



**Lexikon der gesamten Technik und ihrer
Hilfswissenschaften**

Lueger, Otto

Stuttgart [u.a.], [1910]

V

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

V

als römisches Zahlzeichen = 5; auf französischen Münzen Abkürzung für den Prägeort Troyes; in der Chemie Zeichen für Vanadium; in der Elektrotechnik Zeichen für Volt.

Vachetten, f. Leder, Bd. 6, S. 99.

Vakuumapparate, Vorrichtungen zum Verdampfen von Flüssigkeiten (f. Abdampfen) unter künstlich herabgeminderter Pressung in den Verdampfungsgefäßern.

Die normale Siedetemperatur (s. d.) steigt und fällt bei allen Flüssigkeiten mit der Pressung; während sie z. B. für Wasser unter der atmosphärischen Pressung (760 mm Quecksilberföhle) 100° C. beträgt, geht sie bei einer Pressung von ca. 0,08 Atmosphären (d. h. bei einem Vakuum von 700—720 mm Quecksilberföhle) auf ca. 40° C. zurück. Für Einkochung von Flüssigkeiten und Eintrocknung von Chemikalien werden daher schon seit langer Zeit Vakuumkoch- bzw. Vakuumtrockenapparate benutzt, weil diese ein schnelleres Arbeiten bei niedrigerer Temperatur ermöglichen, also einen hohen Nutzeffekt erzielen lassen. Vgl. hierüber Abdampfen, Bd. 1, S. 7, die dort angegebenen Patentschriften und [1].

Von ganz hervorragender Bedeutung bei den Vakuumtrockenapparaten ist der Umstand, daß die zu trocknenden Substanzen nur einer verhältnismäßig niedrigen Erwärmung — je nach Höhe des Vakuums regelbar — ausgesetzt werden; dadurch sind sie z. B. in der Sprengstofffabrikation geradezu unentbehrlich geworden. Ein weiterer Vorzug besteht darin, daß sie die Gewähr einer so vollkommenen Austrocknung bieten, wie man sie auf andern Wege nicht erzielen kann.

Die Einrichtungen bestehen im allgemeinen in dem mit Deckeln oder Türen und daran befindlichen Gummiabdichtungen luftdicht verschließbaren, in der Regel aus Schmiedeeisen hergestellten Aufnahmegeräße (Trockenschränke) für die zu trocknenden Materialien, aus der Luftpumpe und den an diese anschließenden Kondensationsvorrichtungen, welche den Zweck haben, die aus den zu trocknenden Materialien ausgetriebenen Dämpfe wieder in Flüssigkeit zu verwandeln. Die Wärmeeinrichtungen im Aufnahmegeräß bestehen aus hohen Heizplatten, durch welche Dampf, Heißwasser u. dergl. geführt wird. Die zu trocknenden Materialien werden in Horden oder auf Blechen gelagert und auf oder zwischen die Heizplatten eingeschoben (vgl. Fig. 1). Sollen die Aufnahmegeräße (Trockenschränke) fäurewiderstandsfähig sein, so werden sie ganz

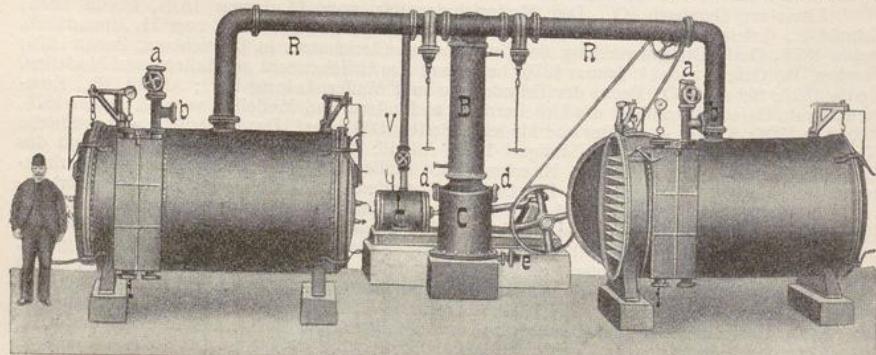


Fig. 1. Anordnung einer vollständigen Vakuumtrockenanlage. B Kondensator mit Sammelgefäß C. d Schaugläser. e Ablöshahn. L Vakuumpumpe. a und b Dampfzuleitungen zu den Heizplatten. i Kondenswasserabfluß aus denselben. R Rohrleitungen von den Trockenapparaten zum Kondensator. V Luftleitung vom Kondensator zur Luftpumpe.

Gußeisen ausgeführt. Zum Trocknen bzw. zum Zerkleinern und Mischen von Substanzen, die eine höhere Temperatur nicht vertragen oder während des Trocknens nicht mit Luft in Berührung kommen dürfen, werden rotierende Vakuumapparate verwendet (vgl. Fig. 2). — Bei Anker- und Magnetspulen, kompletten Ankern und Gehäusen u. f. w., sowie bei elektrischen Kabeln — überhaupt in der Elektrotechnik — ist die absolute Austrocknung der die Drähte umgebenden Baumwolle-, Jute- oder sonstigen Umspinnung erste Bedingung für eine gute und zuverlässige Isolation. Mit den besten Isolierlacken

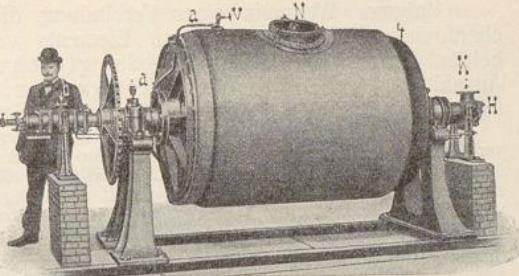


Fig. 2. Rotierender Vakuumtrockenapparat. *K* Anschluß der Luftsäuleitung. *H* Handloch. *b* Dampfein-, *a* Dampfaustritt des Heizmantels durch Leitungen *d.* *V* Entwärterungsventil des Heizmantels. *N* Füll- und Entleerungsöffnung des Apparates.



Fig. 3.

punkte der Lösungs- bzw. der Verdünnungsmittel der Lacke, welche meist Benzin, Aether u. f. w. sind, in dem hohen Vakuum noch bedeutend niedriger liegen als derjenige des Wafers. — Fig. 3 und 4 zeigen die Vakuumtrockenapparate für elektrische Kabel. In ersterer werden diese in sogenannte Kabelkörbe, die auf Wagen ruhen, eingelegt und dann in den Apparat eingefahren. In letzterer werden die Kabel auf große Spulen aufgewickelt und diese in den Apparat eingefahren. Durch entsprechende Türen werden die Apparate dann hermetisch verschlossen und in denselben ein hohes Vakuum vermittelt einer Pumpe erzeugt. — Besondere Vorsichtsmaßregeln erfordert die Trocknung von Sprengstoffen; für die Erwärmung kommt hier nur Heißwasserheizung in Frage. Außerdem werden nach Pintsch [2] an den Türen oder Deckeln der Trockenkammern auf Gitterstegen außen aufliegende Bleiplatten angebracht, die gegen den äußeren Druck der Luft auf die evakuierten Gefäße genügend widerstandsfähig sind, von einer etwaigen inneren Explosion aber in unschädlicher Weise abgeschleudert werden, also Sicherheitsventile gegen den Explosionsstoß bieten.

Literatur: [1] Hausbrand, E., Das Trocknen mit Luft und Dampf, 3. Aufl., Berlin 1908; die Kataloge der Fabriken für Heizungs- und Trockenanlagen, z. B. der A.-G. für Apparate- und Kesselbau in Aachen, der A.-G. J. Pintsch, Berlin O. 27, Andreasstr. 71/73 u. a. — [2] Storch, E., Vakuumfchränke und deren Verwendung in der Explosionsstoffindustrie, Zeitfchr. für das gefärbte Schieß- und Sprengstoffwesen, 3. Jahrg., 1908.

Vakuumhammer, f. v. w. Luftfederhammer, f. Kurbelhammer, Bd. 6, S. 4, Fig. 4—6.

Vakuummeter, Manometer (f. d.) zum Messen der Luftverdünnung.

Die Skala wird entweder in Kilogramm pro Quadratzentimeter von 0 bis 1,03 oder nach Zentimeter Quecksilberäule von 0 bis 7,6 ausgeführt. Näheres in den Katalogen der Armaturenfabriken, z. B. Schäffer & Budenberg, Magdeburg-Buckau, Dreyer, Rosenkranz & Droop, Hannover u. a.

Vakuumreiniger, f. Staubsauger.

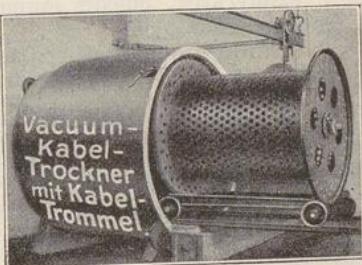


Fig. 4.

ist man nicht imstande, eine solche zu erzielen, wenn die Umspinnungen nicht vorher absolut trocken gewesen sind. Nur die Trocknung unter Vakuum bietet hierfür eine Gewähr. Vor der Erzeugung des Vakuums in den Apparaten werden die Gegenstände unter dem Atmosphärendruck (also in dem mit Luft gefüllten Apparat) auf ca. 90° C. oder noch höher angewärmt, in den Metallteilen werden also große Wärmemengen aufgespeichert. Nach dem Anstellen des Vakuums im Apparat geht daher die Austreibung des Wassers, also die Trocknung, sehr schnell vonstatten. Die weitere Trocknung der mit Isolierlacken behandelten Teile erfordert meist noch kürzere Zeit, weil die Siede-

Valenz. Wenn in einer Verbindung die Atome eines Elements durch ebensoviiele Atome eines andern Elements vertreibbar sind, so heißen diese beiden Elemente äquivalent oder gleichwertig, indem sie die gleiche Anzahl von Valenzen oder Wertigkeiten, nämlich die des bei der Vertretung ungeänderten Restes der Verbindung färbigen.

Durch Vergleich homologer Verbindungen, wie der Chloride oder Oxyde oder Wasserstoffverbindungen u. f. w. findet man demgemäß die Anzahl Atome, die einander äquivalent sind. Man sieht Wasserstoff als die Einheit der Wertigkeit oder Valenz an, wonach z. B. Sauerstoff zweiwertig, Stickstoff dreiwertig, Kohlenstoff vierwertig ist. Da die Kraft (Affinität), mit der verschiedene Valenzen eines mehrwertigen Elements andre Atome binden, erfahrungsgemäß sehr variabel ist, so ist die Annahme berechtigt, daß sich nicht in allen Verbindungen eines Elements immer sämtliche Valenzen betätigen. So wirken häufig bei Eisen 2 und 3, Kupfer 1 und 2, Thallium 1 und 3, Platin 2 und 4, Stickstoff 3 und 5, Indium 1, 2 und 3, Chrom 2, 3 und 6 Valenzen, wobei man die Annahme zugrunde legt, daß gewisse einwertige Elemente, wie Wasserstoff und die Halogene keine variable Wertigkeit besitzen, also in allen Verbindungen einwertig sind. Man nimmt aber an, daß jedes Element eine bestimmte Maximalzahl von Valenzen besitzt, die gemäß dem periodischen System gesetzmäßig abgestuft sind. Die Valenz der Elemente ist für die Konstitution (f. d.) der Verbindungen maßgebend.

Literatur: Rudorf, Periodisches System, Hamburg 1904; Abegg, Theorie der Valenz, Zeitschr. für anorgan. Chemie 1904. *Abegg.*

Valonen, f. Gerbstoffe, Bd. 4, S. 403, und Leder, Bd. 6, S. 87.

Vanadium (Vanadin) *V*, Atomgew. 51,2, ein hellgraues, filberglänzendes Pulver, dessen spez. Gew. 5,5 und dessen Schmelzpunkt 1680° ist.

Es verhält sich in chemischer Beziehung ähnlich wie Niob und Tantal; oxydiert sich langsam an der Luft, verglüht bei dem Erhitzen unter Bildung von Vanadinsäureanhydrid V_2O_5 , dessen Hydrat Metavanadinsäure HVO_3 bronzenfarbige Krystalle liefert, die als Erfatz der echten Goldbronze als Farbe verwendet werden. Ammoniumvanadat wird als Oxydationsmittel bei der Darstellung von Anilinschwarz benutzt. Das Vanadin kommt im Mottramit ($CuPb$) $(V_2O_{10})_5 + 2H_2O$ und im Vanadinit $CaPb_5V_3O_{12}$ vor sowie in einer Reihe anderer sel tener Erze, ferner in allen Bohnerzen, in den Mansfelder Kupferfchlacken, in der Thomaschlacke u. f. w. Durch Erhitzen mit Kalifalpeter wird Kaliumvanadat hergestellt, das als Baryum- oder Bleifalz gefällt und mit Schwefelsäure zersetzt wird. Die gelöste Vanadinsäure wird durch Ammoniak neutralisiert und durch Glühen des Ammoniumvanadats Vanadinsäureanhydrid V_2O_5 gewonnen. Wertvolles Zufalls-mittel zu gewöhnlichem Stahl, Chrom- und Nickelstahl in Mengen von 0,1—1%. *Moye.*

Vandyckbraun, tiefbraune Eisenfarben, durch Glühen in schöne braune Nuancen übergeführt. *Andés.*

Vandyckrot, dunkles Purpurrot, durch starke Kalzination schwefelsaurer Eisenoxyde erhalten.

Vanillin, der Methyläther des Protocatechualdehydes, $C_8H_8O_3$.

Es bildet den riechenden und wirkamen Bestandteil der Vanilleschoten, welche etwa 2% davon enthalten; es kristallisiert in weißen, sternförmig gruppierten Nadeln vom Schmelzpunkt 80°, welche leicht sublimieren, einen angenehmen intensiven Geruch besitzen und beim Erhitzen mit Salzsäure in Protocatechualdehyd übergehen. — Künstlich ist Vanillin zuerst aus dem Glykosid Koniferin (f. d.) durch Oxydation und Spaltung erhalten worden. Jetzt dient für die zahlreichen Vanillindarstellungen meistens das im Nelkenöl enthaltene Eugenol als Ausgangsmaterial, welches durch Oxydation mit Kaliumpermanganat oder auf andern Wegen in Vanillin übergeführt werden kann. Das Vanillin findet als Erfatz von Vanille Verwendung.

Literatur: Beilstein, Handbuch der organ. Chemie, Hamburg und Leipzig 1890, 2. Aufl., Bd. 3, S. 59. *Bujard.*

Vapeur (Zephyr), fehr feine, locker gewebte, leinwandartige Baumwollenseide (Musselinarten); f. Weberei.

Vaporimeter, f. Alkoholometrie.

Variation, die Bildung aller Anordnungen von je *p*-Gliedern, in welche *n*-Elemente gebracht werden können.

Solche Anordnungen heißen Variationen *p*-ter Klasse; variieren heißt: folche Anordnungen bilden. Die Variationen von *a, b, c* zur zweiten Klasse sind ohne Wiederholung: *ab, ac, ba, bc, ca, cb, cc*. Die Zahl der Variationen *p*-Klasse von *n*-Elementen ist ohne Wiederholung $\frac{n!}{(n-p)!}$ (also 6 für *n* = 3, *p* = 2) mit Wiederholung *np* (also 9 für *n* = 3, *p* = 2). *Lit.: f. Kombinationslehre.*

Variationsrechnung, die Lehre über Maxima und Minima von Integralen, indem Funktionen gesucht werden der Art, daß gewisse Integrale einen größten oder kleinsten Wert annehmen.

