, Dundee 1896; Annales Ind., 1894, S. 146, 171. — [2] Hartig, Versuche über den Kraftbedarf der Maschinen in der Flachs- und Wergspinnerei 1869, S. 80. — [3] Leipziger Monatschr. f. Textilindustrie 1897, S. 258; 1901, S. 646; 1902, S. 752; 1903, S. 302; Zeitschr. f. Gewerbehygiene, Wien 1905, S. 11; 1906, S. 370; 1908, S. 182; 1909, S. 205. — [4] Leipziger Monatschr. f. Textilindustrie, 1909, S. 33. — [5] D.R.P. Nr. 198 064 und 149 708.

E. Müller.

**Werk** nannte Claußius die in Wärmeeinheiten (Bd. 5, S. 301) gemessene mechanische Arbeit (Bd. 1, S. 267), wonach Werk = mechanische Arbeit in Meter-kilogramm, dividiert durch das mechanische Wärmeäquivalent  $W = 424 \text{ mkg}$ .

Literatur: Claußius, Abhandlungen über die mechanische Wärmetheorie, I, Braunschweig 1864, S. 283.

**Werkkanäle**, Fabrikskanäle, Mühlgräben, Industriekanäle, zur Gewinnung von Wasserkraft angelegte Wasserkuleitungen.

Ist eine Arbeitsleistung von  $N$  Pferdekräften verlangt, so hat man für eine Aufschlagwassermenge von  $Q$  (in Kubikmetern pro Sekunde) bei einem Wirkungsgrade  $\eta$  des Wasser-motors ein Nutz- oder Werkgefälle  $H = 75 N : 1000 \eta Q$

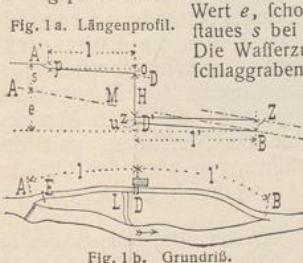


Fig. 1a. Längenprofil.

nötig (f. Fig. 1a). Die Wassermenge  $Q$  wechselt mit dem Wasserstande des Flusses. Ist das absolute Gefälle des ungeflauten Wasserspiegels  $AMB$  (f. das Längenprofil) vom beabsichtigten Anfangspunkte  $A$  des Kanals bis zu dessen Einmündungspunkt  $B$  in den Fluß, nämlich der Wert  $e$ , schon kleiner als  $H$ , so ist die Herstellung eines gewissen Auf-

flaues  $s$  bei  $A$  durch den Einbau eines Wehres in den Fluß erforderlich. Die Wasserzufluhr zum Wassermotor erfolgt durch den Oberkanal (Aufschlaggraben) mit dem Wasserspiegel  $AD$ , die Ableitung von demselben durch den Unterkanal  $D'B$ . Diese beiden Kanäle gibt man in der Regel ein der Durchführung der gewöhnlichen Wassermenge (G.W., f. Wasserstände) entsprechendes Sohlengefälle  $a$ , mit welchem dann der Spiegel des Obergrabens für diesen Fall parallel geht. Die absoluten Gefälle der Wasserspiegel vom Ober- und Unterkanal seien  $o$  bzw.  $u$  und die zugehörigen Kanallängen  $l$  bzw.  $l'$ . Für den allgemeinsten Fall sei noch die allfällige Wasserspiegel-ablenkung  $p$  beim Eintritt des Wassers aus dem Aufstau-bassin in den Kanal berücksichtigt und dann ebenso ein Rückstau  $z$  in den Unterkanal hinauf bis zum Wassermotor, vom höheren Wasserstande  $Z$  des Flusses in  $B$  herrührend; im letzteren Falle ergibt sich ein kleineres Nutzgefälle, welches aber noch dem verlangten Werte  $H$  gleich sein muß. Aus der Figur folgt:

$$e + s = p + o + H + z + u. \quad 2.$$

$$p = 0,07 v^2 \quad 3.$$

Im Mittel kann gesetzt werden, ist aber gleich Null zu nehmen, wenn der Kanalanfang mit einer genügend erweiterten trichterförmigen Einmündung aus dem Flusse gestaltet wird.

Der Wert von  $o$  wechselt mit der Wasserführung im Obergraben. Ist letztere gewöhnlich (bei G.W.)  $= Q_g$ , bei Niederwasser dagegen  $= Q_n$ , so wird in letzterem Falle der Wert von  $o$  geringer, sofern am Wehr die Stauhöhe unverändert bleibt. Nachdem  $s + e$  in letzterem Falle konstant wird, berechnet sich bei Niederwasser ein größeres  $H$  aus Formel 2., da auch der Wert von  $z$  (bei kleinerer Wassermenge im Unterwassergraben) geringer ist. Die unveränderte Stauhöhe am Wehr wird durch Spannen des Wassers im Wasserschloß erzeugt. Man kann dann

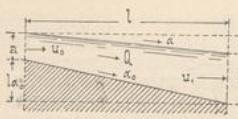


Fig. 2.

woraus  $a = Q^2 : k^2 F^2 r$ . Mit dem so gefundenen Zahlenwert von  $a$  ergibt sich sodann  $h = a + l(a_0 - a)$  und damit:  $o = l \cdot a = l \cdot a_0 + a - h$ .<sup>4</sup> Ein genaueres Längenprofil ermittelt sich mit Gleichung 15a, Bd. 5, S. 152. Für  $a = a_0$  muß  $h = a$  sein, wobei die gleichmäßige Tiefe  $a$  und die gleichförmige Bewegung entsprechend der Waffermenge  $Q_g$  vorhanden wäre. Für beliebige, vom Rechteck abweichende Querprofile nimmt man am besten eine Reihe von Werten für  $h$  bzw.  $a < a_0$  an, bestimmt die entsprechenden Waffermengen, stellt die Beziehung zwischen  $h$  und  $Q$  durch ein Diagramm dar und findet dann durch Abgreifen beliebige, zwischen  $Q_g$  und  $Q_n$  liegenden Waffermengen korrespondierende Werte von  $h$ . Das  $z$  folgt aus einer beliebigen, z. B. aus der Rühlmannschen Staumodelle (f. Stauanlagen, S. 257), wenn der Wassersstand  $Z$  im Punkte  $B$  des Flusses angenommen und die Sohle des Unterkanals bestimmt ist. Der Einfluß des Rückstaues in den Unterkanal wird möglichst verringert, wenn  $l$  kurz, dafür aber  $l'$  groß genommen werden kann, was aber, der hohen Anlagekosten wegen, nur sehr selten ausführbar ist. — Besondere Bauanlagen an einem Werkkanale sind:

1. Die Einlaßschleuse  $E$  nahe an der Abzweigung des Kanals vom Flusse; diese dient zum Abhalten des Fluss hochwassers vor dem Eindringen in den Kanal sowie zum allfälligen gänzlichen Absperren oder Trockenlegen des letzteren. Die beiden genannten Zwecke können auch durch eine in der Uferlinie angebrachte Ablaßschleuse, einen Leerfluter (f. d.), am Kanalanfang erreicht werden, welcher auch zugleich eine Spülung des letzteren ermöglicht. — Zur Abhaltung häufig wiederkehrender kleinerer Fluten dienen Streichwehre (f. Stauanlagen, S. 259).

2. Kurz vor dem Waffermotor braucht man einen Leerfluter, Leerkanal, Freifluter  $L$ . Dieser ist entweder, wie in der Fig. 1b, mit feiner Schütt in der Uferlinie angebracht, woran sich der zum Flusse ableitende, mit einer gehörigen Vertiefung in der Kanalohole beginnende Leerlauf anschließt; oder es sind alda quer über den Oberkanal zwei oder mehrere Schützen angebracht, von denen eine oder einige Schützenöffnungen das Wasser mit Umgehung des Motors, in der Kanalrichtung, vermittelst Abflutzes oder eines Leergeringes direkt in den Unterkanal ziehen lassen können.

3. Hinsichtlich der für die Querprofile von Werkkanälen geeigneten Formen und die sonstigen Dispositionen verweisen wir auf Bd. 7, S. 326 ff. und auf [1]. Häufig erfolgt die Wafferzuführung auch in Stollen und Rohrleitungen (f. d.). Der Zufluß wird durch Absperrgänge geregelt und vollzieht sich dabei in veränderlicher Weise, worüber Theoretisches in [2] enthalten ist; in Stollen kann das Wasser auch unter Druck geleitet werden; vgl. a. die unter Waffermotoren genannten allgemeinen Werke über Turbinen.

Literatur: [1] Kohn, Th., Ausbau von Wafferkräften, S. 759 ff., Berlin 1908. — [2] Dubs, R., Allgemeine Theorie der veränderlichen Bewegung des Wassers in Leitungen, Berlin 1909. *Lueger.*

**Werkstätten**, die Arbeitsräume verschiedener Handwerker einschließlich ihrer Ausstattung, speziell die für den Großbetrieb eingerichteten Räume zur Anfertigung aller in der Technik vorkommenden Bauteile; dienen sie nebenbei dem Zwecke von Arbeiterschulen, so nennt man sie Lehrwerkstätten [1]. Zur Erhaltung von Maschinen u. f. w. bzw. zu Wiederherstellungsarbeiten dienen die Reparaturwerkstätten, die besonders für Eisenbahnen und Schiffahrt notwendig werden; für letztere bestehen bei fast allen Marinen sogenannte Werkstätten schiffe, die zur Reparatur der Maschinen und der Artillerie eingerichtet sind. Bei sehr großen Bauausführungen wird der Ort der Fabrikation manchmal an die Baustelle selbst verlegt, wodurch die sogenannte fliegende Werkstatt entsteht (vgl. *Bauhütte*).

Alle Werkstättenräume sollen hell, heizbar und gut gelüftet sein. Die Bedingungen für Bau und Einrichtung hinsichtlich Arbeiterschutz sind in allen Kulturräumen durch die Gesetzgebung (f. Gewerbeordnung) geregelt; im übrigen richten sich dieselben nach der Fabrikation. — Werkstätten der Kleinhandwerker liegen gewöhnlich im Erdgeschoß von Wohngebäuden oder in Hintergebäuden; man rechnet pro Arbeiter 5—7 qm überbauten Flächenraums. Wo Arbeitstische (Werktische, Werkbänke) an Fensterwänden aufgestellt werden, ist die Tischlänge (ca. 1,2—3,5 m) für den Raumbedarf maßgebend. — Im Großbetrieb ist fast durchweg Massenfabrikation vorherrschend; das Prinzip der Arbeitsteilung führt dabei zur Errichtung besonderer Werkstätten für Schmiede, Schlosser, Gießer, Dreher u. f. w.; außerdem zu Werkstätten für nach Bauteilen getrennte Betriebe (z. B. Arbeitsmaschinen, Armaturen, Brücken, Dampfmaschinen, elektrische Maschinen, Gebläse, Gußwaren, Hammerwerke, Hebezeuge, Heizungsanlagen, Kessel, landwirtschaftliche Maschinen, Lokomotiven, Meßinstrumente, Pumpen, Raderwerke, Schneidwerke, Schiffsbauteile, Transmissionsmaschinen, Transportmaschinen u. f. w.). Der erforderliche Raum für die Werkstätten kann hier nur nach eingehendem Studium der Fabrikation angegeben werden; zu nehmende hygienische Rückichten f. [2]. — Lehrwerkstätten unterscheiden sich nach baulicher Beziehung und innerer Einrichtung von den übrigen Werk-

fläten nicht. — Reparaturwerkstätten für Eisenbahnen f. d. und Bahnhöfe, Lokomotivschuppen, Werkstätten für Schiffsreparaturen sind mit allen Einrichtungen der Bau- und Maschinenfabriken u. f. w. versehen, sogar solchen für Gießerei; auf den größeren Baustellen für Ingenieurbauten sind, hauptsächlich, wenn dieselben vereinfacht liegen, Werkstätten nötig, in welchen die Arbeiten der gewöhnlichen Handwerker (Zimmerleute, Schmiede, Schlosser u. f. w.) verrichtet werden können. — Landwirtschaftliche Reparaturwerkstätten erfordern eine Schirkammer (Baukammer) und eine Schmiede [3]. — Hervorragende Werkstätten des Großbetriebes sind die Brückenbauanstalten. Wir verweisen auf [4], [5] und Montierung der eisernen Brücken.

Literatur: [1] Scheven, Die Lehrwerkstatt, Tübingen 1894. — [2] Weyl, Handbuch der Hygiene, Bd. 8, Gewerbehygiene, Jena 1897. — [3] v. Tiedemann, Das landwirtschaftliche Bauwesen, Halle a. S. 1898. — [4] Handbuch der Ingenieurwissenschaften, 3. Aufl., Bd. 6, Kap. 16, Ausführung und Unterhaltung der eisernen Brücken, Leipzig 1903. — [5] Normalbedingungen für die Lieferung von Eisenkonstruktionen für Brücken- und Hochbau, aufgestellt vom Verbande deutscher Architekten- und Ingenieurvereine unter Mitwirkung des Vereins deutscher Ingenieure und des Vereins deutscher Eisenhüttenleute, 1886.

**Werkstein** (Werkstück), jeder nach bestimmten Maßen und vorge schriebener Form bearbeitete natürliche Baustein, der, falls er eine parallelepipedische Form besitzt, auch den Namen Quader (f. d.) erhält.

*L. v. Willmann.*

**Werksteinbearbeitung.** Der aus dem Steinbruch bezogene rohe Quader muß in seinen Abmessungen ein das herzustellende Werkstück umhüllendes Parallelepiped um einige Zentimeter, den sogenannten Arbeitszoll, nach jeder Richtung hin übertreffen. Dieser so aus dem Bruch kommende roh zugesetzte Stein wird vom Steinmetz in einer solchen Höhe aufgebaut (f. Aufbanken), daß er zunächst die später als Lager dienende Oberfläche des Steins bequem bearbeiten kann. An dieser wird zunächst mit dem Schlagisen an der einen Kante ein „Schlag“, d. h. ein ebener, schmaler Streifen angearbeitet, auf welchen das Richtscheit feiner Breite nach gelegt werden kann, über welches auf der entgegengesetzten Seite ein zweites Richtscheit parallel einvisiert (Fig. 1) und auf diese Weise die Linie für den zweiten, dem ersten parallelen, Schlag vorgezeichnet wird. — Nach Ausführung dieses zweiten Schlages ist die Ebene der Lagerfläche bestimmt, so daß nach Herstellung der beiden verbindenden Seitenschläge der rauh stehengebliebene mittlere Teil, der sogenannte Posten, abgearbeitet werden kann, wobei man das Richtscheit öfter in verschiedenen Richtungen auf die in Arbeit befindliche Fläche legt, um zu prüfen, ob diese auch „eben“ wird. Von dieser so abgearbeiteten Lagerfläche aus werden die Schläge für die Seitenflächen bei rechtwinkligen Steinen mit Hilfe des eisernen Winkels abgewinkelt, worauf in gleicher Weise die Seitenflächen bearbeitet und schließlich von ihnen aus die obere Lagerfläche des Steins durch Aufzeichnen der Schlaglinien abgeleitet werden kann. Hat der zu bearbeitende Stein eine kompliziertere Gestalt, so wendet man zum Übertragen stumpfer oder spitzer Winkel die Schmiege (f. d.) an oder überträgt die Seitenflächen durch die mittels der Abbrettung erhaltenen Schablonen oder bestimmt durch Stichmaß die Ecken und Kanten des auszuhaulenden Steins. Zur Bearbeitung gekrümmter Flächen werden bei abwickelbaren Flächen (Zylinder-, Kegel- und windschiefe Flächen) die

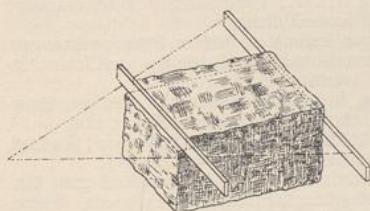


Fig. 1.

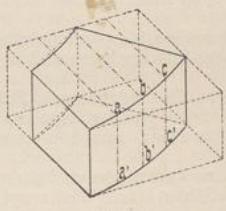


Fig. 2.

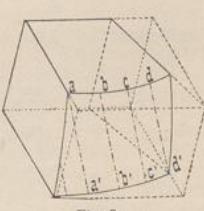


Fig. 3.

Endpunkte  $a a'$ ,  $b b'$  u. f. w. (Fig. 2 und 3) der Erzeugenden auf den Lagerflächen aufgetragen, dann wird mit dem Nutisen (f. d.) in jeder dieser Richtungen eine Nut eingearbeitet und die gerade Verbindung der Endpunkte durch häufiges Einlegen eines Richtscheites nachgeprüft, die schließlich werden die zwischen den Nuten stehengebliebenen Posten abgearbeitet. Je dichter die Lagen der Erzeugenden gewählt werden, um so genauer kann die Herstellung der gekrümmten Flächen erfolgen. Sphärische Flächen dagegen müssen auf der Drehbank abgedreht werden. Das Abarbeiten des zwischen den Schlügen rauh stehengebliebenen Teils der Seitenflächen (Posten) geschieht durch mehrmaliges Ueberarbeiten je nach der Härte des Steins in verschiedener Weise. Bei weicheren Steinarten wird die rauhe Fläche zuerst mit dem Spitzisen oder der Zweispitze bearbeitet (gespitzte oder bohrte Fläche), worauf das Kroneisen zur Anwendung kommt (gekrönte Fläche). Dann kann das Scharriereisen benutzt werden, wobei die Fläche fein gestreift erscheint (scharrierte Fläche), während der Schlag am Rande immer noch ein etwas tiefer liegender glatter Streifen bleibt. Soll dieser verschwinden, so daß die Fläche eine vollkommen glatte wird (Lagerflächen, Seitenflächen von Fenster- und Türgewänden, Treppenstufen u. f. w.), so werden die Flächen geschliffen, was bei Sandstein dadurch geschieht, daß die scharrierte Fläche erst mit einem größeren, dann mit einem feineren Sandsteinstück unter Biegen mit Wasser abgerieben wird. Bei harten Steinen (Granit, Syenit u. f. w.) wird statt des Spitzisen die Fläche und statt des Kroneisens der Stock- oder Kraushammer

benutzt (geflockte Fläche). Ein Polieren der Flächen durch Grünstein und Blaufstein wird nur in besonderen Fällen bei harten und politurfähigen Gesteinen (Marmor, Granit u. f. w.) angewendet. Soll der Materialverlust, welchen durch das Anliefern der Steine mit dem „Arbeitszoll“ entsteht, vermieden werden, so verwendet man bei weicheren Gesteinsarten zur Herstellung der Quadern die Steinäfäge, durch welche man Flächen erhält, die bloß scharriert und allenfalls geschliffen zu werden brauchen. — In neuerer Zeit werden die Steine auch vielfach mit Maschinen bearbeitet (s. Steinbearbeitungsmaschinen).

Literatur: Handbuch der Arch., Darmstadt 1880, I. Teil, Bd. 1, 1. Hälfte, S. 91; Gottgetreu, Lehrb. der Hochbaukunst, Berlin 1880, I. Teil, S. 56; Derf., Baumaterialien, 3. Aufl., Berlin 1879, I. Teil, S. 195; Wanderley, Die Konstrukt. in Stein, Leipzig 1878, S. 127; Menzel und Schwatlo, Der Steinbau, Leipzig 1879, S. 18; Exner, W. F., Die technischen Hilfsmittel des Steinbildhauers, Wien 1877.

L. v. Willmann.

**Werkzeughalter, -stahlhalter**, allgemein der das Werkzeug aufnehmende Teil eines Handwerkszeugs oder einer Werkzeugmaschine.

Als Stahlhalter bezeichnet man ferner als Ersatz für geschmiedete Stähle dienende Halter, z. B. nach Fig. 1—3 für Drehbänke, Hobel- und Stoßmaschinen, um an Stahl zu sparen und das Schmieden zu umgehen. — Ein Revolverstahlhalter (D.R.P. Nr. 179159) ist in Fig. 4 dargestellt.

A. Widmaier.

**Werkzeugmaschinen**, im weitesten Sinne die Bezeichnung für alle mechanischen Vorrichtungen, mittels deren die Bearbeitung von Arbeitsstücken vorgenommen wird.

**Werkzeugstähle, -stahlforten**, Materialien zur Anfertigung von Schneidwerkzeugen.

Man benutzt Stahlforten, die man in 1. gewöhnliche Werkzeugstähle, 2. feiblhärtende oder naturharte Stähle, 3. Schnellschnittstähle einteilen kann.

Der gewöhnliche Werkzeugstahl enthält in der Hauptfache zwischen 0,65 bis 1,5% Kohlenstoff. Seine Herstellung erfolgt im Tiegelofen oder neuerdings auch im elektrischen Ofen (s. Ofen für technische Zwecke). Die Höhe des Kohlenstoffgehalts muß sich nach dem Verwendungszweck richten; Thallner [2] gibt folgende Zahlen an:

Härtegrad	Mittlerer Kohlenstoffgehalt	Verwendungszweck
fehr hart	1,5 %	zu Dreh- und Hobelmessern, Bohrern, Drehfächeln u. f. w. auf fehr harte Materialien,
hart	1,25 ,	zu gewöhnlichen Dreh- und Hobelmessern, Gesteinsbohrern, Mühl- und Mefferpicken, Schabern u. f. w., dann für Schneidewerkzeuge auf harte Metalle,
mittelhart	1,0 ,	zu Gewinde- und Spiralbohrern, Reibahlen, Fräfern, Prägewerkzeugen, zu Stanzzwecken und für die verschiedenen Schloffer- und Schmiedewerkzeuge,
zähhart	0,85 ,	zu Gewindebohrern, Fräfern, Reibahlen, Matrizen, Gesenken, Spurpfannen, Spurzapfen, Hand- und Schrotmeißel u. f. w.
zäh	0,75 ,	zu Hand- und Schrotmeißeln, Scherenmessern, Schnitten, Federn, Hämtern u. f. w.,
weich	0,65 ,	zu verschiedenen Schmiedewerkzeugen, als Schweißstahl zum Verföhnen feiner Werkzeuge und größerer Flächen, zu Döppern, Nietenziehern u. f. w.

Ueber das Härtend f. Bd. 4, S. 743.

Die feiblhärtenden oder naturharten Werkzeugstähle wurden zuerst von Musset hergestellt; sie weisen einen ziemlichen Gehalt an Wolfram neben einem etwas höheren Mangan gehalt als üblich und einen hohen Kohlenstoffgehalt auf; Taylor [4] gibt folgende Zusammensetzung eines solchen Stahls an: 5,4 Wolfram, 0,4 Chrom, 2,15 Kohlenstoff, 1,0 Silicium, und feine Schnittgeschwindigkeit bei mittelhartem Stahl zu 7,92 m in der Minute an. Diese Stähle nehmen bei langsamem Abkühlung in der Luft eine größere Härte an als bei rascher Abkühlung und als die im Wasser abgekühlten Kohlenstoffstähle. Statt Mangan wird auch Chrom angewendet. — Als durchschnittliche Zusammensetzung gibt Taylor [4] 4—11% Wolfram, 1½—3½% Mangan, 1¾—2¼% Kohlenstoff, bisweilen Ersatz für Mangan, oder als Zufatz 0,3—3% Chrom.

Die Schnellschnittstähle wurden zuerst von Taylor-White in die Praxis eingeführt. Die ersten Schnellschnittstähle waren Chromwolframstähle, denen durch eine besondere Behandlung die Eigenchaft verliehen wurde, auch bei starker Erhitzung (selbst bis zur Rotglut) ihre Schneidefähigkeit zu bewahren. Taylor bezeichnet diese Eigenchaft als Rotwarmhärt. Ihre Härte selbst ist aber kaum größer als die der gewöhnlichen Werkzeug- oder der naturharten Stähle. Das Wesentliche der Behandlung der Schnelldrehstähle, um ihnen die Rotwarmhärt zu verleihen, besteht darin, daß die Stähle bis nahe an den Schmelzpunkt erhitzt werden. Nach Taylor haben die Schnellschnittstähle einen Gehalt von 1/2% oder mehr Chrom in Ver-

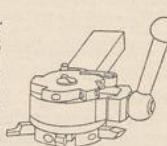


Fig. 4.

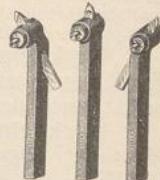


Fig. 1-3.

bindung mit 1% oder mehr Wolfram oder dessen Aequivalent Molybdän. Ein Zufatz von Vanadium zeigte einen günstigen Einfluß. Die beste chemische Zusammensetzung, die Taylor fand, war 18,91% Wolfram, 5,47% Chrom, 0,67% Kohlenstoff, 0,11% Mangan, 0,29% Vanadium, 0,043% Silicium; bei diesem Stahl konnte eine Schnittgeschwindigkeit bis zu 30,2 m in der Minute erzielt werden. S. a. die Angaben über Schnellschnitthähle im Art. Härten, Bd. 4, S. 745. Die Herstellung der Schnellschnitthähle erfolgt im Tiegel- oder im elektrischen Ofen.

Literatur: [1] Reifer, Fr., Das Härteln des Stahls in Theorie und Praxis, 4. Aufl., Leipzig 1906. — [2] Thallner, Werkzeugstahl, 2. Aufl., Freiberg 1904. — [3] Guillet, A., Etude industrielle des alliages métalliques, Paris. — [4] Taylor-Wallachs, Dreharbeit und Werkzeugstähle, Berlin 1908. — [5] Gießen, W., Die Spezialstähle in Theorie und Praxis, Freiberg 1909. A. Widmaier.

**Werft**, russisches Wegmaß = 500 Saschen zu 7 russischen Fuß oder = 1,067 km.

**Wertigkeit**, chemische, f. Valenz.

**Wertziffern**, f. Qualitätszahlen, Zugversuch.

**Wertziffern** der Straßenbaumaterialien, f. S. 359.

**Weston-Element**, f. Normalelement.

**Weston-Instrument**, f. Meßinstrumente.

**Westrumit**, f. Straßenunterhaltung, S. 360.

**Wettbewerb**, unlauterer, ein gegen Treu und Glauben im Geschäftsverkehr verstoßender Mißbrauch der nach der heutigen Wirtschaftsordnung grundsätzlich geltenden Konkurrenzfreiheit.

In Deutschland gilt seit 1. Oktober 1909 das Reichsgesetz gegen den unlauteren Wettbewerb vom 7. Juni 1909. Es bestimmt in einer sogenannten Generalklausel, daß auf Unterlassung und Schadenerfatz in Anspruch genommen werden kann, wer im geschäftlichen Verkehr zu Zwecken des Wettbewerbs Handlungen vornimmt, die gegen die guten Sitten verstößen. Das Gesetz behandelt dann die hauptsächlich vorkommenden Fälle unlauteren Verhaltens im Wettbewerb, wie schwindelhafte Reklame, Ausschreitungen im Ausverkaufswesen und bei Konkurswarenverkäufen, Qualitäts- und Qualitätsverschleierungen, Bestechung von Angestellten (Schmiergelderunwesen), Anchwärzung (üble Nachrede), Mißbrauch mit geschäftlichen Kennzeichnungen, Verrat von Geschäfts- und Betriebsgeheimnissen, unberechtigter Gebrauch von Vorlagen, Modellen u. f. w. Bezüglich des Näheren muß auf die Literatur zum neuen Wettbewerbsgesetz verwiesen werden. Unlauterkeiten, die unter keine der Einzelbestimmungen fallen, werden mit der Generalklausel getroffen, wenn sie nach dem Urteil der billig Denkenden vom Standpunkt berechtigter Verkehrsritte anstößig find; hierher können unter andern gehören das Preisabschleudern, Mißbräuche im Rabatt- und Zugabwesen, Ausstellen von Lockartikeln, Weglocken von Kunden, Verleitung zu Vertragsbruch. Gegen die unlauteren Wettbewerbshandlungen steht den Beteiligten Anspruch auf Unterlassung bzw. Befestigung zu; klageberechtigt find in Fällen, in denen es sich nicht ihrer Natur nach um Verletzung von Individualrechten handelt, außer jedem Branchengenossen die Verbände zur Förderung gewerblicher Interessen. Schadensersatzanspruch haben die geschädigten Konkurrenten gegen den unlauter Vorgehenden, wenn dieser gegen die Vorschriften vorfältisch oder fahrlässig sich vergangen hat. Für besonders verwerbares Handeln ist Gefängnisstrafe bis zu 1 Jahr und Geldstrafe bis zu 5000 M. angedroht; auch auf Buße zugunsten des Verletzten kann erkannt werden. Die Strafverfolgung tritt in der Regel nur auf Antrag ein, wie geschieht im Wege der Privatklage, wenn nicht die Staatsanwaltschaft beim Vorliegen eines öffentlichen Interesses die öffentliche Klage erhebt. Das Wettbewerbsgesetz erschöpft übrigens nicht alle Fälle des unlauteren Wettbewerbs; einzelne feiner Erfcheinungsformen haben auch Bestimmungen in andern Gesetzen zum Gegenstand, so insbefondere das Patentgesetz, Warenzeichengegesetz, Musterchutzgesetz, Nahrungsmittelgesetz, Weingesetz u. a. Auch § 826 des Bürgerlichen Gesetzbuchs ist auf dem Wettbewerbsgebiet noch anwendbar.

In andern Ländern, so insbefondere in Frankreich, ist eine solch kantilistische Regelung nicht erforderlich gewesen, dort hat die Rechtsprechung, dem Verkehrsbedürfnis in glücklicher Weise sich anpassend, den Art. 1382 des Code civil — der ganz allgemein besagt, daß jede Handlung eines Menschen, die einem andern Schaden verursacht, denjenigen zum Schadensersatz verpflichtet, durch dessen Schuld der Schaden entstanden ist —, zu einem äußerst brauchbaren und befriedigenden Werkzeug gegen illoyale Konkurrenz (concurrence déloyale) zum Schutze der Geschäftslage (achalandage) der betroffenen Gewerbetreibenden ausgebildet.

Literatur: Die Kommentare zum Wettbewerbsgesetz von Finger, 3. Aufl., Berlin 1910, Fulda, Hannover 1909, Roenthal und Wehner, Mannheim und Leipzig 1909, und die dort erwähnte Literatur, die Erläuterungen von Baer, Berlin 1910, und die kurzgefaßte, gemeinfreundliche Darstellung von H. Mayer, Stuttgart 1909. Klaiber.

**Wetter** nennt der Bergmann die in den Grubenräumen vorhandenen Luftmassen. Ihre ursprüngliche Beschaffenheit, welche derjenigen der atmosphärischen Luft entspricht, ändert sich jedoch beständig, so daß in Ermangelung chemischer Mittel, um die gebildeten störenden Gase unschädlich zu machen, die fortwährende Zuführung frischer Luft und die Entfernung der verbrauchten nötig wird (vgl. Wetterwirtschaft). Literatur f. unter Bergbau und.

**Wetterblende**, f. Wetterwirtschaft.

**Wetterdach** (Schutzdach), ein zum Schutz gegen Regen und Wind häufig aus Brettern erstelltes Dach über einem Eingang oder einem Werkplatz.

**Wetterlösung, -messung, -schacht** u. f. w., f. Wetterwirtschaft.  
**Wettermaschine**, f. Gebläse.

**Wetterschießen**, f. Hagel.

**Wetterwirtschaft** (Ventilation, Lüftung der Gruben) umfaßt alle Vorfahrten, welche sich zur Beschaffung der nötigen Luftmenge (Wetterversorgung oder Wetterlösung) und für deren zweckentsprechende Verteilung in den Grubenräumen (Wetterführung) nötig machen, damit jedem Arbeitspunkt frische Wetter zugeführt werden und dadurch der notwendige Wetterwechsel eintritt (f. a. Wetter).

In jeder Grube, welche durch zwei Tageausgänge mit der Oberfläche verbunden ist, tritt ein natürlicher Wetterwechsel ein, veranlaßt durch die Temperaturunterschiede der Luft in der Grube und über Tage. Im Frühjahr und Herbst kann bei kalten Nächten und warmen Tagen die Änderung der Richtung des natürlichen Wetterzuges, das Umsetzen der Wetter, an jedem Tage zweimal beobachtet werden; es hört der Wetterzug ganz auf (Wetterflockung) und erst allmählich stellt sich (und zwar in der andern Richtung) die mittlere Wettergeschwindigkeit wieder ein. In Schlagwettergruben können sich während der Wetterflockung verhängnisvolle Ansammlungen böser Wetter bilden. — Zur Verstärkung des natürlichen Wetterwechsels stehen nur Mittel von geringer Wirkung zur Verfügung. Zuweilen wird die Höhe der Luftfaule in einem der beiden vorhandenen Schächte durch Aufsetzen einer Wetterlutte vergrößert, die wohl mit einem faugenden oder blasenden Wetterhute (vgl. Bd. 6, S. 235, Fig. 11 und 12), den der Wind selbsttätig einstellt, verfehen wird. Die Wetterlutte muß in gleicher Weise wie der Saug- oder Blasenkanal eines über Tage aufgestellten Ventilators (f. unten) durch einen Schachtverschluß mit dem Schachtraume luftdicht verbunden werden. — Damit Wetterflockungen vermieden werden, die Wetterbewegung vielmehr eine bestimmte Richtung beibehält, auch um die Menge der Wetter, die eine Grube durchzieht, zu vermehren, ist es nötig, Ventilatoren (f. Bd. 6, S. 236) oder Wetteröfen anzuwenden (künstliche Wetterversorgung). Für Gruben mit schädlicher Gasentwicklung, namentlich Schlagwettergruben, sind die Wettermengen entweder in bezug auf den Kopf der Belegschaft oder die geförderte Menge Kohlen oder aber den Prozentgehalt der ausziehenden Wetter an schädlichen Gasen bergpolizeilich vorgeschrieben; es finden daher an befordernden Wetterstationen in der Grube regelmäßige Wettermessungen, Messungen der Geschwindigkeit des Wetterzuges mittels Anemometern (f. Bd. 1, S. 189) statt. Während die Ventilatoren eine Luftbewegung durch Depression oder Kompression (faugende, blasende Wirkung) erzeugen, wird durch einen Wetterofen die Luft im Wetterfach (Schacht, in dem die Wetter ausziehen) erwärmt und somit das Gewicht der ausziehenden Wetter erniedrigt. Ueber die Wahl der Ventilatorsysteme und die Aufstellung über oder unter Tage, desgleichen über die Entscheidung wegen faugender oder blasender Wirkung vgl. [I]. — Ein Wetterofen besteht aus einer Rostfeuerung, welche in einem beförderten Raum unter Tage eingebaut ist; die heißen Abgase werden dem Wetterfach zugeführt. Kleinere Wirkungen gleicher Art erreicht man durch Eihängen eines Feuerkorbes (Eisenblechkorb mit einer Koksfeuerung) in den Wetterfach. Das letztere Verfahren heißt auch keffeln. Die Anwendung von Feuerungsanlagen zur künstlichen Wetterversorgung ist wegen der damit verbundenen Gefahr eines Grubenbrandes und wegen der Beschränkung in der Benutzung des ausziehenden Schaches in stetem Abnehmen begriffen. — Je ausgedehnter und je gefährlicher eine Grube durch Entwicklung schädlicher Gase ist, desto größere Aufmerksamkeit ist der Wetterführung zuzuwenden. Besonders zweckmäßig ist die Teilung der ganzen Wettermenge in eine Anzahl von Wetterströmen, entsprechend den Bauabteilungen; dabei soll jeder Wetterstrom am tiefsten Punkte in die Bauabteilung eintreten, in der selben steigend geführt werden und durch eine Wetterstrecke zum Wetterfach gelangen. Der Weg ist dem Wetterstrom durch Absperrung aller Bäue, in die er nicht eintreten soll, vorzuschreiben; volliger Abschluß wird durch gemauerte Wetterdämme oder aus Hölzern und Brettern bestehende Wetterverschläge erreicht. Wettertüren (auch Wetterblenden, Blenden genannt) sperren eine Strecke für die Wetter, gestatten jedoch Fahrung und Förderung; zum sicheren Wetterabschluß wendet man zwei Wettertüren in einem Abstande an, damit immer eine geschlossen bleibt. Die Verzweigung eines Wetterstromes in zwei Teilstromen wird erreicht durch eine Wettertür mit Durchströmungsöffnung oder einen Wettervorhang, welcher nur den oberen Teil des Streckenquerschnitts abschließt. An denjenigen Betriebspunkten, welche seitlich vom Wetterstrom liegen, findet nur ein geringfügiger Wetterwechsel durch Diffusion (f. Bd. 2, S. 768) statt. Das Hervorbringen einer Wetterbewegung durch Schlagen mit Reifig (Büschen) oder mit dem Leder (Wedeln) ist nur ein Notbehelf. Entlegene Betriebspunkte, z. B. Auffüllarbeiten, werden daher entweder als Parallelstrecken aufgefahren oder mit Weterscheider versehen. Letzteres ist eine Scheidewand aus Segeltuch oder einem Bretterverchlage in der Längsrichtung der Strecke, so daß die Wetter auf der einen Seite dem Arbeitsorte zuflömen und auf der andern Seite wieder abflömen. — Ist eine weitgehende Verzweigung des Wetterweges, z. B. in einem Abbaufeld, erforderlich, so wird die Sonderwetterführung (Separatventilation) zu Hilfe genommen, indem kleinere Wettermengen in Röhren (Lutten, Luttenventilation) den Betriebspunkten zugeführt werden. Um dem Wetterstrom nicht zu bedeutende Hindernisse in den Weg zu legen, wird bei ausgedehnter Luttenventilation entweder ausblasende Preßluft oder auch ein kleiner, z. B. elektrisch angetriebener Ventilator zur Erzeugung der Luftbewegung in den Lutten zu Hilfe genommen. — Kreuzungen von Wetterströmen (Wetterkreuzungen) sind tunlichst zu vermeiden; wo sie nicht zu umgehen sind, werden Wetterbrücken (die Strecken weichen im Liegenden oder Hangenden der Lager-

fläte gegenseitig aus) oder weite Lutten in Verbindung mit zwei Wettertüren angewendet (vgl. die Figur).

Literatur: Vgl. die Bd. 1, S. 696, unter Bergbaukunde genannten allgemeinen Lehrbücher. — [1] Ihering, A. v., Die Gebläse, 2. Aufl., Berlin 1903.

Treptow.

**Wetzschiefer**, f. Tonschiefer.

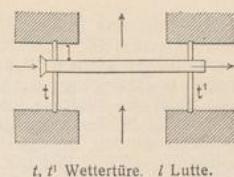
**Wetzstein**, f. v. w. Schleifstein, f. Schleifen.

**Wheatton'sche Brücke**, f. Meßmethoden, elektrotechnische, Bd. 6, S. 383.

**Wich** (Bauwich), der Gebäudeabstand von der seitlichen Nachbargrenze.

**Widder, hydraulischer** (Stoßheber, Montgolfiersche Wafferhebe-maschine), eine vielverbreitete Stoßpumpe, welche bei einem kleinen Gefälle (1,5—8 m) einen Teil des ihr zufließenden oder sonst vorhandenen Waffers auf eine größere Höhe (fünf- bis zehnmal Gefällshöhe) selbsttätig fördert.

Die Wirkung beruht auf der Ausnutzung der Stoßkraft des bewegten Waffers in der Zuflübleitung durch plötzliche Absperrung der letzteren; nach der Absperrung wird die Leitung wieder geöffnet, die Bewegung des Waffers von neuem hervorgerufen, dann wieder abgesperrt u. s. f. Das Absperren und Öffnen geschieht selbsttätig durch ein sogenanntes Stoßventil, welches — vertikal eingebaut — durch sein eigenes Gewicht herunterfällt, sobald infolge des Rückstoßes der Wafferdruck gegen das Ventil für einen Augenblick aufgehoben wird; alsdann strömt das Waffer aus, bis der Strom stark genug ist, um das Ventil wieder zu schließen und dadurch einen neuen Rückstoß zu erzeugen. Fig. 1 zeigt die Wirkungsweise des Widder's schematisch. *T* ist das vorhandene Wafferreservoir (Teich, Bach, Fluß, Quelle u. f. w.), *R* das Zuflußrohr zum Widder, *H* das Steigrohr vom Widder zu dem höhergelegenen Wafferbehälter, *P* das Stoßventil, *S* das Steigventil und *W* der Windkessel des Widder's. Sobald der Widder mit dem Wafferreservoir *T* verbunden ist, füllt sich die Leitung *R* und das Steigrohr *H* bis zu gleicher Höhe mit dem Wafferspiegel in *T*, während das Stoßventil *P* durch den Wafferdruck nach oben gegen seinen Sitz gedrückt wird, wodurch die Leitung abgeschlossen und alles in Ruhe ist. Öffnet man jetzt die Leitung durch Hinabdrücken des Stoßventils, so kommt die Wafferaube in *R* in Bewegung und schließt das Ventil *P* wieder ab; es wird ein Rückstoß erzeugt, infolgedessen es möglich ist, daß etwas Waffer durch das Steigventil *S* in den Windkessel und in das Steigrohr *H* bis zu einer größeren Höhe dringt, als es der Wafferspiegel im Behälter *T* sonst zulassen würde. Wiederholt man das Niedrücken des Ventils *P* mehrere Male, so steigt das Waffer im Steigrohr *H* immer höher, und wenn in dem letzteren ein gewisser Überdruck erreicht ist, geschieht das Öffnen des Stoßventils selbsttätig, und zwar infolge einer Rückwärtsbewegung des Waffers in *R*, veranlaßt durch den Anprall der Wafferaube gegen das Ventil *P* im Moment des Abschlusses unter einem höheren, dem Wafferspiegel in *H* entsprechenden Druck. Fig. 2 stellt die Konstruktion eines Widder's [1] dar, wie er in der Regel in Deutschland gebaut wird; sie ist durch Inschriften genügend erläutert. Widder, bei welchen Kraftwaffer und Förderwaffer voneinander verschieden sind (die mittels besonderer Steigleitung Waffer aus Brunnen u. f. w. entnehmen) finden sich in [2], S. 650, und in [6]. Andere Konstruktionen in [3]—[5], [7]. Widderanlagen für ganz große Verhältnisse nach dem System Pearfall f. [8]; diese dienen auch der Luftkompression. Eine neuere, bei kleinen und wechselnden Waffermengen sehr zweckmäßige Widderkonstruktion ist die automatische Wafferhebe-maschine System Löh mit selbsttätiger Inbetriebsetzung (Fig. 3). Bei der Quelle ist ein kleiner Wafferbehälter anzulegen, und wenn dieser leer geworden ist, stellt sich der Widder selbsttätig, eventuell mit Zuhilfenahme eines Schwimmers, ab, wobei das Triebrohr gefüllt bleibt. Die Wieder-



*t, t'* Wetterturen. *l* Lutte.

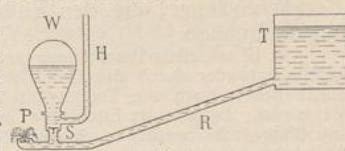


Fig. 1.

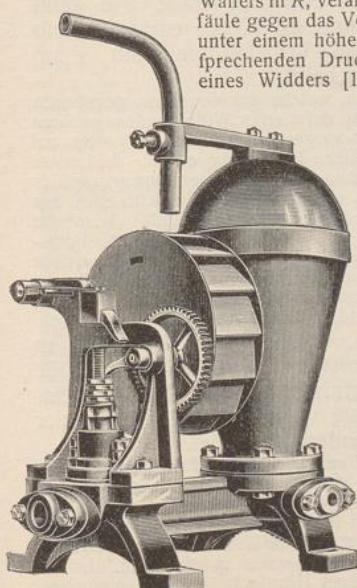


Fig. 3.

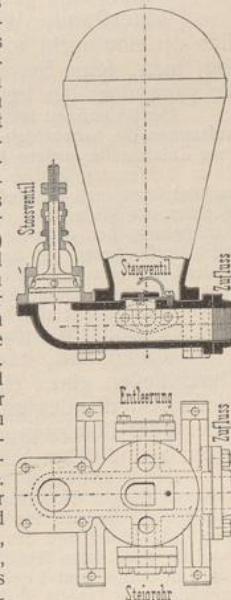


Fig. 2.

inbetriebsetzung tritt ebenfalls selbsttätig ein durch einen Ueberlauf, sobald das Quellenreservoir wieder gefüllt ist; durch das Ueberlaufrohr fließt das Wasser dem mit der Wasserhebemaschine verbundenen kleinen Wafferrädchen zu; dieses setzt durch ein Zahnradgetriebe einen Gewichtshebel in Bewegung; das Gewicht fällt dann herunter auf die Spindel des Stoßventils, wodurch das Spiel des Widder sofort erneuert ist.

Die Fördermenge der hydraulischen Widder, wie sie in der Regel von deutschen Fabriken geliefert werden, beträgt durchschnittlich den 10. Teil der Betriebswassermenge und der Nutzeffekt 50—70 %. Der beste Nutzeffekt wird erzielt bei einem Verhältnis des Betriebsgefäßes zur Förderhöhe von einem Fünftel bis zu einem Siebtel; Berechnungen f. [9]. Zur Erhöhung der Leistung lassen sich mehrere Widder mit einem sogenannten Sammelwindkessel kombinieren. Bei größeren Gefällen kann man diese teilen und mehrere Widder untereinander aufstellen, die dann in ein gemeinschaftliches Steigrohr arbeiten. — Die Preise der gewöhnlichen hydraulischen Widder für Betriebswassermengen von 3 bis 150 Minutenlitter liegen nach der Preisliste der Maschinen- und Armaturenfabrik vorm. H. Breuer & Co. in Höchst a. M. zwischen 35 und 200 M.

Literatur: [1] Deutsche Wasserwerksgesellschaft, Abhandlung über hydraulische Widder, Mainz (o. D.). — [2] Lueger, O., Wasserförderung, Darmstadt 1895, Bd. I, S. 648 ff. — [3] Bélier hydraulique Douglas, Revue industrielle 1879, S. 325. — [4] Bélier hydraulique Bonard, ebend. 1889, S. 346. — [5] Bélier hydraulique Décoeur, Annales des ponts et chaussées, Dezember 1891, S. 646. — [6] Durozoi, Bélier pompe universelle, Génie civil 1891, S. 315. — [7] Schabaver, Bélier hydraulique à clapets multiples etc., Revue industrielle 1892, S. 314. — [8] Pearfalls hydraulic ram, Engineering 1886, Bd. 41, S. 345. — [9] Lorenz, H., Theorie des hydraulischen Widder, Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1910, Bd. 54, S. 89.

Blecken.

**Widderkopf**, zweiseitiger Haken, Bd. 4, S. 754, Fig. 4.  
**Widerlager**, die den Endabschluß bildenden Stützkörper einer Brückentragkonstruktion.

Es ist mit dieser Bezeichnung auch der Begriff der Einwirkung schräger Kräfte verbunden, welche entweder durch den Druck des angrenzenden Erdreiches oder, wie bei Bogen- und Stützträgern, durch die Tragkonstruktion hervorgerufen werden. Als Baustoff kommt nur Mauerwerk, Beton oder Eisenbeton in Betracht; hölzerne Widerlager aus gerammten Pfählen und Bohlwänden werden auch bei zeitweiligen Bauten heute kaum mehr angewendet. Das Widerlager hat die darauf einwirkenden Kräfte, Auflagerdruck der Tragkonstruktion und allenfalls auch den Erddruck der Hinterfüllung aufzunehmen und auf den festen Baugrund zu übertragen. Bei gewölbten und Bogenbrücken erhält es die kleinste Masse, wenn die Tragkonstruktion möglichst weit bis zum Baugrunde herab geführt wird. Es hat dann vornehmlich nur den Druck des Tragwerks auf eine entsprechend große Fläche des Baugrundes zu verteilen und wird als Druckwiderlager oder auch als verlorenes Widerlager bezeichnet, wenn es ganz in das Erdreich versenkt ist. Höhere Widerlager, sogenannte Standwiderlager, haben auch dem Erddrucke zu widerstehen und sind ähnlich wie Stützmauern zu behandeln.

Melan.

**Widerlager** (Widerlagsmauern), f. Gewölbe, Bd. 4, S. 499.  
**Widerfinnig** (als bergmännischer Ausdruck), f. Rechtsfinning.

**Widerstand**. Wirken auf einen Massenpunkt bekannte Kräfte und kann sich derselbe nicht so bewegen, wie es der Wirkung der Kräfte entspricht, so sagt man, seine Bewegung erfährt einen Widerstand, insbesondere dann, wenn sie gegenüber der freien Bewegung verminderd erscheint.

Der Widerstand läßt sich durch Zufatzkräfte ausdrücken, welche mit den schon gegebenen zusammen die beobachtete Bewegung erzeugen. Zu den so definierten Widerständen gehören jene Zufatzkräfte, welche bewirken, daß der Punkt auf einer vorgegebenen Bahn läuft oder auf einer bestimmten Fläche bleibt oder eine andre geometrische Bedingung erfüllt. Außerdem rechnet man auch die Reibung dazu, welche entweder schon bei der freien Bewegung des Punktes als Widerstand des Mediums auftritt, meist aber erst durch die Vorrangungen zur Realisierung der geometrischen Bedingungen geweckt wird (Reibungswiderstand). Ähnliche Verhältnisse treten bei der Bewegung von Massensystemen auf. Auch hier spielen Mediumswiderstände (wie Luft oder Flüssigkeitsreibung) und Führungswiderstände (gleitende und rollende Reibung) eine wichtige Rolle. Es werden auch Zufatzkräfte, die ein vom idealen Falle abweichendes (z. B. elastisches) Verhalten der führenden Organe nötig machen (Seilreibung), unter den Begriff Widerstand eingereiht. Vgl. Reibung, Bd. 7, S. 394.

Finsterwalder.

**Widerstand**, elektrischer, das Hindernis, welches jeder Körper dem Durchfließen eines elektrischen Stromes entgegensetzt. Bezüglich der Größe dieses Widerstandes unterscheidet man (vgl. a. Elektrizität, Bd. 3, S. 401) Nichtleiter oder Isolatoren, Halbleiter und Leiter; letztere werden gewöhnlich in der Form zylindrischer Stäbe (Drähte) oder flacher Bänder verwendet.

Der Widerstand  $W$  eines Drahtes ist proportional feiner Länge  $l$  und umgekehrt proportional feinem Querschnitt  $q$ ; außerdem hängt er ab von dem Material, aus dem der Draht gefertigt ist, so daß für ihn die Gleichung  $W = c \cdot l : q$  Ohm gilt. Der Faktor  $c$  heißt der spezifische Widerstand des Körpers. Seine Bedeutung ergibt sich aus der Formel, wenn man  $l = 1$  m,  $q = 1$  qmm setzt; es wird dann  $W = c$  Ohm, d. h. es ist  $c$  der Widerstand eines Drahtes von 1 m Länge und 1 qmm Querschnitt, wobei  $c$  von der Temperatur abhängig ist. In der nachfolgenden Tabelle ist der spezifische Widerstand verschiedener Körper bei 15 °C angegeben, außerdem die Widerstandszunahme (der Temperaturkoeffizient)  $\alpha$ , welche der Körper

von 1 Ohm Widerstand bei einer Temperaturerhöhung von  $1^{\circ}\text{C}$ . erfährt. Hat also ein Körper bei  $15^{\circ}\text{C}$ . einen Widerstand von  $W$  Ohm und wird die Temperatur deselben um  $t^{\circ}\text{C}$ . erhöht, so ist  $W_t = W(1 + \alpha t)$ .

#### Spezif. Widerstand und Temperaturkoeffizient einiger Metalle und Legierungen.

Körper	Spezifischer Widerstand bei $15^{\circ}\text{C}$ .	Temperaturkoeffizient $\alpha$	Körper	Spezifischer Widerstand bei $15^{\circ}\text{C}$ .	Temperaturkoeffizient $\alpha$
Aluminium . . .	0,03—0,05	0,0039	Nickelin . . .	0,41	0,0002
Blei . . . . .	0,22	0,0041	Patentnickel von Baffe & Selve .	0,34	0,00017
Eisen . . . . .	0,10—0,12	0,0045	Platin, geglättet .	0,12—0,16	0,0024—0,0035
Konstantan . . .	0,5	0,00003	Quecksilber . . .	0,95	0,00091
Kruppin . . . .	0,85	0,00077	Rheotan . . .	0,47	0,00023
Kupfer . . . . .	0,018—0,019	0,0037	Silber, geglättet .	0,016—0,018	0,0034—0,0040
Manganin . . . .	0,43	0,00001	Zink . . . . .	0,06	0,0042
Neufilber . . . .	0,15—0,36	0,0002	Zinn . . . . .	0,10	0,0042
		bis 0,0004			

Wie aus der Tabelle ersichtlich, haben die meisten reinen Metalle nahezu denselben, ziemlich großen Temperaturkoeffizienten, wogegen die Nickel- und Manganlegierungen bei verhältnismäßig großem spezifischen Widerstand einen sehr geringen Wert für den Temperaturkoeffizienten  $\alpha$  ergeben, der z. B. beim Manganin und Konstantan so klein ist, daß er für praktische Zwecke vernachlässigt werden kann.

Den reziproken Wert eines Widerstandes nennt man seine Leistungsfähigkeit, ebenso heißt der reziproke Wert des spezifischen Widerstandes die spezifische Leistungsfähigkeit. Die Einführung der Leistungsfähigkeit gestaltet den Kombinationswiderstand mehrerer paralleler Leiter einfach auszudrücken. Sind nämlich  $w_1, w_2, w_3 \dots w_n$  die Widerstände der einzelnen Zweige einer Kombination,  $W$  der Kombinationswiderstand, so ist

$$\frac{1}{W} = \frac{1}{w_1} + \frac{1}{w_2} + \frac{1}{w_3} + \dots + \frac{1}{w_n},$$

d. h. die Leistungsfähigkeit einer Kombination paralleler Widerstände ist gleich der Summe der Leistungsfähigkeiten der einzelnen Zweige.

Praktisch unterscheidet man Regulierwiderstände, welche zur Aenderung starker Ströme dienen, und Widerstände von genau bestimmter und bekannter Größe, welche zum Messen (Vergleichen) unbekannter Widerstände benutzt werden.

Die Regulierwiderstände müssen so gebaut sein, daß auf die eintretende starke Erwärmung Rücksicht genommen wird und für eine schnelle Abkühlung gesorgt ist. — Einen solchen Regulierwiderstand stellt Fig. 1 schematisch dar. Eine Anzahl spiralförmig aufgerollter Drähte aus Kruppin, Nickelin oder Eisen sind auf einer Unterlage aus feuerfesterem Igelmaterial (Schiefer, Marmor u. dergl.) befestigt und entsprechend mit in einem Halbkreise angeordneten Kontaktknöpfen verbunden, auf welchen, durch eine kräftige Feder angepreßt, eine Kurbel schließt. Für die Stromzuführung sind Klemmschrauben angebracht, von denen die eine mit dem ersten Kontakt, die andre mit der Kurbel verbunden ist. Je nach der Stellung der Kurbel ist eine größere oder geringere Zahl von Spiralen in den Stromkreis eingeschaltet, bei der in der Figur gezeichneten Stellung die drei Spiralen links. Für starke Ströme kann man die Anordnung auch so treffen, daß die Spulen parallel statt hintereinander einschaltbar sind; es wird dann der Widerstand um so kleiner, je mehr Spiralen eingeschaltet sind. Das hat den Vorteil, daß die ausstrahlende Fläche um so größer wird, je stärker der Strom ist, während bei der vorstehenden Anordnung das Umgekehrte der Fall war. Einen solchen Kurbelwiderstand mit Parallelschaltung zeigt Fig. 2. Die Enden der Drahtspiralen sind einerseits mit einer Reihe voneinander isolierten Doppelfedern verbunden. Zwischen diese Doppelfedern kann durch Drehung einer Kurbel eine beilförmig gefaltete Metallscheibe  $S$  geschoben werden. Diese steht mit der einen Klemmschraube, die Metallschiene  $M$  mit der zweiten in Verbindung. Drückt man die drehbare Metallscheibe zwischen das erste Federpaar, so ist nur die erste Spire eingeschaltet, der Widerstand ist jetzt am größten; schiebt man aber die Metallscheibe weiter, so werden die Spiralen parallel geschaltet, der Widerstand wird kleiner. Bei starken Strömen nimmt man an Stelle der Drähte auch Drahtgewebe, Metallbänder u. f. w., also Widerstände mit möglichst großer Oberfläche. Dabei kann man zu starke Erwärmungen noch durch Flüssigkeitskühlung verhindern. — Eine stetige Regulierung starker Ströme kann auch durch Flüssigkeitswiderstände bewirkt werden. Als solche werden empfohlen Zinkvitriollösung zwischen Zinkelektroden, Kupfervitriollösung zwischen Kupferelektroden, Eisenvitriol- oder Sodalösung zwischen Eisenelektroden. Die Regulierung geschieht durch Heben und Senken oder durch Aenderung der Entfernung der Elektroden.

Zu Vergleichswiderständen (Rheostaten), deren Größe genau bekannt sein muß, wird das Material so gewählt, daß der Widerstand sich mit der Zeit nicht ändert und möglichst wenig von der Temperatur abhängt. Es eignen sich hierzu das Nickelin, das Rheotan, vor allem aber Manganin und Konstantan (vgl. Meßmethoden, elektrotechnische). Bei kleinen Wider-



Fig. 1.

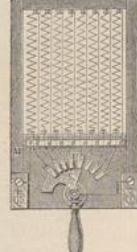


Fig. 2.

fländen ist die Drahtlänge nicht groß genug, um diese mit hinreichender Genauigkeit abgleichen zu können; deshalb wird bei den Widerständen von 0,1—2 Ohm der Widerstand des Hauptdrahtes um 0,01 feines Wertes zu groß gemacht und ein Nebenschluß von dem hundertfachen Betrage des Sollwertes angelegt. Eine Längenänderung des Nebenschlusses um 4—5 m ändert den Gesamtwiderstand nur um ein Hunderttausendstel. So besitzt z. B. bei dem Widerstande „1 Ohm“ der Hauptdraht den Widerstand 1,01 Ohm; der Draht ist (bei Patentnickel) 0,14 mm stark und 2,41 m lang. Der Nebenschlußwiderstand beträgt 100 Ohm, der Draht ist 0,14 mm stark und 4,7 mm lang. Bei den Widerständen von 5—50 Ohm würde man nach demselben Verfahren einen sehr feinen und langen Nebenschlußdrafthabt haben; man legt daher entweder den Nebenschluß nur an einen kleinen Teil des Hauptdrahtes oder verlängert das eine Ende des Hauptdrahtes durch ein Zufätzstück dickeren Drahtes. An dem dünnen Ende wird dann die vorläufige, an dem dicken die letzte Abgleichung vorgenommen. Bei den kleineren Normalwiderständen sind an die Stelle des Drahtes gewellte Blechstreifen aus Mangan kupfer oder Patentnickel getreten. Die Abstimmung auf den richtigen Wert wird hier durch nachträgliches Einbohren kleiner Löcher in die Blechstreifen bewirkt. — Die Widerstände für schwache Ströme bestehen aus isolierten Drähten, welche bifilar auf Rollen aufgezogen sind. Da die Drähte infolge elastischer Nachwirkungen ihren Widerstand nachträglich ändern, müssen die Spulen nach dem Wickeln noch mehrere Wochen lagern und dann aufs neue justiert werden. Um die infolge hydrostatischer Eigenarten der Seidenumspinnung möglichen Fehler zu be seitigen, wird jede Rolle längere Zeit einem heißen Luftbad unterworfen und hierauf in geschmolzenes Paraffin getaut. Die Widerstände werden dann in Widerstandskästen vereinigt, indem man, wie bei Gewichtsstücken, Bruchteile und Vielfache der Einheit so zusammensetzt, daß sich durch Kombination mehrerer jeder beliebige Widerstand bilden läßt. Auf dem Hartgummideckel der Kästen sind eine Reihe von Metallklötzen mit etwa 1 mm Abstand befestigt. Dieselben sind in den Zwischenräumen mit konischen Erweiterungen versehen, in welche konisch geschliffene, mit Hartgummigriffen verfehlene Messingstöpfel eingefügt werden können (Fig. 3).

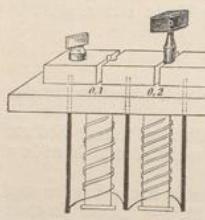


Fig. 3.

An den beiden Endklötzen befinden sich Klemmschrauben für die Stromzuführung. Jeder Messingklotz ist mit dem Ende des einen und dem Anfang des nächsten Widerstandes verbunden, so daß Anfang und Ende eines jeden Widerstandes zu zwei benachbarten Klötzen führen. Sind diese durch einen Stöpfel verbunden, so ist die betreffende Spule kurz geschlossen; ist dagegen der Stöpfel gezogen, so kann der Strom von einem Messingklotz zum nächsten nur durch den Widerstand der Spule hindurchgelangen. Bei dieser Anordnung ist also stets die Summe derjenigen Widerstände eingeschaltet, bei welchen der Stöpfel gezogen ist. Die Widerstandsdrähte werden an dicke Kupferstäbe gelötet, welche zu den Klötzen führen. Die Stöpfe und Stöpfellocher müssen stets rein gehalten werden, da sie sonst leicht zu Fehlern Veranlassung geben können. Die Stöpfelfehler können sehr vermieden werden durch die in [3] und Bd. 6, S. 382, dargestellte Anordnung der sogenannten Dekaden rheoflate. Diese enthalten zehn gleiche Rollen (von z. B. je 100 Ohm), von denen eine beliebige Anzahl durch Einfüllen nur eines einzigen Stöpfels eingeschaltet werden kann. Sehr große Widerstände, z. B. von Millionen Ohm, aus Metalldrähten herzustellen, ist sehr kostspielig. Man kann dieselben in einfacher Weise dadurch erhalten, daß man auf Ebonit oder Glasplatten Bleistiftstriche zieht und die Enden dieser Linien mit dem Stromkreis verbindet. Siemens & Halske stellen folche Graphitwiderstände von 10 bis 100 Millionen Einheiten in der Weise her, daß sie die spiralförmigen Nuten eines Hartgummizylinders mit reinem Graphit einreiben und an die Enden Kontaktstücke anschrauben. — Der Widerstand nimmt mit der Zeit zu, aber sehr langsam, so daß man ihn für Stunden und Tage als konstant ansehen kann. Methoden zur Messung von Widerständen, ebenso zur Berechnung solcher findet man in [1], [3], [5].

Die **Widerstandsmaterialien** werden hauptsächlich in Draht- oder Bandform verwendet und müssen möglichst hohen spezifischen Widerstand mit geringem Temperaturkoeffizienten verbinden (s. S. 923). Diese Bedingungen werden am besten von verschiedenen Kupferlegierungen erfüllt. So besteht z. B. das Widerstandsmaterial Patentnickel aus 75 Kupfer, 25 Nickel; Konstantan aus 58 Kupfer, 41 Nickel, 1 Mangan; Nickelin aus 54 Kupfer, 26 Nickel, 20 Zink; Manganin aus 84 Kupfer, 12 Mangan, 4 Nickel; die Zahlen bedeuten Gewichtsprozente. Für Widerstände, die ihren Wert unverändert beibehalten müssen, z. B. für Meßwiderstände, darf nur zinkfreies Material benutzt werden.

Literatur: [1] Handbuch der Elektrotechnik, Bd. 2, Leipzig 1905. — [2] Müller-Pouillet, Lehrbuch der Physik, Braunschweig 1890. — [3] Holzt, Schule des Elektrotechnikers, Bd. 1 u. 2, Leipzig 1910. — [4] Strecker, Hilfsbuch für die Elektrotechnik, Berlin 1907. — [5] Edler, Berechnung und Konstruktion elektrischer Schaltapparate, Hannover 1909.

Holzt.

#### **Widerstandslinie, f. Drucklinie.**

**Widerstandsmoment, f. Biegung**, Bd. 1, S. 793, und Tabelle S. 794.

**Wiederkehr**, bei Gefimfen oder Rahmen eine Verkröpfung an der Ecke oder im eingehenden Winkel; bei Dachbildungen f. v. w. Einkehle. Vgl. a. Ohr.

#### **Wiegeschleuse, eine Kammergeschleuse (f. d.) zum Abwiegen von Schiffen.**

Die Kammergeschleuse hat an beiden Enden Oberhäupter und Seitenkanäle, durch welche die Kammer vollständig entleert werden kann. Nahe über dem Boden der Kammer hängt ein rostförmiger Rahmen, welcher die Brücke einer Art Brückenwage ist. Wenn das Schiff in die Wiegeschleuse eingefahren und nach dem Schließen der Tore das Wasser abgelassen ist, kommt

das Fahrzeug zum Aufsitzen auf jenen Rahmen, und es kann dessen Gewicht bestimmt werden. In einer einfachen, nur wenig empfindlichen Weise erhält man das Gewicht eines leeren oder beladenen Kahns, also auch das angrenzende Gewicht der Ladung, indem man dessen jeweilige Tauchung beobachtet. Diese letztere wird an den am Schiffe angebrachten Eichpegeln abgelesen. Die hieraus folgenden, den Schiffsdimensionen entsprechenden Gewichte sind in einem Meßbriefe zusammengestellt. Diese Art Eichung ist auf den französischen Wafferstraßen mit kleinem Querprofil, wo Schiffahrtsabgaben erhoben werden, in Anwendung.

**Wiegmannträger**, f. Polonceauträger, Bd. 7, S. 177.

**Wieke** (Inwieke), der die unmittelbare Entwässerung des Bodens beforgende Zweigkanal bei der holländischen Veenkultur (f. Moorkultur, Bd. 6, S. 490).

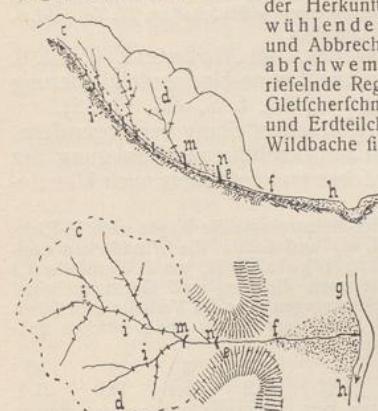
**Wienerblau**, f. Kobaltblau; -deckgrün, f. Chromfarben; -grün, f. Schweißuntergrün; -schwarz, f. Reben Schwarz.