Als Variationen bezeichnet man die Änderungen, welche die Veränderlichen, Funktionen, Integrale u. f. w. erleiden, wenn an Stelle der gesuchten Funktionen, welche den Zusammenhang der abhängigen Veränderlichen von den unabhängigen angeben, andre unendlich wenig von ihnen verschiedene Funktionen treten. Es soll z. B. *y* als Funktion von *x* derart bestimmt

Wölfing.

werden, daß das Integral $\int_{x_0}^{x_1} V\left(x, y, \frac{dy}{dx}\right) dx$ zu einem Maximum oder Minimum wird. Dabei ist V eine gegebene Funktion von x, y und $\frac{dy}{dx} = y'$. Die Variation des Integrals ist

$$\delta \int_{x_0}^{x_1} V\left(x, y, \frac{dy}{dx}\right) dx = \int_{x_0}^{x_1} \left(\frac{\partial V}{\partial y} \delta y + \frac{\partial V}{\partial y'} \delta y' \right) dx = \int_{x_0}^{x_1} \left\{ \frac{\partial V}{\partial y} - \frac{d \partial y'}{dx} \right\} \delta y dx.$$

Hier sind δy und $\delta y'$ die Variationen von y und y' . Soll das Integral ein Maximum oder

Minimum sein, so muß $\frac{\partial V}{\partial y} - \frac{d \partial y'}{dx} = 0$ sein, wodurch sich y in Funktion von x bestimmt. Sind die Grenzen x_0 und x_1 sowie die zugehörigen Werte y_0 und y_1 nicht konstant, so treten hierzu noch gewisse Grenzbedingungen. Nach Poisson kann man die Untersuchung der letzteren umgehen, indem man nach Bestimmung von y in Funktion von x die Aufgabe als gewöhnliches Maximum- oder Minimumproblem weiter behandelt und hierdurch die Integrationskonstanten bestimmt. Bei den isoperimetrischen Problemen ist noch eine Nebenbedingung in Gestalt eines bestimmten Integrals zwischen denselben Grenzen $\int_{x_0}^{x_1} V_1(x, y, y') = c$ gegeben.

Alsdann ist in die Gleichung $\frac{\partial V}{\partial y} - \frac{d \partial y'}{dx} = 0$ an Stelle von V die Funktion $V + \lambda V_1$ einzufügen. λ ist dabei eine Konstante, die sich später aus der Nebenbedingung bestimmt. Liegen mehrere abhängige Veränderliche vor, so daß $\int_{x_0}^{x_1} V(x, y, y', z, z') dx$ zu einem Maximum oder Minimum zu machen ist, so hat man zur Bestimmung von y, z, \dots die Gleichungen

$$\frac{\partial V}{\partial y} - \frac{d \partial y'}{dx} = 0; \quad \frac{\partial V}{\partial z} - \frac{d \partial z'}{dx} = 0 \dots$$

Besteht hierbei noch eine Nebenbedingung in Gestalt einer gewöhnlichen oder Differentialgleichung $V_1(x, y, y', z, z') = 0$, so ist an Stelle von V zu setzen $V + \lambda V_1$. In diesem Falle ist λ nicht eine Konstante, sondern eine Funktion von x . Kommen in V höhere Ableitungen y'', y''', \dots vor, so bestimmt sich y aus:

$$\frac{\partial V}{\partial y} - \frac{d \partial y'}{dx} + \frac{d^2 \partial y''}{dx^2} - \frac{d^3 \partial y'''}{dx^3} + \dots = 0.$$

Kommen in V außer der abhängigen Veränderlichen z noch zwei unabhängige x und y vor und das Integral ist ein Doppelintegral nach x und y :

$$\int_{x_0}^{x_1} \int_{y_0}^{y_1} (x, y, z, p, q) dx dy \quad \left(\text{wo } p = \frac{\partial z}{\partial x}, q = \frac{\partial z}{\partial y} \right), \text{ so ergibt sich } z \text{ aus: } \frac{\partial V}{\partial z} - \frac{d \partial p}{dx} - \frac{d \partial q}{dy} = 0.$$

Die zweite Variation gibt Aufschluß, ob Maximum oder Minimum vorliegt.

Literatur: [1] Moigno-Lindelöf, Calcul des variations, Paris 1861. — [2] Jellet, J. H., Grundlehrer der Variationsrechnung, bearbeitet von Schnüre, Braunschweig 1860. — [3] Todhunter, Researches in the calculus of variations, London 1871. — [4] Dienger, Grundriß der Variationsrechnung, Braunschweig 1867. — [5] Abhandlungen über Variationsrechnung (Verfasser: Johann und Jakob Bernoulli, Euler, Lagrange, Legendre, Jacobi), herausgegeben von P. Stäckel, Bd. 1 und 2, Leipzig 1894. — [6] Zermelo, Untersuchungen zur Variationsrechnung Diff., Berlin 1894. — [7] Carll, L. B., Treatise on the calculus of variations, London 1885. — [8] Kneifer, A., Lehrbuch der Variationsrechnung, Braunschweig 1900. — [9] Pascal, E., Die Variationsrechnung, deutsch von Schöpp, Leipzig 1899. — [10] Bolza, O., Vorlesungen über Variationsrechnung, I, Leipzig 1908. — Wölffing.

Variolit, f. Diabas.

Veenkultur, f. Moorkultur, Bd. 6, S. 492.

Vektor (Radiusvektor), f. Fahrstrahl, Koordinaten, Bd. 5, S. 618.

Vektordiagramm, f. Wechselstrom.

Ventilation, Ventilatoren, f. Lüftung, Schleudergebläse.

Ventilbohrer, f. Tiefbohren.

Ventilbrunnen, mit Ventilapparaten ausgerüstete freistehende oder Wandbrunnen, bei welchen durch Zug oder Druck von Hand die Betätigung von Brunnenventilen (f. d. und Brunnenständer) erfolgt. Außer den in Bd. 2, S. 371, beschriebenen Einrichtungen sind zahllose andre im Gebrauch.

Vgl. a. die Kataloge der Armaturenfabriken für Wasserleitung. Bemerkenswerte Beispiele, Literatur, Patente u. f. w. f. in Lueger, Wasserförderung der Städte, Abt. II, Leipzig 1908, S. 264 ff.

Ventile sind selbsttätige oder stellbare Absperrvorrichtungen.

Im Gegensatz zu Schiebern und Hähnen heben sich die Ventilkörper von der Sitzfläche ab, bei Hubventilen gerade geführt, bei Klappen (Bd. 5, S. 503) drehbar oder biegend. Man unterscheidet von Hand zu stellende Absperrventile (Bd. 1, S. 38—40) und zwar Durchgangs-

oder Eckventile (Bd. 3, S. 168 und 207, sowie Bd. 2, S. 572); Sicherheitsventile (S. 97); Selbstschlußventile (S. 78); sich selbst einstellende Druckregler und Druckverminderventile (Bd. 3, S. 134 und 140); mechanisch gesteuerte, entlastete Doppelsitzventile (Bd. 3, S. 8, Bd. 2, S. 595); selbstdämpfende Pumpenventile (Bd. 7, S. 290—294) und zwar ohne Hubbegrenzung oder mit festem, elastischem oder gesteuertem Widerlager und solche für Luftkompressoren (Bd. 6, S. 248—255). Nach der Liderung unterscheidet man Metallventile (von zähem Gußeisen, Rotguß, Stahl- oder Bronzeblech, Nickelstahl) und armierte, mit besonderen Dichtungsringen von Leder, Filz, Gummi, Hartgummi, Vulkanfaser, Holz, Blei, Hartblei ausgerüstete Ventile. Lindner

Veranda, f. Laube.—Verandawagen, f. Eisenbahnwagen, Bd. 3, S. 338

Verankerung, eine Hilfskonstruktion zur Aufnahme einer Zugkraft, wodurch im Wafferbau die Stabilität einer Bauanlage gegen Umwerfen, Ausbiegen, Heraus- oder Abreißen gesichert werden soll.

Die Verankerung wird entweder durch einfache oder doppelte (zangenartige) Holzbalken oder -stäbe, durch Eisenstäbe oder -draht oder durch Drahtseile bewirkt. Die am häufigsten vorkommenden diesbezüglichen Anwendungen sind: 1. Verankerung der Bohlwände (f. d.). Die Ankerhölzer sind hierbei rückwärts an einem in den Boden eingeschlagenen Ankerpfahl und noch oder nur an einem vom letzteren gehaltenen Ankerringel befestigt. Solche, im Erdreiche ihren Halt findende und zumeist auch überflüttete Verankerungen heißen Erdanker. 2. Die Verankerung des Halsbandes (f. d.) bei Schleusentoren. 3. Die Befestigung der Schiffsringe und Pölter (f. d.) an Ufer- oder Schleusenmauern. 4. Verankerung von Uferbefestigungen (f. d.); 5. Die Verankerung des aufgehenden Mauerwerks mit dem Schlinge bei großen Brünnen.

Verankerungen von Tragkonstruktionen sind insbesondere notwendig bei Hängetragwerken (Hängebrücken), bei welchen sie einen schräaggerichteten Zug aufzunehmen haben; sie können sich aber auch an den Endstützen kontinuierlicher Balken (oder "Ausleger")-träger ergeben, wenn daselbst bei gewissen Belastungen negative, d. i. nach außenwärts gerichtete Stützkräfte entstehen, die ein Abheben bewirken würden. Man ersetzt in letzterem Falle allerdings

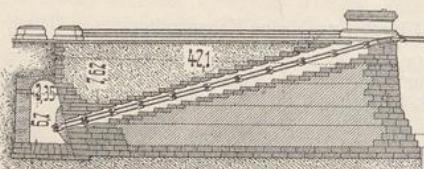


Fig. 1.

der Verankerung richtet sich nach der Größe der in ihr wirkenden Kräfte. Bei kleinen Tragwerken genügen als Anker Rund- oder Flacheisen; bei Drahtfeilhängenbrücken können auch die Drahtfeile unmittelbar in die Verankerung geführt werden. Ketten- und Kabelbrücken erhalten aufzunehmen vermögen. — Die Ausbildung

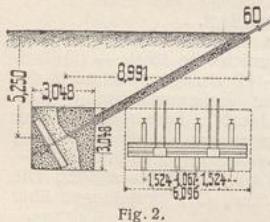


Fig. 2.

wagerechte überwölkte Kammern oder Stollen, welche hinter der Verankerung gelegen sind und entweder in den Seitenflächen der Widerlagsmauern münden oder durch Einstieghächen oder Stollen zugänglich gemacht sind. Man hat darauf zu sehen, daß Regen- und Schmutzwasser von dem Eintritt in die Verankerungskanäle abgehalten wird. Im Gegensatze zu der Anordnung von zugänglichen Verankerungsräumen steht jene Anordnung, bei welcher eine möglichste Fernhaltung von Luft und Wasser von den Teilen der Verankerung erfordert wird. Es werden dabei die Ketten oder Kabel vollständig ummauert, in Zementmörtel oder Beton gebettet (Fig. 2) oder auch mit andern Dichtungsmitteln, welche eine Oxydation des Eisens hindern sollen, umgeben. Die Ankerketten werden entweder gerade oder nach abwärts gekrümmt geführt, letzteres um bei schrägem Zuge und tiefer Lage der Wurzelpunkte die Länge des Ankermauerwerks zu beschränken. Bei gebrochener Führung ist die Ankerkette an den Bruchpunkten mittels Sättel auf das Mauerwerk zu stützen und für dieses die entsprechenden Stabilitätsuntersuchungen anzustellen. Die Wurzelplatte, durch welche die Endglieder der Kette hindurchgehen und hinter welcher sie durch einen starken Splint oder Bolzen gehalten werden, muß eine entsprechende Größe erhalten, um den Druck durch die Widerlagsquader auf eine genügend große Mauerwerkスマße zu verteilen. Man hat gußeiserne Wurzelplatten mit rechteckiger oder sternförmiger, durch Rippen verstieffter Grundplatte angewendet. Jetzt zieht man es vor, die gußeisernen Ankerplatten durch Stahlgußkörper oder durch schmiedeeiserne Trägerkonstruktionen zu ersetzen. Eine Verstellbarkeit der Verankerung in der Längsrichtung ist dort notwendig, wo nicht in der Spannkette oder einem andern zugänglichen Teile der Ankerkette

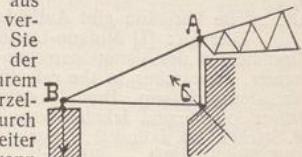


Fig. 3.

eine solche Regulierungsvorrichtung angebracht wird. Es besteht dann entweder die Wurzelplatte aus zwei Platten, deren Abstand durch zwischengelegte stählerne Doppelkeile verstellt werden kann, oder es sind an Stelle des Splintbolzens, welcher die Ankerkette hinter der Wurzelplatte hält, Doppelkeile durchgeschoben.

Abweichend von dieser Anordnung der unmittelbaren Verankerung der Ketten oder Kabel im Mauerwerk ist jene, welche Köpcke in Vorschlag und bei der Lofschwitzer Hängebrücke zur Ausführung gebracht hat. An das Ende des Hängeträgers ist bei A (Fig. 3) ein Winkelhebel angegeschlossen, der in C einen festen Drehpunkt hat und der so stark belastet ist, daß er auch durch den größten im Hängeträger auftretenden Zug von seinem Sitzpunkt in B nicht abgehoben werden kann. Bei der Lofschwitzer Brücke ist die Belastung der den beiden Tragwänden entsprechenden Ankerhebel durch dazwischen auf fachwerkartigen Querträgern eingebautes Mauerwerk erzielt, und es stützt sich das Hebelnde, um einen Ueberfuß an Sicherheit zu haben, auch noch gegen ein oberes Lager in der Rückwand der Ankerkammer. Es verurteilt diese Anordnung zwar höhere Ausführungskosten, sie bietet aber den nicht zu unterschätzenden Vorteil, daß sämtliche Teile der Eisenkonstruktion gut zugänglich sind und jederzeit auf ihren Zustand hin untersucht werden können. S. a. Bd. 4, S. 723. *Melan.*

Verbindung, chemische, ist im Gegensatz zu chemischen Elementen jeder Stoff, dessen Moleküle aus verschiedenartigen Atomen zusammengesetzt sind.

Von (physikalischen) Gemischen verschiedener Elemente unterscheiden sich Verbindungen dadurch, daß ihre Bestandteile nur in ganz bestimmten Verhältnissen miteinander verbunden sind, und daß diese Bestandteile nicht auf mechanischem (physikalischen) Wege voneinander trennbar sind. Die Homogenität, d. h. die in allen Punkten gleiche Zusammensetzung eines Stoffes ist eine zwar notwendige, aber nicht charakteristische Eigenschaft einer Verbindung, da sie auch bei physikalischen Gemischen (Lösungen, Gasgemischen, isomorph gemischten Kristallen) vorhanden ist, deren Zusammensetzung eine veränderliche ist. *Abegg.*

Verbindungsgewicht, f. Atomgewicht, Bd. 1, S. 340.

Verbindungskanal, Schiffahrtskanal (f. d.), der eine Wassertrennung überschreitet und so zwei Flußgebiete miteinander in Verbindung setzt.

Verblasen (Besemern), f. Flußeisen, Bd. 4, S. 112, Kupfer, Bd. 5, S. 781, und Nickel.

Verbleiung, f. Gold und Silber.

Verblendmauerwerk ist verkleidetes Mauerwerk [1], wobei die Außenfläche aus andern Steinmaterial besteht als der Kern.

Den Mauerkerne bilden in der Regel gewöhnliche Backsteine, Bruchsteine oder Betonmassen, während die Verblendung aus Verblendbacksteinen (f. Blendstein), Klinkern, Terrakotten oder Hausteinen der verschiedensten Art bestehen kann. Bei jedem verblendeten Mauerwerk ist darauf zu achten, daß ein ungleichmäßiges Setzen des Mauerkerne und der Verblendung möglichst vermieden wird, was 1. durch gutes Einbinden der Verblendung in den Mauerkerne, 2. durch Verwendung eines gleichmäßigen, wenig schwindenden Mörtels, 3. durch nicht zu rasches Bauen zu erreichen ist. Dem ersten Punkt genügt man insbesondere durch Anwendung möglichst vieler Binder in den einzelnen Schichten (wie beim polnischen oder gotischen Steinverband) oder durch abwechselnd angeordnete, genügend tief eingreifende Binderschichten.

Bei Quaderverblendung müssen die Lagerflächen der Verblendquader wagerecht durch die ganze Mauer durchgeführt sein; die Höhe der Quader muß also bei Backsteinhintermauerung einer ganzen Anzahl von Backsteinsschichten entsprechen. Hier ist es auch möglich, eine genügende Anzahl von Durchbindern oder Ankersteinen zu verwenden.

Plattenverblendung wird angewendet, wenn das zur Verblendung verwendete Steinmaterial besonders kostbar ist. Dabei ist es von Vorteil, hochkantig gefüllte mit flach liegenden,

in die Mauer tiefer eingreifenden Schichten abwechseln zu lassen (f. Fig. 1). Vielfach werden die Platten, namentlich bei Sockelverblendungen, mit eisernen Ankern oder durch Bindersteine mittels Falz oder mittels Feder und Nut (f. Fig. 2 und 3) verankert. Um ein ungleichmäßiges Setzen zu verhüten, empfiehlt John Taylor [2] ein ihm patentiertes Verfahren, bei welchem die Platten an angearbeiteten Leistenstreifen aufgehängt werden (f. Fig. 4). Auch nachträgliche Verblendung mittels ähnlicher Platten, nachdem die Mauern sich hinreichend gesetzt haben, ist von Vogdt [3] vorgeschlagen worden. Am Kgl. Schauspielhaufe in Berlin ist mit Erfolg eine nachträgliche Verblendung vorgenommen worden [4], bei welcher 6 bzw. 12 cm starke Platten durch Bronzeklammer mit dem alten Mauerwerk verbunden und dann mit Mörtel hintergeoffen bzw. mit Beton hinterstopft wurden.

Literatur: [1] Handbuch der Architektur, 3. Teil, Bd. 1, 1. Abt., Darmstadt 1886, S. 66, und 3. Teil, Bd. 2, 1. Heft, ebend. 1891, S. 10 und 51. — [2] Builder, Bd. 7, S. 137. — [3] Deutsche Bauzeitung 1884, S. 350. — [4] Zentralbl. der Bauverwalt. 1882, S. 359, und 1883, S. 229. *L. v. Willmann.*

Verblendstein, f. Blendstein, Fassadenziegel.

Verbrauchsregler in Gasanstalten. Die Verbrauchsregler, welche für einzelne Flammen, insbesondere für Straßenflammen, Verwendung finden, beruhen auf dem Prinzip, daß sich eine in einem Gehäuse befindliche bewegliche Zwischenwand bei steigendem Druck hebt

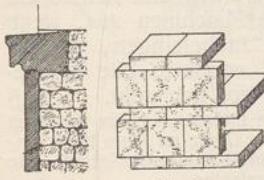


Fig. 2.

Fig. 1.

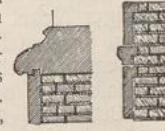


Fig. 3.

Fig. 4.

und durch einen Konus oder dergleichen die Gaszuführungsöffnung zum Brenner verkleinert, und umgekehrt. Bezeichnet p den auf die Flächeneinheit bezogenen Druck unterhalb der Wand, p_1 denjenigen oberhalb derselben, f deren Fläche und g deren Gewicht nebst Konus, so ist für den Gleichgewichtszustand: $pf - p_1f = g$, also $p - p_1 = g:f$. Da g und f konstante Größen, so ist auch die Druckdifferenz und mit dieser der Gasverbrauch konstant. Es sind zwei Hauptklassen zu unterscheiden: 1. Regulatoren, bei denen der Raum oberhalb der beweglichen Wand mit der atmosphärischen Luft in Verbindung steht, und das Gas aus dem Raume unterhalb dem Brenner zugeführt wird, und 2. solche, bei denen das Gas aus dem Raume unterhalb der beweglichen Wand in denjenigen oberhalb derselben tritt und aus diesem zum Brenner. Jede dieser Arten zerfällt in Unterabteilungen, je nachdem die bewegliche Wand 1. aus einer

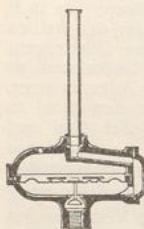


Fig. 1.

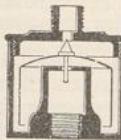


Fig. 2.

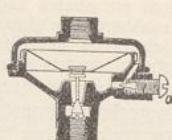


Fig. 3.

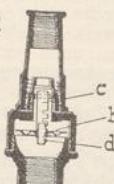


Fig. 4.

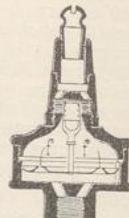


Fig. 5.

Membrane (Membranregulatoren), 2. aus einer in eine Flüssigkeit tauchende Glocke (Glockenregulatoren), und 3. aus einer Metallscheibe (Scheibenregulatoren) besteht. Da infolge eines Undichtwerdens der beweglichen Wand bei den Regulatoren der ersten Hauptabteilung leicht Gas entweichen kann, so sind diese fast ganz von denen der zweiten Art verdrängt. Membranregulatoren werden im Laufe der Zeit unzuverlässig, weil die Membrane vom Gase angegriffen oder auch so steif wird, daß das Funktionieren aufhört.

Als Haupttypen sind zu nennen bei der ersten Art der Membranregulator von Sugg-Friedleben (Fig. 1) und Girouds Rheometer (Fig. 2), der eine in Glyzerin schwimmende Glocke enthält. Zur zweiten Art gehören der Membranregulator von Elster (Fig. 3), bei dem die Justierung der Gasmenge durch die seitlich angebrachte Schraube a erfolgt; ferner der Regulator von Babylon (Fig. 4) mit einer Metallscheibe, die ein Röhrchen trägt, welches mit Schlitzten versehen ist, die durch eine verschiebbare, unten geschlossene Hülse d mehr oder weniger weit geöffnet werden können. Der Regulator von Lux (Fig. 5) hat eine Metallplatte von größerem Durchmesser, wodurch die Fehlergrenze weiter hinausgerückt, die Empfindlichkeit gesteigert wird; die Größe der durchgelassenen Gasmenge hängt ab von der Weite der beiden kleinen Öffnungen f in der Scheibe. Vgl. a. die Kataloge der Berlin-Anhalter Maschinenbau-Aktiengesellschaft, von J. Pintsch-Berlin u. a.

G. F. Schaar.

Verbrennung, Verbrennungswärme, f. Brennstoffe, Bd. 2, S. 279.

Verbrennungsmotoren (Verbrennungskraftmaschinen). Die Wärme-kraftmaschinen, in denen die Arbeitsflüssigkeit während des ganzen, von ihr durchlaufenden Kreisprozesses gasförmig ist, nennt man im weitesten Sinne Gasmaschinen. Zu diesen würden danach also auch die Heißluftmaschinen gehören. Gewöhnlich aber faßt man den Begriff Gasmaschine enger und beschränkt ihn auf die Fälle, wo ein gasförmiger Brennstoff im Zylinder der Maschine verbrennt und so die Wärmezufuhr bewirkt. Streng genommen umfaßt dieser Begriff auch die mit flüssigen Brennstoffen, z. B. Petroleum oder Spiritus, gespeisten Maschinen, da diese Brennstoffe vorher in Luft zerstäubt werden und sich so ein gasartiger Nebel bildet, aber viele schließen doch diese Maschinen aus, wenn sie von Gasmaschinen sprechen. Man hat, um Zweifel zu beseitigen, deshalb den Begriff „Verbrennungskraftmaschinen“ gebildet und nennt so alle Wärme-kraftmaschinen, bei denen die Verbrennung im Zylinder vor sich geht.

Ueber die geschichtliche Entwicklung der Gasmaschine s. die Literatur. Unsre heutigen Anordnungen sind von der Maschine ausgegangen, die N. A. Otto in Deutz im Jahre 1876 konstruierte, und die sich in wesentlichen Punkten von ihren Vorgängerinnen unterschied. Die Ottosche Maschine ist eine sogenannte einfach wirkende Viertaktmaschine.

Die **Arbeitsweise**, welche man einfach wirkenden Viertakt nennt, besteht darin, daß der Kolben vier Hübe oder die Welle zwei Umdrehungen während eines Spiegels macht. Im ersten Aushub saugt der Kolben des vorn offenen Zylinders mit feiner Rückseite das aus Brennstoff und Luft bestehende Gemisch an, im ersten Einhub verdichtet er es. Im inneren Totpunkte erfolgt die Zündung, im zweiten Aushub treiben die hochgepannten Verbrennungsgase den Kolben arbeitsverrichtend vor sich her, kurz vor dem äußeren Totpunkte öffnet das Austrittsventil, der zum zweitenmal zurückgehende Kolben treibt sie aus. Durch diese Arbeitsweise wird die Maschine einfach, weil ein Zylinder an Stelle von zweien tritt, indem er abwechselnd Pumpe und Kraftmaschine spielt. Die Maschine ist also eigentlich nur halbwirkend. Sie ist in den Fig. 1 und 2 abgebildet, wie sie von Anfang an gebaut wurde. Es handelt sich also um eine liegende, den gewöhnlichen Dampfmaschinen ähnliche Anordnung. A ist der mit einem Kühlmantel versehene Zylinder, am einen Ende offen, am andern beträchtlich über den inneren

Totpunkt des Kolbens hinaus verlängert. Der so gebildete Verdichtungsraum beträgt etwa zwei Drittel des vom Kolben durchlaufenen. In diesem Teile des Zylinders befinden sich zwei Öffnungen *a* und *b*; *a* für Einlaß und Zündung, *b* für den Auslaß. Die erfahrene wird geöffnet und geschlossen durch den Schieber *B*, die letztere durch das Ventil *C*. Der Kolben *D* überträgt die aufgenommene Kraft durch Kolbenstange, Kreuzkopf und Pleuelstange auf die gekröpfte Welle, welche Riemenscheibe und Schwungrad trägt, und von der aus durch das Rädergetriebe *EF*, die Steuerwelle *G*, Kurbel *H* und Pleuelstange *J* die Schieberbewegung abgeleitet wird.

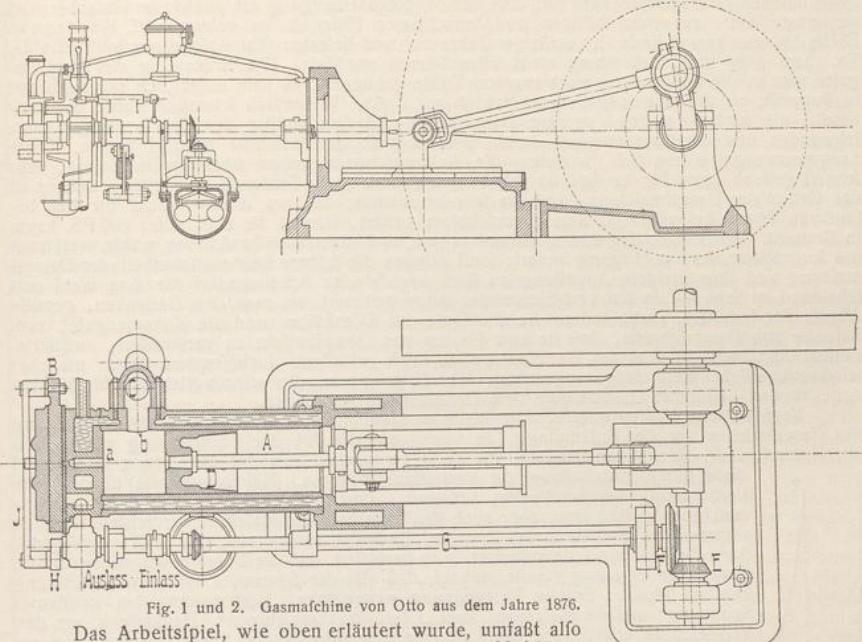


Fig. 1 und 2. Gasmaschine von Otto aus dem Jahre 1876.

Das Arbeitspiel, wie oben erläutert wurde, umfaßt also vier halbe Kolbenhübe oder zwei Umdrehungen der Maschine; die eigentliche Arbeitsleistung findet nur während des dritten Abschnittes des Spieles statt; während des ersten, zweiten und vierten Abschnittes wird ein Teil der erzeugten Arbeit in der Maschine wieder verbraucht — die lebendige Kraft des Schwunggrades muß aushelfen. In dem Indikatordiagramm Fig. 3 ist die Wirkungsweise deutlich abzulesen; die Spannungskurve ist *abfcdefa*, die Arbeitsfläche *fcdef-fabf*. Damit nun diese Arbeitsweise so wie beschrieben stattfinden kann, macht der Schieber nur halb so viel Hübe als der Kolben; die Überleitung im Rädergetriebe *EF* ist 1:2, die Steuerwelle läuft nur halb so viel Umdrehungen als die Hauptwelle. Von der Beschreibung der Einzelheiten dieser Maschine mag hier abgesehen werden.

Aus der Ottoschen Erfindung haben sich unsre heutigen Maschinen überaus schnell entwickelt. In baulicher Beziehung bemerkte man zunächst das Streben, von der etwas schwerfälligen Schieberanordnung abzukommen, die Steuerung durch Ventile zu befordern. Auch die Zündung, welche bei Otto durch eine außerhalb des Zylinders brennende Gasflamme beorgt wurde, und die Regelung werden vielfach verbessert. Die Vergrößerung des Verdichtungsgrades, bedingt durch das Streben nach geringerem Brennstoffaufwande und bei der Anwendung armer Gase nötig zur Sicherung der Zündung, war nur durchführbar, wenn Kon-

struktion und Ausführung der Maschinen die erhöhte Beanspruchung aller Teile zuließen. — Daß die mit Leuchtgas betriebene Maschine immer nur einen beschränkten Wirkungskreis haben konnte, ist wegen des hohen Brennstoffpreises selbstverständlich. Die Anwendung flüssiger Brennstoffe, wie Benzin, Benzol, Petroleum und Spiritus, machte die Maschine von der Gasanfahrt unabhängig, indem man diese gewissermaßen in die Maschine selbst verlegte; insbesondere war es möglich, die Gasmaschine für den Betrieb von Fahrzeugen auszubilden. Wenn sie auch heute zum Betriebe von Schiffen nur in geringem Umfange und nur für kleine Boote angewendet wird, so ist sie außerordentlich schnell zur Alleinherrschaft für alle Landfahrzeuge gelangt, die sich an keine Spur binden wollen. Auch für Lokomobilbetrieb ist die Gasmaschine mit flüssigem Brennstoff viel im Gebrauch, wenngleich sie in der Landwirtschaft die Dampflokomobile bisher nicht verdrängen können. Denn diese hat immer den Vorzug, sehr wenig empfindlich zu sein, und

ihre Leistung kann für kurze Zeit auf Kosten des Brennstoffes stark gesteigert werden. Dagegen kann die Gaslokomotive fast nur geringere Brennstoffkosten ins Feld führen; sie bedarf immerhin einigermaßen sachverständiger Bedienung und ist gegenüber ihrer Normalleistung nur wenig steigerungsfähig. — Die Anwendung flüssiger Brennstoffe hat eine Verbilligung der Brennstoffkosten im allgemeinen nicht zur Folge. Sollte aber die Gasmaschine nicht auf den Kleinbetrieb beschränkt bleiben, so war die Schaffung billigeren Heizgases unbedingt erforderlich. Der erste, welcher mit solchem weitgehende Erfolge erzielte, war Dowson. Er fand in der Verbindung des gewöhnlichen Generatorprozesses mit dem der Wassergaserzeugung ein Mittel, in einfacher und bequemer Weise zu einem billigen und brauchbaren Heizgas zu gelangen (s. Kraftgas). Diese Anlagen kamen Ende der achtziger Jahre auf und lieferten sehr befriedigende Ergebnisse. Trotzdem ging ihre Ausbreitung nicht allzu schnell vor sich. Die Erzeugung des Dowson-gases war an die Verwendung ganz magerer Kohle gebunden; es kam anfänglich nur Anthrazit in Betracht; erst später gelang sicherer Betrieb mit Koks. Wesentlich schneller wurde der Fortschritt, als nach Béniers Vorgange Dampfkessel und Gasbehälter der Dowsonanlagen verschwanden und die Gaserzeugung durch den Saughub der Maschine bewirkt wurde. Diese Sauggaserzeuger haben sich, nachdem die Anfangsschwierigkeiten überwunden waren, sehr schnell geltend gemacht; es sind in den letzten Jahren viele Tausende geschafft, und es ist das Gebiet der Dampfmaschine durch sie sehr beschränkt; da, wo letztere nicht für den besonderen Zweck besonders günstige Eigenschaften besitzt, kommt sie z. B. unter 100 PS. kaum in Betracht. Verhältnismäßig häufig kommt es vor, daß man Dampfmaschinen wählt, weil man des Auspuffdampfes zur Heizung bedarf; sonst pflegen die höhere Betriebsicherheit der Dampfmaschine und ihre leichtere Anpassung an stark wechselnden Arbeitsbedarf für ihre Wahl entscheidend zu sein. — Es hat verhältnismäßig lange gedauert, bis man den Gedanken, gewisse Abgase der Industrie, insbesondere die Gichtgase der Eifenhütten und die Koksofengase, zum Betriebe von Gasmaschinen, statt sie zum Heizen von Dampfkesseln zu verwenden, ausführte. Einmal begonnen, ist aber das Werk erstaunlich rasch gefördert. Insbesondere ist es, mancher selbstverständlicher Fehlschläge ungeachtet, schnell gelungen, die ursprünglich nur für kleinen Arbeitsbedarf bestimmte Gasmaschine dem Großbetriebe anzupassen.