**Wiefenbau**, der Inbegriff der technischen Maßnahmen zur Verbesserung der Erträge des Wiefengeländes (f. Berafung, Bd. 1, S. 691, Bewässerung des Bodens und Bewässerungssysteme, Bd. 1, S. 754 und 758).

**Wiefenerz**, f. Brauneisenerz.

**Wildbäche**, in Tirol und Vorarlberg Tobel genannt, sind solche Gebirgsbäche, welche bei Regen stark anschwellen und hierbei so viel Erd- und Gesteinsmaterial mitreißen, daß im schlimmsten Falle statt des Wassers sich ein förmlicher Schlamm- und Gesteinsstrom, als Muhr, Muhrgang, Rüfe oder Lava bezeichnet, herabwälzt.

Kleinere Arten von Wildbächen sowie die obersten Zweigrinnen derselben sind die Runsen und Wasserrisse. Diese findet man zur regenfreien Zeit gewöhnlich ausgetrocknet. Es gibt einfache Wildbäche, welche nur eine einzige, von einem Gebirgsfattal ausgehende Hauptschlucht, und zusammengefetzte, die mehrere Schluchten haben. Die Wasserrisse liegen häufig auf einer Berglehne und beginnen entweder schon beim Gebirgskamme oder unterhalb derselben. Nach der Herkunft des Geschiebematerials unterscheidet man: unterwühlende Wildbäche, deren Geschiebe nur von dem Unterwachsen und Abbrechen der Sohle und der Berghänge führt; dann abfließende Wildbäche, denen hauptsächlich der abfließende Regen von den nackten Berglehnen oder eventuell das Gleitschmelzwasser die durch Verwitterung gebildeten Stein- und Erdteilchen als Geschiebe und Schlamm zuführt. An jedem Wildbache sind drei Hauptteile zu erkennen:



menge nur eine geringe Vermehrung; die Bachfohle erleidet weder eine Vertiefung noch eine Erhöhung, und dieser Zustand bzw. diese Stelle wird deshalb auch als Gleichgewichtsprofil (Ausgleichprofil) oder als Gefällsgrenze bezeichnet;

3. der **Schuttkegel** f g h, welcher im Tale durch die Ablagerung der von den Fluten herabgebrachten Geschiebemassen gebildet wird; derselbe hat am Ende f des Sammelkanals gleichsam seine Spitze und breitet sich zum Flusse hinunter kegelförmig aus. Die Bachrinne liegt auf der höchsten oder Scheitellinie des Kegels. Gewöhnlich setzt sich diese Schuttablagerung auch als eine Barre quer durch den Talfluß fort; hierdurch wird flussaufwärts ein Rückstau und vielfach eine Verfüllung des Tales erzeugt, flussabwärts hingegen eine Stromschnelle.

Zur Verbesserung oder sogenannten Beruhigung eines Wildbaches dient die **Wildbachverbauung**, und zum nachhaltigen Erfolg ist noch die Aufforstung und Berafung des betreffenden Gebirges nötig. Die Wildbachverbauung wird wesentlich durch Ausführung einer entsprechenden Anzahl von quer über das Gerinne gestellten Bauwerken, von den Querwerken oder Talsperren, bewirkt. Diese, wenn sie als Grundsperrern oder -schwellen i i niedrig sind, verhüten, gleichsam Fixpunkte bildend, jede weitere Unterwühlung und Vertiefung der Wildbachfohle, legen die letztere also fest. Durch höhere Talsperren m n wird aber vor allem das große Wildbachgefälle gebrochen, die starke Neigung der Grabensohle in eine Treppenlinie aufgelöst, die zwischen gering geneigten Strecken plötzliche, unschädliche Abstürze über die Talsperren aufweist. Der beckenförmige Raum unmittelbar oberhalb der Talsperren erfährt durch das von den Fluten mitgebrachte und zurückgehaltene Geschiebe mehr oder minder bald eine

Ausfüllung; hierdurch erscheint die ursprüngliche Bachsohle gleichsam in die Höhe gehoben und zugleich auch verbreitert, weil in größerer Höhe die beiderseitigen Berglehnen weiter voneinander abfehlen. In der ersten Zeit sind daher die höheren Talsperren auch durch die Zurückhaltung des bereits im Fortschwemmen begriffenen Geschiebmaterials nützlich. Infolge der durch diese Verbauung bewirkten Gefällsermäßigung und Sohlenverbreiterung findet eine beträchtliche Verminderung der Geschwindigkeit und der Stoßkraft des Wildbachhochwassers statt; dann ist dieses nicht mehr imstande, solche Abbrüche am Bachbett zu verursachen und solche Geschiebemassen zu Tal zu fördern wie vordem. So wie der Hauptwildbachgraben sind auch die denselben speisenden Runsen und Risse durch ähnliche, kleinere Querwerke *ii* zu staffeln, d. i. in etwas steilere Stufenlinien zu zerlegen, damit hier die Geschiebelerzeugung und -abfuhr hintangehalten werde. In einigen Fällen, wo leicht unterwachbare Lehnenfüße noch besonders geschützt werden sollen, kommen auch Längswerke, in der Regel als auschlagfähige Flechtzäune, gleichsam die Uferlinien des Wildbachgerinnes bildend, zur Anwendung. — Durch überflüssige Nässe aufgeweichte, leicht abrutschbare Stellen und leicht abschwemmbarer Teile der Berglehnen sind durch Entwässerungsanlagen (Sickerchlüsse) bzw. durch Bodenbindungsarbeiten (Flechtzäune) zu sichern. — Wenn irgendwo ein hinreichendes Zurückhalten des Geschiebes auf längere Zeit nicht möglich erscheint, soft man für das unschädliche Abführen desselben vielfach in einem muldenförmig gebildeten, gepflasterten oder gemauerten Gerinne, welches Schale genannt wird. Diese pflegt man häufig auf dem Schuttkegel herzustellen. Manchmal legt man in letzterem Falle am Ausgang des Sammelkanals einen Lagerungplatz fürs Geschiebe an; derselbe ist talabwärts und an den Seiten von Dämmen begrenzt, ein Bassin bildend, auf welchem das Hochwasser sich ausbreiten und das mitgerissene feste Material absetzen kann. — Die Herstellung der Talsperren erfolgt aus Mauerwerk, besonders Trockenmauerwerk, aus Steinkästen (f. d.), aus Holzwerk (Prügelperren), bei niederen noch aus Flechtzäunen sowie aus Fachinen. Wegen der Details sei auf nachfolgende Literatur verwiesen.

Literatur: Duile, J., Ueber Verbauung der Wildbäche in Gebirgsländern, vorzüglich in der Provinz Tirol und Vorarlberg, Innsbruck 1826 (heute noch musterhaftes Handbuch); Surell, A., Etudes sur les Torrents des Hautes-Alpes, Paris 1841; Salis, A. v., Das schweizerische Wasserbauwesen, Bern 1883; v. Seckendorff, Verbauung der Wildbäche, Aufforstung und Beraufung der Gebirgsgründe, Wien 1884; Die Wildbachverbauungen in den Jahren 1883—94, herausgegeben vom k. k. Ackerbauministerium, Wien 1895; Handbuch der Ingenieurwissenschaften, III. Teil, Bd. 6, 2. Kap., Leipzig 1909, mit zahlreichen weiteren Literaturangaben.

**Wimperge**, ein dem gotischen Baustil eigenen, mit Maßwerk (s. Bd. 6, S. 331) durchbrochenes Steinwerk in Giebelform, meist ohne Horizontalgliederung über Türen oder Fenstern aufsteigend (vgl. Giebel, Bd. 4, S. 525, Fig. 2).

**Wind**, die durch die Ungleichheiten der Luftdruckverteilung hervorgerufene, meist ursprünglich auf thermische Einwirkungen zurückzuführende Bewegung der atmosphärischen Luft, ein wichtiges meteorologisches und besonders auch klimatisches Element.

Nach der Himmelsrichtung unterscheidet man in der Meteorologie die Winde nach 16 Richtungen oder nach acht Hauptrichtungen (N, NW, W u. f. w.) und schätzt die Windstärken nach verschiedenen Stärkeskalen, besonders nach der Beaufortskala 0—12, wo 0 Windstille (C) und 12 Orkan bedeuten. Zur Registrierung der Winde nach Richtung und Geschwindigkeit dienen die Anemographen. Nach Köppen „Neuere Bestimmungen über das Verhältnis zwischen der Windgeschwindigkeit und Beauforts Stärkekala“, aus dem Archiv der Deutschen Seewarte, Bd. 21, 1898, Nr. 5, besteht die folgende Beziehung:

Stärke	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Meter pro Sekunde	1,7	3,1	4,8	6,7	8,8	10,7	12,9	15,4	18,0	21,0

Während in dem Passatgebiet der Tropen im ganzen Jahr mehr oder weniger die gleiche Windrichtung besteht und in den Gebieten der Monsune zwei meist entgegengesetzte Windrichtungen mit größter Regelmäßigkeit im Laufe des Jahres einmal miteinander abwechseln, herrschen in den mittleren und hohen Breiten veränderliche Winde. Eine ausgeprägte tägliche Periode der Windrichtung zeigen die Land- und Seewinde der Küsten und die Tag- und Nachtwinde der Gebirge. Besonderer Natur sind die nicht periodischen, an gewisse besondere Wetterlagen gebundenen, am Fuß mancher Gebirge vorkommenden Fallwinde, die als Föhn warm, als Bora kalt auftreten, der Mistral des Rhonetals, der Schirocco Italiens, der Leveche Spaniens, die kalten Burane der russischen Steppen und Northers von Texas, die heißen Küstenwinde, der Samum, Harmathan u. a.

Infolge der Reibung der Luft an der Erdoberfläche nimmt einerseits die Geschwindigkeit der Luftbewegung mit der Erhebung über dem Erdboden in den unteren Schichten schnell zu, und andererseits wächst auch der sogenannte Ablenkungswinkel, der Winkel, um welchen die Richtung des Windes von der Normale zur Isoleare (der Richtung der größten Druckänderung, der Richtung des Gradienten) abweicht, so daß die Bewegung höherer Schichten der Atmosphäre meist aus einer mehr rechts liegenden Richtung als die der darunter liegenden erfolgt. Die größten Windstärken an der Erdoberfläche kommen in den Zyklonen der heißen Zone, in den Taifunen der Chinesischen Meere, den Hurikanen Westindiens und in den Tornados Nordamerikas vor. Die geringste jährliche Luftbewegung hat die Calmenzone. Im Bereich der Zyklonen und Antizyklen regeln sich die Richtung und Stärke des Windes nach dem Buys-Ballot'schen oder Barischen Gesetz (f. d.).

Literatur: Reye, Die Wirbelfürme, Tornados und Wetterstürme, Hannover 1872; Supan, Statistik der unteren Luftströmungen, Leipzig 1881; Sprung, Lehrbuch der Meteorologie, Ham-

burg 1885; Ferrel, A popular treatise on the winds, London 1890; Hann, Lehrbuch der Meteorologie, 2. Aufl., Leipzig 1906.

Großmann.

**Windbort** (Windbrett, Ortgangbrett), schmales Brett aus Eichen- oder Föhrenholz, welches, in den Giebelparren der Ziegel-, Schiefer- oder Strohdächer befestigt, das Deckmaterial gegen das Aufheben durch den Wind zu schützen hat. Vgl. Bd. 4, S. 527, Giebelfschutzbrett, Fig. 1 und 2.

Weinbrenner.

**Winddruck** auf Baukonstruktionen spielt als angreifende Kraft eine Rolle bei allen freistehenden und hochragenden Bauwerken, insbesondere aber bei Dachkonstruktionen, Schornsteinen, Türmen, Gasbehältern und Hochreservoirn, Brückenüberbauten und eisernen oder hölzernen Brückenkopfeln.

Die Erforschung der Gesetze des Widerstandes, den eine bewegte Fläche in ruhiger Luft (Luftwiderstand) oder des Druckes, den eine ruhende Fläche durch die bewegte Luft erfährt (Winddruck), hat seit Galilei und Newton sehr viele Autoren und Experimentatoren beschäftigt. Eine ziemlich vollständige Uebersicht hierüber f. i. in [1]. Für den Druck auf eine dem Winde normal entgegengestellte ebene dünne Platte von der Fläche  $F$  gilt als feststehend das

Gesetz  $W = \frac{\gamma}{g} F v^2$ , worin  $\gamma$  das Gewicht von 1 cbm Luft,  $g = 9,81$  die Beschleunigung der Schwerkraft und  $v$  die Windgeschwindigkeit in Metern pro Sekunde; für mittlere Dichte der Luft wird hiernach  $W = 0,130 F v^2$ . Der „Beaufortschen internationalen Skala für Windstärken“ entsprechen die nachstehend beigegebenen Windgeschwindigkeiten und die daraus nach der Formel  $W = 0,122 v^2$  gerechneten Winddrücke.

Windstärke	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$v$	0—1,3	3,6	5,8	8,0	10,3	12,5	15,2	17,9	21,5	25,0	29,1	33,5	40,2
$W$	0,2	1,5	4,1	7,7	12,6	18,9	27,9	38,7	55,6	75,6	102,5	135,7	195,5

Trifft der Wind die ebene Fläche nicht normal, sondern unter dem Winkel  $\alpha$ , so setzen auf Grund eigener Versuche für den normal zur Fläche sich äußernden Druck: Hutton (1788)

$$W' = W \cdot \sin \alpha \cos \alpha - 1, \quad \text{Duchemin (1842)} \quad W' = W \frac{2 \sin \alpha}{1 + \sin^2 \alpha} \quad \text{und v. Lößl (1880) [2]} \quad W' = W \sin \alpha.$$

Hierach ließe sich durch Integration auch der Winddruck auf gekrümmte Flächen ermitteln; jedoch stimmen diese Rechnungsergebnisse mit den Versuchsergebnissen nicht besonders gut überein, was Friedr. Ritter [3] damit erklärt, daß sich vor der getroffenen Fläche ein sogenannter Lufthügel, d. i. ein windstiller Raum, bildet, wodurch der Winddruck auf die gekrümmte Fläche vermindert werden kann. Die Wirkung des Windes auf gekrümmte (zylindrische und sphärische) Flächen kommt übrigens vornehmlich nur bei Dachkonstruktionen (Kuppeln [4]), zylindrischen Hochbehältern u. f. w. in Betracht. Bei Brückenüberbauten und andern aus flabförmigen Teilen zusammengesetzten Bauwerken wird in der Regel von der Formgebung der einzelnen Teile abgesehen und die in der Windrichtung sich ergebende Projektionsfläche des Bauwerks als Windanprallfläche eingeführt; doch kann bei runden Teilen wohl eine Verminderung Platz greifen. So wurden bei der Firth-of-Forth-Brücke die röhrenförmigen Druckglieder nur mit 50% ihrer Projektionsfläche in Rechnung gebracht. Im ganzen enthalten die Annahmen, wie Größe und Einwirkung des Windes auf Baukonstruktionen berücksichtigt werden, noch sehr viel Willkürliches, und man ist über den Sicherheitsgrad, den diese Annahmen bieten, in ziemlicher Ungewißheit, obwohl schon viele Ingenieure (Shaler Smith, Collingwood 1880 [5], Baker 1884/90 [6], Allen Hazen 1886 [7], Cleveland Abbe 1887 [8], T. Clayton Fidler 1887 [9], O. T. Crosby 1890 [10], S. P. Langley 1890/93 [11], Kermot 1893 [12], G. Wellner 1894 [13]) bemüht waren, entweder durch Experimente oder durch theoretische Untersuchungen hierüber Aufschluß zu erhalten. — Hinsichtlich der vorkommenden größten Winddrücke geben zunächst die Beobachtungen der meteorologischen Observatorien Anhaltspunkte. Die hierfür in Verwendung stehenden Apparate sind teils Schalenanemometer zur Messung der Windgeschwindigkeit, teils Federdruckanemometer mit Maximumzeiger zur Messung der Winddruckspannung. Letztere kann, wie sich zeigt, viel höher werden als der durchschnittliche Windgeschwindigkeit nach Angabe des Schalenanemometers entspricht. So wurde beispielsweise am Bidstone-Observatorium bei Liverpool bei einem Sturme 1870 eine Windgeschwindigkeit von 82 Meilen pro Stunde (= 36,6 m pro Sekunde) und ein Winddruck von 65 Pfund pro Quadratfuß (= 317 kg/qm), 1871 bei 79 Meilen Geschwindigkeit pro Stunde (35,3 m pro Sekunde) sogar 90 Pfund 439 kg/qm) Winddruck beobachtet. Der Formel  $W = 0,13 v^2$  (für Metermaß) würde ein viel geringerer Winddruck entsprechen, und berechnet daher die Kommission englischer Ingenieure, welche 1881 aus Anlaß des Tay-Brückeneinsturzes die Frage des Winddrucks auf Brücken beriet, aus der an Anemometern gemessenen Windgeschwindigkeit  $v$  (in Metern pro Sekunde) den dabei vorkommenden Winddruck (in Kilogramm pro Quadratmeter) nach  $W = 0,244 v^4$ .

Man hat übrigens auch aus verschiedenen Zerstörungen an Bauwerken, Umwerfen von Eisenbahnwagen u. f. w. rechnerisch auf die Größe des dabei in Tätigkeit gewesenen Winddrucks geschlossen. Solche Berechnungen sind allerdings wegen der Unbestimmtheit der Windangriffsflächen meist etwas unsicher, doch hat man beispielsweise aus dem Einsturz der Tay-Brücke einen Winddruck von 122—195 kg/qm, aus dem Abwerfen von Brückenüberbauten (Shaler Smith [5]) und aus der Demolierung von Gebäuden [14] Winddrücke von 127—290 kg/qm berechnet. Weitere Beispiele in [15]. Bauwerke in einigermaßen geschützter Lage sind aber, wenigstens in unfern Gegenden, so starken Stürmen nicht ausgesetzt. Man begnügt sich daher bei Berechnung von Hochbauten (Dachkonstruktionen u. f. w.) meist mit der Einführung eines Winddrucks von 125—150 kg/qm und nimmt allerdings dabei häufig einen Windeinfallwinkel

von etwa  $10^{\circ}$  gegen die Horizontale an, obwohl bei starken Stürmen die Luftbewegung erheblichermaßen stets parallel zur Terrainoberfläche ist.

Für Brücken empfiehlt sich mit Rücksicht auf ihre meist freie Lage eine höhere Annahme des Winddrucks. In England wurden durch den Board of Trade nach dem Einfurze der Tay-Brücke folgende Regeln aufgestellt [16]: Anzunehmender Winddruck auf den vom Winde zuerst getroffenen Träger und auf den Zug 56 Pfund pro Quadratfuß (273 kg/qm), hierzu noch Winddruck auf den zweiten Träger, und zwar mit dem  $\frac{1}{2}$ -,  $\frac{3}{4}$ - oder 1 fachen Betrage, wenn die Lücken des ersten Trägers bis  $\frac{2}{3}$ ,  $\frac{3}{4}$  oder mehr als  $\frac{3}{4}$  der Gefamtmumrißfläche ausmachen. In Deutschland, Oesterreich und ähnlich auch in andern Ländern schreiben die Brückenverordnungen vor, daß bei belasteter Brücke der Winddruck auf die Brückkonstruktion und auf den Zug mit 150 (170) kg/qm, bei unbelaßter Brücke dagegen mit 250 (270) kg/qcm anzunehmen ist. Dabei wird verlangt, daß bei durchbrochenen Trägern auch der Winddruck auf die zweite Tragwand in einem bestimmten Maße in Berücksichtigung gezogen werde. Versuche, welche die bei Brücken vorkommenden Verhältnisse näher klarlegen und insbesondere den Einfluß von hintereinander befindlichen Teilen und Tragwänden auf die Größe des gesamten Winddrucks feststellen lassen, sind bislang allerdings nur in sehr beschränktem Umfange von Shaler Smith [5] und Baker [6] anlässlich des Baues der Firth-of-Forth-Brücke ange stellt worden. Gaudard bestimmt die Angriffsfläche, welche der Wind an zwei Tragwänden findet, nach der Formel  $F \left[ 1 - \left( k \frac{f}{F} \right)^2 \right]$ , worin  $F$  die Summe der Durchbrechungen derselben und  $k$  einen Koeffizienten bezeichnet, der für kleine Durchbrechungen = 0,65, für große = 1 zu setzen wäre; jedoch ist diese Formel nicht ausreichend durch Versuche begründet. Es ist übrigens nicht bloß von dem Verhältnis der Durchbrechungen zur vollen Fläche, sondern auch von dem gegenseitigen Abstande der hintereinander befindlichen Teile (Tragwände) abhängig, wie viel davon als vom Winde getroffen angenommen werden muß ([3], S. 210). So viel steht wohl fest, daß die jetzt üblichen Annahmen über die Größe des Winddrucks ein reichliches Maß von Sicherheit in sich einschließen, denn es unterliegt keinem Zweifel, daß Flächen von größerer Ausdehnung auch bei den stärksten Stürmen niemals gleichzeitig an allen Stellen von dem großen Drucke getroffen werden. Von den beiden von Baker bei der Forth-Brücke aufgestellten fehlregistrierenden Anemometern, von welchen das eine eine Drucktafel von 0,14 qm, das andre eine solche von 27,9 qm befab, zeigte die große Drucktafel stets einen um etwa ein Drittel bis um die Hälfte kleineren Winddruck an als die kleine Drucktafel. Es dürfte dieser Umstand eine etwas vermindernde Annahme hinsichtlich der Größe des Winddrucks bei Brücken von sehr großer Spannweite als zulässig erscheinen lassen.

Literatur: [1] Report of Board of Engineer Officers as to maximum span practicable for suspension bridges; Appendix C., Wind pressures by Cap. W. H. Bixby, Washington 1894. — [2] Zeitschr. d. Oesterr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1881. — [3] Zeitschr. f. Luftschiffahrt und Physik der Atmosphäre 1897. — [4] Landsberg, Zentralbl. d. Bauverw. 1898, S. 297. — [5] Transactions Am. Soc. Civil Engineers 1881 und 1890. — [6] Engineering 1890; Firth-of-Forth-Brücke, Zeitschr. d. Oesterr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1884. — [7] Am. Journal of Science 1887, S. 241—248. — [8] Annual Report Secretary of War 1887. — [9] Clayton Fidler, Practical Treatise on Bridge Constr., London 1887. — [10] Engineering 1890. — [11] Smithsonian Contributions, Nr. 801 und 884. — [12] Engineering Record 1894. — [13] Zeitschr. d. Oesterr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1897. — [14] Deutsche Bauztg. 1870, S. 3. — [15] Winkler, E., Brückenbau; Die Querkonstruktionen eiserner Brücken, 2. Aufl., S. 310, Wien 1884. — [16] Wochenschr. d. Oesterr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1881, S. 218. — [17] Löbl, F. v., Die Luftwiderstandsge setze, Wien 1896. — Melan.

### Windeisen (Wendeisen), f. Gewindeherstellung.

**Windeluken**, Dachluke zur Auslegung und Führung eines Windefeils behufs Aufziehens von Lasten auf den Speicherraum (s. die Figur).

Weinbrenner.



Vom Abtsfall des Klosters St. Georgen in Villingen.

**Winden** sind Vorrichtungen zum Heben oder zum Transport von Lasten in wagerechter oder geneigter Ebene, welche die Last entweder unmittelbar durch einen ihrer Teile oder unter Vermittlung eines besonderen Tragorganes (Seil, Kette u. dergl.), das sich auf eine Trommel aufwickelt, erfassen. Zur ersten Art, welche meist transportabel, also nicht ortsfest sind, gehören die Zahntangengewinden, Schrauben- und hydraulischen Winden, zur zweiten Gattung die Räderwinden, die in der Regel ortsfest angebracht werden.

Die Zahntangengewinden (Fig. 1), gewöhnlich Wagenwinden genannt, bestehen aus einem hölzernen, mit Eisenbändern armierten oder ganz in Eisenblech ausgeführten länglichen Kästen von rechteckigem Querschnitt, in dem sich eine kräftige Zahntange führt, die am oberen Ende mit einer drehbaren Klaue, am unteren aber mit einer seitlich aus dem Gehäuse hervorragenden Pratze versehen ist, so daß die Last, je nach ihrer Lage und Beschaffenheit, an verschiedenen Punkten gefäßt werden kann. Die Zahntange wird unter Vermittlung eines mehrfachen Rädervorgeleges durch Handkurbel bewegt, und beträgt die einmalige, durch die Länge der Zahntange bestimmte Hubhöhe 330—400 mm; diese Winden werden für 3000—20000 kg Last gebaut.

Im allgemeinen ist das Rädergetriebe dieser Winden nicht selbstoppend und findet daher Sperrrad und Sperrkegel erforderlich, um die Last in bestimmter Stellung festzuhalten zu können. Um diesen Uebelstand zu vermeiden, hat man das erste Stirnradvorgelege durch ein Wurmgetriebe ersetzt, wodurch die Winde selbstoppend wird. — Da die gewöhnliche Kurbel der Winde ohne Wurmgetriebe bei unachtsamer Bedienung des Sperrkegels oder bei unachtsamem Niederlassen der Last leicht zu oft fehlerhaften Unfällen Anlaß gibt, so versehen die Gebr. Dickermann in Bielefeld ihre Wagenwinden mit einer Sicherheitskurbel (Fig. 2). Bei der Ausführung der Wagenwinden wird auf möglichst geringes Gewicht derselben geachtet, um die Winde leicht transportieren zu können.

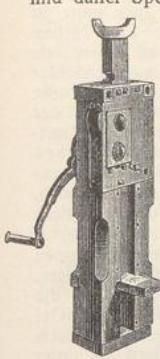


Fig. 1.

Die Schraubenwinden (Fig. 3) bestehen aus einem in Schmiedeeisen, Stahlguß oder Gußeisen (selten Holz) ausgeführten zylindrisch oder dreieckig ausgebildeten Gehäuse, in dessen oberem Teil das Gewinde für eine flachgängige Schraubenspindel eingeschnitten ist, die am oberen Ende eine Klaue zur Aufnahme der Last trägt. Unmittelbar unter dieser Klaue ist ein doppelseitiges Sperrrad auf die Spindel aufgekeilt, in welches der Sperrkegel eines Ratschhebels eingreift, mit dessen Hilfe die Spindel gedreht, die Last also gehoben oder gesenkt werden kann. — Statt des erwähnten Sperrrades bildet man auch den entsprechenden Teil der Spindel zu einem kugel- oder bundförmigen Kopf aus, der mit vier zur Längssache der Spindel rechtwinkligen Bohrungen versehen ist, in welche zum Drehen der Spindel dienende Stangen eingefügt werden können. — Diese Winden



Fig. 3.

zeichnen sich durch ihre Handlichkeit und durch die Selbsthemmung aus, haben aber nur geringen Hub von 120–400 mm und werden bis 20000 kg Tragkraft gebaut. Sie eignen sich vermöge ihrer Bauart zum Heben umfangreicher, an mehreren

Punkten zu unterstützenden Lasten, die gleichmäßig zu heben sind, und werden daher vielfach bei Aufstellung von Brückenkonstruktionen u. dergl. verwendet. Schraubenwinden mit sehr geringem Hub werden auch vielfach zum Ausrichten von Werkstücken auf Werkzeugmaschinen benutzt und erhalten dann einen Kopf mit Kugelbewegung.

Die Schraubenwinden werden nicht selten als sogenannte Schlittenwinden (Fig. 4) ausgeführt, indem das Windengehäuse auf einen mit geeigneten Führungen versehenen Schlitten gesetzt wird, in dessen Längsrichtung es mit Hilfe einer Schraubenspindel, die ihre Mutter im Gehäusefuß findet, verschoben werden kann. Die angehobene Last kann hiermit seitlich verschoben werden, was bei manchen Aufstellungsarbeiten von großem Nutzen ist. — Zobel, Neubert & Co. in Schmal kalden bauen Schraubenwinden mit Antrieb durch Rädervorgelege oder auch Differential-schraubenwinden mit Doppeldrehung für Spindel und Mutter [1].

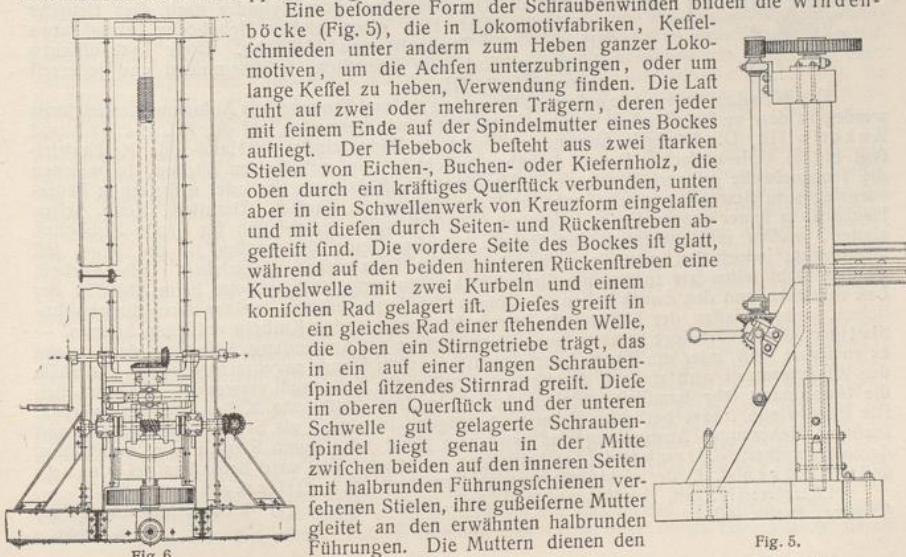


Fig. 4.

Eine besondere Form der Schraubenwinden bilden die Windenböcke (Fig. 5), die in Lokomotivfabriken, Kesselfräsmaschinen unter anderm zum Heben ganzer Lokomotiven, um die Achsen unterzubringen, oder um lange Kessel zu heben, Verwendung finden. Die Last ruht auf zwei oder mehreren Trägern, deren jeder mit seinem Ende auf der Spindelmutter eines Bockes aufliegt. Der Hebebock besteht aus zwei starken Stielen aus Eichen-, Buchen- oder Kiefernholz, die oben durch ein kräftiges Querstück verbunden, unten aber in ein Schwellenwerk von Kreuzform eingelassen und mit diesem durch Seiten- und Rückenstreben abgesteift sind. Die vordere Seite des Bockes ist glatt, während auf den beiden hinteren Rückenstreben eine Kurbelwelle mit zwei Kurbeln und einem konischen Rad gelagert ist. Dieses greift in ein gleiches Rad einer stehenden Welle, die oben ein Stirngetriebe trägt, das in ein auf einer langen Schraubenspindel sitzendes Stirnrad greift. Diese im oberen Querstück und der unteren Schwelle gut gelagerte Schraubenspindel liegt genau in der Mitte zwischen beiden auf den inneren Seiten mit halbrunden Führungsschienen versehenen Stielen, ihre gußeiserne Mutter gleitet an den erwähnten halbrunden Führungen. Die Muttern dienen den

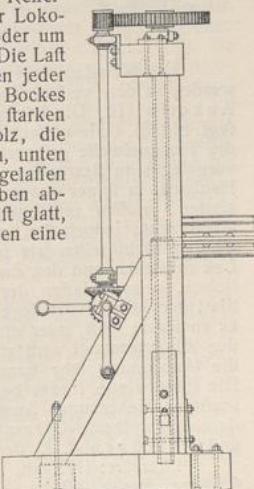


Fig. 5.

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

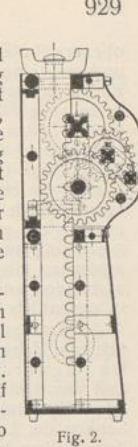


Fig. 2.

obenerwähnten Lafträgern als Auflager. Jeder Bock ist für etwa 12 500 kg Tragkraft gebaut und hat eine freie Hubhöhe von 1750 mm. Die Entfernung der beiden zufammengehörenden Böcke beträgt in Lokomotivwerkstätten etwa 3,5 m. — Diese Hebeböcke werden auch ganz in Eisen ausgeführt, indem für alle Konstruktionsteile I-Träger verwendet werden. Zum Heben großer Lasten haben am Windwerk jeden Bocks 2—4 Männer zu arbeiten, es sind daher, da zum Heben einer Lokomotive vier Böcke nötig sind, 8—16 Männer erforderlich. Das Werdohler Stanz- und Dampfhammerwerk von Ad. Schleifinger baut daher Hebeböcke (Fig. 6), die sowohl für Hand- als auch für elektrischen Betrieb eingerichtet sind. Beim Handbetrieb, der hauptsächlich zum gleichmäßigen Einstellen der Lafträger an die Last dient, findet die Kraftübertragung zunächst durch konische Räder statt, die, wenn der elektrische Antrieb in Tätigkeit treten soll, ausgeschaltet und durch ein Schneckenradvorgelege ersetzt werden. Die Schneckenachsen an allen vier Böcken werden dann in geeigneter Weise durch Teleskopwellen u. dergl. verbunden und an einen Elektromotor angeschlossen. Die Arbeit des Hebens erfolgt natürlich in wesentlich kürzerer Zeit und mit nur zwei Mann [2].

Transportable **hydraulische Winden** sind im wesentlichen hydraulische Prellen und eignen sich zum Heben sehr großer Lasten, haben aber nur geringe Hubhöhe. Fig. 7 zeigt eine besondere, Daumenkraft genannte Art dieser Prellen, mit sehr kurzem Preßzylinder, dessen Kolben die Last unmittelbar aufnimmt. Seitlich vom Zylinder sitzt der Behälter für die Druckflüssigkeit (Öl oder Glyzerin), in dem sich das kleine, mittels Handhebel bewegte Pumpwerk befindet. Beim Senken der Last wird durch Öffnen eines Umlaufventils der Druck abgestellt, und die unter dem Kolben befindliche Flüssigkeit geht in den Behälter zurück. — Das Grusonwerk baut derartige Daumenkräfte mit 150 mm Kolbendurchmesser, 180 mm Hub für etwa 70 000 kg Belastung, mit einem Arbeitsdruck von 400 Atmosphären. Die Gefamthöhe des Apparates bei gesenktem Kolben beträgt ca. 340 mm. — Der **hydraulische Hebebock** desselben Werkes besteht aus dem feststehenden Kolben, auf dem der durch Ledermanchette abgedichtete Zylinder sich führt, dessen kastenförmig gestalteter Kopf als Behälter für die Druckflüssigkeit dient und ein durch

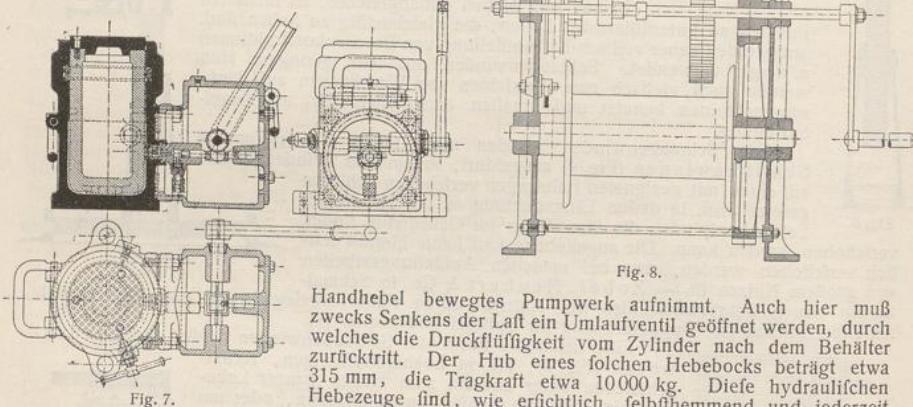


Fig. 8.

Handhebel bewegtes Pumpwerk aufnimmt. Auch hier muß zwecks Senkens der Last ein Umlaufventil geöffnet werden, durch welches die Druckflüssigkeit vom Zylinder nach dem Behälter zurücktritt. Der Hub eines solchen Hebebocks beträgt etwa 315 mm, die Tragkraft etwa 10 000 kg. Diese hydraulischen Hebezeuge sind, wie ersichtlich, selbsthemmend und jederzeit gebrauchsfertig [1].

Die Winden mit besonderem Tragorgan und Trommel zur Aufnahme des letzteren werden in den verschiedensten Formen ausgeführt; wir verweisen auf die Art. Hafspel und Ankerpille. Die häufigste Anwendung findet die **Räderwinde** mit Hand- oder Kraftantrieb (vgl. Fig. 8). Die einfachste Bauart derselben besteht in zwei gußeisernen Böcken, in welchen die Trommelwelle gelagert ist, die durch Handkurbel mittels einfachen oder mehrfachen Rädervorgeleges in Bewegung gesetzt wird und das Tragorgan (Hanfseil, Drahtseil, Kette, selten Hanfgurt) in feiner ganzen Länge aufnimmt. Diese Winden, welche sich für große Hubhöhen eignen, müssen mit Sperrzeug und Bremse versehen sein; sie werden in der Regel fest angebracht, jedoch hat man sie auch fahrbahr (für Bauzwecke) eingerichtet. Die Kurbeln werden nicht selten als sogenannte Sicherheitskurbeln ausgeführt, welche beim Ablassen der Last stillstehen und den Zweck haben, diejenigen Unfälle zu verhindern, welche durch die gewöhnlichen, beim Ablassen der Last mittels Bremse frei umlaufenden Kurbeln entstehen können. — Statt der Stirnradvorgelege kommen auch Wurzelgetriebe zur Anwendung, besonders dann, wenn es an Raum fehlt, oder die Winde beispielsweise an einer Mauer angebracht wird. — An Stelle der Windetrommel wird vielfach das Kettenrad oder die Kettennuß verwendet, wodurch sich die Anordnung sehr handlich gestaltet, jedoch müssen kalibrierte Ketten benutzt werden. Die Räderwinde findet bei allen Kranen, Aufzügen, hier meist als Schneckenradwinde, und sonstigen Hebezeugen Anwendung und wird von Hand oder durch Riemen oder unmittelbar durch Dampfkraft (d. Dampfwinde) betrieben, in neuerer Zeit wird besonders bei Kranen und Aufzügen (s. d.) der elektrische Antrieb bevorzugt. S. a. Differentialwinde.

Literatur: [1] Ernst, Die Hebezeuge, 4. Aufl., Berlin 1903. — [2] Gewerbl. techn. Ratgeber, 4. Jahrg., Berlin 1905.

K. Specht.

**Winderhitzer, Windformen, f. Roheisen.**

**Windfang**, mit Pendeltüren, Vorhängen oder dergl. abgeschlossener Raum in der Nähe der Eingangstüren, mit dem Zweck, den Zugwind oder die Kälte beim Öffnen der Türe vom Innern des Gebäudes abzuhalten.

Diefer Raum, meist von gestemmten Täferungen eingeschlossen, darf nicht zu eng sein, damit die Türen weit genug voneinander liegen und vermieden wird, daß diese gleichzeitig geöffnet sind. Der Windfang findet Anwendung an Kirchen und Eingängen von öffentlichen Gebäuden, an Wirtschaften, Kaufläden u. dergl. — Ueber Windfangtüren beschläge f. [5].

Literatur: [1] Handbuch der Architektur, 3. Teil, Halbbd. 3, 1. Heft, Stuttgart, H. Koch, Konstruktion des inneren Ausbaus, 11. Kap., Schaufenster. — [2] Cremer und Wolfenstein, Der innere Ausbau, 3. Abt., Laden- und Geschäftseinrichtungen, Berlin. — [3] Das Schaufenster, Ausführte moderne Schaufensteranlagen, Wien 1906. — [4] Krauth, Th., Das Schreinerbuch, Leipzig 1890, Bd. 1, S. 117. — [5] Hoch, Technologie der Schlosserei, Leipzig 1899. *Weinbrenner*.

**Windform** an Kupolöfen, f. Oefen für technische Zwecke; an Hochöfen, f. Roheisen, Bd. 7, S. 455; an Beßemerbirnen, f. Flußeisen, Bd. 4, S. 112.

**Windhaube**, drehbare Haube auf einem Schornstein oder einem Luftabzug, f. Lüftung, Bd. 6, S. 234.

**Windkessel**, f. Feuerspritze, Bd. 3, S. 772, und Pumpen.

**Windlatte** (Windrute, Windsparren, Sturmlatte, Schwertlatte), schräg über die Sparren geführte starke Latte, entweder festgenagelt oder eingelassen, um, wenn keine Bugversteifung vorhanden, den Längsverband des Dachstuhls zu sichern und gegen den Windschub zu wirken. *Weinbrenner*.

**Windmotoren**, f. Windräder.

**Windmühle**, durch Wind getriebene Getreidemühle allereinfachster Einrichtung. Entweder ist die ganze Windmühle (Bockwindmühle) oder ihr oberer Teil mit den Flügeln des Windmotors (holländische Windmühle) um eine senkrechte Achse drehbar. — Vgl. a. Windräder. *Arndt*.

**Windofen**, f. Brikettieren, Bd. 2, S. 300.

**Windpfeifen**, f. Eifengießerei, Bd. 3, S. 364.

**Windräder**, Schaufel- oder Flügelräder, dienen dazu, den natürlichen Luftströmungen oder Winden einen Teil ihrer lebendigen Kraft zu entziehen und zur Verrichtung mechanischer Arbeiten nutzbar zu machen.

**Schaufelräder.** Wird ein gewöhnliches Schaufelrad dem Winde, d. h. einem Luftstrom ausgesetzt, der es ganz umgibt, so drückt dieser zu beiden Seiten der Radachse gleich stark auf die Schaufeln und verursacht keine Umdrehung des Rades. Um diese zu veranlassen, muß entweder das Rad auf der einen Seite der Achse durch einen Schirm oder Mantel vor dem Winde geschützt werden (vgl. D.R.P. Nr. 82212) oder man muß die Schaufeln so einrichten, daß sie auf der einen Seite der Radachse dem Winde ihre Breite, auf der andern Seite aber nur ihre geringe Dicke zukehren, indem man sie entweder zu selbftätigen Klappenventilen ausgestaltet oder zwangsläufig um eine in der Radebene liegende Achse dreht. Man kann auch den Wind durch ein das Windrad umschließendes Leitshaufelrad so von seiner natürlichen Richtung ablenken, wie dies mit dem Aufschlagwaffer einer partial von außen beaufschlagten Radialturbine durch den Leitshaufelapparat geschieht, und auch die Schaufeln des Windrades dementsprechend krümmen. Man erhält alsdann eine sogenannte Windturbine ([1], S. 467). Da der Windstoß gegen eine hohle Fläche größer ist als gegen eine gleich große erhabene Fläche, so dreht sich ein Rad mit Schaufeln, die Hohlkegel oder hohle Halbkugeln bilden, ohne weiteres im Winde, indem die Schaufeln auf der einen Seite der Radachse dem Winde ihre hohle, auf der andern Seite ihre erhabene Fläche zukehren. Wenn es sich nur um geringe Leistungen handelt, sieht man solche Räder, die man Panemoren nennt, manchmal angewendet ([1], S. 467). Um Schaufelräder nicht nach der Windrichtung verstellt zu müssen, ordnet man ihre Achse senkrecht an, so daß sie in einer Horizontalalebene umlaufen (horizontale Windräder). Bei den auf einer Seite durch einen Schirm vor dem Winde geschützten Rädern kann alsdann die Verstellung des Schirms leicht durch eine Windfahne geschehen (D.R.P. Nr. 82212); vgl. a. D.R.P. Nr. 1229, 2571, 5939, 6753, 7280, 7358, 8158, 8475, 9659, 9690, 11864, 12278, 12316, 12667, 13114, 13774, 14971, 15746, 16232, 17753, 19869, 20610, 42027, 42680, 45134, 45913, 46239, 90607.

**Flügelräder.** Horizontale Windräder haben sich den nach dem gleichen Prinzip wie die Schiffsschraube konstruierten Flügelräder gegenüber wenig bewährt, weil sie dem Winde eine verhältnismäßig viel kleinere wirksame Stoßfläche darbieten und daher nur etwa den vierten Teil soviel leisten, als gleichgroße Flügelräder. Die Flügelräder älterer Konstruktion haben nur vier, seltener fünf oder sechs Flügel an einer um etwa  $10^{\circ}$  gegen den Horizont geneigten hölzernen oder besser eisernen Welle. Man gibt ihr diese Neigung, damit die Flügel unterhalb in der nötigen Entfernung von dem Gebäude, worauf die Welle gelagert ist, umlaufen und sie sicherer in ihren beiden Lagern ruht, wovon das eine, welches das Rad hauptsächlich trägt, den bei hölzernen Wellen 0,5—0,6 m, bei eisernen 0,15—0,25 m dicken, abgedrehten Hals hinter dem Wellenkopfe, das andre einen Stützzapfen am Wellenende umschließt. Die Windflügel bestehen aus den durch den Wellenkopf gefleckten oder durch eine Rofette daran

befestigten Windruten, die etwa 10 m lange Arme bilden, wovon jeder einen Flügel trägt. Zunächst der Welle haben sie einen Querschnitt von etwa 0,30 auf 0,24 m, an den Enden aber nur 0,15 auf 0,12. Zur Bildung des Flügels werden hölzerne Sprossen so durch die Rute gesteckt, daß die innerste um 1:7 bis 1:6 der Armlänge von der Radmitte und die Sprossen unter sich je 0,4—0,5 m voneinander abstehen. Sie erhalten eine Neigung zur Umdrehungsebene, die am besten bei den innersten Sprossen etwa 28° beträgt und nach außen allmählich bis zu etwa 7° abnimmt, so daß der Flügel einer Schraubenfläche ähnlich gewunden erscheint. Ebenen Flügeln gibt man eine Neigung von 12—18°. Die Länge der äußeren Sprossen beträgt 1:5 bis 1:4, die der innersten 1:7 bis 1:6 der Armlänge. Die gesamte Flügelfläche beträgt bei vier Flügeln etwa 1:4, bei fünf Flügeln etwa 1:3 der Radfläche. Auf der dem Winde zugekehrten Seite läßt man die Sprossen um ein bis zwei Fünftel der ganzen Flügelbreite aus der Rute ragen. Diese kürzeren Enden werden mit dem Windbrette, die gegenüberliegenden, durch eine Saumplatte miteinander verbunden, mit Windtüren oder Segeltuch bedeckt. Soll das Rad dem Winde einen möglichst großen Teil seiner lebendigen Kraft entziehen, so muß seine Welle in die Windrichtung, also die Radebene möglichst senkrecht dazu gestellt werden. Trifft der Wind schräger auf diese, so ist seine Leistung geringer, und wenn die Radebene in die Windrichtung fällt, hört feine drehende Wirkung auf. Wegen der Veränderlichkeit der Windrichtung muß daher das Flügelrad um eine vertikale Achse drehbar sein. Die unter den Namen Bockwindmühlen und holländische Windmühlen bekannten Konstruktionen f. [1], S. 470, 472, 479; [2], S. 632, 634, 636 und D.R.P. Nr. 9750, 37497, 82558. — Eine Vorrichtung, die bewirkt, daß dem Winde stets ein möglichst großer Teil seiner Kraft entzogen wird, wie man sie bei den holländischen Windmühlen angewendet findet, ist, wenn nicht noch andre Vorrichtungen zur Kraftregulierung vorhanden sind, bei übermäßigem Winde unzweckmäßig, weil eine übermäßige Umdrehungsgeschwindigkeit des Windrades alsdann nur durch Bremsen hintangehalten werden kann, was starke Abnutzung, Erhitzung durch Reibung und bei Holzkonstruktion Feuersgefahr zur Folge hat. — Außer durch Bremsen und Drehen der Hauptwelle aus der Windrichtung von Hand erfolgt die Kraftregulierung bei Flügelrädern älterer Art durch Veränderung der Flügelbedeckung. Bei der Bedeckung mit Segeltuch läßt sich diese

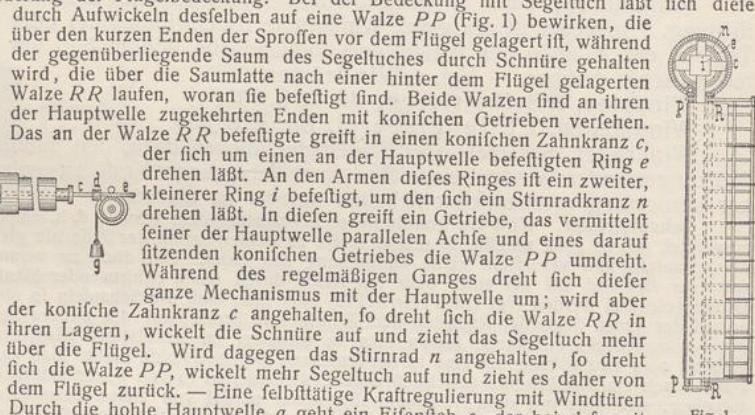


Fig. 1.

der konische Zahnrang *c* angehalten, so dreht sich die Walze *RR* in ihren Lagern,wickelt die Schnüre auf und zieht das Segeltuch mehr über die Flügel. Wird dagegen das Stirnrad *n* angehalten, so dreht sich die Walze *PP*,wickelt mehr Segeltuch auf und zieht es daher von dem Flügel zurück. — Eine selbstdämmige Kraftregulierung mit Windtüren zeigt Fig. 2. Durch die hohle Hauptwelle *a* geht ein Eisenstab *c*, der bei *d* so mit einer Zahnstange *e* verkuppelt ist, daß beide sich gleichzeitig der Länge nach verschieben müssen, die Drehung von *c* aber nicht auf *e* übertragen wird. Das Gewicht *g* strebt beide nach links zu schieben und vermittelt das Hebelwerk *i k l* die Windtüren *mm* zu schließen, während der Wind sie aufzudrücken strebt. Wird die Windgeschwindigkeit größer als die normale, so öffnen sich die Windtüren je nach dem Übermaße des Windes mehr oder weniger, so daß die Wirkung des Windes auf das Rad nahezu die gleiche bleibt; mit dem vom Rade zu überwindenden Widerstande aber ändert sich seine Geschwindigkeit. — Die in neuerer Zeit von Kirchweier ganz aus Eisen konstruierten Windräder (Fig. 3) haben fünf ebene, um radial zur Hauptwelle gefaltete Achsen *b* drehbare Flügel *c*. Die Hauptwelle ist in einer Kuppel *d* gelagert, die wie eine Drehscheibe mit Rollen auf einer hohlen Säule *e* umläuft und durch eine dem Windrade gegenüberstehende Windfahne *f* so gedreht wird, daß die Hauptwelle immer wieder in die Windrichtung zu liegen kommt. Jeder Flügel ist an seinem der Hauptwelle zugekehrten Ende mit einem Hebelarme *g* versehen, der durch eine Schubstange *i* mit der Rofette *k* verbunden ist, die auf einer durch die hohle Hauptwelle gehenden Stange sitzt. Diese dreht sich in dem an ihrem andern Ende durch zwei Bundringe gehaltenen Gleitstück *n*, woran eine über eine feste Rolle gehende Kette befestigt ist, die das Gewicht *p* trägt. Das Gewicht *p* strebt die Rofette *k* nach der Hauptwelle

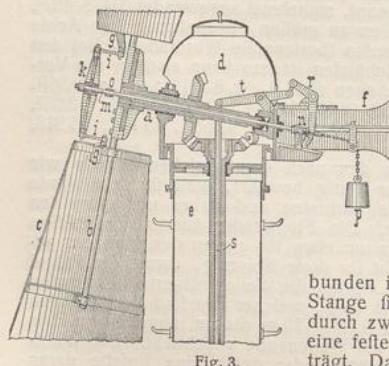


Fig. 2.

Fig. 3. A detailed technical drawing of a windmill's main shaft assembly. It shows a vertical shaft with a wheel RR at the top, followed by a gear PP, a ring c, and a ring e. A belt connects the wheel RR and the gear PP. A small weight g hangs from the gear PP. Below the gear PP is a ring n. The main shaft is labeled P. The drawing shows how the gear PP rotates to move a lever system (i k l) which closes wind doors (mm). The assembly is mounted on a central hub (d) which is supported by a bearing (e). The hub is connected to a wind vane (f) which is used to turn the entire assembly into the wind. The flaps (c) are shown in an open position. The drawing is highly detailed, showing various mechanical components like bearings, gears, and linkages.

hinzuziehen, bis der Stellring  $o$  auf der Stange  $m$  an die Hauptwelle stößt und die Windflügel den für die Kraftaufnahme vorteilhaftesten Winkel von etwa  $75^\circ$  mit der Windrichtung bilden. Wird jedoch vermittelt der Zugflange  $s$ , des Hebels  $t$  und des Winkelhebels  $r$  das Gleitstück  $n$  und damit die Stange  $m$  nach links geschoben, so wird der Stoßwinkel und folglich auch die Wirkung des Windes auf das Rad kleiner, und wenn die Zugstange  $s$  so weit herabgezogen wird, daß die Flügel dadurch in die Windrichtung gefestigt werden, wirkt der Wind nicht mehr drehend auf das Rad; vgl. [1], S. 469, 481; [2], S. 638, 639. — Die amerikanischen Windräder, die man vorzugsweise Windmotoren nennt, unterscheiden sich von den bisher besprochenen durch eine bedeutend größere Zahl entsprechend kleinerer Flügel, die in einer mit der Hauptwelle konzentrischen Ringfläche radial nach Art von Jalousien angeordnet sind. Der innere Durchmesser dieser Ringfläche ist etwa 1:3 des Rad-durchmessers, die gesamte Flügelfläche etwa 4:5 der Radfläche. Infolgedessen werden die Raddurchmesser nur 1:2 bis 2:3 mal so groß als bei ebenso leistungsfähigen Rädern älterer Art. Die Flügel bestehen nur aus dünnen Brettchen, und dementsprechend können auch alle andern Teile der Maschine viel leichter konstruiert werden, was bedeutend geringere Kraftverluste durch Reibung zur Folge hat, so daß amerikanische Windräder noch bei schwächerem Winde funktionieren, als solche älterer Art. Die Einstellung und die Kraftregulierung erfolgen bei den amerikanischen Windrädern stets selbsttätig, letztere aber nach drei verschiedenen Systemen. Bei dem Eklipfeystem bildet das Rad ein in sich festes Ganzes, das bei übermäßiger Windstärke mehr und mehr aus der Stellung senkrecht zu der Windrichtung herausgedreht wird. Die selbsttätige Regulierungsvorrichtung der Eklipfeystem besteht also, wie die früher beschriebenen älteren Art, konstante Leistung, nicht aber konstante Umdrehungszahl derselben; vgl. [6], S. 720; [9] D.R.P. Nr. 40672 und 80642. Bei dem Ultra-Standard-Syste (Fig. 4)

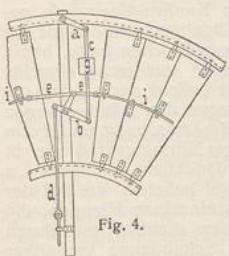


Fig. 4.

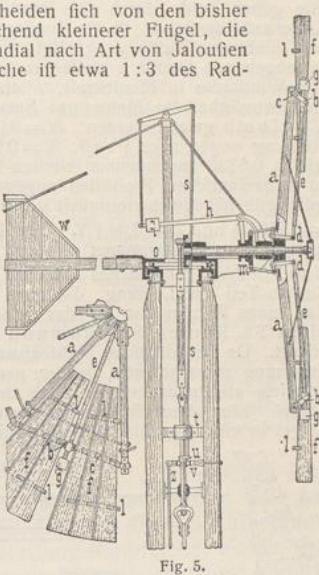


Fig. 5.

finden die Flügel um je zwei in einer radialen Achse liegende Stifte nach Art von Jalousien drehbar. Diese Stifte sind auf zwei konzentrischen Ringen gelagert. Die Stellung der Flügel gegen die Radfläche wird durch ein System von Gewichten  $g$  geregelt, die vermittelst der einarmigen Hebel  $a$ , der dreiarmigen Hebel  $b$  und der Verbindungsflangen  $c$  an den Radarmen aufgehängt sind. Die gegenüberliegenden Arme der Hebel  $b$  sind durch Zugflangen  $d$ , Winkelhebel und eine auf der Hauptwelle verschiebbare Muffe  $f$  miteinander verbunden, daß die Gewichte  $g$  im ruhenden Zustande einander das Gleichgewicht halten. Die dritten Arme der Hebel  $b$  bewegen vermittelst Gelenkflangen  $e$  eine über dem Mitten der Flügel liegende und durch Scharniere mit deren vorderen Kanten verbundene gebogene Stange  $i$ . Solange die Umdrehungszahl des Windrades die normale nicht übersteigt, wird die auf der Hauptwelle verschiebbare Muffe durch ein vermittelst eines Winkelhebels auf sie wirkendes Gegengewicht in solcher Stellung gehalten, daß die auf die beschriebene Weise mit ihr verbundenen Flügel die für die Kraftaufnahme vorteilhafteste Neigung zur Radebene haben. Wird aber die Umdrehungszahl infolge stärkeren Windes oder geringeren Widerstandes größer, so überwindet die Zentrifugalkraft der Gewichte  $g$  das Gegengewicht, ersteren bewegen sich und die Hebel  $a$  und  $b$  nach dem Radumfang hin und drehen die Windflügel mehr in die Windrichtung. Diese Vorrichtung ist also ein Zentrifugalregulator zur Erhaltung konstanter Geschwindigkeit und ist daher den seither beschriebenen Regulierungsvorrichtungen vorzuziehen. Dem Eklipfeystem gegenüber bietet sie aber auch noch den Vorteil, daß sie bei der Regulierung viel geringere Mäffen zu bewegen und viel geringere Reibungswiderstände zu überwinden hat, weshalb sie pünktlicher und weniger stoßweise funktioniert; vgl. [6], S. 723 (D.R.P. Nr. 10617). — Das System Haladay (Fig. 5) hat wohl deshalb die größte Verbreitung gefunden, weil es mit den soeben genannten Vorteilen des Ultra-Standard-Systems noch den verbindet, daß das Windrad weniger Scharniere enthält und daher dauerhafter ist als bei diesem. Hier sind nämlich die zwischen je zwei benachbarten Radspeichen  $a$  liegenden Flügel  $f$  durch eine Achse  $c$  und Querleisten  $l$  fest miteinander verbunden. Jedes der so gebildeten Radsegmente ist um die Achse  $c$  drehbar, die den vom Radmittelpunkte aus beschriebenen, durch den Schwerpunkt des Segmentes gehenden Kreis tangiert. Die Achsen sind auf den Radarmen gelagert und bilden zusammen ein regelmäßiges Viereck. In der Mitte jeder dieser Achsen  $c$ , wo die Flügel einen entsprechenden Zwischenraum freilassen, ist ein Hebel an ihr befestigt. Dieser ist durch eine Stange  $e$ , die ein Gewicht  $g$  trägt, mit dem einen Arme eines an der Radnabe gelagerten Winkelhebels  $d$  verbunden, dessen anderer Arm vermittelst einer Schubstange eine auf der Hauptwelle verschiebbare Muffe  $m$  erfaßt. Solange die Umdrehungszahl des Windrades die normale nicht übersteigt, erhält ein auf einem Winkelhebel  $h$  sitzendes Gegengewicht  $q$  diese Muffe in einer solchen Lage, daß die Radsegmente zur Hauptwelle senkrecht stehen; bei größerer Umdrehungszahl aber erlangt die Zentrifugalkraft der Gewichte  $g$  die Oberhand, zieht die Stangen  $e$

nach außen und dreht vermittelst des Hebels *b* die Radsegmente um die Achse *c* in die Windrichtung. Durch Ziehen an der Stange *s* kann man auch das Gewicht *q* jederzeit von Hand heben und die Radsegmente in die Windrichtung drehen, um die Maschine abzustellen. Damit der Wind, wenn er umschlägt, die Hauptwelle in seine neue Richtung dreht, ist die Drehscheibe *o*, worauf die Hauptwelle gelagert ist, dem Windrade gegenüber mit einer Windfahne *w* versehen, die diesem das Gleichgewicht hält. Die Zugstange *s* und der obere Teil des Pumpengestänges, welches hier von dem Windrade betrieben wird, drehen sich mit der Drehscheibe. Sie gehen beide durch eine Randscheibe, die sich mit ihnen in einem festen Lager *t* dreht. Unterhalb desselben ist die Zugstange in einer sich mitdrehenden, auf dem Pumpengestänge verschiebbaren Muffe *u* befestigt, die durch einen Gabelhebel *v* und die zum Arbeiterstande herabgehende Stange *z* niedergezogen werden kann. Berechnung: Bezeichnet *N* die Leistung des Windrades in Pferdekraft, *F* die gesamte Flügelfläche in Quadratmeter und *v* die Windgeschwindigkeit in Meter pro Sekunde, so kann für Windräder älterer Konstruktion nach Coulomb gefestzt werden:  $N = 0,0004 F v^3$  und für amerikanische Windräder der geringeren Reibung wegen nach Preß:  $N = 0,0005 F v^3$ , oder, da hier  $F = 0,8$  der Radfläche  $d^2 \pi : 4$ , also gleich  $0,63 d^2$  angenommen werden kann,  $N = 0,0005 \cdot 0,63 d^2 \cdot v^3 = 0,000315 d^2 v^3$ . — Bei den in amerikanischen Preislisten angegebenen Leistungen der Windräder ist die für den Betrieb günstigste Windgeschwindigkeit von 7 m vorausgesetzt, woraus sich ergibt:  $N = 0,000315 \cdot 343 d^2 = 0,108 d^2$  und  $d = 3,04 \sqrt{N}$ . Für Deutschland kann aber die mittlere Windgeschwindigkeit nur zu 4 m angenommen werden, wofür man erhält:  $N = 0,000315 \cdot 64 d^2 = 0,020 d^2$  und  $d = 7,07 \sqrt{N}$ . Ein solches Windrad ergibt also in unfrer Gegend durchschnittlich nur den fünften Teil der Leistung, die man in amerikanischen Preislisten angegeben findet. Bei dem Bau eines Windmotors für das Schiff „Gauß“ der deutschen Südpolarexpedition hat sich die Firma Th. Reuter & Schumann in Kiel wieder mehr der älteren Konstruktionsweise genähert. Da der dänische Mühlbauer Soerenen an einem zehnflügeligen Windmotor die Erfahrung gemacht hatte, daß er, nachdem ein Sturm vier Flügel herausgebrochen hatte, besser arbeitete als zuvor, erhielt auch der Windmotor für das Schiff „Gauß“ nur sechs einzelne Flügel. Eine ebenfalls von Soerenen herrührende Eigentümlichkeit besteht darin, daß die Flügel in einer Kegelfläche gestellt und gegen die Enden hin etwas gegen den Wind gebogen sind (Fig. 6, A). Daß durch diese Anordnung und Form der Flügel ein befonders günstiger Wirkungsgrad erreicht wird, ist durch Versuche des dänischen Professors La Cour nachgewiesen. Die Flügel bestehen wie bei der älteren Konstruktion (Fig. 2) aus einzelnen Klappen, die um peripherisch gelagerte Achsen drehbar und durch eine vor dem Flügel liegende Schubstange verstellbar sind; doch liegen die Achsen hier nicht in, sondern hinter den Klappen. Fig. 6, B zeigt einen Querschnitt durch einen Flügel, Fig. 6, C die relative Lage von Achse, Klappe, Schubstange und ihren Verbindungsstellen bei eingerückten Klappen, Fig. 6, D deren relative Lage bei ausgerückten Klappen. Hierbei ist das äußere Ende des Flügels links von der Figur angenommen. Die Geschwindigkeit des Windrades regelt sich selbsttätig, weil beim Ueberschreiten der zulässigen Umlaufszahl die Fliehkraft der Klappen und Zugstangen den Widerstand eines durch Hebel und Stangen damit verbundenen Gegengewichts überwindet und die Klappen aufrichtet. Die Einstellung des Rades in den Wind wird durch eine Windfahne bewirkt. Das Rad hat 5,5 m Durchmesser und soll bei einer Windgeschwindigkeit von 7 m/sec  $1\frac{3}{4}$  PS leisten. — Außer den bereits genannten vgl. D.R.P. Nr. 1834, 3918, 8191, 8195, 8990, 9079, 10898, 13901, 16375, 17763, 33911, 33914, 40009, 40972, 44562, 45814, 46528, 46575, 47161, 49264, 50121, 56239, 73781, 79138, 85766, 86991, 89168, 91544, 93426, 94556, 113356, 152387.



Fig. 6.

Durchmesser und soll bei einer Windgeschwindigkeit von 7 m/sec  $1\frac{3}{4}$  PS leisten. — Außer den bereits genannten vgl. D.R.P. Nr. 1834, 3918, 8191, 8195, 8990, 9079, 10898, 13901, 16375, 17763, 33911, 33914, 40009, 40972, 44562, 45814, 46528, 46575, 47161, 49264, 50121, 56239, 73781, 79138, 85766, 86991, 89168, 91544, 93426, 94556, 113356, 152387.

Literatur: [1] Rühlmann, M., Allgemeine Maschinenlehre, Braunschweig 1875, Bd. 1. — [2] Weisbach-Herrmann, Ingenieur- und Maschinenmechanik, Braunschweig 1883—87, Teil 2, Abt. 2. — [3] Perels, E., Die neuesten amerikanischen Windräder für landwirtschaftl. Zwecke, Wien 1877. — [4] Neumann, F. R., Die Windmotoren, Weimar 1881. — [5] Hollenberg, A., Die neuen Windräder, sogenannte amerikanische Windräder, Leipzig 1885. — [6] Derf., Windmotoren in Karmarsch und Heerens Technischen Wörterbuch, herausg. von Kick und Gintl, Prag 1889, Bd. 10. — [7] Wolff, A., The Windmill as a prime mover, New York. — Zeitschriften: [8] Rühlmann, Ueber Wind als Motor und die Windmühlen sonst und jetzt, Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1891, S. 1245. — [9] Mast, Foos & Co., The Columbian steel windmill, Iron Age, Bd. 49, S. 975. — [10] Pelissier, G., L'utilisation des forces matérielles, Moulin à vent, Lum. électr., Bd. 44, S. 65. — [11] Blyth, J., A new form of windmill, Iron, Bd. 40, S. 139, Electr. Rev., Bd. 31, S. 184. — [12] Müller, Ed., Sicherheitsjalousien an Windmühlen, Uhlands techn. Rundschau, Bd. 6, S. 342. — [13] Erörterungen über Windmotoren, Zeitschr. d. Oesterr. Ing.-Ver. 1892, S. 638—658. — [14] Dandys Windrad der Challenge Windmill Co., Uhlands techn. Rundschau 1893, S. 407. — [15] L'utilisation de la force du vent. Génie civ., Windmühlen im Dienste der Industrie, Glaesers Ann., Bd. 25, S. 196. — [16] v. Horn, 1894, S. 387. — [17] Touzelin, Moulin à vent à quatres roues, Génie civ., Bd. 25, S. 277. —

- [18] Griffith, J. A., Windmills for raising water, Proc. Inst. Civ. Eng. 1895, S. 119, 321. — [19] Elektr. Anlage mit Windradbetrieb, Zeitfchr. d. Ver. deutsh. Ing. 1895, S. 275. — [20] Neuerungen an Windrädern, Uhlands techn. Rundschau 1895, S. 343. — [21] Titt, J. W., Simplex wind engine, Eng., Bd. 81, S. 133. — [22] Gehrhardt, Zur Berechnung der Windräder, Zentralblatt der Bauverwaltung 1896, S. 211. — [23] Halladays Windmotor, Eng., Bd. 82, S. 212. — [24] Moulin à vent à axe vertical, Génie civ., Bd. 29, S. 173. — [25] Fontaine, L., Les moteurs à vent employés en agriculture, Paris 1902.