Verschiedene Kreisprozesse. Die heutigen Gasmaschinen arbeiten alle mit Verdichtung des Gasgemisches vor der Entzündung. In bezug auf die Art der Verbrennung zeigen sich aber Unterschiede. Man kann nämlich, wie es Otto machte, zunächst die Ladung bilden und diese durch Entzündung zur Verpuffung bringen. Nähерungsweise ist das eine Verbrennung bei konstantem Volumen. Diese Maschinen heißen „Verpuffungs-maschinen“. Man kann aber auch das außerhalb der Maschine verdichtete Gemisch während des Eintritts in den Zylinder allmählich verbrennen, und es ist naheliegend, dann die Kolbengeschwindigkeit so zu bemessen, daß die Volumenvergrößerung die Spannungssteigerung gerade aufhebt, daß also die Spannung während der Füllung konstant bleibt. Solche Verbrennung nennt man „Verbrennung bei konstanter Spannung“ und die Maschinen kurz „Gleichdruckmaschinen“. Denkt man, um den Vergleich zu erleichtern, nicht an eine Viertaktmaschine, sondern nimmt man an, es werde das Gemisch in beiden Fällen durch eine Pumpe verdichtet, so entsprechen die Arbeitsweisen beider Maschinengattungen den beiden theoretischen Diagrammen Fig. 4 und 5. *a b c d* ist in beiden Fällen das Pumpendiagramm, bezogen auf den Querschnitt des Arbeitszylinders, *a b* ist die Anfangslinie, *b c* gibt die Verdichtung, *c d* das Überdrücken in den Behälter an. *d e f g a* ist in beiden Fällen das Diagramm des Arbeitszylinders; bei der Verpuffungs-maschine bedeutet *d c* die Füllung, *c e* die Spannungs-

steigerung, bei der Gleichdruckmaschine *d e* die Füllung, welche mit der Verbrennung zusammenfällt, in beiden Fällen *e f* die Ausdehnung, *f g* den Auspuff und *g a* den Auschub. Immer kann aber statt der angenommenen, aus Pumpe und Arbeitszylinder bestehenden Maschine der Ottosche Viertakt zur Anwendung kommen. Es entstehen dann die beiden Diagramme Fig. 6 und 7. Dabei ist zu beachten, daß das letztere nicht ohne weiteres durchführbar ist, weil man die verdichtete Ladung, welche sich im Zylinder befindet, nicht bei gleicher Spannung verbrennen kann. Man muß deshalb die Luft für sich verdichten und erst dann den Brennstoff in dem Maße, wie er verbrennt, zuführen. Die Figur ist nun aber nur näherungsweise richtig, weil *a b c* sich nur auf Luft bezieht. Teilt man die Flächen *b c d e b* durch Adiabaten-scharen in Elemente, die als Carnot'sche Kreisprozesse betrachtet werden können, so sieht man, daß bei gleichem Verdichtungsgrade das Gleichdruckverfahren schlechter sein muß als das Verpuffungsverfahren, weil die Wärmezufuhr bei ersterem bei abnehmendem Volumen erfolgt. Dagegen läßt das Gleichdruckverfahren bei gleicher Höchstspannung größere Verdichtung zu; das kann den Unterschied nicht nur ausgleichen, sondern sogar bewirken, daß die Gleichdruckmaschine mehr leistet als die Verpuffungsmaschine. Jedenfalls ist also ersteres von hohem Verdichtungsgrade

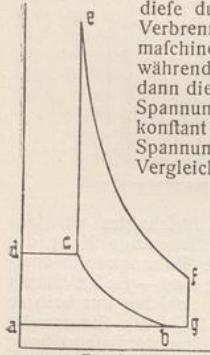


Fig. 4.

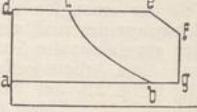


Fig. 5.

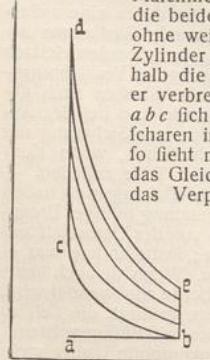


Fig. 6.

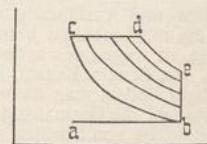


Fig. 7.

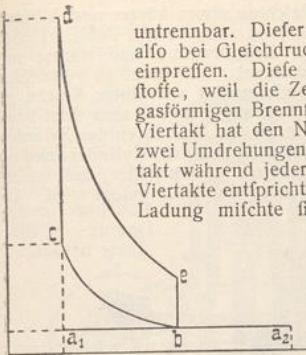


Fig. 8.

untrennbar. Dieser aber würde Selbstzündung des Gemisches bewirken, man muß also bei Gleichdruck die Luft allein verdichten und dann erst den Brennstoff einpreßen. Diese Bedingung aber führt zur Beschränkung auf flüssige Brennstoffe, weil die Zeit des Kolbenweges $c-d$ zu kurz ist, um das große Volumen gasförmigen Brennstoffes, was nötig ist, in den Zylinder zu bringen. — Der Viertakt hat den Nachteil, daß auf jeder Kolbenseite nur ein Arbeitstakt auf je zwei Umdrehungen entfällt. Hat man dagegen auf jeder Kolbenseite einen Arbeitstakt während jeder Umdrehung, so nennt man das Verfahren Zweitakt. Dem Zweitakt entspricht in Fig. 8 die Linie a, b, c, d, e, b . Nimmt man an, die angefaugte Ladung mischte sich mit den zurückbleibenden Verbrennungsgasen nicht, so könnte man dieselben Vorgänge bei einer Umdrehung in einem Zylinder doppelten Hubes so aufeinander folgen lassen: Das Spiel beginnt, während der Zylinder in seiner hinteren Hälfte mit Abgasen gefüllt ist, auf Mitte Hub in b . Der vorgehende Kolben zieht auf dem Wege $b-a_2$ die Verbrennungsgase hinter sich her, und die Füllung tritt durch ein am hinteren Zylinderende angebrachtes Ventil ein. Geht der Kolben zurück, so schiebt er die vor ihm lagernden Abgase durch ein in der Mitte des Zylinders angebrachtes Ventil

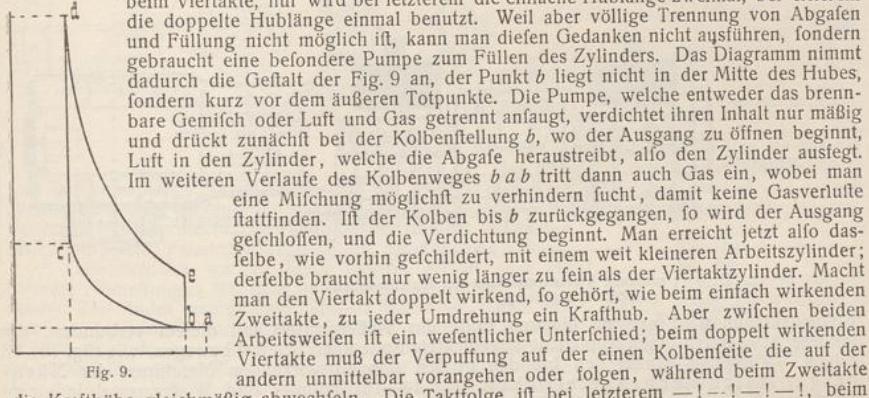


Fig. 9.

auf dem Wege a_2, b heraus, während die Füllung im hinteren Zylinderende lagert. Dann wird der Zylinder geschlossen und gemäß $b-c$ verdichtet, $c-d$ stellt wieder die Verpuffung, $d-e$ die Ausdehnung, $e-b$ den Auspuff dar. Die Vorgänge sind also beim Zweitakt genau dieselben wie beim Viertakt, nur wird bei letzterem die einfache Hublänge zweimal, bei ersterem die doppelte Hublänge einmal benutzt. Weil aber völlige Trennung von Abgase und Füllung nicht möglich ist, kann man diesen Gedanken nicht ausführen, sondern gebraucht eine besondere Pumpe zum Füllen des Zylinders. Das Diagramm nimmt dadurch die Gestalt der Fig. 9 an, der Punkt b liegt nicht in der Mitte des Hubes, sondern kurz vor dem äußeren Totpunkte. Die Pumpe, welche entweder das brennbares Gemisch oder Luft und Gas trennt anfaugt, verdichtet ihren Inhalt nur mäßig und drückt zunächst bei der Kolbenstellung b , wo der Ausgang zu öffnen beginnt, Luft in den Zylinder, welche die Abgase heraustreibt, also den Zylinder auffüllt. Im weiteren Verlaufe des Kolbenweges $b-a$ tritt dann auch Gas ein, wobei man eine Mischung möglichst zu verhindern sucht, damit keine Gasverluste stattfinden. Ist der Kolben bis b zurückgegangen, so wird der Ausgang geschlossen, und die Verdichtung beginnt. Man erreicht jetzt also das dasselbe, wie vorhin geschildert, mit einem weit kleineren Arbeitszylinder; dasselbe braucht nur wenig länger zu sein als der Viertaktzylinder. Macht man den Zweitakt doppelt wirkend, so gehört, wie beim einfach wirkenden Zweitakt, zu jeder Umdrehung ein Krafthub. Aber zwischen beiden Arbeitsweisen ist ein wesentlicher Unterschied; beim doppelt wirkenden Zweitakt muß der Verpuffung auf der einen Kolbenseite die auf der andern unmittelbar vorangehen oder folgen, während beim Zweitakt die Kraftübe gleichmäßig abwechseln. Die Taktfolge ist bei letzterem — ! — ! — ! — !, beim doppelt wirkenden Zweitakt aber — ! — ! — ! — !. Der Zweitakt wird also regelmäßigeren Gang ergeben oder leichtere Schwungräder zulassen. Mit einer doppelt wirkenden Zweitaktmaschine kommt man der Arbeitsweise der Dampfmaschine gleich, während diese beim Zweitakt erst durch Zwillingsanordnung erreicht werden kann.

Bauart der Zweitaktmaschinen. Obwohl sich Ottos Maschine gut bewährt hat, blieb ihre Form doch nicht lange vorbildlich. Zunächst ging man vom Kreuzkopf ab und wendete

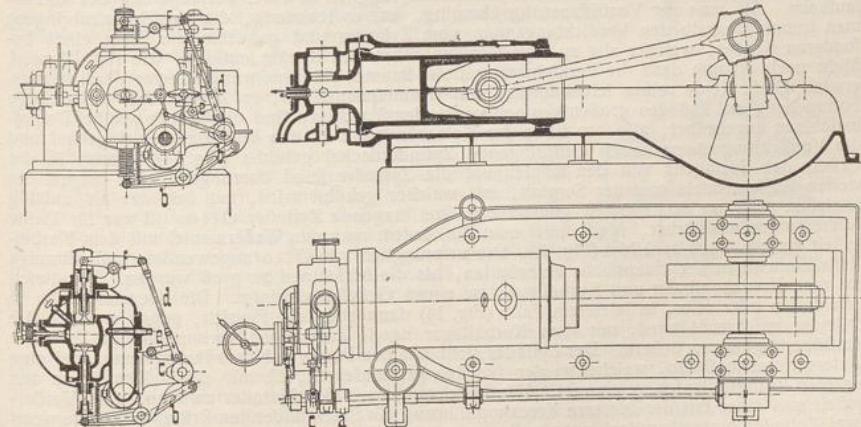


Fig. 10-13. Einfach wirkende Zweitaktmaschine von G. Luther, A.-G., Braunschweig.

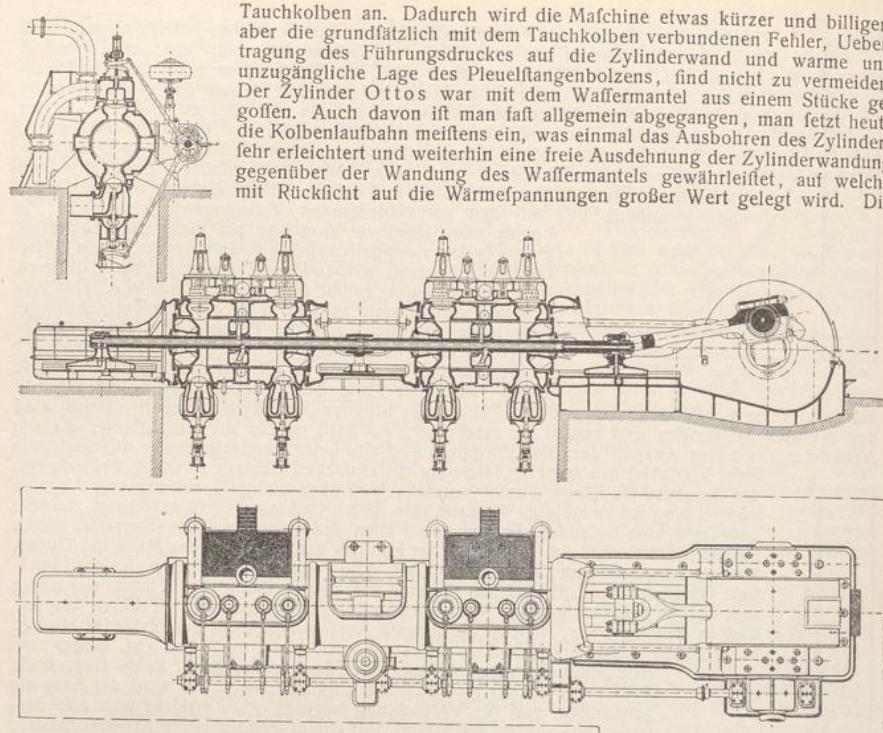


Fig. 14—16. Doppelt wirkende Viertaktmaschine der Maschinenbau-
gesellschaft Nürnberg.

Kolbenlaufbahn wird nur am hinteren Ende des Wassermantels mit diesem verbunden, das vordere, etwa durch einen Kupferring abgedichtete Ende kann sich frei bewegen, wie Fig. 10—13 zeigen. Allerdings findet sich bei den großen doppelt wirkenden Maschinen der Nürnberger Maschinenbaugesellschaft (Fig. 14—16) Zylinder und Wassermantel in einem Stück gegossen, doch sind diese Wassermantel sehr weit, so daß die Biegsungsspannungen im äußeren Rande, hervorgerufen durch die Ausdehnung der Laufbahn gegenüber dem Mantel, unschädlich werden. Auf die Abnutzung braucht weniger Gewicht gelegt zu werden, weil die Kolben doppelt wirkender Maschinen frei tragend sind. Vielfach ist auch der Mantel durchschnitten und die so entstehende Ringöffnung besonders abgeschlossen, doch hat dies den Nachteil, daß die Kraftübertragung dann nur durch die innere Wandung geschieht.

Der Verdichtungsraum bestand bei Otto ursprünglich in einer Verlängerung der Kolbenlaufbahn. Als man zur Ventilfeuerung überging, war es schwierig, die Ventile anzubringen; man trennte deshalb den Verdichtungsraum vom Zylinder und gab ihm die Form eines besonderen Kopfes, welcher alle zu den Ventilen führenden Kanäle enthielt, wie Fig. 10 zeigt. Mehr noch drängte dazu die Verkleinerung dieses Raumes bei Einführung höherer Verdichtungsgrade. Diese Köpfe reißen leicht infolge von Wärmespannungen, es kommt sehr auf richtige Formgebung an. Bei den großen doppelt wirkenden Maschinen sind die Ventile wie bei Dampfmaschinen angeordnet, also am Ende der Kolbenlaufbahn in den Wassermantel eingebaut und die Verdichtungsräume durch einspringende Zylinderdeckel gebildet (Fig. 14). Damit ist die Gefahr des Springens von den Köpfen auf die Zylinder selbst übertragen, aber wegen des weiten Wassermantels und der Sorgfalt, mit welcher gekühlt wird, hat sich das als zulässig erwiesen. Der an den Rahmen geschraubte, frei tragende Zylinder Ottos ist nur für kleine Abmessungen ausführbar. Meist stützt man ihn, indem man den Wassermantel mit dem Kurbelkasten als ein Stück ausbildet (Fig. 10). Die ursprünglich von Otto angewendete kastenförmige Gestellform ist in der Hauptfache beibehalten, bis die Maschinen zu groß wurden. Bei diesen hat man Kreuzkopfbahn und Kurbellager zu einem Gestelle vereinigt. Die Kreuzkopfbahn ist geschlossen oder offen, in letzterem Falle (Fig. 14) dann aber der Flansch, gegen welchen der Zylinder geschraubt wird, mit dem Kurbellager durch Zugstangen verbunden, um zentrale Kraftübertragung zu sichern. Der Zylinder steht mit den Füßen auf dem Fundamente, und eine hintere Kreuzkopfbahn, welche wieder für sich geprädet ist, ist mit einem Flansch an den hinteren Zylinderflansch geschraubt. Häufig schwiebt auch der Zylinder zwischen dem Vordergestell und einer mit der hinteren Kreuzkopfführung ein Stück bildenden Brille, besonders wenn zwei Zylinder hintereinander stehen und eine mittlere Kreuzkopfführung nötig wird. Der Raum unter dem Zylinder bleibt dann freier als die Anordnung von Füßen gestattet, was der Austritts-

ventile wegen feh
wünschenswert ist.

Seltener findet
sich ein durch-
gehendes Bett, auf
dem der Zylinder
gelagert ist. Da
der einfach wirk-
ende Viertakt
einen verhältnis-
mäßig unregel-
mäßigen Gang

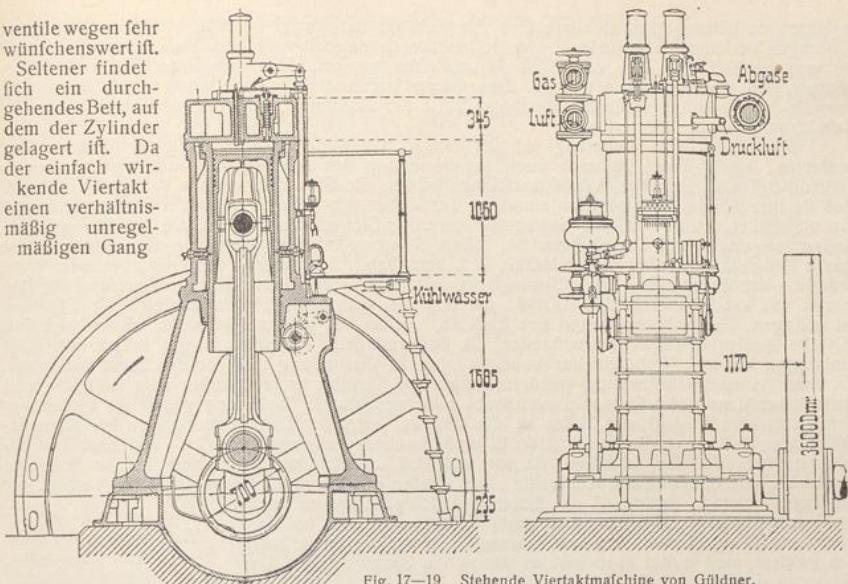


Fig. 17-19. Stehende Viertaktmaschine von Guldner.

bedingt, so wendete man schon bei kleinen Kräften oft
Zwillinge an. Man unterscheidet Gleichzwillinge, Gegen-

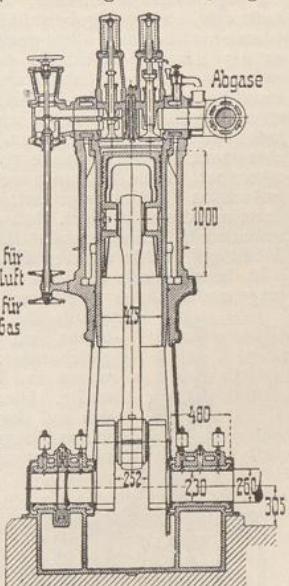
und Reihenzwillinge, je nachdem, ob die Zylinder auf einer Wellenseite parallel, auf beiden
Wellenseiten oder auf einer hintereinander liegen. Gleichzwillinge erfordern große Breite, Gegen-
zwillinge ergeben die falsche Taktfolge der doppelt wirkenden
Maschinen, und Reihenzwillinge setzen Stopfbüchsen voraus.

Gasmaschinen werden meist liegend gebaut, nur für
kleinere Abmessungen hat man sie stehend angeordnet. Erst in
neuerer Zeit findet man größere stehende Maschinen. Diese sind
weniger übersichtlich und weniger standfest, auch meist weniger
bequem in Ordnung zu halten. Dagegen sind sie billiger und
beanspruchen weniger Raum. Sie lassen eine fehr zweckmäßige
Anordnung der Ventile zu und gestatten eine gleichmäßig über
den Umfang verteilte Kolbenschmierung; auch wirkt das Kolben-
gewicht nicht abnutzend. Nur bei ganz kleinen stehenden
Maschinen legt man die Welle nach oben. Es ist für diese
zweckmäßig, weil man den Kolben leicht herausheben kann
und die Anordnung für die Bedienung bequem ist. Größere
Maschinen werden aber nur hinreichend standfest, wenn man
die Welle nach unten legt, wie bei Fig. 17-19. Als Gestell für
wendet man meist das sogenannte A-Gestell an; das bei den
Dampfmaschinen so beliebte Hammergestell ist selten. Auf einer
Grundplatte, welche die Lager enthält, steht breitbeinig der
Ständer, dessen oberer Teil den Kühlmantel bildet. Der Zylinder
ist von oben her eingeschoben, der Kopf liegt sich glatt auf
Zylinder und Mantel. Die Ventile liegen ganz unten im Kopf
und treten beim Öffnen in den Zylinder hinein, so daß der
Verdichtungsraum wieder, wie beim alten Otto, eine Fort-
setzung des Zylinders bildet. So gedrängte Anordnung ist bei
liegender Anordnung gar nicht möglich. Auch der Zünder ragt
in den Zylinder, sein Abstand vom Kolben ist also äußerst kurz
und damit eine schnelle Ausbreitung der Flamme bei der Ent-
zündung gesichert. Ofters findet man ganz eingekapselte
Wellen, sei es, um die bewegten Teile vor Staub zu schützen,
sei es, um die Kurbel durch Öl laufen zu lassen und so voll-
kommen reichliche Schmierung zu sichern.

Bei den kleinen Zylindern der Ottoschen Ausführungen kommt auf die Kühlung nicht viel an. Man läßt das Wasser irgendwo im Kopf unten eintreten und führt es irgendwo am Zylinder
oben ab, ohne feiner Leitung besondere Aufmerksamkeit zu schenken. Bei größeren Zylindern
aber muß man fehr darauf achten, daß alle Teile der Wandung gut gekühlt sind, damit nicht
etwa Vorzündungen vorkommen oder die Wandung wegen ungleicher Erwärmung reißt. Es
muß deshalb der Führung des Wassers volle Aufmerksamkeit gewidmet werden. Häufig hat man
auch verschiedene Leitungen angeordnet, um den wichtigsten Stellen genügend kaltes Wasser

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

Fig. 19.



zuführen zu können; insbesondere sind die Gehäuse der Austrittsventile vielfach mit eignen Leitungen versehen. Die Kolben und Kolbenstangen doppelt wirkender Maschinen müssen unbedingt gekühlt sein, d. h. von Wasser durchflossen werden. Von den Einzelheiten der Ausführung mag hier abgesehen und auf die größeren Werke über Gasmaschinen verwiesen werden, nur die Hauptgefechtspunkte für diejenigen Teile der Maschinen, auf welchen ihre Arbeitsweise beruht, mögen kurz erörtert werden.

Steuerung. Die Steuerung hat den Zweck, die Maschine rechtzeitig zu füllen und zu entleeren, häufig dient sie auch noch zur Bewegung der die Zündung und Regelung beeinflussenden Teile. Bei allen Viertaktmaschinen müssen die Steuerungsorgane so bewegt werden, daß sie ihre Pflicht bei zwei Umdrehungen der Welle nur einmal erfüllen. Das erreicht man am einfachsten, wenn man ihre Bewegung von einer Steuerwelle ableitet, die halb so viel Umdrehungen macht wie die Kurbelwelle. Diese Steuerwelle wird dann von der letzteren aus durch Räder im Ueberfetzungsverhältnis 1:2 betrieben. Zur inneren Steuerung werden heute lediglich Ventile benutzt. Die ursprüngliche Maschine Ottos hatte Schieberfeuerung für den Einlaß und ein Ventil für den Auslaß; der Schieber war gewählt, um zugleich die Zündung zu begrenzen. Die Schieber nutzen sich stark ab, werden bei großen Maschinen schwer und sind Ursache großen Bewegungswiderstandes; sie sind verlassen. Hahnsteuerungen haben sich nicht eingebürgern können. Rundschieber kommen aber in Verbindung mit Ventilen nicht selten vor. Zu einer reinen Ventilsteuerung gehören immer drei Ventile: es muß außer dem Eintritts- und Austrittsventil noch ein Gasventil vorhanden sein, welches die Gasleitung gegen die Luftleitung abschließt, den Austritt des Gases in die letztere, oder der Luft in die erstere bei Sauggasmachinen, verhindert. Das Austrittsventil muß durchaus gefeuert sein; Gas- und Eintrittsventil können aber selbsttätig arbeiten, da nur während des Saugtaktes Luftleere in der Maschine herrscht. Diese öffnet sie also rechtzeitig; sie schließen sich durch ihr Eigengewicht in Verbindung mit Federwirkung; letztere ist des sicheren Abchlusses wegen nicht wohl zu entbehren. Die Sicherheit guten Schlusses ist aber bei dem Eintrittsventile größer als bei dem Gasventile, einmal ist jenes meist das größere, und weiter untersteht es der vollen Saugwirkung. Das Gasventil dagegen würde, falls es sich aufgehängt hätte, nach Abchluß des Eintrittsventiles offen bleiben. Deshalb feuert man das letztere häufig, wenn das erstere selbsttätig ist. An Stelle des Gasventiles tritt oft ein sogenanntes Mischventil, das Gas- und Luftzutritt gleichzeitig beeinflußt. Daselbe könnte natürlich auch allein genügen, doch ist es des sicheren Abchlusses wegen immer ratsam, außerdem ein federbelastetes Eintrittsventil anzuwenden. Die Verbindung der einzelnen Ventile untereinander wird sehr verschiedenartig ausgeführt, grundätzlich sind aber immer die drei Elemente vorhanden und erkennbar. Große Maschinen werden nur mit gesteuerten Ventilen ausgeführt; die Betriebssicherheit dieser ist doch stets größer; insbesondere bei schnelllaufenden Maschinen sind selbsttätige Ventile unzuverlässig. Drei völlig gesonderte Ventile hat z. B. die Steuerung Fig. 20. *a* ist das gefeuerte Gasventil; das Gas mischt sich, aus dem Rohr *b* trend, mit der das Rohr *c* umgebenden, durch *c* zuflörmenden Luft. *d* ist das Eintritts-, *e* das Austrittsventil. Doppelsitzventile für den Eintritt von Luft und Gas finden sich öfters, der Schwierigkeit der gleichzeitigen Abdichtung beider Ventilsitze wegen sind Anordnungen wie Fig. 21 zweckmäßig. Hier wird das Gasventil durch eine sich auf das Luftventil stützende Feder auf seinen Sitz gedrückt. Es öffnet das Luftventil zuerst, etwas später wird durch einen auf feiner Stange sitzenden Bund das Gasventil mitgenommen. Daß nun auch das Gasventil früher schließt und zuletzt nur Luft eintritt, ist bedeutslos, weil der Schluß infolge Federwirkung sehr schnell erfolgt. Eine gute Mischung von Gas und Luft ist sehr wesentlich. Bei der Anordnung Fig. 22, die für ganz große Gichtgasmaschinen bestimmt ist, haben wir

doppelsitzige Gasventile *a*, durch welche das Gas in den Mischraum *c* oberhalb des Eintrittsventils *b* gelangt, während die Luft von *d* aus durch die Löcher in der Wandung des Mischraumes zutritt. Sehr häufig findet sich vor dem Eintrittsventil noch ein besonderes Mischventil.

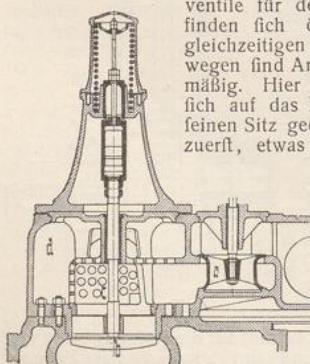


Fig. 22. Nürnberger Einlaßventil.

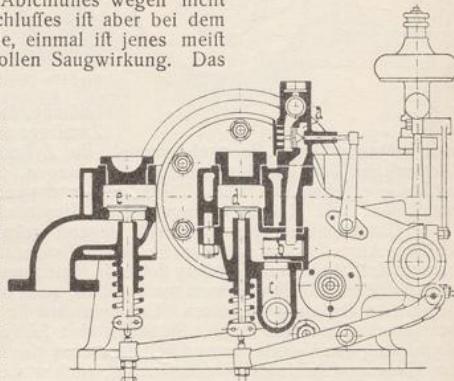


Fig. 20. Steuerung der Motorenfabrik Werdau.

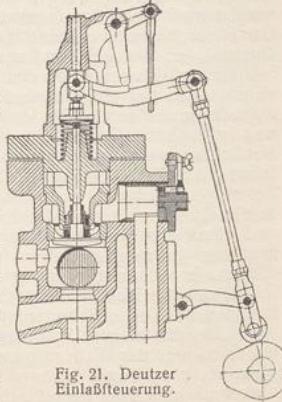


Fig. 21. Deutzer Einlaßsteuerung.

Dieses kann ohne Gefahr doppelsitzig ausgeführt werden, weil es hier, da das Eintrittsventil dichten Abschluß ohnehin sichert, auf scharfe Abdichtung nicht ankommt. Bei der Steuerung Fig. 23 strömt dem Mischventil das Gas durch das Rohr *B* und den Hahn *C*, die Luft durch das Rohr *D* zu; ersteres geht durch den inneren Ventilsitz *a*, letztere durch den äußeren *b*. Zwischen Mischventil und Eintrittsventil *F* liegt eine vom Regler beeinflußte Drosselklappe *E*, *G* ist das Ausgangsventil.

Während die Eintrittsventile selbst bei großen Maschinen durch die Füllung kühlt genug gehalten werden, machen bei solchen die Austrittsventile Schwierigkeiten; sie werden sehr heiß und verziehen sich leicht. Man kühlte deshalb die Ventilsitze, ja die Ventile selbst durch Wasserumlauf, ungekühlte Ventile aber legt man so, daß sie von der eintretenden kalten Füllung getroffen werden.