*Th. Beck.*

**Windreep**, f. Takelage.

**Windrispe**, 1. f. v. w. Windlatte (f. d.); 2. Windbock, Langwand im Dache unter der First; sie dient beim einfachen Stuhl als Längsverband.

**Windrose**, in der Meteorologie eine Zusammenstellung der an einem Beobachtungsorte den verschiedenen Windrichtungen zukommenden Werte der meteorologischen Elemente, wie sich solche aus einem vieljährigen Zeitraum für das Jahr oder die Jahreszeiten oder die einzelnen Monate ergeben.

Die thermischen, atmosphärischen, nephischen, Niederflachs- u. f. w. Windrosen bringen die jeder Windrichtung im Mittel zukommende Temperatur, Feuchtigkeit, Bewölkung, Niederflachs mengen u. f. w. zur überflächlichen Darstellung und lassen somit den Einfluß der Windrichtung hervortreten, doch sind die in solcher Weise hervortretenden Beziehungen im allgemeinen dadurch getrübt, daß die Windfahne am Ort häufig bei entgegengesetzten Witterungsverhältnissen abhängig von der jeweiligen Luftdruckverteilung über der weiteren Umgebung, dieselbe Windrichtung anzeigt.

*Großmann.*

**Windschief** nennen wir eine Fläche, deren erzeugende Linien gerade sind, jedoch von der Richtung der benachbarten Erzeugenden abweichen.

So sind windschiefe Dächer solche, deren Trauflinien mit der First nicht parallel laufen, so daß die Sparren in der Neigung verschieden sind (f. Dachzergliedung, Bd. 2, S. 528). Eine gute Eindeckung solcher Flächen ist schwierig herzustellen, daher sucht man solche Dachflächen zu vermeiden. — Windschiefe Mauerflächen, f. Bd. 6, S. 337.

*Weinbrenner.*

**Windschutzhäuben**, f. Lüftung, Bd. 6, S. 234.

**Windseparation** oder Luftseparation wird in der bergmännischen Aufbereitung (f. Bd. 1, S. 346) angewendet, wenn entweder das für die nasse Aufbereitung nötige Wasser nicht beschafft werden kann, z. B. bei der Goldaufbereitung in Westaustralien [1], oder wenn, wie bei der Aufbereitung flaubreicher Kohle, diese trocken gewonnen und zugleich die Verunreinigung des Waschwassers tunlichst vermieden werden soll, weil dessen Klärung große Schwierigkeiten bereitet (vgl. a. Klärung der Waschwasser, Bd. 5, S. 501).

Die Windaufbereitung kann überhaupt nur völlig trockenes Gut und Körner von etwa 0,1 mm Durchmesser aufwärts trennen; noch feineres Material läßt sich nicht sondern. — Außerdem bildet der feinste Staub einen Uebelstand des Verfahrens; man faugt ihn mittels Ventilatoren ab und läßt ihn sich in besonderen Staubkammern oder in Cyklonen (vgl. Bd. 1, S. 322) absetzen. — In der Steinkohlenaufbereitung benutzt man den durch einen Ventilator erzeugten Luftstrom, z. B. nach dem Verfahren von Hochstrafe (Lampricht, Kohlenaufbereitung, S. 43), meistens nur um aus dem größeren Korn, während es die Siebapparate durchläuft und bevor es auf die Setzmashinen gelangt, den feinen Staub zu entfernen [2]. Zum Teilwendet man auch Schleuderapparate (f. weiter unten) an, um durch einen schnelllaufenden Schleuderteller die Feinkohle in mehrere Korngrößen zu zerlegen, die in ringförmigen Behältern aufgefangen werden, während gleichzeitig mittels Ventilators ein Luftstrom durch den Apparat gefaugt wird, der den feinsten Staub entfernt (Bauart der Königin-Marien-Hütte zu Cainsdorf). — Für die Golderzaufbereitung wird auch der Schleuderapparat von Pape-Henneberg empfohlen [3], mit demselben werden durch die Fliehkraft aus dem zerkleinerten Roherz eine Anzahl Posten hergestellt, in jedem der selben finden sich angennähert gleich schwere Körner und daher neben kleinen Goldkörnern größere Quarzkörner, so daß mittels feiner Siebe angereicherte Golderze erhalten werden. — Krom hat schon 1868 vorgeschlagen [4], die durch einen Luftstrom erhaltenen Posten durch einen Setzprozeß mittels Luftstöße (pneumatisches Setzen) weiter zu verarbeiten.

Literatur: Vgl. die Bd. 1, S. 350 unter [1]—[4] genannten Lehrbücher der Aufbereitungskunde. — [1] Gmeiling, A., Beitrag zur Kenntnis der westaustralischen Goldfelder, Oesterr. Zeitschr. f. Berg- u. Hüttenwesen, Wien 1898, S. 161. — [2] Parent, Séparation des charbons pulvérulents par l'action d'un courant d'air, Annales des Mines, Paris 1897, S. 123. — [3] Billharz, O., Ueber Trockenaufbereitung, im besonderen über das Pape-Henneberg'sche Verfahren, 1893. — [4] Althans, Die Entwicklung der mechanischen Aufbereitung in den letzten hundert Jahren, Zeitfchr. für das Berg-, Hütten- und Salinenwesen im Preußischen Staate, Berlin 1878, S. 126 und 173.

*Trepšow.*

**Windstreben**, 1. die am Ende einer Fachwerkwand angebrachte Strebe, welche dem Winddruck entgegenwirkt (f. Fachwand, Bd. 3, S. 533, Fig. 1 und 2); 2. die mit den Sparren in einer Ebene liegenden und überblatteten Hölzer (f. Dachstuhl [Holzdachstühle], Bd. 2, S. 515, B. Satteldächer, Fig. 10 b), welche in der Richtung gegen den Winddruck von der Saumschwelle oder Fußpfette zur Mittelpfette aufsteigen.

*Weinbrenner.*

**Windung** (Torsion), s. Krümmung.

**Windungswinkel** (Torsionswinkel), der Winkel zweier aufeinander folgender Schmiegeungsebenen einer Raumkurve.

**Windverband**, der Inbegriff jener Teile eines Brückenüberbaus, welche die horizontalen, senkrecht zur Brücke längsachse gerichteten und hauptsächlich vom Winddrucke (s. d.) herrührenden Kräfte aufzunehmen und auf feste Stützpunkte zu übertragen haben. Diese Horizontalkräfte beanspruchen die Hauptträger des Brückenüberbaus einsteils auf Umkanten, andernteils auf horizontale Ausbiegung. Gegen ersteres sichert der in einzelnen Vertikalebene angeordnete Querverband der Hauptträger, gegen letzteres die in horizontaler Ebene liegende Windverstrebung.

Letztere wird, wenn nicht etwa eine starre, unverschiebbliche Fahrbahntafel eine besondere Windverstrebung unnötig macht, immer in der Form eines horizontal bzw. flach liegenden Gitterträgers ausgeführt. Gewöhnlich liegt die Windverstrebung in der Fläche einer Gurtung der Hauptträger, und diese Hauptträgergurtungen bilden dann gleichzeitig auch die Gurtungen der Windträger; es kann aber auch, wenn die Fahrbahn nicht an einer Gurtung gelegen ist (Fachwerkträger mit polygonalem Ober- und Untergurt, Bogen- und Hängeträger), eine besondere Windträgergurtung in der Ebene der Fahrbahn notwendig werden. Brücken mit obenliegender Bahn erhalten in der Regel eine Windverstrebung am Obergurt. Bei entsprechend starken Querverstrebungen, namentlich an den Trägerenden, kann die untere Windverstrebung entfallen. Umgekehrt kann die obere Windverstrebung wegleben, wenn eine solche am Untergurt angeordnet wird; jedoch müssen im letzteren Falle die Querverbände stärker hergestellt werden, da sich die größeren Horizontalkräfte immer an dem Gurt übertragen, wo die Fahrbahn angebracht ist. Werden Windverstrebungen an beiden Gurtungen angeordnet, so brauchen Querverbände nur an den Trägerenden vorhanden zu sein. Vielfach findet man aber, namentlich bei hohen Tragwänden, zwei Windverstrebungen und außerdem auch Zwischenquerverbände angeordnet, obwohl hierdurch in das räumliche System mehrfache statische Unbestimmtheiten gebracht werden. Brücken mit untenliegender Fahrbahn erhalten, wenn sie offen auszuführen sind, natürlich nur eine Windverstrebung am Untergurt. Werden sie geschlossen, d. h. mit oberem Querverband durchgeführt, so ordnet man zwei Windverstrebungen, je eine am Untergurt und am Obergurt, an. Letztere wird schwächer beansprucht; bei Trägern mit gekrümmten Gurten kann sie häufig auch nicht bis an die Trägerenden geführt werden. Dort, wo die obere Windverstrebung endigt, ist dann eine stärkere Querverbindung der beiden Hauptträger anzutragen, wogegen die Zwischenquerverbände schwach ausgeführt werden oder auch ganz wegleben können. Bei Bogenträgern sowie bei Hängewerkträgern wird flets eine Windverstrebung in der Ebene der Fahrbahn angeordnet, zu welchem Behufe ein Streckträger als Windgurt anzubringen ist. Außerdem werden die Bogen selbst noch durch eine, oder bei Fachwerkbogen von größerer Höhe auch durch zwei, an jedem Gurt angebrachte Windverstrebungen verbunden. Die Windstrebenaufschaltung selbst befreit in der Regel aus gekreuzten Diagonalläben, die an den Knotenpunkten der Hauptträgergurtungen angeschlossen sind (Fig. 1). Die an diesen Knotenpunkten liegenden Querträger oder Querriegel bilden dann gleichzeitig auch Normalfländer des Windstrebensystems. Die gekreuzten Windstreben können entweder flach, also nur für Zug, konstruiert sein, oder besser und jetzt allgemein mit steifem Querschnitt, so daß das System als ein zweifaches symmetrisches Fachwerk berechnet werden kann. Die Windstreben müssen knickficher dimensioniert werden. Durch den Anschluß der Windstreben an die Hauptträgergurtungen kommen in sie, von den Längenänderungen der Gurte infolge Belastung herrührende, Zusatzspannungen. Diese werden durch die in Fig. 2 dargestellte Anordnung der Windverstrebung wesentlich herabgemindert. Wo es angeht, verbindet man die Windstreben auch mit den von ihnen gekreuzten Zwischenlängsträgern und vermindert hierdurch sowohl ihre freie Knicklänge als auch die Winddruckspannung in den Hauptträgergurtungen namentlich dann, wenn, wie in Fig. 3, diese Zwischenträger auch an den Querträgern durch Windstrebekreuze verbunden werden. Bei Eisenbahnbrücken ist auch auf die Horizontalkräfte, welche die Fahrzeuge übertragen, Bedacht zu nehmen. Sie erfordern eine besondere wagerechte Verstrebung zwischen den Fahrbahnträgern (Schwellenträgern), wenn diese nicht, wie in Fig. 3, an den Hauptwindverband angeschlossen werden.

Literatur: Winkler, E., Theorie der Windverstrebung in Brücken mit zwei Trägern, Civilingenieur XXX; Derf., Brückenbau: Die Querkonstruktionen der eisernen Brücken, 2. Aufl., Wien 1884; Handbuch der Ingenieurwissenschaften, Bd. 2; Häfele, Brückenbau, Braunschweig 1903; Schaper, Eiserne Brücken, Berlin 1908.  
Meian.

**Winkel**, die Größe des Richtungsunterschieds zweier in einem Punkt (der Spitze) sich schneidender Geraden (Schenkel).

Bilden die Schenkel nach entgegengesetzten Richtungen eine Gerade, so heißt der Winkel ein flacher und beträgt  $180^\circ$ . Fallen die Schenkel auf derselben Seite der Spitze in eine Gerade zusammen, so heißt der Winkel ein voller und beträgt  $360^\circ$ . Ein Winkel von  $90^\circ$  heißt ein rechter. Ein Winkel zwischen  $0^\circ$  und  $180^\circ$  heißt konkav, ein solcher zwischen  $180^\circ$  und  $360^\circ$  konvex. Ein Winkel zwischen  $0^\circ$  und  $90^\circ$  heißt spitz, ein solcher zwischen  $90^\circ$  und  $180^\circ$



Fig. 1.



Fig. 2.



Fig. 3.

stumpf. Der Winkel zweier Kreisradien heißt Zentriwinkel. Der Winkel zwischen zwei Sehnen, welche einen Endpunkt gemein haben, heißt Peripheriewinkel; er ist halb so groß wie der zugehörige Zentriwinkel. Der Peripheriewinkel im Halbkreis ist ein rechter.

Literatur: [1] Boedicker, Beiträge zur Theorie des Winkels, Stuttgart 1875. — [2] Sachs, Der Winkel und die parallelen Linien, Stuttgart 1890. — [3] Roepe, Richtung und Länge der geraden Linie oder Lehre von den Winkeln und der Kongruenz der Figuren, Wismar 1874. *Wölffing*.

**Winkel** (Normal-, Anschlag-, Kreuz- u. f. w. Winkel) als Meßwerkzeug, f. Bd. 6, S. 402; vgl. a. Zeichnen, technisches.

**Winkelbeschleunigung.** Die Winkelgeschwindigkeit  $\omega$  eines zur Zeit  $t$  um die Achse  $c$  rotierenden Systems ist eine geometrische Größe, welche als Strecke von bestimmtem Sinne auf der Achse aufgetragen wird. Sie ändert sich im allgemeinen nach Größe und Achsenrichtung zugleich (f. die Figur). Die unendlich kleine Komponente  $d\omega$ , welche zu  $\omega$  hinzutreten muß, um  $\omega$  in die Winkelgeschwindigkeit  $\omega + d\omega$  für die Zeit  $t + dt$  um die folgende Achse  $c'$  nach Größe und Achsenrichtung überzuführen, heißt die Elementarwinkelbeschleunigung, und der Quotient  $a = d[\omega] : dt$  die Winkelbeschleunigung zur Zeit  $t$ . Sie ist selbst eine geometrische, gerichtete Größe von der zu  $d[\omega]$  parallelen Achsenrichtung  $h$ . Man kann sie in zwei Komponenten  $a_t$  und  $a_n$  zerlegen, wobei  $a_t$  die Richtung von  $c$  hat und  $a_n$  senkrecht dazu steht (Tangential- und Normalwinkelbeschleunigung). Es wird  $a_t = d\omega : dt$ ,  $a_n = \omega \psi$  und  $a^2 = (d\omega : dt)^2 + \omega^2 \psi^2$ , wobei  $\psi$  die Winkelgeschwindigkeit darstellt, mit der sich die Achse  $c$  in die Achse  $c'$  dreht. — Vgl. die Art. Äquivalenz der Bewegungen, hinsichtlich der Zerlegung von  $\omega + d\omega$ , sowie Beschleunigungscenter. († Schell) *Finslerwalder*.

**Winkeleisen**, 1. ein in rechtem Winkel abgebogenes Eisenband zum Beschlag zweier im Winkel zusammengefügter Hölzer; 2. f. v. w. Winkelmaß; 3. Walzeisen mit winkelförmigem Querschnitt (L-Eisen). S. a. Normalprofile. *Weinbrenner*.

**Winkelgeschwindigkeit.** Rotiert ein unveränderliches System um eine Achse, so heißt die gemeinsame Geschwindigkeit aller Punkte, welche von der Achse den Abstand „Eins“ haben, die Winkelgeschwindigkeit des Systems. Ist  $d\vartheta$  der unendlich kleine Bogen, den ein Punkt im Abstande „Eins“ von der Achse im Zeitelement  $dt$  beschreibt, so ist die Winkelgeschwindigkeit  $\omega = d\vartheta : dt$ . Sie wird als Länge auf der Achse mit einer den Sinn der Rotation angebenden Pfeilspitze aufgetragen. S. Äquivalenz der Bewegungen, wofür gezeigt ist, wie die Sätze über die Äquivalenz der unendlich kleinen Rotationen unmittelbar in Sätzen über die Äquivalenz der Winkelgeschwindigkeiten übergehen. († Schell) *Finslerwalder*.

**Winkelgleichungen**, f. Methode der kleinsten Quadrate.

**Winkelhaken**, a) Winkelmaß, f. Meßwerkzeuge, Bd. 6, S. 402; b) Gerät der Schriftgießer (hölzernes Lineal) und Schriftsetzer (auf Zeilenbreite einstellbares eisernes Kästchen) zum Aufsetzen der Lettern; f. a. Buchdruckerkunst.

**Winkelinstrumente** zum Abstecken konstanter, besonders rechter Winkel find: 1. Winkelkreuz, Kreuzscheibe, Winkelkopf, Winkeltrommel. 2. Winkelspiegel, Winkelrohr, Spiegelkreuz. 3. Winkelprisma, Prismenkreuz.

Die zu 1. genannten Instrumente bestehen aus zwei sich rechtwinklig kreuzenden Ziellinien. Diese werden bei Winkelkopf oder Winkeltrommel durch Diopter (f. d.), besonders Spaltendopter, gebildet, die an zylindrischen, konischen oder besser kugelförmigen Metallgehäufen von etwa 6—10 cm Durchmesser angebracht sind. Zur Absteckung von  $45^\circ$  oder anderer Winkel dienen Zwischendopter. Der Winkelkopf eignet sich zur rohen Winkelmeßung, wenn er über einer Gradteilung drehbar ist. Wegen eines Anschlages zur Einstellung auf  $0^\circ$  f. [2]. Die Instrumente werden auf einem Absteckstab gebraucht.

2. Der Winkelspiegel besteht aus zwei kleinen Spiegeln  $S$  (Fig. 1), welche auf einer Ebene normal stehen und einen Flächenwinkel von  $45^\circ$  bilden. Die Spiegel sind in kleine Gehäuse eingeschlossen. Das Prinzip ergibt sich aus Fig. 1, worin  $\varphi = \alpha + \beta$ ;  $v = 2(\alpha + \beta)$ , also  $v = 2\varphi$  ist (vgl. a. S. 183). Danach erblickt das Auge  $A$  ein doppelt reflektiertes Bild von  $P$  (z. B. Fluchttab) in der Richtung  $P^1$ . Indem das Bild mit dem direkt angezielten Punkt zur Deckung gebracht wird, wird bei  $K$  ein rechter Winkel  $\psi$  abgefleckt. Der Kreuzungspunkt  $K$  wird mit Lotstab oder Senkel herabgelötet. Zu feiner schärfen Fixierung ist es zweckmäßig, das Gehäuse nach Art der Winkeltrommel mit festen Durchblicken zu versehen. — Wird nur ein Spiegel verwendet, der unter  $45^\circ$  gegen eine Ziellinie in einem Rohre angebracht ist, so hat man das wenig zweckmäßige Winkelrohr. — Werden zwei Spiegel so gestellt, daß sie sich unter  $90^\circ$  kreuzen, so erhält man ein Spiegelkreuz. Dieses kann zum Abstecken gefrechter Winkel (Ausrichten von Linien) dienen. Verschiedene Anordnungen, Doppelwinkelspiegel u. f. w., f. in [1].

3. Ein Winkelprisma ist ein gleichschenkliges, rechtwinkliges Glasprisma. Wie Bauernfeind gefunden hat, schließen nach Fig. 2 die doppelt reflektierten Strahlen bei  $K$  mit der direkten Zielung über das Prisma einen Winkel von  $90^\circ$  ein. Diese doppelt reflektierten Strahlen unterscheiden sich von den einmal reflek-

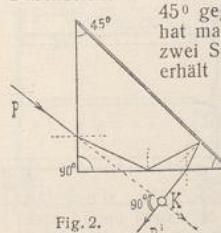


Fig. 2.

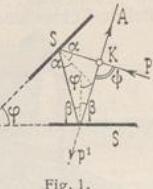


Fig. 1.

tierten Strahlen dadurch, daß sie unabhängig vom Einfallswinkel sind. Zum Abstecken gestreckter Winkel können zwei einfache, zum sogenannten Prismenkreuz zusammengesetzte Prismen oder mehrseitige Prismen (vier- und fünfeckige, symmetrische und unsymmetrische) verwendet werden, ebenso zu den Instrumenten, die zum Abstecken von  $45^\circ$  und anderer Winkel dienen sollen (Prismen von Bauernfeind, Dörgens, Prandtl [1]). Wird das Prisma zum Abstecken von Winkeln mit parallaktischer Abweichung von  $90^\circ$  eingerichtet, so erhält man das Distanzprisma (Bd. 2, S. 788). Die Prismeninstrumente werden in kleinen handlichen Gehäusen geliefert. Wegen Anbringung des Handgriffes senkrecht unter dem Strahlenknotenpunkte f. [3].

Ob die Bedingung, daß der abgeleckte Winkel  $90^\circ$  beträgt, genau erfüllt ist, wird geprüft durch Abstecken des Winkels von zwei Seiten einer scharf ausgerichteten Linie aus. Die gefundene Abweichung entspricht dem doppelten Fehler. Beim Winkelspiegel werden zur Berichtigung Stellschrauben an einem Spiegel angebracht. Winkelkopf und Winkelprisma müssen von vornherein richtig konstruiert sein. Die Genauigkeit der Absteckung ist, im Winkelmaß ausgedrückt, auf rund  $1'$  bis  $3'$  zu schätzen. Die Instrumente werden in der Kleinmeßung (f. Stückvermessung) zur sogenannten Koordinatenaufnahme, zur Absteckung von Querprofilen u.f.w. verwendet. In geneigtem Gelände erhält man durch direkte Absteckung mit Winkelspiegel und Prisma rechte Winkel im Horizont nur, wenn ein Schenkel wagerecht.

Literatur: [1] Ueber Einrichtung, Gebrauch und Prüfung vgl. [4]—[11] unter Art. Geodäsie. — [2] Zeitschr. f. Verm. 1895, S. 304. — [3] Ebend. 1906, S. 457. († Reinherz) Hillmer.

**Winkelinstrumente, katoptrische, f. Spiegel- und Prismeninstrumente.**

**Winkelmaß, -meffer, f. Meßwerkzeuge, Bd. 6, S. 402.**

**Winkelmeßung, f. Horizontal-, Höhen- und Positionsinkel, Reflexionsgoniometer.**

**Winkelräder, f. Kegelräder.**

**Winkelstoßbläde**, Haltevorrichtung für ein Arbeitsstück (meist Holzstück, auch Klischee, Metallplatte für Herstellung von Schriftzeichen u.f.w.), das unter einem bestimmten Winkel geschnitten, gehobelt oder gefägt werden soll. Vgl. a. Gehrlade, Bd. 4, S. 348.

**Winkeltrieb** bezweckt die Kraftübertragung zwischen zwei im Winkel zueinander liegenden Wellen. Dazu dienen entweder Kegel- oder auch Hyperbelräder (Bd. 5, S. 418 und 163) oder Riementriebe (Bd. 7, S. 435). Lindner.

**Winkelzähne, f. Pfeilzähne, Bd. 7, S. 94.**

**Winterhafen** an Flüssen, ein Sicherheitshafen, in welchem die Schiffe, namentlich vor dem Eisgange im Winter, Schutz finden; in der Regel dient derselbe auch als Zuflucht vor Hochwässern (f. a. Flußhafen, Seehäfen und Hafendämme). An Kanälen ist der Winterhafen lediglich ein Aufenthaltsort für die Kähne über die Zeit der Winterperre, in welchem auch die notwendigen Schiffsausbesserungen vorgenommen werden können.

**Wippe**, Bezeichnung für 1. eine Art Tritthammer (f. d.); 2. kleines Fallwerk zum Befestigen der runden Stecknadelköpfe an den Schäften (f. Bd. 6, S. 557); 3. (in Walzwerken) Hebevorrichtung für das Walzgut (f. Walzen).

**Wipper** sind Kipper (f. d.) für (schmalspurige) Grubenwagen; f. a. Grubenbahnen, Massentransport und [1].

Um Grubenwagen schnell zu entleeren, werden verwendet:

I. Kreiselwipper. Fig. 1 zeigt eine fahrbare Bauart, während Fig. 2 und 3 einen festliegenden derartigen Wipper darstellen; sie werden besonders auf Ladebühnen benutzt beim Verladen von Erzen, Steinkohlen u.f.w. unmittelbar in Schiffe oder in Eisenbahnwagen; ferner zum Spülversatz (f. Druckwasserförderer), auch zu Haldenschüttungen (f. 2.) u. f. w. Spurweite bis 600 mm, Gewicht rund 500 kg. Neuerdings werden auch ganze Züge ([3], S. 133, Abb. 320) durch derartige Mehrfach- oder weitspannende (13 m) Kreiselwipper auf einmal (in rund 5 Sekunden) entleert. Drehmotor 5 PS., Fahrmotor 16 PS., Fahrgeschwindigkeit 65—70 m Min.; Steuerung der beiden Bewegungen von einem auf dem Kranträger befindlichen Führerstand [2].

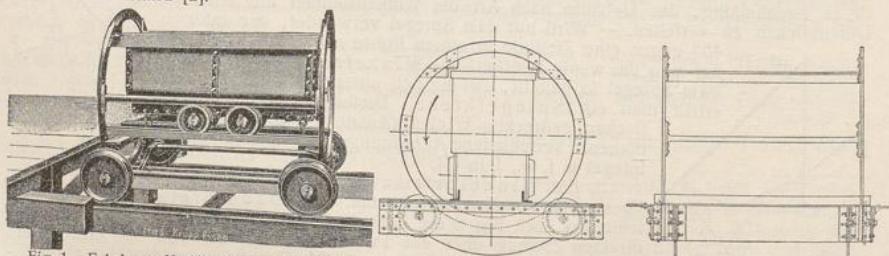


Fig. 1. Fahrbarer Kreiselwipper von Krupp.

Fig. 2 und 3. Festliegender Kreiselwipper von Krupp.

2. Kopfwipper (Fig. 4 und 5), besonders beim Entleeren auf Sturzhalde (vgl. Haufenlager). Auf dem vorgebauten Holzgerüst wird die Kippvorrichtung festgeschraubt. Ist die Haldenausfällung so weit vorgeschritten, daß ein Umkippen des Förderwagens nicht mehr möglich ist, so wird ein neues Gerüst weiter vorgebaut und auf demselben die Kippvorrichtung wieder festgeschraubt. Das Gewicht und die Bauart dieses Wippers richten sich nach der Form und der Größe der zu kippenden Gruppenwagen [3].

Literatur: [1] Buhle, Massentransport, Stuttgart 1908, S. 133 ff.; Derf., „Hütte“, 19. Aufl., I. Teil, S. 1239 ff. bzw. 20. Aufl., II. Teil, S. 496; v. Hanfftengel, Dinglers Polyt. Journal 1903, S. 343; Derf., Die Förderung von Massengütern, II. Teil, Berlin 1909, S. 37 bzw. 57 ff.; Berndt, Handb. d. Ingenieurwissenschaft, IV. Teil, Bd. 3, S. 284 ff.; ferner „Glückauf“ 1904, Tafel 32 (ganze Anlage). — [2] Buhle, Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1909, S. 841 ff.; Derf., Glatfers Ann. 1908, II. S. 10, sowie Schütt, „Stahl und Eisen“ 1909, S. 546 (Bauart Heckel); „Glückauf“ 1907, S. 1357 u. 1674 (Bauart Pohl). — [3] Baum, „Glückauf“ 1908, S. 565 (System Wilson). *M. Buhle.*

**Wipper in der Aufbereitung und im Bergbau** find Einrichtungen, die das Entleeren der Fördergefäße erleichtern. Je nachdem der Hund in der Längsrichtung oder nach der Seite gekippt wird, unterscheidet man Kopfwipper und Kreiselwipper. Die Kopfwipper können so eingerichtet werden, daß wegen der Lage des Schwerpunktes im ganzen System der volle Hund febstätig kippt und der leere sich ebenso mit dem Wipper aufrichtet. — Kreiselwipper werden entweder mit der Hand gedreht oder durch maschinellen, ein- und austwickelbaren Antrieb (Dampfwipper). Zuweilen werden Kreiselwipper, um die Entleerung des Hundes an beliebiger Stelle vorzunehmen, auf fahrbare Wagen gesetzt (Wipperwagen). Näheres s. Treptow, E., Grundzüge der Bergbaukunde u. f. w., 4. Aufl., 1907, S. 544. *Treptow.*

#### Wirbelstrom, f. Induktion.

**Wirkerei.** Das Wirken bildet mit dem Stricken und Häkeln die „Maschenarbeiten“; dieselben liefern durch Verbindung von Fäden miteinander die Maschenwaren oder elastischen Waren, im Gegensatz zu dem Weben, Flechten, Klöppeln und Knüpfen, welche Arbeiten im wesentlichen unelastische Waren herstellen.

**Allgemeines.** **Masche** nennt man die viermal aus ihrer Richtung abgebogene Fadenlage *a*, *b*, *c*, Fig. 9, welche von einer dergleichen Fadenlage *d* gehalten wird. Die Masche kann entweder offen wie Fig. 9 oder gekreuzt fein wie Fig. 10. Eine der Masche *a*, *b*, *c* gleiche oder ähnliche Fadenlage, welche aber nicht von einer andern, *d*, gehalten wird, nennt man eine **Schleife** oder einen **Henkel**.

Das **Stricken** und **Häkeln** stellt diese Maschen einzeln her dadurch, daß der Faden mit einem glatten Stäbchen *s*, Fig. 1, der Stricknadel, oder mit einem Haken *h*, Fig. 2, der Häkelnadel, in Schleifenform als neue Masche *a* durch eine alte, *b*, hindurchgezogen wird.

Das **Wirken**, welches aus dem Häkeln und Stricken hervorgegangen ist, beschleunigt diese Arbeit, indem es sämtliche Maschen einer ganzen horizontalen Reihe der Ware zusammen vorbereitet und vollendet. Hierzu verwendet die Wirkerei eine Reihe Nadeln *n*, Fig. 3 und 4,

in gleicher Anzahl mit den in einer Reihe liegenden Maschen und zwischen diesen Nadeln, beweglich hängend, hakenförmige Blechstreifen *p*, Platinen genannt. Die **Haken- oder Spitzen- oder Prag- oder Wirkstuhlnadeln** *n* haben an einem Ende einen langen elastischen Haken und unter dessen Spitze im Schafte eine Rinne, **Zasche** genannt, Fig. 15, in welche durch Niederdrücken des Hakens („Prellen“ der Nadel) die Spitze des selben eingefenkt wird, wenn eine auf der Nadel hängende Masche von ihr abgehoben werden soll. Den festen Anfangsrand eines Warenstückes bildet der Wirkerei durch Umwickeln der Nadeln mit gekreuzten Schleifen *m*, Fig. 4 der Wirkerei durch Umwickeln der Nadeln mit gekreuzten Schleifen *m*, Fig. 4 (das „Anschlagen“), welche die Stelle der ersten Maschenreihe vertreten. Zur Herstellung einer neuen Maschenreihe wird nun die vorhergehende, *m*, von den Platinen in deren Auschnitten oder Kehlen festgehalten (das „Einschießen“), der Faden *f*, Fig. 3 und 4, wird unter den vorderen Platinennäsen auf die Nadelreihe gelegt

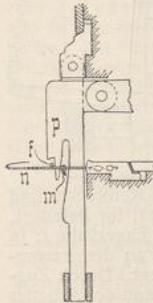


Fig. 3.



Fig. 4.



Fig. 5.

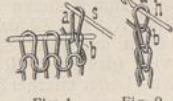


Fig. 1. Fig. 2.

und durch Senken der Platinen nach und nach zu Schleifen *s*, Fig. 5, zwischen die Nadeln eingedrückt (das „Kulieren“); die Platinen *p* führen dann sämtliche Schleifen *s* gleichzeitig vor in die Nadelhaken, halten aber die alten Maschen *m* hinter den Haken spitzen und, nachdem eine Schiene *r*, die Preffe, alle Haken

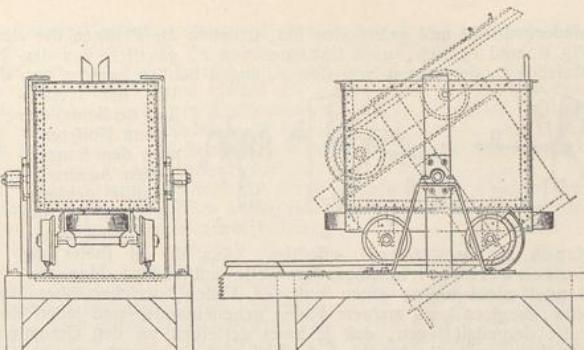


Fig. 4 und 5. Kopfwipper von Krupp.

niedergedrückt und geschlossen hat, schieben die Platinen die alten Maschen *m* auf die Haken, Fig. 6, und endlich, nach Entfernen von *r*, gänzlich von den Nadeln ab, so daß die alten Maschen in den neuen Schleifen *s* hängen bleiben, welche nun die neue Maschenreihe bilden.