Die Bewegung der Ventile von der Welle aus erfolgt meist durch unruhe Scheiben, die auf Hebel wirken, wie es schon bei der Otto-Maschine geschah. Exzenter finden sich weniger häufig, da sie ohne weiteres keine hinreichend schnelle Ventilbewegung gestatten, man wendet sie nur bei großen Maschinen mit Klinksteuerung an. Um die Reibung zwischen Nocken und Hebel zu befreien, tragen letztere stets Rollen, gelegentlich wirken sie auch auf die Ventile durch solche. Die gewöhnliche Anordnung ist bei den Steuerungen Fig. 20 und 23 zu ersehen. Schon bei letzterer wird der gewöhnliche Hebel zur Bewegung des Eintrittsventiles zu schwer und ungeschickt; man hat eine Hubstange *e* eingefügt, die auf dem Stift *f* geführt wird. Bei sehr großen Maschinen wird die unmittelbare Hebelübertragung unmöglich, man muß entweder zwei Hebel durch Stangen verbinden oder doch zur Exzentersteuerung greifen. Bei der Maschine Fig. 10—13 wird das Auslaßventil durch den Hebel *b* gesteuert, dessen Rolle von dem Nocken *c* betätigt wird. Der Nocken *c* wirkt auf das Einlaßventil mittels der durch die Stange *d* verbundenen Hebel *e* und *f*. Die große Maschine Fig. 14—16 hat Exzentersteuerung und bewegt die Ventile mittels Wälzhebeln. Diese sind für das Steuern schwerer Ventile sehr beliebt, weil sie ein veränderliches Übersetzungsverhältnis haben. Man kann also das Ventil langsam öffnen und später schneller heben, um ruhiges Öffnen zu erzielen. Der Schluß der Ventile erfolgt stets durch Federkraft; die Federn müssen so stark sein, daß die Ventile durch den Unterdruck nicht geöffnet werden können.

Zündung. Die Entzündung der Ladung wurde von Otto mit Hilfe des Schiebers durch eine außerhalb des Zylinders brennende Gasflamme bewirkt. Viele sogenannten Flammenzündungen werden gar nicht mehr angewendet. Selten findet man auch noch Glührohrzündung. Man denke sich, Fig. 24, am Zylinder ein geschlossenes Rohr *a* angebracht und durch einen Hahn *b* vom Zylinder getrennt. Wird nun das Rohr durch eine äußere Flamme glühend erhalten und am Ende des Verdichtungshubes die Verbindung mit dem Zylinderinnern hergestellt, so wird der Zylinderinhalt in das Rohr eintreten, indem er die darin enthaltenen Verbrennungsgase zusammendrückt; er wird die Glühzone erreichen und sich entzünden, die Flamme aus dem Rohr in den Zylinder schlagen. Ein solches Glührohr nennt man ein gesteuertes. Es ist aber die Steuerung gar nicht nötig. Vielmehr hat die Erfahrung gelehrt, daß auch ein offenes Glührohr, das also dauernd mit dem Zylinder in Verbindung steht, seinen Zweck erfüllt. Diese auffällige Erscheinung läßt sich so erklären: das Rohr ist mit Verbrennungsgasen gefüllt, während des Ansaugens kann also brennbares Gemisch nicht hinein gelangen; eine Mischung des Rohrinhals mit dem Zylinderinhalt ist bei der Kürze der Zeit ausgeschlossen. Wenn aber der Zylinderinhalt verdichtet wird, so drückt er den Rohrinhalt zurück und kommt mit der glühenden Wandung in Berührung. Solange aber noch eine Strömung vom Zylinder in das Rohr stattfindet, kann die Flamme nicht zurückschlagen, ihre Fortpflanzungsgeschwindigkeit ist kleiner als die Stromgeschwindigkeit. Erst wenn am Ende der Verdichtung der Strom aufhört zu fließen, kann sich die Flamme rückwärts in den Zylinder bewegen und den Inhalt desselben zur Verbrennung bringen. Deshalb ist auch bei einem offenen Glührohr die Totpunktzündung gesichert. Die Glührohre bestehen gewöhnlich aus Porzellan bester Art, das zufälligen Zug gut verträgt, ohne zu springen. Heute wendet man fast ausschließlich elektrische Zündung an. Schon vor Otto tat man das, später aber wurde wegen der mancherlei Mängel, welche die Einrichtung hatte, Flammen- und Glührohrzündung bevorzugt. Bei den heutigen Anordnungen elektrischer Zündung unterscheidet man Kerzen- und Abreißzündung. Bei ersterer, welche seltener ist, befindet sich in einem Stromkreise eine Unterbrechung; schickt man einen Strom hindurch, so springen an der Unterbrechungsfstelle Funken über. Die dazu dienende Vorrichtung nennt man eine Zündkerze. Um eine gute Funkenbildung zu haben, gebraucht man einen Strom hoher Spannung, den man am einfachsten mit Hilfe eines Transformators erzeugt. Bei der Abreißzündung, die heute fast allgemein angewendet wird, gebraucht man nur einen Strom geringerer Spannung. Man erzeugt den Funken hier durch plötzliche Unterbrechung (Abreißen) eines Stromkreises, die durch Selbstinduktion einen kurzen gleichgerichteten Strom hoher Spannung ergibt. Welche Elektrizitätsquelle man verwendet, ist gleichgültig. Da Magnetmaschinen am sparsamsten sind, weil sie Strom nur in dem Augenblick geben, wo er gebraucht wird, so werden sie bevorzugt. Fig. 25 erläutert die Abreißzündung. *a* ist ein in die im Deckel des Zylinders angeordnete Zündbüchse gesleckter, durch die Glimmerplattenlager *b* isolierter Stift und *c g d* ein Winkelhebel,

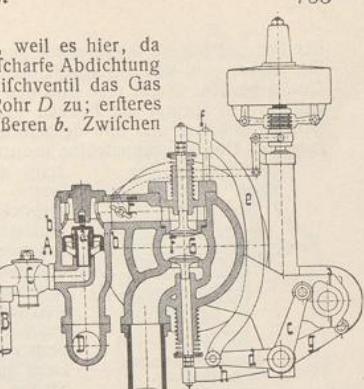


Fig. 23. Einlaßsteuerung von Gebr. Körting.

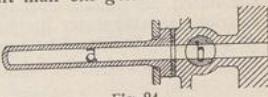


Fig. 24.

der sich mit feinem Arme *c* fest gegen das in den Zylinder ragende Ende des Stiftes *a* legt. Der Strom geht von der Quelle durch den Stift und den Hebel an das Eisen der Maschine zur Quelle zurück. Wenn man nun den Hebel plötzlich dreht, so daß der Arm *c* sich vom Stifte *a* entfernt, so springt ein Funken über. Diese sogenannten Abreißzündungen haben sich vorzüglich bewährt und sind deshalb allgemein eingeführt, nur bei Schnellläufern arbeiten sie zu langsam. Die Magnetmaschine ordnet man mit umlaufendem oder ruhendem Anker an. Fig. 26

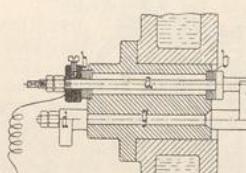


Fig. 25. Abreißmechanismus für Magnetzündung.

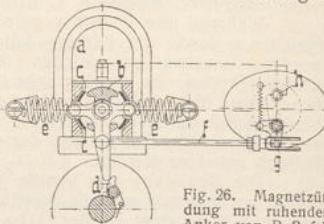


Fig. 26. Magnetzündung mit ruhendem Anker von R. Boch.

zeigt die letztere Einrichtung. *a* ist ein Hufeisenmagnet, von denen mehrere hintereinander liegen; der ruhende Anker *b* ist von einer durchbrochenen Hülse *c* aus weichem Eisen umgeben, welche durch den Daumen *d* gedreht und durch die Federn *e* zurückgeholt wird. Der Daumen *d* zieht also die Stange *f* langsam zurück,

schlappert er ab, so werfen die Federn *e* die Stange mit ihrem Gabelende gegen das Ende *g* des vorher erwähnten Winkelhebels, welcher sich also vom Stifte *h*, den Abreißfunken bildend, löst. Eine Feder holt den Winkelhebel zurück. Die Zündung muß, entsprechend der Kolben geschwindigkeit und der Zündfähigkeit des Gemisches, etwas vor dem Totpunkte eingeleitet werden, um rechtzeitige Spannungssteigerung zu bewirken. Man macht deshalb vielfach den Zündpunkt verstellbar, um sich den befreindern Umständen anpassen zu können.

Regelung. Bei der Regelung einer Gasmaschine ist gegenüber einer Dampfmaschine von vornherein ein Umstand zu beachten. Wir haben bei letzterer im Dampfkessel einen Kraftammler, können von dem Energievorrat deselben nach Bedarf mehr oder weniger entnehmen und den Regler also so einrichten, daß er die Maschine nach Bedarf fördert oder hemmt. Bei der Gasmaschine fehlt der Akkumulator, hier kann also der Regler nur hemmend wirken; er kann verhindern, daß die Umdrehungszahl über ein gewisses Maß hinaus wächst — er kann aber zu langsamem Gang der Maschine nicht befeitigen. Die Maschine muß also immer das Bestreben haben, zu schnell zu gehen, der Regler sie halten, wenn sie normale Leistung aufweist. Es lag nahe, den Gaszufluß zu drosseln, um die Maschine zu regeln. In der Tat finden wir bei den ältesten Maschinen diese Art der Regelung in Anwendung. Sie hat aber den großen Uebelstand, daß die Zusammensetzung der Mischung durch sie verändert wird. Damit die Maschine möglichst vorteilhaft arbeitet, muß ein gewisses Mischungsverhältnis angewendet werden, ein gewisser Luftüberschuß vorhanden sein. Vergrößert man diesen durch Drosselung des Gaszuflusses, so wird die Mischung ärmer, als sie der Zündfähigkeit wegen fein folte, die Zündung wird träge und hört schließlich ganz auf, so daß unverbranntes Gas durch die Maschine geht. Demzufolge treten Gasverluste und unregelmäßiger Gang ein. Auch kommt es vor, daß das zu arme Gemisch so langsam verbrennt, daß die im Verdichtungsraume zurückbleibenden Abgase noch nicht erloschen sind und das frisch angefaugte Gemisch vorzeitig entzünden, besonders wenn dieses wieder stärker wird. Dann treten also Verpuffungen während des Anfaugens auf, die durch das Einlaßventil in die Saugleitung schlagen, sogenannte Knaller, welche also auf das Getriebe in verkehrter Richtung einwirken und den Gang der Maschine plötzlich verlangsamen, ja diese zum Stillstand bringen können. Deshalb regelte Otto so, daß er das Gas nicht drosselte, sondern ganz absperzte, sobald die Maschine zu schnell ging. Sie erhielt also entweder so viel

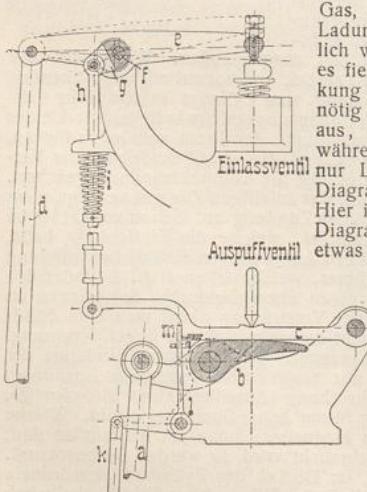


Fig. 28. Aussetzerregelung von Banki.

Gas, wie zur richtigen Ladungsbildung erforderlich war, oder gar keines; es fiel also durch Einwirkung des Reglers, so oft es nötig war, eine Verpuffung aus, die Maschine nahm während des Regelpieles nur Luft. Es entstehen so Diagramme wie Fig. 27. Hier ist *a* das gewöhnliche Diagramm, dann kommt der Aussetzer *b*, und diesem folgt das etwas kleinere Diagramm *c*. Die Ausdehnungslinie im Aussetzerdiagramm liegt wegen der Abkühlung des Zylinders etwas unter der Verdichtungslinie. Otto erzielte die Aussetzer, indem er einen auf der Steuerwelle sitzenden Nocken, dessen Daumen auf einen das Gasventil betätigenden Winkelhebel wirkte, durch den Regler zur Seite schieben ließ, *Fig. 1 und 2*. Man kann aber, statt den Eintritt abzusperren, auch das Auslaßventil offen halten, während die Maschine saugt. Dann bleibt das felsfötige Einlaßventil geschlossen, und die vorher ausgestoßenen Abgase werden zurückgesaugt. Ist das Einlaßventil aber geöffnet, so muß seine Steuerung außer Tätigkeit gesetzt werden, sobald das Austrittsventil offen gehalten wird. Man hat in dieser Art des

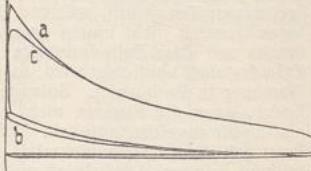


Fig. 27.

Regelns den Vorteil seien wollen, daß die Maschine durch daselbe nicht abgekühlt wird, als Nachteil hat man angeführt, daß alle Unreinigkeiten, welche bereits ausgeflossen waren, wieder in die Maschine gelangen. Bei der Steuerung einer größeren stehenden Maschine, Fig. 28, bewegt die Exzenterflange *a* mittels des Wälzhebels *b* und des Zwischenhebels *c* das Auspuff-, die Exzenterflange *d* mittels des Doppelhebels *e* das Eintrittsventil. Der Hebel *e* ist exzentrisch gelagert; die gegenüber dem Zapfen *f* außer Mitte stehende Achse deselben wird durch den Hebel *g* gedreht. Letzterer ist durch die Stange *h*, welche durch die Feder *i* möglichst tief gehalten wird, mit dem Hebel *c* verbunden. Der Regler dreht mittels der Stange *k* den Winkelhebel *l* und stellt bei zu schnellem Gange die Zunge *m* unter den Hebel *e*, so daß das Ausgangsventil geöffnet bleibt. Dadurch wird aber der Hebel *e* in die punktierte Lage gehoben und kann eine Bewegung ausführen, ohne das Eintrittsventil zu beeinflussen.

Die Regelung durch Aussetzen ist vom wärmetheoretischen Standpunkte aus die beste, welche man haben kann, denn man ändert bei ihr die Bedingungen, von welcher die beste Form des Diagramms abhängt, nur insofern, als die Rückstände das bedingen. Blieben diese unverändert, so würde die Regelung die Diagrammform überhaupt nicht beeinflussen. Aber es liegt auf der Hand, daß die Regelmäßigkeit des Ganges zu wünschen übrigläßt. Schon Otto fah sich genötigt, bei Maschinen für elektrische Betriebe die Gemischregelung anzuwenden. Er erreichte das, indem er den erwähnten, auf der Steuerwelle verschiebbaren Einlaßnocken abschrägte. Die Gemischregelung durch eine einfache Drosselklappe zu erzielen, welche vom Regler gelenkt wird, vermeidet man bei großen Maschinen gern wegen der Rückwirkung auf diesen; man zieht vor, die Zeit der Ventilöffnung vom Regler abhängig zu machen und wendet, wie bei Dampfmaschinen, Klinkfeuerungen an. Das Verfahren hat den Nachteil, daß die Maschine zuletzt nur Luft nimmt. Bei den hier allein in Betracht kommenden armen Gaten schadet das aber nicht viel, weil hier die Gasmenge gegenüber der Luftmenge groß ist; es kommt nicht so darauf an, wie bei Leuchtgasmaschinen, in der Nähe der Zündstelle reiches Gemisch zu haben. Bei der Steuerung, Fig. 29, bewegt die Exzenterflange *a* mittels der Klinke *b* den aktiven Wälzhebel *c* und somit das Ventil. Der passive Wälzhebel *d* wird durch die Reglerstange *e* und den Hebel *f* verstellt. An dem um eine feste Achse drehbaren Luftpuffer *h*, welcher den Ventilschlag mäßigen soll, sitzt die Rolle *i*, welche die Klinke *b* je nach der Stellung von *d* früher oder später auslöst. Der Regler verstellt gleichzeitig mittels der Stange *l* noch die Rolle *k*, welche beim Ausklinken dem aktiven Wälzhebel *c* als Hubgrenze dient, was feiner Maffenwirkung wegen wohl erforderlich sein wird, da er sonst, besonders bei nicht ganz richtiger Einstellung des Luftpuffers, leicht störende Schwingungen ausführen könnte.

Man kann aber auch regeln, indem man die Zusammensetzung der Mischung unverändert läßt, aber ihre Menge ändert. Am einfachsten geschieht das durch eine gewöhnliche Drosselklappe, welche zwischen Misch- und

Fig. 30.

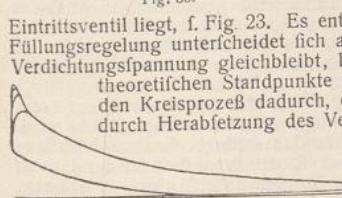


Fig. 31.