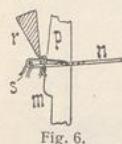


Fig. 6.

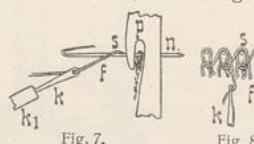


Fig. 7.

Von der Herstellung der Schleifen (dem Kulieren, nach dem französischen Ausdruck „cueillir“ gebildet) hat diese Art der Wirkerei den

Namen Kulierwirkerei erhalten. Aus ihr ist später die Kettenwirkerei in folgender Weise entstanden: Man verwendet nicht immer einen einzigen Faden, welcher über die ganze Reihenbreite gelegt wird, sondern kann mehrere Fäden nebeneinander und jeden über nur einen Teil der Nadelreihe dergestalt legen, daß je zwei derselben an den Grenzstellen gemeinsam auf mehreren Nadeln liegen; die Anzahl dieser Fäden ist zu vermehren und die Weite ihrer Legung zu vermindern, und die Grenze dieses Verfahrens wird dann erreicht sein, wenn man ebensoviiele Fäden wie Nadeln hat und jeden Faden über nur eine Nadel legt (Fig. 10). Dann ist ein Kulieren nicht mehr nötig, die Schleifen entstehen durch „Legen“ der Fäden auf die Nadeln; die Platinen enthalten dann auch nicht mehr die vorderen Kuliernasen, aber die Fäden müssen einzeln durch Führer *k*, Fig. 7 und 8, geführt und bewegt werden, und die färmlichen Führer oder Lochnadeln *k*, in einer Schiene *k*, festgehalten, bilden die sogenannten Kettenmaschinen (auch „Leiter“ genannt). Von der großen Fädenmenge, der „Kette“, hat diese Art der Wirkerei den Namen „Kettenwirkerei“ erhalten. Die einfachste Kulierware hat hiernach eine Fadenverbindung wie Fig. 9 und die einfachste Kettenware eine folche, wie Fig. 10 sie darstellt; beide Arten zeigen die charakteristischen Maschenformen der gewirkten Waren oder „Gewirke“.

**Handkulierstuhl.** Die zur Maschenbildung dienenden Elementarstücke: die Nadeln, Platinen und Preffe, sind auf einem Gestell, Fig. 11, welches zugleich eine Sitzbank *X* für den Arbeiter enthält, so angebracht, daß der Arbeiter die erforderlichen Bewegungen mit den Händen und Füßen einleiten kann. Das gibt die Handwirkmaschine, welche 1589 erfunden wurde (Wirkstuhl, Handkulierstuhl, Handtrumppfistuhl genannt). Die Nadeln *n*, (Fig. 11)

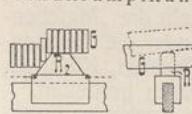


Fig. 12.

liegen fest auf der Nadelbarre *Q*; sie sind an einem Ende einzeln oder zu je zweien oder dreiern mit einem hakenförmigen Stücke aus Blei- und Zinn umgossen, das Blei genannt (vgl. Fig. 3 und 11), und werden durch Deckplatten auf *Q* festgeklemmt. Zwischen den

Nadeln hängen die Platinen *F* an Hebeln *F* und *G*, den Schwingen oder Enden, welche um die Achse *E*, Rute genannt, drehbar sind. Zum Kulieren der Schleifen werden die Schwingen an den hinteren Enden emporgedrückt, also an den vorderen mit den Platinen gefenkt. Bestehen die Schwingen und die meisten Stuhlteile außer dem Untergestell aus Eisen, so verwendet man zum Kulieren ein keilförmiges Stahlstück *R*, Fig. 12, das unter den Schwingenenden auf einer Stange entlang gezogen wird (das Rößchen, Rößchenstuhl oder eiserner Stuhl). Bestehen aber die Schwingen und die meisten übrigen Stuhlteile aus Holz, so benutzt man zum Kulieren eine Walze oder Trommel *T*, Fig. 11, die drehbar unter den hinteren Schwingenenden liegt und auf ihrem Umfange für jede Schwinge ein Keilstück enthält; diese Keilstücke sind gegeneinander in einer Schraubenlinie versetzt, um die Trommel verteilt und auf ihr befestigt, sie bilden den Zahn- oder Wellkranz *T*. Die Schwingen liegen mit ihrem Lagerstabe *E* in einem Wagen *D*, *D*, *S*, welcher an die Stange *L* angehängt ist; letztere hängt an den beweglichen Hängarmen oder Werkarmen *B*, *H*, die der Arbeiter mit der Hand bewegt. Durch Zugverbindungen mit den Fußtrittbeinen, den Schemeln oder Tritten *r*, *q*, *n*, *o* kann der Arbeiter mit den Füßen die oberen Maschinenteile bewegen, also die Walze *T* drehen, die Werkarme *B*, die Preffe *P* und Schwingenpreffe *K* herabziehen. Beim Kulieren fallen die vorderen Schwingenenden auf eine Schiene *V* (Mühleisen oder Steg), welche durch Schrauben *s* verstellt werden kann zur Veränderung der Schleifenlänge und Herstellung fester oder lockerer Ware. Enthält ein Stuhl nur die an den Schwingen hängenden Kulier- oder fallenden

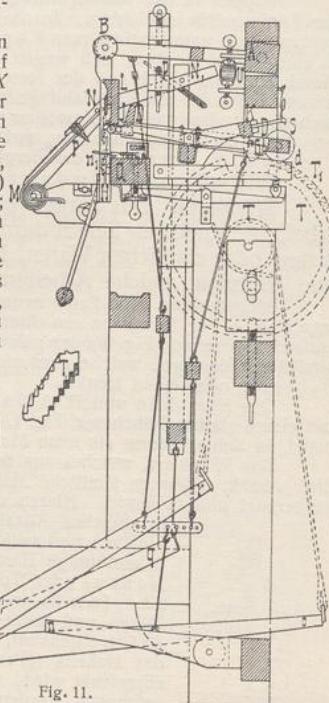


Fig. 11.

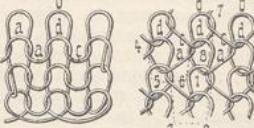


Fig. 9.

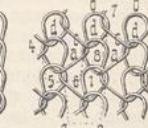


Fig. 10.

Platinen *F*, so bildet er beim Kulieren Schleifen über jede einzelne Nadel und heißt einnädelig oder ein Einnaadelstuhl; in einem solchen ist die Stärke einer Schwinge gleich der Mittelentfernung zweier Nadeln oder der Nadelteilung, und sie wird bei feinen Stühlen sehr klein. Man hat deshalb jede zweite oder auch jede dritte Platine als stehende Platine angeordnet, welche an der Schiene *L*, dem Platinenbaum (Platinenbarre), hängt; die Stühle kulieren dann Schleifen über je zwei oder auch drei Nadeln und heißen Zweinaadel- oder Dreinaadelstühle. Durch Heben der fallenden und Senken aller stehenden Platinen werden nachträglich die Schleifen auf die einzelnen Nadeln verteilt (das Partagieren).

**Handkettenstuhl.** Von diesem Handkulierstuhle ist der Handkettenstuhl, welcher etwa 1775 erfunden worden sein mag (Fig. 13 zeigt dessen Werk), infofern verschieden, als er keinen Kulierapparat und keine fallenden Platinen, dagegen zur Führung der vielen Kettenfäden die Reihe der Fadenführer *e* (Lochnadeln), auf der Schiene *D* befestigt (Kettenmaschine), enthält. Sonst finden sich in diesem Stuhle dieselben Teile vor, wie im Kulierstuhle: Nadeln *d*, stehende Platinen *c* ohne Kulieräfe, oben an der Platinenbarre *L* und unten in der Platinenschachtel *b* hängend, welche beide Teile an Hängarmen *BH* befestigt sind, die von Streckarmen *AB* herabhängen. Die Kettenmaschine *D* steht mit Füßen *E* auf der Stange *G*, welche von Hebelen *K*, *J*, *J<sub>1</sub>* getragen und durch einen Fußtritthebel gehoben und gelenkt wird. Ein Stirnrädchen *h*, gedreht vom Arbeiter mit der Hand an *i* (das Handgetriebe), verschiebt die Zahnhilze *n*, welche durch *k* und *l* die Maschine seitlich mit fortnimmt. Durch eine Kerbenscheibe *i<sub>1</sub>* und eine in deren Kerben einfallende Feder wird die Verschiebung auf je eine Nadelteilung genau abgemessen. Eine Feder *r* zieht durch *r<sub>1</sub>* die Kettenmaschine unter und zwischen die Stuhlnadeln *d*, während sie ihre Fäden in die Nadelreihe zu legen hat; ein Winkelhebel *s*, bewegt durch die Streckarme *AB*, treibt durch den Riegel *t* (Vortreiber) die Maschine beim Ausarbeiten der Reihe wieder vor die Stuhlnadeln hinaus. Die Kettenfäden *u* werden von einem Kettenbaum *R* über eine Spannrolle *O* nach den Lochnadeln *e* und Stuhlnadeln *d* geführt. Die Rolle *O* liegt in einem beweglichen Rahmen, dem Spannkreuz, welches die Spannung der Fäden und damit die Warendichte bestimmt, dessen Wirkung auch durch angehängte Gewichte verändert werden kann. Der Baum *R* wird durch Rad *Y* und Klinke *W* festgehalten; während des Arbeitsens verkürzen sich aber die über *O* liegenden Fadenfalten und ziehen das Spannkreuz näher an den Stuhl heran, bis es mit *T* den Schieber *V* verschiebt und den Haken *W'* von *Y* entfernt. Dann dreht sich der Baum, er gibt Faden ab und die Spannrolle *O* fällt wieder zurück, *W* aber rückt in die Zähne von *Y* ein und hält den Baum fest. Die Ware *w* wird auf einen Kettenbaum *S* aufgewunden, dessen Drehung eine umgewickelte Schnur mit Fallgewicht bewirkt.

Die Preßnadel durch andre Nadelformen zu ersetzen, ist nur mit der Erfindung der Zungennadel, Fig. 14, gelungen, deren Haken von einem drehbaren Arm *c*, der Zunge, unter Einwirkung der Mafche selbst geschlossen und geöffnet wird (nur in mechanischen Wirkmaschinen verwendet).

**Erzeugnisse.** Die auf den Wirkmaschinen gearbeiteten Waren sind als Gebrauchsgegenstände entweder reguläre Waren, deren Teile während des Wirkens ihre richtigen Formen erhalten, seltene Ränder haben und beim Zusammennähen die wenig merklichen Nähre ergeben, oder geschnittenen Waren, deren Teile aus gewirkten Stoffstücken geschnitten werden, die also in den Rändern zer schnittenen Mafchen haben und deshalb beim Nähen wulstige Nähre erhalten. Die Form eines regulären Stückes entsteht durch Vermindern (Mindern, Abnehmen, Decken) oder Vermehren (Erweitern, Zunehmen, Ausdecken) feiner Reihenbreite. Dabei werden mehrere Randmafchen von ihren Nadeln abgenommen (abgedeckt) und um eine Mafche oder zwei nach innen oder außen wieder auf die Nadeln aufgehängt (aufgedeckt). Man benutzt hierzu entweder ein Drahthäkchen, die Mindernadel, oder mehrere in einem Handgriff (Decker) befestigte Decknadeln *a*, Fig. 15, deren jede mit langer Rinne *b* einen Nadelhaken überdeckt und mit ihrer Spitze *c* in die Rinne der Stuhlnadel eingeführt wird, so daß leicht eine Mafche von der einen auf die andre Nadel geschnoben werden kann. Zur Erlangung der richtigen Gefalt geschnittener Gegenstände benutzt man Druckformen oder auch Schnidformen (Schnitte), in welch letzteren die Drucklinien durch Messer angegeben werden, auf die man mehrere Stoffstücke legt, worauf man das Ganze in einer Presse zusammendrückt.

Nach Art der Fadenverbindung zerfallen die Wirkwaren in Kulierwaren und Kettenwaren; ersteren sind diejenigen, in denen ein Faden gewöhnlich alle Mafchen einer Reihe, mindestens aber mehr als zwei Mafchen nebeneinander bildet und letztere diejenigen, in denen ein Faden gewöhnlich nur eine Mafche in einer Reihe, höchstens aber zwei derselben herstellt. In beiden Sorten nennt man diejenigen, gewöhnlich halbkreisförmigen Fadenlagen *b*, *d*, Fig. 9 und 10, welche am Stuhle auf einer Nadel gehangen haben, die Nadelmafchen und diejenigen gebogenen oder geradgestreckten Fadenlagen *a*, *c*, welche unter oder vor einer Platine

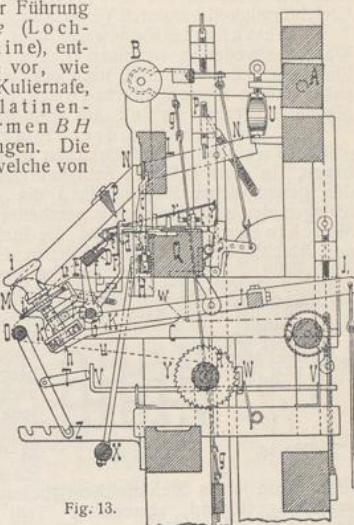


Fig. 13.

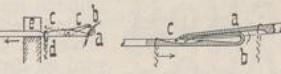


Fig. 14.

Fig. 15.

gehängen haben, die Platinenmaschen. Nach der Maschenlänge unterscheidet man lockere Ware mit langen und feste oder dichte Ware mit kurzen Maschen; nach der Fadenstärke im Verhältnis zur Maschengröße unterscheidet man hungrige oder gezwungene Ware, wenn ein feiner Faden auf einem starken Stuhle, volle Ware, wenn ein starker, aus vielen feinen Fäden duplizierter Faden auf einem feinen Stuhle verarbeitet worden ist, und geschlossene Ware, wenn der Stuhlfähigkeit entsprechend die richtige Garnstärke verwendet worden ist. Die Kulierwaren sind entweder glatt oder gemustert. Glatte Kulierware ist diejenige, welche mit den Elementarstücken des Wirkfahles gearbeitet werden kann und in welcher die halbkreisförmigen Nadel- und Platinenmaschen *a*, *b* auf der Rückseite (Fig. 9) und die geraden Seitensteile der Maschen auf der Vorderseite oben aufliegen. In ihr können Unterbrechungen der Gleichförmigkeit nur durch Verwendung verschiedenfarbiger Fäden hergestellt werden (Farbmuster).

Gemusterte Kulierwaren oder Wirkmuster entstehen durch Umwandlung der glatten Ware, entweder an einzelnen Stellen oder durchaus; es werden entweder Nadelmaschen oder Platinenmaschen verändert, nach oder während je einer Reihenbildung und dazu sind am Stuhle außer feinen Elementarstücken noch besondere Apparate erforderlich, welche man allgemein Maschinen nennt. Es sind fünf Gruppen solcher Wirkmuster zu unterscheiden:

1. Die Rechts und Rechtsmuster entstehen, indem man die Platinenmaschen der glatten Ware auch in Nadelmaschen umwandelt, welche entgegengesetzt zu den glatten Maschen liegen. In einer kulierten Schleifenreihe *a*, *b*, Fig. 16, werden von den Nadeln *s* auf den gewöhnlichen Stuhlnadeln *m* die gewöhnlichen glatten Maschen durch Preßen und Abschlagen der alten Maschen *c* gearbeitet; der Stuhl enthält aber noch eine Nadelreihe *m*, die Maschinenadeln, welche die Nadeln *s* erfasst und aus ihnen durch Preßen und Abschlagen ihrer alten Maschen *d* wiederum Nadelmaschen *d* bilden, die Maschinenmaschen, welche zwischen den auf *s* gearbeiteten Stuhlmassen liegen und dem Arbeiter die Rechtsseite zukehren, während die Stuhlmassen ihre Linkssseite nach ihm hin gerichtet haben. Die hierdurch entstehende Ware enthält also, wie Fig. 17 zeigt, auf jeder Seite Rechts- und auch Linksmaschen, sie ist aber wegen der mehrfachen Fadenbiegung sehr elastisch und ihre Maschen rücken so dicht aneinander, daß, wenn die Ware nicht ausgespannt wird, jede Seite von ihr wie die rechte oder Vorderseite der glatten Ware aussieht. Das einfachste Rechts und Rechtsmuster ist die in Fig. 17 im ausgespannten Zustande gezeichnete Ränderware, und zwar der Einsundeinsrand, weil in dieser Ware je ein Stuhlmassenstäbchen *s*, linksseitig, mit einem Maschinenmaschenstäbchen *m*, rechtsseitig liegend, abwechselt. Tritt der Wechsel nach mehreren Maschen ein (zwei und zwei u. f. w.), so erhält man die Patentränderware. Hiernach heißt die zweite Nadelreihe *m*, Fig. 18, auch wohl die Rändermaschine und der ganze Stuhl dann ein Ränderstuhl oder bei andern Maschenformen Fangstuhl, Linksmaschine u. s. w.

2. Die Preßmuster entstehen in der Weise, daß bei der Herstellung einer Reihe einzelne Nadeln nicht gepreßt werden. Auf einer solchen Nadel kommt die alte Masche *m*, Fig. 18, mit der neuen Schleife *s* zusammen und beide bilden eine Doppelmasche *m*, *s*, Fig. 19. Da in derselben die Fadenlänge der Schleife kürzer ist als diejenige einer Masche, so gibt die Schleife *s* Faden ab auf die beiden Nachbarmaschen *n*, welche dadurch sehr breit werden und dann auf der Warenvorderseite befinden hervortreten. Es liegt ferner die Schleife *s* immer auf der Warenrückseite, ihr Faden wird an dieser Stelle auf der Vorderseite nicht gefehlt und deshalb bilden die Preßmuster zugleich ein Mittel zur Herstellung von Farbmustern. Die zur Herstellung der Preßmuster nötige Vorrichtung, die Preßmaschine, besteht in einer Schiene *b*, Fig. 18, deren untere Kante zahnförmig ausgeschnitten ist und welche an der Presse *p* des Stuhles verhelfbar befestigt ist, so daß sie seitlich verrückt und Blechmaschine.

3. Die Petinet- oder Stechmaschinenmuster, auch à-jour-Ware genannt, entstehen in der Weise, daß in einer Reihe einzelne Maschen *a*, Fig. 20, von ihren Nadeln abgenommen und auf Nachbarnadeln gehängt werden, *a*; auf der leergewordenen Nadel bildet sich in der nächsten Reihe eine Schleife *b* und unter ihr eine Durchbrechung oder Öffnung in der Ware; diese Öffnungen setzt man zu Linien einer Zeichnung zusammen. Auch die auf leeren Nadeln entstandenen Schleifen können auf Nachbarnadeln fortgehängt (fortgedeckt) werden.

4. Die Werfmuster oder eingebrochenen Muster entstehen nach Beendigung je einer Maschenreihe durch Forthängen einzelner halben Nadelmaschen auf die Nachbarnadel. Die beiden Maschen *a* und *b*, Fig. 21, werden dadurch eng aneinandergezogen, und bei *a* entsteht eine etwas breitere Lücke als sonst in der Ware. Es werden nach diesem Verfahren nur noch bisweilen Zeichen in Gegenstände eingewirkt; dagegen ist am Rundwirkfahl eine Vorrichtung erfunden worden, durch welche während der Stuhldrehung Maschen zur Hälfte übergehängt werden, so daß eine eigentümliche Fadenverbindung, die Werfmusterware, entsteht.

5. Die Deckmaschinenmuster oder Deckmuster werden wiederum durch eine Umwandlung der Platinenmaschen gebildet. In sehr lockerer oder langkulierte Ware kann man einzelne Platinenmaschen *a*, Fig. 22, auf eine oder mehrere der nächstliegenden Stuhlnadeln

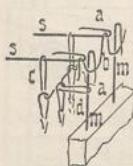


Fig. 16.

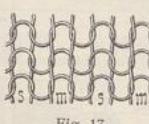


Fig. 17.

Fig. 18: A diagram of a frame structure used for pressing. It shows a horizontal bar labeled 'b' with a zigzag bottom edge, representing a guide rail. Below it is a small square labeled 'p' representing a presser bar.

Fig. 18.

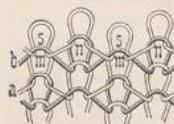


Fig. 19.

Fig. 20: A diagram showing a single mesh loop 'a' being moved from its original position onto another needle. Below it, a second mesh loop 'b' is shown with a small opening or break in its structure.

Fig. 20.

Fig. 21: A diagram showing two mesh loops, 'a' and 'b', being pulled together. Loop 'a' is pulled over loop 'b', creating a tight binding between them. Loop 'b' has a small gap or opening below it.

Fig. 21.

Fig. 22: A diagram showing a single mesh loop 'a' being attached to one of several needles below it, effectively closing off a section of the mesh.

aufhängen oder aufdecken ( $a_1$ ,  $a_2$ ). Es werden dadurch entweder Öffnungen in der Ware hervorgebracht oder auch Maschen aneinandergezogen und zusammengedrängt, so daß einzelne Warenstücke aus der Fläche der Ware als Erhöhungen hervortreten. Die hierzu verwendete Vorrichtung, Deckmaschine genannt, enthält Decknadeln  $z$ ,  $e$ , Fig. 23 und 24, welche verschieden breit fein und eine Platinemasche auf eine Nadel oder mehrere Stuhlnadeln aufhängen können: Ein nadeldecker  $e$ , Zweinadeldecker  $z$  u. f. w.; zwei schmale Nadeln  $e$ , an den Spitzen zusammengebogen und unten weit auseinander stehend, können Dreinadel- und Viernadeldecker bilden.

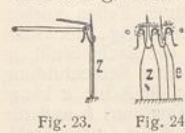


Fig. 23.

Fig. 24. Drawing of two needles (Decknadeln) bent at the tips, used for three- or four-needle deckers.



Fig. 22.

Die Kettenwaren sind zum weitaus größten Teile glatte Waren, d. h. also solche, welche mit dem Wirkstuhle allein, ohne Hilfe einer Mustermaschine (Ränder- oder Preßmaschine u. f. w.) gearbeitet werden. Nur auf mechanischen Kettenstühlen werden Rechtsundrechtsmuster (Fangkettenwaren) in sehr geringen Mengen gewirkt. Als einfachste Kettenware kann die in Fig. 10 gezeichnete (halber einfacher Trikot) angefertigt werden. Da in derselben alle Maschen einer Reihe ganz gleiche Fadenlagen enthalten, so ist nur eine Kettenmaschine dazu verwendet worden; dieselbe hat jeden Faden in folgender Weise bewegt und in die Nadelreihe gelegt: Nachdem z. B. eine Reihe beendet ist, hängt der Faden der Masche 1 Fig. 10 rechts von der Nadel dieser Masche herab und wird etwa bei 2 in seiner Lochnadel geführt. Zur Schleifenbildung für die nächste Reihe bewegt sich nun die Kettenmaschine von 2 bis 3 unter einer Nadel nach links hin, dann empor und über einer Nadel, 3 bis 4, nach links, worauf sie bis 5 herabfällt — damit ist eine Legung vollendet, d. h. es sind alle Fäden als Schleifen über die Stuhlnadeln gelegt worden. Für die zweite Reihe geht die Maschine von 5 bis 6 unter einer Nadel nach rechts, dann von 6 bis 7 empor und über eine Nadel nach rechts, worauf sie bis 8 herabfällt; sie hat dann den ersten Stand von 2 wieder erreicht und derselbe Legungsumfang wiederholt sich. Man zeichnet diesen kurz in der Weise von Fig. 25 und gibt mit dieser einfachen Legung zugleich bis zu einem gewissen Grade ein Bild der Ware oder ihrer Fadenverbindung. Es ist üblich, eine solche Legung kurz nach Größe und Richtung zu benennen: die obige, Fig. 25, würde man also bezeichnen mit „unter 1, über 1 nach links und rechts“ oder mit „unter 1, über 1 und zurück“. Fig. 25. Fig. 26.

Die Anzahl der verschiedenenartigen Legungen und Waren wird noch vielfach vermehrt durch Verwendung von zwei oder mehr Maschinen, welche wie  $o$  und  $u$  in Fig. 27 untereinander liegen und entweder durch Handgetriebe oder selbstdämmig von andern Stuhlteilen durch Selbst-

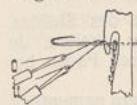


Fig. 27.

getriebe seiflich bewegt werden. Der einfachste Fall hierfür würde der sein, daß zwei Maschinen gleich aber entgegengesetzt gerichtet ihre Fäden legen und jede Maschine volle Fäden enthält. Dann entsteht nach der Legung Fig. 25 die doppelte Ware von Fig. 10, der sogenannte einfache Trikot, Fig. 28, oder nach der Legung Fig. 26 der Doppeltrikot, ferner aus der Verbindung von Fig. 25 für die obere und Fig. 26 für die untere

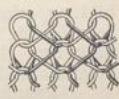


Fig. 28.

Maschine der Halbtrikot (f. unten). Mit besonders eingerichteten mechanischen Kettenstühlen (f. unten) wird seit wenigen Jahrzehnten die bekannte Milanese- oder Diagonaleware (ein Atlas ohne Umkehrreihen) gewirkt.

Die bisher erwähnten Kettenwaren sind dichte Waren, im Gegensatze zu durchbrochenen Kettenwaren, welche man allgemein Filet nennt: ersteren sind solche, in denen die nebeneinander liegenden Maschen seitliche Verbindung miteinander haben, letztere solche, in denen diese Verbindung an manchen Stellen fehlt. Man kann solche Filetwaren in sehr verschiedener Weise wirken, z. B. mit einer Kettenmaschine und halben Fäden, d. h.

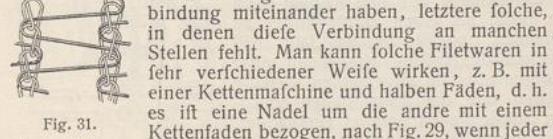


Fig. 31.

es ist eine Nadel um die andre mit einem Kettenfaden bezogen, nach Fig. 29, wenn jeder Faden über zwei Nadeln gelegt und beim Abschlagen von den Platinen zwischen den Nadeln nach vorn gedrückt wird, so daß er zwei Maschen in einer Reihe nebeneinander bildet, oder mit zwei Kettenmaschinen, deren jede halbe Fäden enthält und welche nach Fig. 30 (sogenannter gewöhnlicher Filet) entgegengesetzt zueinander den zweireihigen Atlas legen, oder nach Fig. 31 (Schußfilet) derart, daß eine Maschine mit ihren Fäden Maschenstückchen bildet und die andre ihre Fäden in diese Maschen einhängt.

Mechanische Wirkstühle oder selbstdämmig arbeitende Wirkmaschinen hat man schon im 18. Jahrhundert zu bauen verucht, zunächst nur Kulierstühle und in der Weise, daß man dem Handröhrenstuhl im Untergestell eine Triebwelle einlegte, auf derselben unruhige Scheiben oder Exzenter befestigte und mit diesen die oberen arbeitenden Stuhlteile durch Hebel und Zugstangen verband, so daß während einer Umdrehung der Welle alle diese Teile in richtiger Reihenfolge bewegt wurden und eine Maschenreihe bildeten. Es konnte aber mit diesen Maschinen nicht gute reguläre Ware hergestellt werden und sie konnten auch als flache Maschinen nicht schneller als der Handstuhl arbeiten, weil, wie in letzterem, alle Arbeiten einer Reihenbildung

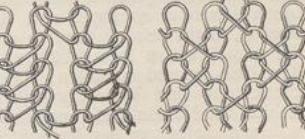


Fig. 29.

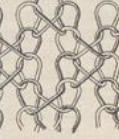


Fig. 30.

aufeinander warten mußten. Die Erwägungen zur Vermeidung des letzteren Uebelstandes führten zum Baue der runden Wirkstühle oder Rundstühle und zwar zunächst der französischen Rundstühle, d. h. derjenigen, in denen die Nadeln horizontal und radial gerichtet in einem Kreisringe liegen; dieser Nadelkranz ist um eine lotrechte Achse drehbar, und die Nadeln bewegen sich der Reihe nach an den übrigen bei der Maschenbildung tätigen Teilen vorbei. Diese Teile: Fadenführer, Kulierapparat, Presse u. f. w. sind also fortwährend tätig, der Stuhl liefert folglich, wenn er diese Teile nur einmal enthält, doppelt so viel wie der flache Stuhl, in welchem das Kulieren und das Ausarbeiten der Reihe je die halbe Zeit einer Reihenbildung allein beansprucht. Fig. 32 und 33 geben keine hauptsächliche Einrichtung an: die Achse *a* hängt von einem Traggefell lotrecht herab; sie trägt den drehbaren Nadelkranz (*Tambour*) *b* und die festliegende Scheibe *c*. Durch Zahnräder *d*, *e* wird der Nadelkranz von einer Welle *f* umgedreht. Die Platten sind geteilt in Abfachlagplatten *g* und Kulierplatten *h*, erstere stehen ringsum zwischen den Nadeln auf einem Tragreifen des Nadelkranges, letztere sind nur an der Stelle des Stuhles angebracht, an welcher der Faden zugeführt wird; sie kulieren diesen und ziehen feine Schleifen vor in die Nadelhaken. Die Kulierplatten bilden Zähne eines Rades *m* (*Kulierrad*, *Mailleuse*), welches vom Nadelkrange *b* um seine Achse *m* gedreht wird, sie sind in demselben radial und auch in ihrer Längsrichtung beweglich und werden geführt an einer Scheibe *i* (*Deckelzentrum*), in Schlitten der Scheiben *m* und durch das Kulierexzentrum oder Rößchen *k*. Als Presse dient eine Scheibe *l* (*Preßrad*) und zum Auftragen und Abschlagen der Maschen werden die Abfachlagplatten *g* mit der Ware durch Exzenterstück *u* vorwärts, zum Einschließen aber durch Streicheifen *o* oder gezahnte Scheiben *o* (*Einschließräder*) wieder rückwärts geschoben. Der Teil des Stuhlumfangs vom Fadenführer *p* ab bis zum Abfachgrad *r*, welcher alle zur Maschen-

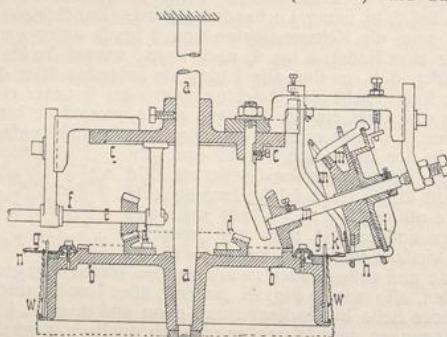


Fig. 32.

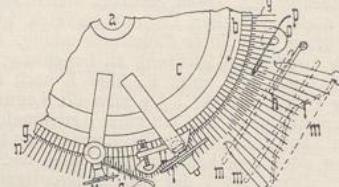


Fig. 33.

bildung erforderlichen Teile enthält, bildet eine Arbeitsstelle oder ein System des Stuhles. Jede Nadel, welche von *p* bis *r* fortgedreht worden ist, hat eine neue Masche erhalten. Je nach dem Umfange kann der Stuhl mehrere Systeme enthalten und mit mehreren Fäden bei einer Umdrehung mehrere Maschenreihen arbeiten.

Rundstühle arbeiten glatte Waren einfach und mit Futterdecken, von Wirkmustern namentlich Preßmuster unter Verwendung von Preßscheiben oder Preßrädern, welche am Umfange Zähne und Lücken enthalten, und da bei mehreren Systemen die Räder sich ergänzen, so können Muster von verhältnismäßig großem Umfange gewirkt werden. Weiter sind Rundstühle zur Herstellung von Rechtsunddrechtmustern, Petinet-, Werf- und Deckmaschinemustern eingerichtet worden.