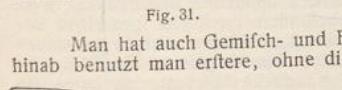


Fig. 32.

Man hat auch Gemisch- und Füllungsregelung verbunden. Bis zu einer gewissen Grenze hinab benutzt man erstere, ohne die Zündfähigkeit erheblich zu schädigen, von da bis zum Leergange letztere, um die Zündfähigkeit zu erhalten. Man kann auch regeln, indem man den Regler auf die elektrische Zündvorrichtung so einwirken läßt, daß die Zündung verspätet eintritt, wenn die Maschine zu schnell geht. Doch ist dieses Verfahren, das nur bei kleinen Wagenmaschinen vorkommt, durchaus unwirtschaftlich, weil es unvollkommene Verbrennung oder doch wenigstens unvollständige Ausdehnung zur Folge hat.

Anlaßvorrichtungen. Man kann eine Gasmaschine nicht wie eine Dampfmaschine anlassen, weil der Dampfkessel, der Kraftammler, fehlt. Die Gasmaschine bereitet sich vielmehr bei jedem Spiele ihre Arbeitsflüssigkeit selbst, daher muß ihr die nötige Menge wenigstens für ein Spiel vor der Inbetriebsetzung zur Verfügung gestellt werden. Kleine Maschinen, falls sie nicht zu schnell laufen, werden vielfach von Hand angedreht, doch sind mechanische Einrichtungen

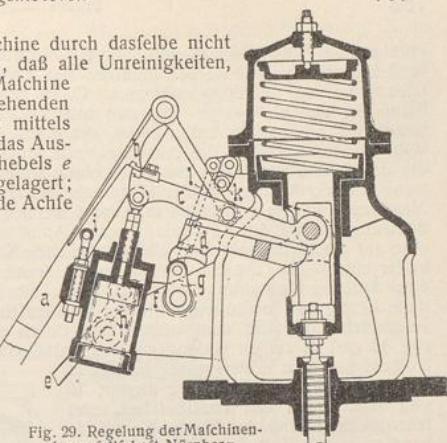


Fig. 29. Regelung der Maschinenbaugesellschaft Nürnberg.

vorzuziehen. Die Maschine wird immer unbelaftet in Gang gesetzt, weil die Anlaßvorrichtungen sonst übermäßig groß werden müßten. Das Anlassen wird besonders durch die Verdichtung der Ladung vor der Zündung erschwert. Otto befeitigte diese, indem er den Auslaßnocken der Steuerung verschiebbar machte und mit zwei sich gegenüberstehenden Daumen verfah, von denen der zweite die halbe Breite des ersten hatte. Der verschobene Nocken öffnete dann während des Anlassens das Ausgangsventil auch während des Verdichtungshubes, so daß also die unbelaftete Maschine ohne Verdichtung anlief. Befaltet kann sie selbstverständlich erl werden, wenn die Verdichtung wieder eingerückt ist. Die Ausrückung der Verdichtung ist bei kleineren Maschinen, welche von Hand angedreht werden, durchaus üblich. Besser als das Andrehen am Schwungrad ist die Anwendung einer Anlaßkurbel. Für kleine Schnellläufer ist das einfach eine auf die Welle gesteckte selbstausrückende Kurbel, für etwas größere Maschinen nimmt man besser eine solche, die sich auch ausrückt, wenn die Maschine, was wohl vorkommt, sich infolge einer falschen Verpuffung rückwärts dreht. Für größere Maschinen genügt das nicht. Man hat diese häufig mit besonderen kleinen Kraftmaschinen angelassen, nimmt aber jetzt gewöhnlich verdichtete Luft, die man nötigenfalls durch eine besondere kleine Luftpumpe erzeugt. Die Fig. 33 und 34 zeigen ein sogenanntes Anlaßventil. Die Steuerung erfolgt von Hand durch den Kolbenschieber *a* mittels eines Hebels *b*. Schraubt man das Handrad *nieder*, so gibt man damit das Ventil *d* frei, und schraubt man dann das Handrad *e* *au* auf, so kann man den Kolben bewegen und aus einem Behälter verdichtete Luft in den Zylinder treten lassen. Die verdichtete Luft er- setzt man auch wohl durch Abgabe der Maschine, indem man einen Behälter eine Zeitlang mit dem Zylinder durch ein Ventil verbindet, das so stark belastet ist, daß daselbe nur durch

die Verpuffung aufgeloßen werden kann. Solange nun der Druck in ersterem kleiner ist als die Verpuffungsspannung, treten Abgase in den Behälter, der schließlich mit Abgas von hoher Spannung gefüllt ist, das später wie Druckluft benutzt wird.

Befondere Einrichtungen für Leuchtgasmaschinen. Für Leuchtgasmaschinen sind immer einige Nebenteile erforderlich. Ein Gasdruckregler (f. Bd. 3, S. 136) dient dazu, das Mischungsverhältnis zu erhalten, wenn sich der Druck in der Leitung ändert, ein Gummibeutel befeitigt die flörenden Stauungen in der Leitung, welche durch den Viertakt hervorgerufen werden, ein Anfaugetopf, entsprechend einer Querschnittsverweiterung in der Saugleitung, nimmt das flörende Luftgeräusch beim Saugen fort, eine befondere Zündflammenleitung entfällt selbstverständlich bei elektrischer Zündung. Ein Auspufftopf verhindert das Auspuffgeräusch und sammelt die ausgestoßenen Unreinigkeiten, bei mehrfacher Ausführung befeitigt er das Auspuffgeräusch völlig.

Befondere Einrichtungen für flüssige Brennstoffe. Von flüssigen Brennstoffen wendet man Kohlenwasserstoffe, wie Benzin, Petroleum, Ergin, Benzol, Mafut und Spiritus an, neuerdings auch Naphthalin, das man zunächst allerdings durch das erwärmte Kithlwasser schmelzen muß. Alle flüssigen Brennstoffe werden der Maschine zugeführt, indem man sie möglichst fein in Luft verteilt, die Luft gewissermaßen brennbar macht. Dazu wird gewöhnlich nicht soviel Luft verwendet, wie die Verbrennung erfordert, sondern weniger, so daß das entstandene Erzeugnis wie wirkliches Gas vor oder in dem Zylinder nochmals mit Luft gemischt wird. Es ist auf diese Weise leichter, das richtige Mischungsverhältnis zu erzielen und dem Gange der Maschine anzupassen, auch kann man so für reiches Gemisch an der Zündstelle forgen.

Die Apparate, in denen das Brenngemisch erzeugt wird, nennt man gewöhnlich Vergaser, obgleich für manche derfelben der Ausdruck Verdampfer richtiger ist und auch gebraucht wird. Den Vorgang nennt man Vergasung, obgleich kein wirkliches Gas entsteht, sondern höchstens ein Gemenge von Luft und überhitztem Dampfe. Meist aber ist der Brennstoff in der Luft in tropfbar flüssiger Form noch deutlich erkennbar, nur sind die Tropfen äußerst klein, so daß man eigentlich einen brennbaren Nebel hat. Je nach der Art des benutzten Brennstoffes ist es mehr oder weniger leicht, solches Brenngas zu bilden; insbesondere spielt das spezifische Gewicht eine große Rolle. Aber auch der befondere Zweck verlangt mehr oder weniger gründliche Mischung von Brennstoff und Luft und damit andre Anordnung des Vergasers. So ist für die Schnellläufer der Wagennmaschinen weit höherer Wert auf gründliche Mischung zu legen als für ortsfeste Maschinen, bei denen ein abgesonderter Vergaser häufig gar nicht vorhanden ist. Hier geht die Vergasung im Eintrittskanale oder Ventilgehäuse in einfacher Weise vor sich. Hat man ganz leichten Brennstoff, wie Benzin, so braucht man nur Luft durch daselbe zu saugen oder an Dichten vorbeizuführen, um sofort ein brauchbares Brenngemisch zu erhalten. Allerdings hat das Verfahren einen Uebelstand; es verdunsten die leichteren Bestandteile des Benzins, das ja ein Gemenge verschiedener Kohlenwasserstoffe ist, zuerst, so daß die Vergasung mit der Zeit schwieriger wird und man die Luftzufuhr ändern, ja wenigstens in kalter Jahreszeit den Vergaser heizen muß. Man nennt diese Art der Vergaser Oberflächenvergaser.

Für schwere Brennstoffe sind Oberflächenvergaser nicht zu gebrauchen, die Verdunstung ist nicht stark genug. Sie sind aber auch bei Benzinsmaschinen zurzeit fast völlig verschwunden. Das jetzt meist übliche Verfahren ist, den Brennstoff in der Luft möglichst fein zu zerstäuben;

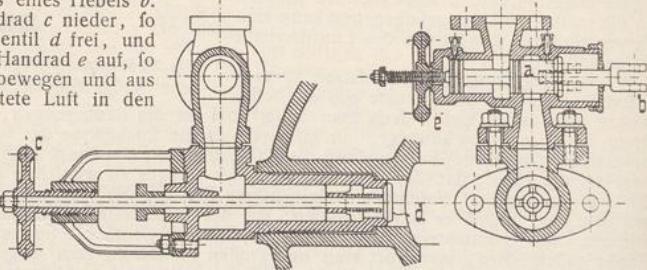


Fig. 33 und 34. Anlaßventil von Haeder.

man kann dann das Mischungsverhältnis leicht regeln. Bei leichtem Brennstoffe genügt diese Zerstäubung allein; der gebildete Nebel hält sich als folcher. Bei schweren Brennstoffen aber fallen die Tröpfchen, welche in der Luft schweben, alsbald wieder aus, insbesondere, wenn sie gegen eine Wandung stoßen. Man muß dann der Zerstäubung eine Heizung folgen lassen oder mit ihr verbinden, um das Brenngemisch gasähnlich zu machen. Die Vergaser werden bei Glühzündung gewöhnlich von der Abhitzte des Glührohres beheizt, sonst aber durch die Abgabe der Maschine oder seltener durch das ablaufende Kühlwasser. Da diese Heizung beim Anlaufen nicht möglich ist, so muß man für dieses besondere Vorrichtungen treffen. Neuerdings hat man sich, um solche zu vermeiden, fast durchweg entschlossen, die Maschinen mit leichtem Brennstoffe anlaufen zu lassen und ihnen erst, nachdem sie warm geworden sind, den schwereren zuzuführen.

Bei nicht ganz zu schnell laufenden Maschinen, wo also das in den Luftkanal eingeführte Benzin Zeit zum Verdunsten hat, kommt man mit einer einfachen Düse, welche im Luftkanale mündet, zum Zerstäuben aus. In Fig. 35 fließt das Benzin aus einem Vorratsgefäß durch Rohr *a*, Sieb *b* und Ventil *c* in das Gefäß *d*. In diesem befindet sich

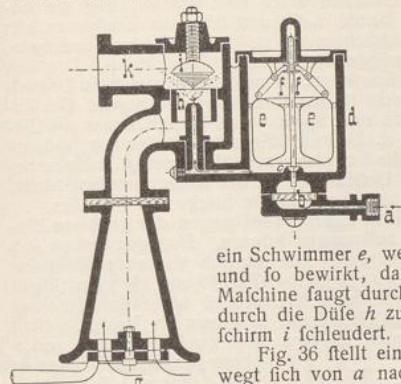


Fig. 35. Einspritzvergaser
von Daimler.

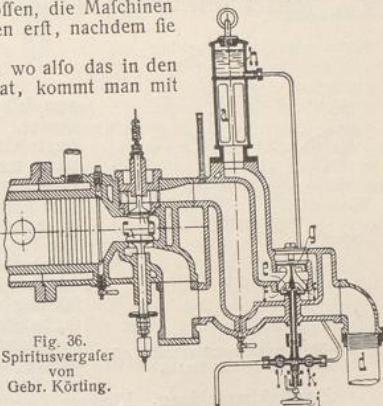


Fig. 36.
Spiritusvergafer
von
Gebr. Körting.

ein Schwimmer e , welcher mittels Doppelhebel ff das Ventil c beherrscht und so bewirkt, daß das Benzin in d stets gleich hoch steht. Die Maschine saugt durch den stellbaren Rundschieber g Luft an, welche das durch die Düse h zutretende Benzin mitreißt und gegen den Zerstäuberschirm i schleudert. Der Kanal k führt zur Maschine.

Fig. 36 stellt einen geheizten Vergaser für Spiritus dar. Die Luft bewegt sich von *a* nach dem Eintrittsventile *b*, die Abgase strömen vom Ausgangsventile *c* nach *d*. In die Luftleitung ist das Doppelventil *ef* eingebaut, das bei *e* den Spiritus, bei *f* die Luft durchläßt und oben den Kolben *g* trägt, um aufgezogen werden zu können. Der Spiritus fließt aus *h* und *i*, *j* ist ein Ventil, mit dem die beiden Hähne *k* und *l*

dem hochgestellten Gefäße *h* durch das Sperrventil *i* so zu, wie es die beiden Röhre *k* und *l* zulassen; beim Heben des Mischventiles *e* fließt er über die Platte *e* und wird bei *f* zerstäubt. Das Gefüllte der Röhrchen *g* zum Versorger ist nach Art desselben verschieden anzusehen.

Die Zuführung des Brennstoffes zum Vergaser ist nach Art desgleichen verschieden anzutreffen. Bei Ventilvergasern, d. h. folchen, bei denen die Einspritzdüse gesteuert ist, genügt es, daß der Brennstoffgefäß so hoch aufzufüllen, daß der Brennstoff von selbst zufließt, wie z. B. Fig. 36 zeigt. Doch ändert sich mit sinkendem Spiegel die Druckhöhe. Bei Vergasern mit offener Düse wendet man gewöhnlich Niveaugefäße nach Fig. 35 an. Man benutzt aber auch Pumpen, die man so bemäßt, daß sie unter allen Umständen zu viel in ein Ueberlaufgefäß fördern, aus dem der Ueberfluß zurückfließt. Man läßt aber auch wohl die Pumpe unmittelbar nach einer offenen Düse fördern und macht die Fördermenge veränderlich, so daß man sie der Belastung anpassen kann. Diese Pumpen haben ja immer nur äußerst kleine Mengen bei jedem Hube zu fördern und besitzen demgemäß empfindliche Teile, welche die Betriebsicherheit gefährden.

Abänderungen des Viertaktes. Man hat vielfach ver sucht, den Viertakt zu verbessern, teils um die von manchen gefürchteten Anwesenheit von Verbrennungsgase zu vermeiden, teils um die Ausdehnung weiterfreien zu können. Man hat auch, um hohe Verdichtungsgrade anwenden zu können, die Zusammensetzung des Gasgemisches durch Einspritzung von Wasser geändert. Die Austreibung der Verbrennungsgase aus dem Verdichtungsraume vor Beginn des Spieles hatte ursprünglich wohl nur den Zweck, Vorzündungen zu vermeiden. Doch ist zu bedenken, daß, je höher der Verdichtungsgrad und je wahrscheinlicher deshalb die Vorzündung wird, um so geringer auch die Menge der Reftgase und damit ihr Einfluß ist. Weiter ist zu beachten, daß, wenn man arme Gase hat, zu deren Verbrennung wenig Luft gehört, die Abgabe einer schnellen Verpuffung hinderlich werden können. Aber auch im Falle reicher Gase wird durch Erfatz der Abgabe durch Luft die Anfangstemperatur der Ladung verringert; folglich kann der selbe Zylinder mehr Ladung aufnehmen und damit dann auch mehr leisten. Man erhält also für die selbe Leistung kleinere Zylinder. Daß man stärkere Gemische erzielen und damit die Leistung noch mehr steigern kann, ist ohne weiteres klar; man hat aber dann entsprechend höhere Spannungen und Temperaturen zu ertragen. Erhebliche Erfolge sind damit nicht erzielt. Zahlreich sind die Befreiungen, den Viertakt, bei dem ja das Ausdehnungsverhältnis immer etwas kleiner als das Verdichtungsverhältnis ist, dadurch zu verbessern, daß man das Ausdehnungsverhältnis von der Verdichtung unabhängig macht. Grundsätzlich ist das Befreien richtig; es kann aber nicht verkannt werden, daß der Vorteil wegen des längeren Hubes und der damit verbundenen Vergrößerung der Reibungsarbeit beschränkt wird. Auch

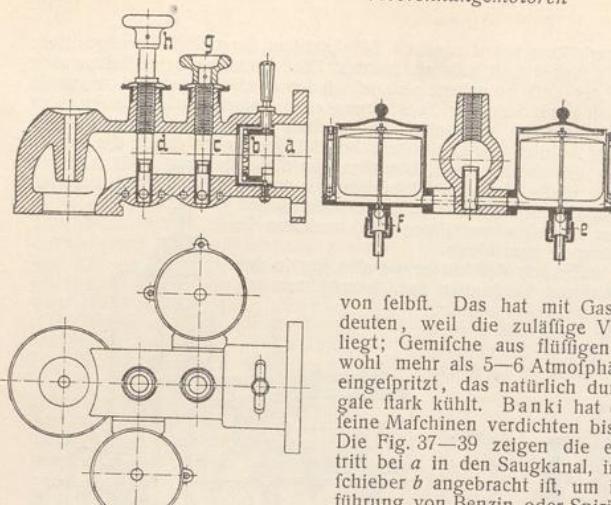


Fig. 37-39. Viertaktmaschine mit Waffer-einförzung von Banki.