Da man französische Rundstühle (ihrer Größe wegen auch Sackstühle genannt) ihrer Zusammensetzung nach nicht von so kleinem Durchmesser bauen kann, daß sie enge Warenzyylinder, Schläuche von nur 5—6 cm Weite, arbeiten und auch dahingehende Versuche, die Nadeln mit den Köpfen nach innen gewendet zu legen und den Stuhl als einen Hohlzylinder zu formen, nicht befriedigten, so entstanden ungefähr um das Jahr 1849 die englischen Rundstühle, welche die Nadeln lotrecht auf einer Kreislinie stehend enthalten, im übrigen aber im allgemeinen die selbe Einrichtung und Wirkungsweise haben wie die französischen Rundstühle. Die Nadeln dieser englischen Stühle stehen parallel zueinander, während diejenigen der französischen Rundstühle wegen ihrer radialen Lage innen eng und außen weit auseinander liegen, welch letzterer Umstand viele Mißverständnisse in der Feinheitsbezeichnung herbeiführt. Die Fig. 34 und 35 zeigen die Einrichtung eines kleinen englischen Rundstuhles (gewöhnlich Schlauchstuhl genannt): Eine feste Achse *a* steht vom Gestell *c* nach oben und trägt den drehbaren Nadelkranz *b* mit den Nadeln *h* und die feste Scheibe *c*. Durch Räder *d*, *e* wird der Nadelkranz von einer Welle *f* umgedreht und seine Nadeln laufen in der Richtung *x* an den übrigen zur Maschenbildung dienenden Teilen vorbei, welche teils von der festen Scheibe *c*, teils vom Gestellstück *c* getragen werden. Der Fadenführer *p* leitet den Faden an die Nadelreihe, wo ihn die Platten der Mailleuse *m* erfassen und kulieren. Als Mailleusen oder Kulierräder verwendet man hier nur solche mit feststehenden Zähnen oder Platten (englische Mailleusen oder Flügelräder); sie stehen geneigt gegen die Nadeln, da sie die

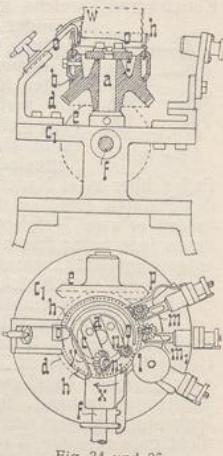


Fig. 34 und 35.

kulierten Schleifen auch empor unter die Nadelhaken zu schieben haben. Ein zweites, dem ersten ähnlichen Rad  $m_1$  (Verteilungsrad) unterstützt das erfriere, indem es die kulierten Schleifen nochmals gegen die Nadeln drückt und emporzieht. Ein Streicheisen  $o$  hält die Ware  $w$ , welche nach oben abgezogen wird, während des Kulierens tief unten an den Nadeln in der Einfüllstellung und lässt sie erst beim Preßrad  $l$  frei nach oben gleiten zum Auftragen der Maschen, welche Arbeit ein Auftragrad  $n$  unterstützt, worauf das Abschlagrad  $n_1$  die alten Maschen von den Nadeln nach oben hin abschiebt. Nachdem der Stab  $y$  die Maschen nach innen zurückgedrängt hat, wird die Ware durch  $o$  wieder eingeschlossen. In kleinen Stühlen erfüllen diese Teile den ganzen Umfang, es gibt aber auch große englische Rundstühle (Sackstühle), welche viele Systeme enthalten. Man hat weiter verfügt, die Nadeln lotrecht einzeln beweglich anzurichten, um die Anzahl der Systeme zu vermehren; für gewöhnliche Preßnadeln ist das indessen unausführbar, sie erleiden seitliche Verbiegungen beim Preßen, dagegen sind Zungennadeln in diesem Falle sehr passend zu verwenden und sie ermöglichen den Bau solcher Rundstühle bis zu sehr großer Anzahl (48) von Systemen. Als Wirkmuster arbeitet man an englischen Rundstühlen nur Preßmuster und Rechtsundrechtsmuster; im letzteren Falle werden fast ausnahmslos Stühle mit einzeln beweglichen Zungennadeln verwendet, denen man eine zweite Reihe wieder einzeln beweglicher Zungennadeln, horizontal liegend, hinzufügt. Die Arbeitsgeschwindigkeit aller Rundstühle, d. i. die Länge der Maschenreihe, welche ein System des Stuhles in einer Sekunde liefert (also auch die Umfangsgeschwindigkeit des Nadelkranzes) beträgt für glatte Ware 500—600 mm und für Ränderware 200—300 mm.

Während der Weiterentwicklung der runden Wirkstühle wurden auch die flachen mechanischen Stühle vervollkommen; es entstanden zunächst halbmechanische Stühle (rotaries), das sind solche, welche wohl die Maschenreihen, durch Elementarkraft getrieben, arbeiten, für das Mindern aber ausgerückt wurden, worauf der Arbeiter mit einer Hand mindermaßchine, wie sie auch der Handstuhl enthält, die Randmaschen des Warenstückes von den Nadeln abhob und nach innen forthängte. Erst im Jahre 1857 entstand Luke Bartons selbsttätige, mindernde, mechanische Wirkmaschine mit vier oder sechs Strumpflängen Breite, 1863 der Pagetstuhl als Einlängenstuhl, der außerordentliche Verbreitung erlangte, und 1868 der Cottonstuhl mit vielen Strumpflängen (bis 24) in der Breite, der jetzt in großen Fabriken zumeist anzutreffen ist. Er enthält lotrecht stehende Nadeln auf beweglicher Nadelbarre, die auch in allen andern Maschinen als vorteilhafteste Anordnung sich gezeigt hatte; die Triebwelle liegt tief unten im Gestell, wodurch die Maschine große Stabilität erhält.

Fig. 36 zeigt einen Querschnitt des Cottonstuhles: Die Nadeln  $a$  sind mit Bleien in der Nadelbarre  $b$  befestigt, welche auf Stäben  $b_1$   $c$  liegt und vom Hebel  $b_1$   $d$  gehoben und gesenkt sowie durch die Verbindung  $c_1$  mit Hebel  $f f_1$  vor- und rückwärts bewegt wird. Die Triebwelle  $g$  mit ihren Exzentern veranlaßt diese wie überhaupt alle Bewegungen der Stuhlteile. Die Platten sind geteilt in Kulier- und Verteilungsplatten  $i$  und Abschlagplatten  $h$ ; von erfrieren werden die Kulierplatten durch Schwingen  $k$  (auf  $k_1$  drehbar) und Rößchen  $l$ , die Verteilungsplatten von der untersten der Schienen  $o$  verschoben, beide aber auch nach Erfordern von  $o$  vor und zurück bewegt; die Abschlagplatten  $h$  bilden einen auf dem Gestell befindlichen Abschlagkamm. Die vordere Kante  $p$  der unteren Plattenführungschiene bildet die Presse, an welche die Nadeln  $a$  angedrückt werden. Die Rößchen  $l$ , das ist für jede Stuhlabteilung ein solches, hängen an Schiebern  $l_1$ , welche auf einer Gestellschiene sich verschieben und durch Reibung die Röhren  $m$  mit den Fadenführern  $n$  mit fortnehmen. Die Ware  $w$  geht nahezu wagerecht ab nach der Warenrolle  $w_1$ . Die Mindermaschine hängt über den Stuhlnadeln; sie trägt die gewöhnlichen Deckerpaare  $q$  an den Schienen  $q_1$  und erhält durch Verbindung mittels Zugstangen und Hebel mit der Exzenterwelle  $g$  ihre Bewegung auf und ab sowie vor- und rückwärts. Der Stuhl wird durch Elementarkraft getrieben; eine Vorgelegewelle  $r$  mit Räderübertragung auf  $g$  gefüllt indes auch den zeitweiligen Antrieb durch die Hand. Die Höhe des Stuhles bis zur Ware  $w$  beträgt etwa 90—100 cm. Die Welle  $g$  enthält die Exzenter sowohl zur Arbeit der Maschenreihenherstellung als auch zu denjenigen des Minderns; die auf ihren Exzentern liegenden Rollen der Triebhebel werden durch Einwirkung einer Zählekette (Regulatorkette) um reichlich den Betrag einer Exzenterbreite verschoben und bewegen in der einen Lage die Teile zum Maschenbilden, in der andern diejenigen zum Mindern.

Die flachen mechanischen Kulierstühle finden zumeist auf die Herstellung regulärer glatter Waren beschränkt geblieben, von Wirkmustern sind nur Rechtsundrechtswaren

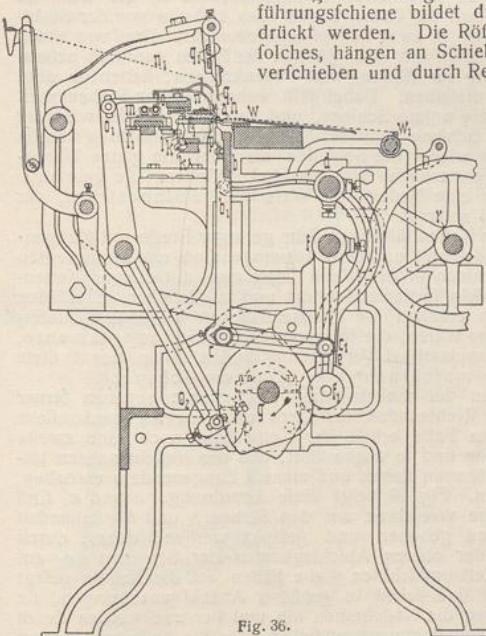


Fig. 36.

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

und speziell Ränderwaren mit Erfolg an flachen Stühlen herzustellen. Zu solchen Breitränderstühlen hat man sowohl die Paget- wie die Cottonstühle umgewandelt, in der Hauptfache zum Wirken der sogenannten regulären Ränder, das sind die rechteckigen Warenstücke, an welche dann Socken oder Strümpfe angewirkt oder welche an Jackenärmel und Hosenbeine angenährt werden. Diese Ränder bilden, aneinanderhängend, bandartige Streifen, deren ein Stuhl bis zu 16 oder 20 nebeneinander wirkt, jedes in der Breite bis zu 200 mm. Die Arbeitsgeschwindigkeit flacher mechanischer Kulierstühle, d. h. die Länge der Maschenreihe, welche ein Stuhl in der Sekunde liefert, beträgt bei mittlerer Breite 300 mm für glatte und etwa 100 mm für Ränderware.

Mechanische Kettenwirkstühle sind seit Anfang des 19. Jahrhunderts zu bauen verucht worden; ihre Umwandlung aus dem Handstuhl ist leicht, da der Kulierapparat und die Mindervorrichtung wegfällt. Man verwendet fast ausschließlich flache Stühle; runde werden nur von sehr kleinem Durchmesser nach Art der englischen Rundköpfe mit beweglicher Nadelbarre gebaut, sie wurden früher unter dem Namen Bolognmaschinen für die Herstellung wollener Schläuche zu Schals verwendet und dienen jetzt zur Fabrikation von Glühlichtstrümpfen, die sie als Schläuche von gewöhnlichem Filet wirken.

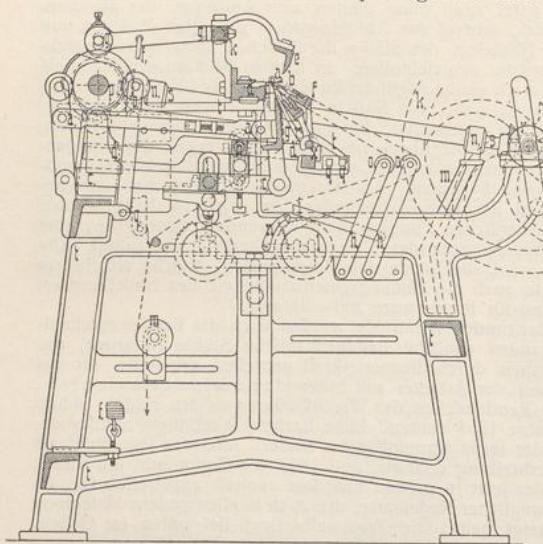


Fig. 37.

Von den flachen Stühlen zeigt Fig. 37 die gebräuchlichste Ausführungsform, im Querschnitte gezeichnet: Die ganze Anordnung gleicht derjenigen des Handstuhles und ist aus Fig. 37 leicht zu verleihen, nur die Platinen *c* sind, unter Wegfall des Hängewerkes, unterhalb der Nadelreihe *a* auf der Barre *g* mit Bleien festgeschraubt. Derlei mechanische Kettenstühle werden bis zu 2 m Breite gebaut und zumeist zur Herstellung derjenigen Stoffe verwendet, aus denen man die Stoffhandschuhe, genau nach Art der Glaçéhandschuhe, schneidet und näht. Durch Umänderung der Führung der Kettenfäden hat man es an den flachen Stühlen erreicht, mit zwei Ketten seitlich fortgesetzte Legungen zu machen ohne Umkehrreihen in der Ware zu erhalten: die Kettenmaschinen sind entfernt und die Fäden liegen etwa 150 mm vor der Stuhlnadelreihe frei auf zwei horizontalen Schienen in zwei Reihen untereinander. Drei von unten her in die Fadenreihen eintretende Kämme halten mit ihren Zähnen die Fäden geordnet nebeneinander, verschieben sie in der Breitrichtung zur Bildung von Fadenkreuzen, heben sie über die Stuhlnadeln empor und legen sie auf dieselben. Dabei fällt während jeder Reihenarbeit ein Randfaden der oberen Kette hinab auf die untere Schiene, und am andern Ende wird der Randfaden der unteren Reihe auf die obere Schiene gehoben. Diese beiden Randfäden kehren nun in ihren Legungen um und legen dann wieder die Schleifen bis über die ganze Warenbreite hinweg. Nur die Seitenkanten der Ware erhalten also die Umkehrstellen. Die gebräuchlichste Legung ist diejenige „unter und über eine Nadel“, die Ware wird Milanesware, der Stuhl Milanes- oder auch Diagonalstuhl genannt.

Seit Ende der 1880er Jahre baut man Kettenstühle von sehr geringer Breite mit Zungenadeln in weiter Teilung auf beweglicher Nadelbarre und einer schwingend auf und ab bewegten Kettenmaschine; man verwendet diese Maschinen in der Weise, daß man mit einigen Kettenfäden Maschenstäbchen je auf denselben Nadeln fortlaufend bildet und in dieselben Schußfäden quer zur Ware gerichtet einlegt. Hierdurch erhalten die Maschenstäbchen Verbindung untereinander und es entstehen schmale bandartige Waren, die sogenannten Zierfadenpolamente, welche als Besatz- oder Ausputzartikel Verwendung finden. Man nennt diese Kettenstühle speziell „Häkelmaschinen“ oder „Galonmaschinen“.

Befondere Einrichtungen der mechanischen Kettenstühle bestehen ferner noch für das Wirken von Rechtsundrechtsmustern und von Jacquardmustern in Kettenwaren. Im ersten Falle erhält der Kettenstuhl noch eine zweite Nadelreihe, und beide Reihen sind so angeordnet, daß die Nadeln nahezu lotrecht auf beweglichen Nadelbarren stehen und zumeist Zungennadeln enthalten, um das Prellen zu ersparen. Fig. 38 zeigt diese Anordnung: *a* und *a<sub>1</sub>* sind die Stuhlnadelreihen, welche von ihren auf den Stäben *h* und *h<sub>1</sub>* stehenden Tragbarren *b* *b<sub>1</sub>* abwechselnd gehoben und gesenkt werden, dabei, durch Rollen *c* *c<sub>1</sub>* geführt, längs der oberen Abschlagkanten der Schienen *e* *e<sub>1</sub>* auf und ab gleiten und von Kettenmaschinen *f* die Fäden auf die Nadeln gelegt erhalten. Die Maschinen *f* sind leicht in größerer Anzahl anzubringen, sie schwingen rechtwinklig gegen die Nadelreihen hin und her und werden durch ein Selbstgetriebe in ihrer Längsrichtung verschoben. Da die einfachste hiermit

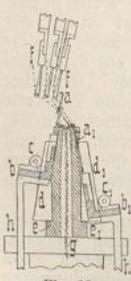


Fig. 38.

zu wirkende Rechtsundrechtsware der Fangware sehr ähnlich sieht, so nennt man alle derartige Kettenwaren „Fangkettenwaren“ und den Stuhl Fangkettenstuhl. Von der zufälligen geschäftlichen Bezeichnung eines aus derlei Ware ehedem gefertigten Gegenstandes (Spencer à la Rachel) hat man auch den Namen Rachel- oder Rafschelmaschine für diese Stühle abgeleitet und benennt mit ihm die Stühle auch dann noch, wenn sie mit nur einer Nadelreihe d<sub>1</sub> glatte Ware arbeiten, was zu allermeist geschieht.

Die Jacquardmuster in Kettenwaren, welche durch Einwirkung einer gewöhnlichen Jacquardmaschine auf die Lochnadeln der Kettenmaschinen hervorgebracht werden, bestehen entweder aus Öffnungen, welche an beliebigen Stellen einer dichten Ware gebildet werden, oder aus beliebig verteilten dichten Stellen einer gleichmäßig durchbrochenen Filetware. Die hierzu erforderliche sogenannte Drängvorrichtung ist in Fig. 39 in einer Ausführung für Stühle mit lotrechten Nadeln a dargestellt: Die beiden Kettenmaschinen c hängen mit ihren Lochnadeln b abwärts und zwischen je zweien der letzteren hängt ein steifer Stab d, der von einem Blei e auf der Tragschiene i gehalten wird. Das Blei ist durch eine Schnur f mit einer Platine der über dem Stuhle stehenden Jacquardmaschine verbunden. Diejenigen Platinen, welche beim Ziehen der Jacquardmaschine gehoben werden, ziehen auch ihre Bleie e empor und die Stäbe d aus den Lochnadelreihen b heraus, und die betreffenden Lochnadeln bewirken nun die Legung ihrer Kettenmaschinen, die andern Platinen aber, welche unten stehen bleiben, lassen auch die Stäbe d zwischen b, und diese verdrängen dann beim Legen der Maschine die benachbarten Lochnadeln, verhindern also deren Legung. Andre Ausführungen der Drängvorrichtung halten die Lochnadeln immer in der verdrängten Lage und geben sie vereinzelt beim Ziehen der Jacquardmaschine frei, so daß sie durch ihre Elastizität in die normale Lage zurückkehren und damit eine befondere Legung, unabhängig vom Wege der ganzen Kettenmaschine, vornehmen. Diese Jacquardkettenstühle (auch Tattingmaschinen und Guipürmaschinen genannt) sind nicht zu verwechseln mit denjenigen Kettenstühlen, welche nur ein Jacquardgetriebe enthalten, d. i. eine Treibvorrichtung für die Kettenmaschine, welche unter Benutzung einer Jacquardmaschine eine große Mannigfaltigkeit der Legungen in einer Ware gefügt. Die Arbeitsgeschwindigkeit der Kettenstühle beträgt im Mittel 45 Reihen in der Minute, kann also, je nach der Breite, bis über 1000 mm Reihenlänge in der Sekunde steigen.

Als eine befondere Art der mechanischen Wirkstühle werden die Strickmaschinen betrachtet, welche seit Anfang der 1860er Jahre in vielen Formen und Anordnungen entstanden, von denen indes die meisten als zur Fabrikation ungeeignet sich erwiesen. Das Wort „Strickmaschine“ ist nur durch die Uebersetzung des englischen Namens „Knitting machine“ in die deutsche Sprache gekommen und man hat darunter jede solche Wirkmaschine zu verstehen, welche Gebrauchsgegenstände fertig oder doch nahezu fertig zum Gebrauche herstellt, wie das beim Handstricken geschieht. Als vollkommenste Ausführung hat sich die Maschine von Lamb gezeigt (1865 erfunden), welche in den Fig. 40–43 gezeichnet ist: dieselbe enthält zwei Reihen von Nadeln a b, in Führungen schräger Platten c, der Nadelbetten, abwechselnd einander gegenüberliegend und nur um die Teilung der Nadeln voneinander entfernt, so daß beide Reihen zusammen eine rund geschlossene Ware liefern können. Die Nadelbetten c sind auf den Gefellwänden c<sub>1</sub> befestigt, welche auf einen Tisch oder ein besonderes eisernes Untergestell (Fig. 43) geschraubt werden; die Ware w hängt zwischen beiden Nadelreihen und -betten herab. Die Nadeln a b sind einzeln beweglich, es haben sich deshalb auch nur Zungennadeln als geeignet erwiesen; am unteren Ende ist jede Nadel rechtwinklig abgebogen zu dem aus der Führung emporreichenden Arbeitsfuß d (Fig. 40), an dem sie

erfaßt und auf und ab gehoben wird zur Bildung der Maschen. Zu diesem Zwecke liegen dicht über jedem Nadelbett drei Dreiecke o o u (Fig. 40–42) so angeordnet, daß das untere Dreieck u zwischen sich und den beiden oberen o eine Führungsrinne bildet, in welche die Arbeitsfüße d hineinreichen, so daß diese beim Verschieben der Dreiecke die Füße d (Fig. 41) und damit die Nadeln am unteren

Dreiecke u empor- und an einem der oberen oder Seiten-dreiecke o wieder hinabschieben (Nadelheber u und Nadel-senker o). Die drei Dreiecke bilden das sogenannte Schloß der Maschine; sie sind an der Schloßplatte e befestigt, und zwar diejenigen o verstellbar durch Schrauben r (Fig. 43), womit die Tiefe des Nadelkens und dadurch die Maschenlänge reguliert wird (locker oder fest stricken), und das Dreieck u, verschiebbar, derart, daß ein Bolzen s von ihm durch einen lotrechten Schlitz der

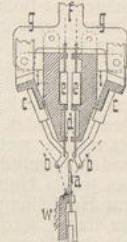


Fig. 39.



Fig. 43.

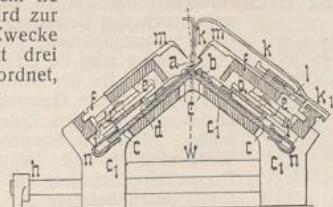


Fig. 40.

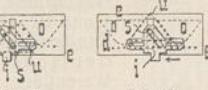


Fig. 41.

Fig. 42.

Schloßplatte *e* und einen schrägen Schlitz der darüber liegenden Platte (Schloßschieber) *i* hindurchreicht. Schiebt man nun den Schloßschieber *i* (Fig. 41) nach rechts, so drückt derfelbe in seinem schrägen Schlitze den Bolzen *s* und damit das ganze untere oder Mitteldreieck *u* empor in die Lage Fig. 42, er schließt das Schloß, d. h. die Nadelführungen deselben und die Nadelfüße *d* werden nun nicht mehr erfaßt, die Nadeln bleiben untätig, wenn das geschlossene Schloß über sie hinweggeführt wird. Schiebt man aber den Schloßschieber *i* wieder nach links (Fig. 42), so zieht er den Nadelheber *u* wieder herab in die Lage Fig. 41, er öffnet das Schloß wieder, so daß die Nadeln wieder Maschen arbeiten. Die Federn *n* begrenzen die tiefste Lage der Zungennadeln, in der ihre Füße *d* unter den Schloßdreiecken liegen und von letzteren auch bei geöffnetem Schloß nicht erfaßt werden können. Beide Schloßplatten sind an einem Rahmen oder Schlitten *f* befestigt, welcher in Führungen des Gestells längs der Nadelreihen hin und her geschoben werden kann, getrieben durch die Stange *g* und Kurbel *h*; eine Führungslange *f* sichert die Lage des Schlittens während dieser Verstellung. An letzterer nehmen die Schloßteile, und ihre Schieber *i* fließen am Ende des Hubes an Riegel, welche vor dem Gestell vorstehen und werden dadurch geöffnet und geschlossen. Der Schlitten *f* verschiebt auch durch einen Mitnehmer *l* (Fig. 40) den Fadenführer *k*, welcher den Faden auf die Nadelreihen legt; ebenso führt er zwei Zungenöffner *m*, bestehend aus scharfkantigen Bogenstückchen (Messer) oder aus Bürsten, längs der Nadelreihen derart hin, daß dieselben die Zungen der auftreibenden Nadeln nach unten zurücklegen und somit die Nadelhaken öffnen zum Einlegen des Fadens. Arbeitet bei den folgenden Schlittenhüben abwechselnd die eine und andre Nadelreihe, so entsteht glatte Rundware, welche durch Einwärtschlägen der Randmaschen und Herabziehen der leeren Nadeln gemindert werden kann (reguläre Längen und Füße der Strümpfe ohne Naht); arbeitet bei jedem Hube nur ein und dieselbe Nadelreihe, so erhält man flache, glatte Ware (benutzt zur Herstellung der Strumpferfe), und arbeiten bei jedem Hube beide Nadelreihen, so bilden sie flache Rechtsundrechtsware, als welche namentlich Fang- und Patentränderware in sehr gleichmäßiger Maschenlage gestrickt wird. Die meisten Strickmaschinen werden mit der Hand betrieben, erst in neuerer Zeit wird Elementarbetrieb allgemein verwendet, gewöhnlich liegen dann mehrere Maschinen auf einem Gestell und erhalten ganz gleichmäßigen Antrieb zu ganz gleichen Arbeiten.

Die Schloßeinrichtung der Lambischen Strickmaschine wurde alsbald auch auf englische Rundwirkstühle mit einzeln beweglichen Zungennadeln übertragen, und da schon 1862 der Amerikaner Mac Nary an seiner Maschine mit feststehenden Nadeln ein Verfahren erfunden hatte, Strümpfe rund geschlossen, nahezu ohne Naht herzustellen, welches Verfahren auch auf die Rundstühle mit einzeln beweglichen Nadeln anwendbar war, so entstanden nun aus diesen die Rundstrickmaschinen, welche namentlich in den Vereinigten Staaten von Nordamerika in den verschiedensten Konstruktionen ausgeführt und zur Fabrikation verwendet werden. Sie liefern teils nur glatte Ware, teils haben sie zwei Nadelreihen und können beliebig Ränderware (für die Längen des Strumpfes) oder glatte Ware (für den Fuß) stricken. Die Ferse (Keilferse) und Fußspitze wird als eine Art halbkugelförmige Hülle an die zylindrische Ware in der Weise angestrickt, daß man dafür die Maschine nicht umdreht, sondern hin und her schwingend arbeiten läßt. Im ganzen Strumpf ist dann nur eine kurze Naht zu machen, welche die halbe Fußspitze mit dem halben Fußumfang verbindet, und welche am besten in Form einer Maschenreihe hergestellt wird, so daß sie nicht sichtbar ist und der Strumpf wie völlig nahtlos erscheint. Die Arbeitsgeschwindigkeit der runden Strickmaschinen kann gleich derjenigen der Rundkulierstühle angenommen werden; in neuerer Zeit wird sie sogar höher, bis 800 mm Maschenreihe in der Sekunde angegeben — bei rotierender Bewegung; dagegen ist sie bei der schwingenden Bewegung zur Ferlen- und Spitzendarbiet nur höchstens ein Fünftel so groß, also 120—160 mm. Die Geschwindigkeit der flachen Lambischen Strickmaschinen kann wegen der geradlinigen unterbrochenen Bewegung diejenige der Rundstühle nicht erreichen, sie ist etwa zu 400 mm anzunehmen; nur in einzelnen besonderen günstigen Fällen des Arbeitens glatter Ware mag sie diejenige der Rundstühle erreichen oder überschreiten.

**Nähte.** Da der Wirkere nicht bloß Stoffstücke, wie der Weber, sondern in der Hauptfache fertige Gebrauchsgegenstände fabriziert, so hat er sich mit der Verbindung der Waren, mit dem Zusammennähen der Teile zu Gebrauchsgegenständen zu befassen. Als Nähte können hierbei nur solche verwendet werden, welche gleich der Ware elastisch sind; folglich sind die Nähte: Vorderfisch, Rückfisch, Steppfisch und Doppelleppfisch nur zur Verbindung von Wirkware mit unelastischer Ware, beim sogenannten Befestigen der Jacken, Hosen u. f. w. zu benutzen. Für das Zusammennähen der Wirkwarenteile selbst ist der Rück- und Steppfisch nur in einzelnen Formen und mit besonderer Vorsicht in Verwendung gekommen, mehr dagegen hat sich die überwendliche Naht als dafür geeignet gezeigt, allerdings auch nur mit der Vorsicht, daß man während des Nähens die Waren stark auszieht oder anspannt, um die genügende Länge des Nähfadens in sie einführen zu können und damit ein Zerreissen der Naht beim nachmaligen Gebrauche zu vermeiden. Fig. 44 zeigt einige solche Nahtformen, deren es jedoch eine größere Anzahl gibt, zwischen den Warenstücken I und II: Der Faden *a* bildet die sogenannte polnische Naht, er verbindet die Randmaschen *b*, eine Reihe um die andre, miteinander; der Faden *d* bildet die deutsche Naht, er verbindet die Hälften der beiden Maschen *b* und *c* in jedem Warenstück, eine Reihe um die andre, miteinander — beides sind überwendliche Nähte, mit der Hand gearbeitet. Bei *e* ist die englische Naht, auch Handnaht, gezeichnet; sie ist aus Rück- oder spezieller aus Steppfischen zusammengesetzt, denn der Faden *e*, welcher nur die äußeren Hälften der Randmaschen beider Waren miteinander verbindet, wird vom Stiche I aus um zwei Maschen vorwärts geführt,



Fig. 44.

bis 2, geht dann eine Masche rückwärts, bis 3, wieder zwei vorwärts, 4, eine zurück, 5, u. f. w., bildet also die Lagen des Steppstiches.

Am Wirkstuhle selbst werden bisweilen Warenteile in ihren letzten Maschenreihen miteinander verbunden durch das sogenannte Abketteln: Man arbeitet die letzte Reihe des einen Teiles als Langreihe *a* (Fig. 45), d. h. man bildet sehr lange Maschen durch Zurückziehen des Mühleisens im Handstuhle oder Senken des selben im mechanischen Stuhle, hängt dann diese Langreihe auf die Nadeln des andern Teiles mit den kurzen Maschen und schiebt die letzteren über die Langmaschen hinab, so daß in den langen Maschen die letzten kurzen Reihen *b* und *c* beider Teile hängen. Hierauf wird mit einer Häkel- oder Kettelnadel jede folgende Masche durch die vorhergehende gezogen, wie  $a_1 a_2$  angegeben, die letzte Masche aber mit dem Faden *f* der Ware durchzogen und verkettelt. Bisweilen versteht man unter „Abketteln“ auch das Durchnähen einer Maschenreihe mit einer Maschennäht an der Kettenmaschine (f. weiter unten).

Von den Maschinennähten wird fast auschließlich der Kettenstich oder Kettenstich zum Nähen von Maschenwaren verwendet, allerdings in sehr vielfachen Formen, als einfacher und doppelter, als geteilter zur Nachahmung der überwendlichen Naht, als mehrnädiger zu Kreuz- und andern Zierstichen. Die einfachste, in Fig. 46 gezeichnete Kettenstichform bildet man aus einem Faden *a*, welcher in Schleifenform durch die Ware und durch die je vorhergehende Masche gehoben wird und somit eine Maschenkette darstellt. Ist dabei die Ware mit ihren Maschen auf die Kammzähne der Nähmaschine (in diesem Falle Kettenmaschine genannt) aufgehängt oder „aufgefloßen“ worden, so daß die Nähnaht sie regelmäßig in den einzelnen Maschen durchsticht (Fig. 46), so wird damit die Maschenreihe der Ware auch abgekettelt, und sind zwei Warenstücke mit den Enden aufgeflossen, so verbindet der Kettenstich beide, es wird das eine an das andre angekettelt. Die gewöhnlich verwendeten Maschinennähte für das Zusammennähen beliebiger Wirkwarenstücke — nicht wie oben angegeben in den Maschenreihen, sondern an geschnittenen und an regulären Seitenkanten — sind der einfache und der Doppelkettenstich als solcher oder in feiner Umwandlung zur nachgeahmten überwendlichen Naht, letzteres dergestalt, daß die alte Schleife im ganzen oder zur Hälfte über die zu verbindenden Warenkanten hinweggezogen und der von der einen Warenseite her durchstechenden Nadel auf derselben Seite auch zum Durchstechen vorgehalten wird.

Literatur: [1] Willkomm, G., Die Technologie der Wirkerei, 2. Aufl., Leipzig 1887—93. — [2] Willkomm, O., Ware und Wirkmuster an Rundstählen, Leipzig 1905. — [3] Wirkschule in Limbach in Sachsen, Die Schulprogramme vom Jahre 1870 ab. — [4] Die deutschen Patentschriften über Wirkerei, Klasse 25 a. — [5] Die deutsche Wirkzeitung in Apolda. — [6] Die Oesterr.-Ungar. Wirk- und Strickerzeitung in Wien.

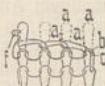


Fig. 45.



Fig. 46.

**Wirkungsgrad**, das Verhältnis der einem gegebenen Zwecke dienenden Energie (f. d.), z. B. der Nutzarbeit, zu der einschließlich unbeabsichtigter Abgaben und Leistungen dafür aufgewandten Energie. Der Ausdruck dieses Wirkungsgrads hängt von den in Frage kommenden Zwecken, Energieformen und sonstigen Verhältnissen ab (vgl. Wassermotoren, S. 853, Wärmemotoren, S. 811, Dynamomaschine, Bd. 3, S. 180, Kältemaschine, Bd. 5, S. 257 u. f. w.), er kann meist entsprechend den auftretenden Einzelverlusten oder Gruppen von solchen in Faktoren zerlegt werden, welche zur Unterscheidung vom Gesamtwirkungsgrad besondere Namen erhalten (vgl. Wärmemotoren). Doch herrscht in bezug auf die speziellen Bezeichnungen der Wirkungsgrade nicht immer Uebereinstimmung. Vereinzelt kommt der Name Wirkungsgrad für das Verhältnis eines wirksamen Teils zum Ganzen auch in Fällen zur Verwendung, in welchen es sich nicht um Energieformen handelt.

Weyrauch.

**Wirtel**, kleines Schnurröllchen, f. Schnurtrieb.  
**Wismut** *Bi*, Atomgew. 208,5. Rötlichweißes, glänzendes, sprödes Metall, das bei etwa 260° (garz rein 264°) schmilzt und beim Erkalten in würfelförmigen Rhomboedern auskristallisiert. Das spez. Gew. des geschmolzenen Wismuts ist 10,055, das des erstarren 9,82, es dehnt sich also beim Erstarren aus. An der Luft erhitzt, verbrennt es zu gelbem Wismutoxyd, das zu einer braunen Flüssigkeit schmilzt (Wismutglätte). Von Säuren lösen es schon kalt Salpetersäure und Königswasser, Salzsäure nur wenig.

In chemischer Beziehung verhält es sich ähnlich wie Antimon. Sauerstoffverbindungen:  $BiO$ , Wismutoxyd;  $Bi_2O_3$ , Wismutoxyd, gelbes, durch Verbrennen des Wismuts oder durch Glühen des Wismutnitrats zu gewinnendes Pulver;  $Bi_2O_5$ , Wismutäureanhidrid,  $Bi_4S_3$  Wismutulfid, fällt aus der Lösung der Wismutalze als schwarzer Niederschlag durch Schwefelwasserstoff oder wird als blättrige, graue Masse durch Zusammenschmelzen von Wismut und Schwefel erhalten. Die wichtigsten Salze sind das Wismutnitrat und Wismutchlorid, die wie alle neutralen Wismutalze durch Wasser zersetzt werden, indem basische Salze entstehen. — In der Natur kommt das Wismut hauptsächlich gediegen vor, außerdem als Wismutglanz,  $Bi_2S_3$ , als Wismutocker,  $Bi_2O_3$ , und in einer Anzahl fernerer Mineralien. Wismut wurde früher nur in Saigeröfen mit geneigten, gußeisernen Röhren durch Aufschmelzen der gediegenen Wismut

enthaltenden Erze dargestellt. Jetzt wird es durch Schmelzprozesse gewonnen, indem die kobalt- und nickelhaltigen Erze zur Entfernung des Arfens und Schwefels geröltet und in Tiegelöfen unter Zufatz von Kohle, Eisen und Schlacke verschmolzen werden. Unter der Schlacke entsteht dann neben einer aus Arfen, Kobalt, Nickel und Eisen bestehenden Speise metallisches Wismut. Außerdem wird Wismut auf nassen Wege aus wismuthaltigem Blei dargestellt, nachdem man das Blei großenteils abgetrieben und weiter im Flammofen mit Mergelohle oxydiert hat. Die Oxyde gehen zum Teil in den Herd, zum Teil in die Glätte. Herd und Glätte werden fein gepocht und warm mit Salzfäure in Steinzeugtöpfen ausgezogen. Aus der Wismutchloridlösung wird durch Wafferzufatz erst Chlorblei, dann basisches Wismutchlorid gefällt, das nach abmaligem Auflösen und Fällen mit Waffer filtriert, ausgewaschen und nach dem Trocknen in gußeisernen Tiegeln mit Zufatz von Soda, Glas und Holzkohle auf Metall verschmolzen wird. Auch auf elektrischem Wege soll sich nach Borchers im Schmelzofen Wismut aus wismuthaltigem Blei gewinnen lassen. Das erhaltene Rohwismut wird, wenn es stark verunreinigt ist, durch Saigerung geläutert. Zur weiteren Reinigung wird es vom Blei getrennt, indem es in eine Schmelze von Aetznatron mit Chlornatrium und Chlorkalium unter Zufatz einer dem Blei gehalt entsprechenden Menge Wismutoxychlorid eingetragen wird. Arfen und Antimon werden durch Schmelzen mit Soda und Salpeter entfernt. Man verwendet das Wismut zu verschiedenen leichtschmelzbaren Legierungen (f. Wismutlegierungen) und zur Darstellung der Wismutfalze, von denen das Wismutnitrat (f. d.) das wichtigste ist.

Literatur: Schnabel, Handbuch der Metallhüttenkunde, Berlin 1896, Bd. 2, S. 361 ff.

(Rathgen) Moye.

**Wismutchlorid** (Wismutbutter)  $BiCl_3$ , weiße, kristallinische, leicht schmelzbare, sublimierbare Masse, welche man durch Verbrennen des Wismuts in Chlor oder durch Auflösen von Wismutoxyd in Salzfäure und Destillation der eingedampften Lösung erhalten kann. Waffer zerstetzt es in Wismutoxychlorid  $BiOCl$ , ein rein weißes Pulver.

(Rathgen) Moye.

**Wismutlegierungen** zeichnen sich durch ihre niedrigen Schmelzpunkte aus, die durch Kadmiumzufatz noch weiter heruntergedrückt werden.

Sie finden deshalb Verwendung zu Weichloten, zu Abklatschen, für welche sie infofern besonders geeignet sind, als das Wismut sich bei dem Erhitzen ausdehnt und so die feinsten Vertiefungen der Druckformen wiedergibt, ferner zu Sicherheitsverschlüssen bei Dampfkesseln und endlich als sehr politurfähige Wismutbronze zur Herstellung von Reflektoren u. f. w. Die folgende Tabelle gibt die Zusammensetzung einer Reihe von Wismutlegierungen an.

	Schmelzpunkt	Wismut	Zinn	Blei	Kadmium	Zink	Antimon	Kupfer	Nickel
Newton's Metall . . . . .	94,5°	2	3	5	—	—	—	—	—
Rofes . . . . .	93,75°	2	1	1	—	—	—	—	—
Lichtenbergs Metall . . . . .	91,6°	5	2	3	—	—	—	—	—
Woodfches . . . . .	60°	4	4	2	1	—	—	—	—
Lipowitzches . . . . .	60–70°	15	8	8	3	—	—	—	—
Klifsheemetal . . . . .	91,66°	5	2	3	—	—	—	—	—
" . . . . .	—	9	48	32,5	—	—	10,5	—	—
" . . . . .	—	1	—	8	—	—	3	—	—
Metall zu Sicherheitschmelzverchlüssen u. f. w. . . . .	100°	8	—	5	—	3	—	—	—
" . . . . .	113,3°	8	—	8	—	4	—	—	—
" . . . . .	123°	8	—	8	—	3	—	—	—
Wismutbronze . . . . .	172°	8	—	30	—	24	—	—	—
Britanniametall nach Karmarsch . . . . .	—	1	—	—	—	—	50	25	24
Tutaniometall nach Tennen . . . . .	—	0,1	—	—	—	21	—	47	30,9
" . . . . .	—	5	85	—	—	1,4	5	3,6	—
" . . . . .	—	25	—	—	—	—	50	25	—

Literatur: [1] Mufpratts Chemie, 4. Aufl., Braunschweig 1893, Bd. 4, S. 2144 und 2159. — [2] Hildebrandt, Lehrbuch der Metallhüttenkunde, Hannover 1906, S. 437 und 487. — [3] Dammer, Handbuch der chemischen Technologie, Stuttgart 1895, Bd. 2, S. 735. (Rathgen) Moye.

**Wismutnitrat**  $Bi(NO_3)_3$  entsteht durch Auflösen von metallischem Wismut in Salpeterfärre und kann bei dem Abdampfen der Lösung in Kristallen mit 5 Molekülen Kristallwasser erhalten werden.

Auf Wafferzufatz entsteht das unter dem Namen Magisterium Bismuti oder Bismutum subnitricum bekannte offizielle Präparat als weißes Pulver, basisches Wismutnitrat, dessen Zusammensetzung eine wechselnde ist. Letzteres dient auch als weiße Schminke (früher unter den Namen Perlweiß, Blanc de perle, Blanc d'Espagne), ferner zu Porzellanolüsterfarben und in der Glasmalerei.

Wo (oder W), in der Chemie Zeichen für Wolfram.

**Wöhlersches Gesetz**, f. Dauerversuche; vgl. Arbeitsfestigkeit, Zulässige Beanspruchung, Dimensionenberechnung.

**Wölbungslinie** (Wölblinge, Gewölblinge, Bogenlinie), diejenige gefetzmäßige gekrümmte oder gerade Linie, welche bei ihrer stetigen, gefetzmäßigen Fortbewegung die Laibung (f. d.) eines Gewölbes oder eines Mauerbogens erzeugt, und die auf der Gewölbelaibung der meisten Gewölbe durch einen senkrecht zur Achse geführten Schnitt erhalten wird.

**Wohnhaus**, städtisches oder ländliches Gebäude für Wohnzwecke (vgl. a. *Arbeiterwohnhäuser*, Bd. 1, S. 276 ff., *Bauernhäuser*, Bd. 1, S. 572, *Gehöftanlagen*, Bd. 4, S. 346 ff., *Gutsbesitzerwohnhäuser*, Bd. 4, S. 698).

Je nach seiner Lage und Umgebung sowie den Verhältnissen des Besitzers oder Bewohners und dessen Anforderungen in geschäftlicher Hinsicht oder an behaglichen Lebensgenuss, ist es auf die verschiedenen Weise ausgestaltet. In einfachen Verhältnissen wird das Wohnhaus entweder nur die Wohnung für eine Familie bilden oder aber mehrere Wohnungen enthalten, die dann gewöhnlich Mietwohnungen sind. Im ersten Falle sind Aufbau und Einrichtung den Bedürfnissen der Familie eng anzupassen, und können hierzu noch die nötigen Geschäfts- oder Arbeitsräume treten. Die zweite Art wird mehr im allgemeinen für bestimmte Bewohnerklassen einzurichten sein (vgl. *Arbeiterwohnhäuser*). Hinsichtlich der Lage und Umgebung unterscheiden wir das frei stehende Haus (f. Landhaus, Bd. 6, S. 67) oder das eingebaute Haus, das zwischen den Nachbargebäuden nach der Straßenflucht unter Einhaltung der Bauordnung (f. B. *Polizei*, Bd. 1, S. 627) erstellt wird. Eine einfache Wohnung enthält in der Regel einen Vorplatz (Diele) oder Gang (f. d., Bd. 4, S. 255), Wohn- und Besuchszimmer oder Eßzimmer, Schlafzimmer (f. d.), Kinderzimmer, Gaftzimmer (f. Bd. 4, S. 307), Bad und Abort (f. d., Bd. 1, S. 24), Kammer für Dienstboten, ferner Küche (f. d., Bd. 5, S. 729) mit Speisekammer (f. d.), Waschküche und Keller (f. d., Bd. 5, S. 430). Vornehmere Wohnungen erhalten hierzu noch 1. Pförtner- und Dienerzimmer, 2. für die Geselligkeit: Empfangs- und Ansprachzimmer, Saal (f. d., Bd. 7, S. 535) und Billardzimmer, 3. Arbeitszimmer des Herrn und der Frau, Bibliothekzimmer, etwa Gewehr- oder sonstiges Kabinett für Sammlungen, 4. bei den Schlafzimmern: Ankleidezimmer, Wasch- und Badezimmer (f. d., Bd. 1, S. 452). Ferner können sich anschließen: Veranden oder Logen (f. d.), Wintergarten, Erker u. dergl. Die Mietwohnungen werden meist in mehrstöckigen Häusern, und zwar eine oder zwei im Stockwerk, angeordnet. Sie sind von gemeinsamen Treppen aus zugänglich, zu welchen Vorplätze oder Durchfahrten (f. d.) führen. Dabei wird die Ausnutzung des Bauplatzes durch Anordnung eines mehr oder weniger geräumigen Hofes (f. d., Bd. 5, S. 101) zu steigern sein, der seitlich oder ringsherum von Seitenbauten oder dem Hintergebäude (f. d.) umschlossen ist. — Den gesundheitlichen Anforderungen wird durch die richtige Anlage nach den Himmelsgegenden, durch gute Wahl der Baustoffe und eine sorgfältige Ausführung des Baues entsprochen werden, sowie durch Einrichtung einer Heizung (f. Bd. 5, S. 18 ff.), Lüftung (f. Bd. 6, S. 233), Beleuchtung und Wasserversorgung (f. d.) für Koch-, Trink- und Badezwecke. Auch ist Feuericherheit tunlich anzustreben. Dabei sollen die Wohnhäuser in ihrer inneren Einrichtung, der zweckmäßigen Anordnung und dem Grade der Ausfeinheitigung den Lebensbedürfnissen und Gewohnheiten des Besitzers sich anschließen, in der architektonischen Ausgestaltung aber Ernst, Würde und Mäßigung herrschen und Ueberladung sowie Luxus vermieden sein. — Ueber Grundrissbildung und Aufbau gibt eine sehr umfangreiche Literatur von Einzelwerken und Fachschriften Anleitung und Beispiele; es sei hier besonders auf [1] und [2] verwiesen.

Literatur: [1] Böckmann, W., *Städtische Wohngebäude*, in *Baukunde des Architekten*, Berlin 1884, Bd. 2, S. 70 ff. — [2] Weißbach, K., *Wohnhäuser*, *Handbuch der Architektur*, Stuttgart 1902, 4. Teil, 2. Halbbd., Heft 1, mit weiteren Literaturangaben. — [3] Geul, A., *Die Anlage der Wohngebäude u. f. w.*, 2. Aufl., Leipzig 1883. — [4] Eitelberger, R., und Ferstel, H., *Das bürgerliche Wohnhaus und das Wiener Zinshaus*, Wien 1860. — [5] Daly, C., *Architecture privée au XIX. siècle*, Paris 1862. — [6] Calliat, V., *Parallèle des maisons de Paris*, Paris 1857. — [7] Wolf, A., *Der bauliche Komfort des Wohnhauses*, Prag 1881. — [8] Hintz, *Moderne Häuser*, Berlin 1887/89. — [9] Rowald, *Die neuen Formen des städtischen Wohnhauses in Deutschland*, Hannover 1889. — [10] Dohme, *Das englische Wohnhaus*, Braunschweig 1888. — [11] Exter, A., *Das deutsche bürgerliche Einfamilienhaus*, Leipzig 1898. — [12] Schmohl und Stähelin, *Ausgeführte städtische Bauten*, Stuttgart 1899. — [13] Krauth, Th., und Meyer, F. S., *Das Einfamilienhaus und seine Bauformen*, Leipzig 1900. — [14] Nußbaum, H. Chr., *Das Wohnhaus und seine Hygiene*, Leipzig 1909. — Ferner folgende von den Architekten- und Ingenieurvereinen herausgegebenen Werke: [15] Frankfurt a. M. und seine Bauten, 1886. — [16] Köln und seine Bauten, 1888. — [17] Hamburg und seine Bauten, 1890. — [18] Berlin und seine Bauten, 1896. — [19] Dresden und seine Hochbauten, 1878.

Weinbrenner.

**Wohnstraßen**, f. Straßenbau, S. 351.

**Wolf**, f. Greifzeuge.

**Wolfen**, f. Baumwoll- und Streichgarnspinnerei.

**Wolfram** W, Atomgew. 184,0. Stahlgraues, schwer schmelzbares, sprödes Metall von 19,129 spez. Gew.; Schmelzpunkt 2800—2850°; verbrennt bei hoher Temperatur an der Luft zu Wolframsäureanhidrid  $WO_3$ , und wird durch Reduktion der Wolframsäure mit Holzkohle oder im Wasserstoffstrom erhalten.

Die häufigsten Wolframerze: Wolframit  $FeWO_4 + MnWO_4$ , Scheelite oder Tungstein  $CaWO_4$ , Scheelbleierz  $PbWO_4$ , werden durch Schmelzen mit Soda und Salpeter aufgeschlossen; aus der mit Salzsäure neutralisierten und eingedampften Lösung der Schmelze kristallisiert sogenanntes

Natriumparawolframat  $Na_{10}W_{12}O_{41} + 28H_2O$  aus. Aus der Lösung des Natriumsalzes fällt Salzsäure Wolframateanhydrid. Metallisches Wolfram dient zur Herstellung von Legierungen, wie Wolframeisen (Ferrowolfram) und Wolframkupfer. Durch Zufügen des ersten zum Stahl entsteht der sehr zähe und harte Wolframstahl, durch Zufügen des letzteren zu Nickel-Kupfer-Legierung entstehen Minargent und Platinoid genannte silberartige Weißmetalle. — Zusammen mit Osmium, neuerdings auch allein, dient Wolfram zur Herstellung der Metallfäden der als Osramlampe bekannten elektrischen Glühlampe; sonst Wolfram allein zur Wolfram(faden)lampe. Literatur: Roscoe und Claffin, Lehrbuch der anorganischen Chemie, Braunschweig 1897, Bd. 1, S. 600.

**Wolframate (Wolframsäuresalze), f. Wolframsäuren.**

**Wolframbronzen**, Verbindungen von saurem wolframsaurem Kalium, Natrium oder Eisen mit Wolframdioxyd, die durch Reduktion von Wolframaten durch Wasserstoff (auch Leuchtgas), Zinn, Zink, Eisen, oder durch Elektrolyse als kristallisierte goldgelbe bis gelbrote oder blaue Körper mit Metallglanz erhalten werden und als Farben geschätzt sind. Hierher gehören die sogenannte Saffranbronze (gelb), Magnesiabronze, Wolframblau, blauer Karmin (blau) u. f. w. Legierung aus 95% Kupfer, 3% Zinn und 2% Wolfram heißt ebenfalls Wolframbronze.

Moye.

**Wolframgelb**, f. v. w. Mineralgelb; f. Wolframsäuren.

**Wolframat**, Mineral, wolframsaures Eisen- und Manganoxydul,  $FeMnWO_4$ . Kristallisiert monoklin; derb, flangelig, körnig. Dunkelbraun, metallglänzend; sehr dünn, rot durchscheinend. Spröde. Härte 5½. Spez. Gew. 7,14—7,54. Schwer schmelzbar. Löslich in warmen Säuren. Vorkommen im Erzgebirge, Cornwall; besonders mit Zinnstein gewonnen. Ferberit, ein ziemlich reines, wolframsaures Eisenoxydul, körnig, in Sierra Almagrera (Spanien). Beide zur Darstellung des Wolframstahls sehr gesucht und verwendet, außerdem zur Herstellung von Farben.

Leppia.

**Wolframoxyde**. Außer dem braunen Wolframdioxyd  $WO_2$  und dem Wolframsäureanhydrid  $WO_3$  (f. Wolframsäuren) sind durch geringe Reduktion dieser oder ihrer Salze noch verschiedene Verbindungen dargestellt, die ihrer Zusammensetzung nach durch Zusammentritt von  $WO_2$  mit 1,2 oder 3  $WO_3$  gebildet erscheinen, und welche lebhafte Farben zeigen (blau, indigo, blaurot).

Moye.

**Wolframsäuren**. Wolframsäureanhydrid  $WO_3$  entsteht beim Glühen von Wolframverbindungen an der Luft. Technische Gewinnung f. Wolfram.

Zitrongelbes, in Wasser unlösliches, in Alkalien lösliches Pulver, das unter dem Namen Wolframgelb als Farbe benutzt wird. Von den Wolframsäuren sind ein gelbes Hydrat  $WO_3 + H_2O$ , ein weißes Hydrat  $WO_3 + 2H_2O$ , die Metawolframsäure  $WO_3 + xH_2O$  und eine kolloidale Wolframsäure dargestellt. — Wolframsäuresalze (Wolframate) sind in den verschiedenen Verhältnissen zwischen Säure und Basen bekannt. Außer dem Natriumparawolframat  $Na_{10}W_{12}O_{41} + 28H_2O$ , das als Feuerschutzmittel für Holz und leicht entzündliche Stoffe, auch als Beizmittel in der Färberei dient, finden viele Salze als Malerfarben Anwendung, so Nickelwolframat (grün), Kobaltwolframat (violett), Zinnwolframat (indigo) und Eisenwolframat (chamois). — S. a. Wolframbronzen.

(Rathgen) Moye.

**Wolfsmaul**, f. Zange.

**Wolken**, in höheren Schichten auftretende Nebel, wie dieser aus feinen Wassertröpfchen (nicht, wie man früher annahm, aus Wasserblaschen) bestehend. Vgl. Hann, Lehrbuch der Meteorologie, 2. Aufl., Leipzig 1906.

Großmann.

**Wollatlas**, f. Weberei.

**Wolle**, **Wollmeffer**, f. Spinnfasern.

**Wollendamaft** (Möbeldamaft), f. Weberei.

**Wollfett**, **Wollschweiß**, f. Fettfleisch.

**Wollfilz**, f. Filz und Haarfilz.

**Wollmuffelin**, f. Weberei.

**Wollspinnerei**, f. Kammgarn- und Streichgarnspinnerei.

**Wollwäsche**, Waschen des Vließes von Schafen.

Die Wolle der Schafe, so wie sie als Vließ bei der Schur gewonnen wird, enthält die als Wollschweiß bezeichneten Ausscheidungsprodukte der Haare und der Schweifdrüsen der Haut, vermischt mit von außen hinzugekommenen Verunreinigungen, wie Staub, Fächerreste, Kleintesteile, Kotreste u. f. w. Der Gehalt der verschiedenen Wollen an Wollschweiß beträgt 20—70% der ungewaschenen Wolle. Der Wollschweiß besteht einerseits aus in Wasser, zum Teil auch in Alkohol löslichen Bestandteilen, Kalzosalzen organischer Säuren, wie Essigsäure, Valeriansäure, Oelfäure und anderer Fettfäuren, andererseits aus in Aether löslichem Fett (Wollfett), einem Gemisch von Cholesterin und Icholesterin und deren Verbindungen mit höheren Fettsäuren. Zur mehr oder weniger vollständigen Entfernung der genannten Verunreinigungen von der Wollfaser nimmt man das Waschen der Wolle vor und unterscheidet zwischen Rückenwäsche und Fabrikswäsche. Die Rückenwäsche, das Waschen des Vließes am Tier, wird nur selten und

dann bei ordinären Wollen vorgenommen; sie muß in der Regel durch die Fabrikwäsche ergänzt werden. Die **Fabrikwäsche** beweckt die vollständige Befreitung des Wollschweißes und erreicht dies durch Anwendung teils indifferenter Lösungsmittel, wie Benzin und Aether, teils alkalischer Mittel, wie gefaulter Harn, kohlensaures Ammon, Seife, Soda. Im Großbetrieb werden von letzteren Seife und Soda ausschließlich benutzt. Die der Rückenwäsche nicht unterlegene Schweißwolle hat dann eine Vorwäsche durchzumachen, ehe sie zur Hauptwäsche gelangt. Die Vorwäsche wird nur mit Wässer von gewöhnlicher Temperatur ausgeführt. Die dadurch ausgelagten organischen Kalifalte werden auf Pottasche verarbeitet. Die Hauptwäsche erfolgt jetzt meist in der Wollwaschmaschine, dem sogenannten Leviathan, in Seifenlösungen von 40—45° C. (für Kammwolle) oder Seifen- und Sodalösungen (für Streichwolle). Die Wiedergewinnung der Fettfäuren aus den Wollwaschwäffern rentiert sich nur bei größeren Betrieben und geschieht in der Weise, daß man die Wässer, so wie sie aus den Waschmaschinen kommen, zuerst durch Klärkuken schickt, in denen sich Schmutz, Sand und andre Verunreinigungen absetzen, und hierauf in Bafsins mit Schwefelfäure versetzt. Beim Erwärmen scheidet sich das Fett an der Oberfläche aus, worauf man es kalt und warm preßt und wäfcht. In dieser Form wird es an die Seifenfabriken abgegeben. In neuerer Zeit wird auch das Wollfett aus den Waschwäffern gewonnen, indem man sie zentrifugiert. Das in den Zentrifugen bleibende Wollfett wird durch mehrmaliges Umfenschmelzen, Auskochen mit Wässer u. f. w. gereinigt und mit Wässer zusammengeknüpft als vorzügliche Salbengrundlage, als Lanolin, in den Handel gebracht. In neuerer Zeit wird die Rohwolle auch in der Weise gereinigt, daß man zuerst das Wollschweißfett mit einem flüchtigen Lösungsmittel (Benzin, Aether) befreit und darauf durch Waschen mit Wässer die Wollschweißfalte entfernt. Zur Entfettung des zur Erleichterung des Spinnens eingeführten Olivenöls und Baumwollsaatöls wird das Wollgarn mit Seife gewaschen, da sonst das Garn im Färbebade ungleichmäßig benetzt und gefärbt wird. Vor dem Waschen wird stark gekräuseltes Garn, um ein Verwirren während des Waschens zu verhüten, auf der Garnfreckmaschine dadurch gestreckt, daß man die Garnsträhne über zwei Stäbe hängt, diese durch Schrauben voneinander entfernt und die so gepanzten Strähne in kochendes Wässer bringt. Wollgewebe wird mit Seifenwässer oder Seife- und Sodalösung auf der Strang- oder Breitwaschmaschine gewaschen.

Literatur: Knecht, Rawfon u. Löwenthal, Handbuch der Färberei, Berlin 1900/01; Herzfeld-Schneider, Das Färben und Bleichen, Berlin 1905.

*R. Möhlau.*

### Woltmanscher Flügel, f. Wasfermessung, S. 851.

**Woodburydruck** (Photoglyptie), von W. Woodbury in London erfundenes (1866 patentiertes) photomechanisches Druckverfahren mit reliefierten Formplatten, das sehr schöne, aus gefärbter Gelatine bestehende, echte Halbtönbilder (vgl. Preßendruckverfahren, photographische) ergibt.

Literatur: Vidal, Die Photoglyptie oder der Woodburydruck, Halle a. S. 1897.

### Worthen oder Wurthen, vgl. Fluchthügel.

**Wringmaschine**, eine beim Waschen des Gewebes in der Tuchfabrikation verwendete Vorrichtung, mittels welcher die Schmutzflotte durch Drehen des Gewebes meist um seine Achse herausgepreßt wird; f. Tuchfabrikation. *Kraft.*

### Wucht, f. v. w. lebendige Kraft, Energie.

### Wuchtebaum, f. Oberbaugeräte, Bd. 6, S. 724.

**Wünschelrute**, ein vielfach ohne oder mit gutem Glauben benutztes, gabelförmig gestaltetes Instrument, aus dessen Bewegungen in den Händen „Berufener“ auf das Vorhandensein von Wässer, Mineralien u. f. w. geschlossen wird.

Gewöhnlich wird ein 1 Fuß langer, etwa 5 mm starker gegabelter Zweig der Weide oder Hafel kurz unter der Stelle der Gabelung abgeschnitten, oder ein schleifenförmig geschnürgener, der Zweiggabel nachgeformter Stahldraht benutzt [1]. Carrié [2] hat die Wirkung der (eiernen) Rute durch Elektromagnetismus zu erklären versucht. Das Verfahren führt sehr selten zu Erfolgen, vielfach aber zu Prellereien der Auftraggeber, so daß wir davon warnen möchten.

Literatur: [1] Pfungst, O., Zur Psychologie der Wünschelrute, Deutsche Revue, Stuttgart, Oktoberheft 1909. — [2] Carrié, Hydroscopographie et Metalloscopographie ou l'art de découvrir les eaux souterraines et les gisements métallifères au moyen de l'électro-magnétisme, Saintes 1863.

*Lueger.*

### Würfel, f. Polyeder.

### Würfelkohle, f. Brennstoffe, Bd. 2, S. 288.

### Würgelwerk, f. Kammgarn- und Streichgarnspinnerei.

### Würze, f. Bierbrauerei, Bd. 2, S. 10.

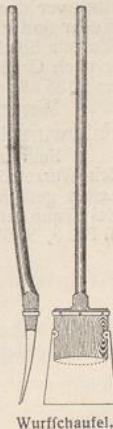
**Wuhr**, f. v. w. Buhne (f. d.); in der Schweiz werden damit aber auch Hochwasser abhaltende Dämme und feste Stauanlagen (f. d.) bezeichnet.

### Wulft, f. Bänder (Bd. 1, S. 452), Säule, Säulenordnung.

### Wurfbewegung, f. Ballistik, Parabolische Bewegung.

### Wurfrad, f. Pumpen, Bd. 7, S. 275.

### Wurfschaufel, eine zum „Werfen“ der Erde geeignete Schaufel



Wurfschaufel.

(f. Bd. 7, S. 599) mit breitem, leicht gebogenem Blatt, das vorzeitiges Abgleiten des Bodens verhindert. Vielfach wird, namentlich bei lehmigem Boden, die „schlesische“ Schaufel (f. die Figur S. 953) als solche benutzt.

*L. v. Willmann.*

**Wurm** (Wurmrud), f. Schnecke.

**Wurst**, Faschinewurst, Wippe, ein Strauchbündel von 10—18 cm Durchmesser und beliebiger Länge; sie muß fest gebunden und sehr biegsam sein.

Die Würste werden auf einem Gerüste, Wurftbank genannt, hergestellt. Möglichst lange Faschinereiser werden, einander übergreifend, auf eine Reihe von Böcken, die in etwa 1,3 m Entfernung, aus je zwei schrägen, sich kreuzenden Pfählen bestehend, geschlagen sind, mit den Wipfelenden stets nach derselben Richtung gelegt. Dann erfolgt das Binden in je 0,25 m Distanz, mit einfachen Bindeweiden oder Wippbändern, d. h. dünnen, zähen, gewöhnlich 1 m langen, frischen Weidenruten, welche vorher, über einem Feuer erwärmt, schraubenförmig gedreht wurden, damit sich deren Längsaufnahmen trennen. Als verstärkte Würste sind verfuchsweise solche verwendet worden, die man der Länge nach mit 4 mm dickem verzinktem Stahldraht schraubenförmig mit 1,5 m Neigung umwickelte (f. Zentralbl. d. Bauverw. 1894, S. 94).

**Wurftbaum**, ein Hebel bei Herstellung von Senkfaschinen und Sinkwalzen (f. d.).

Letztere werden auf einer Rüstung, der Bank (Faschinabank), bestehend aus den beiden Langbäumen *a*, den in etwa je 0,7 m vorkommenden Querhölzern *b* und schrägen Pfählen *c* (f. die Figur), unmittelbar am Uferende, wo sie verwendet werden sollen, hergestellt; nach vollendetem Strauchumhüllung erfolgt das Binden.

Zu diesem Behufe wird der Faschinenkörper vorher an den 0,3—0,7 m entfernten Bindestellen fest zusammengeknüpft oder gewürgt. Hierzu wird die Würkglocke *d* umgewunden; durch deren Endringe steckt man als Hebel die Hebebäume oder Wurftbäume *e*. Die oberen Enden der letzteren herunterdrückend und -ziehend, erreicht man eine starke Kompression der Faschinemasse, welche noch durch gleichzeitiges kräftiges Darauffschlagen mit einem Holzfällchlegel befördert wird. Knapp an der so gewürgten Stelle wird zum Binden dann der ausgeglühte Eisendraht oder (jetzt seltener) ein Flechtband oder eine Wiede umgelegt und geknüpft.

**Wurfrost**, f. Sinkstück.

**Wurzel**, f. Gleichungen.

**Wurzelkeller**, Kellerraum zur Aufbewahrung von Futtervorräten, teils unter den Futtertennen der Ställe (f. Rindviehställe, Bd. 7, S. 442 ff.), teils unter den Scheunenbarren (f. Scheunen, Bd. 7, S. 613) gelegen.

Die Vorräte an Rüben und Kartoffeln, welche den Wintervorrat bilden, werden zum Teil in geeigneten, frostfreien und gut gelüfteten Kellern untergebracht. Die Ernte von 1 ha füllt etwa 18—20 cbm Kellerraum. Diese Keller verfehlten mit einem unmittelbaren Zugang vom Hofe her (Kellerhals) und außerdem an verschiedenen Stellen mit vergitterten Einwuröffnungen, die bei strenger Winterkälte verschlossen werden.

*(f. v. Tiedemann) Weinbrenner.*

**Wurzelmaß**, bei Profileisen der Abstand der Nietreihen in Steg oder Flansch von bestimmten Kanten des Querschnitts; es wird zum Aufreißen der Nietreihen beim Montieren der Eisenkonstruktionen gebraucht.

*Mörfch.*

**Wurzelschneidemaschine**, eine Zerkleinerungsmaschine für rohe Wurzeln und Knollen, hauptsächlich zu dem Zweck, sie allein oder mit andern Futtermitteln gemischt besser verfüttern zu können.

Die Wurzelschneidemaschinen bestehen aus einem Trichter zur Aufnahme der Wurzeln und einer vor dem Austritt derselben rotierenden, mit Messern besetzten Scheibe oder Trommel. Die Messer sind derart geformt und auf der Scheibe oder Trommel angebracht, daß sie von den Wurzeln Stücke abschneiden und diese die Scheibe hindurchtreten lassen. Die Leistung schwankt je nach Größe und Messerzahl zwischen 75 und 1700 kg pro Stunde, die Preise zwischen 40 und 135 M.

*Wrobel.*

**Wurzelzopf**, ein in Wasserleitung entstehendes, von dem Eindringen kleiner Faserwurzeln herrührendes roßschweifartiges Gewächs.

Sehr häufig hindert daselbe den Wasserdurchfluß vollständig. Besonders leicht bilden sich Wurzelzöpfe in Tonrohrleitungen und Zementrohrleitungen, die an den Verbindungen mit Leitern gedichtet oder unvollständig mit Mörtel vergossen sind, in der Nähe von Bäumen u. f. w. Bei Tonrohrleitungen schützt eine gute Asphaltierung; Schutzmittel bei Drainagen (f. Bd. 3, S. 51).