Zweitaktmaschinen. Kleinere Zweitaktmaschinen haben, wohl wegen der größeren Einheitlichkeit des Viertaktes, trotz vieler Versuche nicht aufkommen können. Dagegen haben sich zwei Anordnungen großer Gichtgasmaschinen eingebürgert. Die einfach wirkende Zweitaktmaschine von v. Oechelhäuser (Fig. 40 und 41) verwirklicht den in Fig. 9 abgebildeten Kreisprozeß unter Zuhilfenahme einer Luft- und einer Gaspumpe in einem an beiden Seiten offenen Arbeitszylinder, in dem sich zwei Kolben *a* und *b* bewegen, deren Bahnen in den inneren Totpunkten

wird er um so geringer, je flärker man verdichtet. Deshalb haben alle diese Maschinen, einschließlich der mit stufenweiser Ausdehnung in zwei Zylindern, nicht aufkommen können. Die Anwendung beliebig hoher Verdichtungsgrade, welche die Wirtschaftlichkeit der Maschine sehr fördern würde, ist beschränkt. Denn bei hoher Verdichtung entzündet sich das Gemisch von selbst. Das hat mit Gas als Brennstoff weniger zu bedeuten, weil die zulässige Verdichtungsspannung sehr hoch liegt; Gemische aus flüssigen Brennstoffen lassen aber nicht wohl mehr als 5-6 Atmophären zu. Man hat also Wasser eingespritzt, das natürlich durch eine Verdampfung die Abgase stark kühlt. Banki hat damit sehr gute Erfolge erzielt; seine Maschinen verdichten bis zu 15 Atmophären und mehr. Die Fig. 37-39 zeigen die einfache Einrichtung. Die Luft tritt bei *a* in den Saugkanal, in welchem zunächst ein Drosselschieber *b* angebracht ist, um ihre Menge zu regeln. Der Zuführung von Benzin oder Spiritus und Wasser dienen die Einspritzdüsen *c* und *d*. Beide Flüssigkeiten fließen aus größeren Behältern durch die Schwimmerventile *e* und *f*, welche bewirken, daß die Gefällshöhe für die Düsen konstant bleibt. Die Schrauben *g* und *h* regeln die Stärke des Zuflusses.

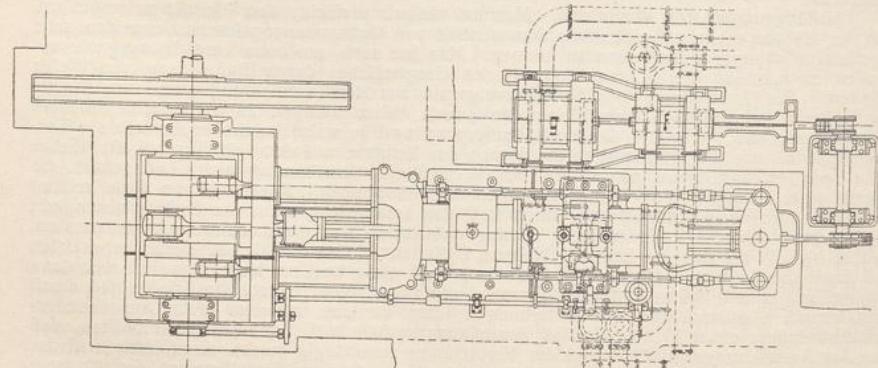
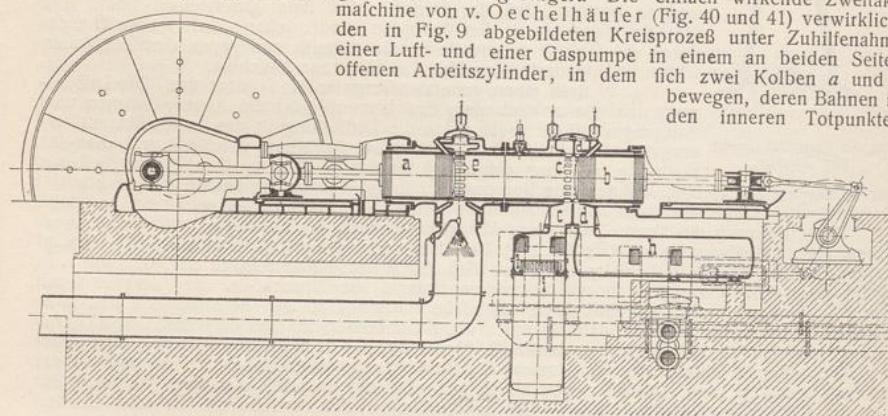


Fig. 40 und 41. Einfach wirkende Zweitaktmaschine von v. Oechelhäuser.

den Verdichtungsraum offen lassen. Der Eintritt von Gas und Luft erfolgt durch zwei vom hinteren Kolben *b* betätigten Schlitzreihen *c* und *d*, der Austritt durch eine solche, *e*, welche vom vorderen Kolben *a* bestrichen wird. Stehen die Kolben im inneren Totpunkte, so enthält der Zylinder die verdichtete Ladung, es erfolgt in dieser Stellung die Zündung. Die entstehende Verpuffungsspannung treibt die Kolben auseinander, die Spannung sinkt, bis der Vorderkolben die Auspuffschlitze freigibt. Bald danach beginnt der Hinterkolben die Luftschlitzte zu öffnen, die Luft spült den Zylinder aus. Dann werden die Gaskanäle geöffnet. Ift der Totpunkt erreicht, so schließen zunächst die Gas-, dann die Luft- und endlich die Auspuffkanäle. Wir haben also nacheinander Auspuff, Auspülen, Füllung mit Luft und Gas, Nachströmen der Luft, Herausdrängen von Abgasen.

Die Kurbelwelle der Maschine ist dreifach gekröpft; an der mittleren Kröpfung hängt der Vorderkolben durch Pleuelstange, Kreuzkopf und Kolbenfänge, an den beiden äußeren, um 180° zu ersterer versetzten, der Hinterkolben mittels eines Umlaufungsgestänges, bestehend aus Pleuelstangen, Kreuzköpfen, Verbindungsstangen, Querhaupt, Kreuzkopf und Kolbenstangen. Wir haben also drei parallele Gleitbahnen, von denen die mittlere offen ist. Die Pumpen liegen unter Flur in Reihenstellung und werden vom Querhaupt aus mittels einer schwingenden Welle bewegt; es ist *f* die kleinere Gas- und *g* die größere Luftpumpe. Beide fördern in Kessel *h* und *i*, welche mit den Schlitzkränzen umgebenden Räumen unmittelbar verbunden sind. Aus diesen Druckkesseln führen Rückleitungen in die betreffenden Saugrohre und in diesen Leitungen sitzen Ventile, welche vom Regler so beeinflußt werden, daß ein mehr oder weniger großer Teil der Fördermenge in die Saugleitung zurückgeführt wird. Die Schlitzkränze für den Einlaß werden von Ringen bedeckt, welche den Schlitzten entsprechende Öffnungen haben; der Ring über den Luftschlitzten wird von Hand, der über den Gaschlitzten vom Regler beeinflußt. Diese Ringe fehlen in der Figur. Da die Luftwege während des Auspüllens ebenso lange offen sind wie während des Füllens, so würde entweder nicht genügend gespült oder das Gemisch zu arm werden, wenn in beiden Zeiten gleichviel Luft eintrate. Deshalb ist auf einem haubenförmigen Boden des Luftkessels ein gesteuerter Deckring *l* angebracht, welcher während des Auspüllens den Uebertritt der Luft in den Rücklauf ganz verhindert, während des Füllens aber teilweise gestattet.

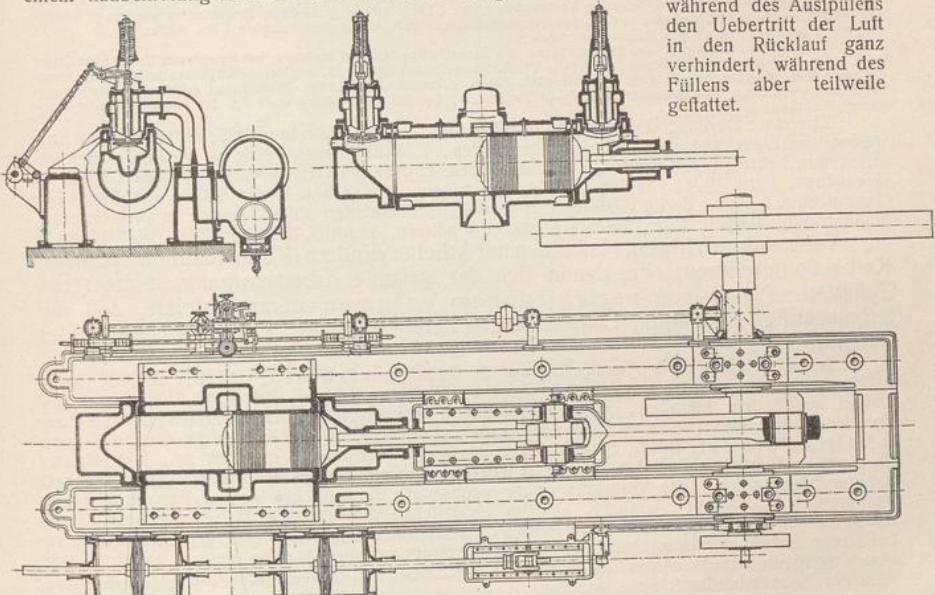


Fig. 42-44 Doppelt wirkende Zweitaktmaschine von Gebr. Körting.

Die in den Fig. 42-44 dargestellte Maschine von Gebr. Körting ist doppelt wirkend. Sie besitzt einen langen Zylinder, welcher an den Enden mit Ventilköpfen, in der Mitte mit Auspuffschlitzen ausgestattet ist. Der Kolben ist gleichfalls lang und an beiden Enden mit Ver- Ringen versehen. Geht er aus dem hinteren Totpunkte nach vorn, so haben wir hinten Ver- pufung und Ausdehnung der Verbrennungsgase, bis die Auspuffschlitze überschritten sind. Dann eröffnet das hintere Eintrittsventil, der Zylinder wird gespült und gefüllt, durch den rück- kehrenden Kolben das Gemisch verdichtet. Die Pumpen liegen in Reihenstellung neben dem Zylinder. Die vorn liegende Luftpumpe drückt während ihres ganzen Druckhubes in die nach den Ventilen führenden Kanäle; das Eintrittsventil der Maschine öffnet sich bei Mitte Pumpenhub, also wenn die Spannung der Luft schon ziemlich hoch ist; demnach wird kräftige Spülung stattfinden. Die Gaspumpe dagegen drückt bis zur Eröffnung des Eintrittsventiles die vorher gefüllte Menge in die Gasleitung zurück und erst jetzt in die Kanäle. Demgemäß muß Luft angefahrt werden in die Gasleitung zurück und erst jetzt in die Kanäle. Demgemäß muß Luft in den Gaskanal treten und das Gas zurückdrängen, so daß dieses erst später in den Zylinder gelangt. Die Regelung wird dadurch bewirkt, daß bei geringerer Belastung der Regler eine

nach dem Druckkanale der Gaspumpe führende Drosselklappe öffnet und so veranlaßt, daß die Gaspumpe zunächst nicht aus der Gasleitung, sondern aus dem Druckkanale saugt.

Gleichdruckmaschinen. Die einzige Gleichdruckmaschine, welche bisher größere Verbreitung erlangt hat, stammt von Diesel. Sie ist bisher nur für flüssige Brennstoffe angewendet und auch für diese allein geeignet. Sie beruht auf der Eigenschaft des in Fig. 7 dargestellten Kreisprozesses, sehr hohe Verdichtungsgrade zuzulassen und hat wegen der Möglichkeit, geringwertige flüssige Brennstoffe vorteilhaft zu verbrennen, große Erfolge erzielt; f. Dieselmotoren.

Für die Güte einer Wärmekraftmaschine sind in erster Linie der Brennstoffverbrauch und die Größe für eine gewisse Leistung maßgebend. Den ersten gibt man am besten als Wärmeaufwand für eine gebrauchte Pferdestunde an, d. h. als den Heizwert der Brennstoffmenge, welche man für diese Leistung gebraucht. Die Größe kann man gut durch den Leistungsräum angeben, d. h. den Raum, welcher vom Kolben in der Sekunde durchlaufen wird, wenn die Maschine ein Bremspferd leistet. Ist f der Querschnitt des Kolbens in Quadratmetern, s der Hub in Metern, c die Kolbengeschwindigkeit, n die Umdrehungszahl in der Minute und N die Leistung in Pferdestärken, so ist die Kolbengeschwindigkeit $c = s \cdot n : 30$ und der Leistungsräum $L = 1000 f c : N$ in Litern. Die heute etwa zutreffenden Verhältnisse sind in folgender Zahlen-tafel zusammengestellt:

		Brennstoff					
		Leuchtgas	Kraftgas	Gichtgas	Benzin	Petroleum	Spiritus
Kolbengeschwindigkeit . . .	m/sec	2,5—3,0	3,5—4,0	3,5—4,0	2,0—3,0	2,0—3,0	2,0—3,0
Mischungsverhältnis*) . . .	—	7,5—10	1,1—1,4	1,0—1,2	9—21	7—16	6—14
Räuml. Verdichtungsverhältnis . . .	—	6—7,5	7—8	7—8	3,5—4,5	3,5—4,5	6—10
Verdichtungspannung . . .	kg/qcm	10—12	11—13	11—13	4,5—5,5	4,5—5,5	11—16
Verpuffungspannung . . .	—	20—25	18—22	16—20	14—16	14—16	20—35
Nutzbare Mittelpspannung . . .	—	5,0—6,0	4,5—5,0	4,5—5,0	4—5	3,5—4,5	4,5—5,5
Mechanischer Wirkungsgrad . . .	—	0,8—0,9	0,75—0,85	0,75—0,85	0,75—0,85	0,7—0,8	0,75—0,85
Leistungsräum**) . . .	l/PSb	6—7	7,5—10	3,5—7***	5,75—7,5	8—12	7—11
Wärmeaufwand . . .	c/PSb.h	2300—3000	2500—3500	3000—3500	2500—4000	3000—5500	2000—3000

*) Luftpumpe in Litern, welche zur Verbrennung von 1 l Gas oder 1 g flüssigen Brennstoffes angefaugt wird.

**) Raum in Litern, welchen der Kolben fekundlich durchläuft, wenn die Maschine 1 PS. leistet.

*** Doppelt wirkende Maschinen vorausgesetzt.
Für halbe Leistung ist das 0,6—0,7fache des Brennstoffbedarfs zu rechnen, bei Petroleum findet man öfters noch mehr. Bei B a n k i - Maschinen beträgt die Verdichtungspannung 12—16, die Verpuffungspannung bis 40 Atmospähren; der Wärmeaufwand geht bis auf 2000 c/PSb.h herunter. Diesel-Maschinen zeigen 30—36 kg/qcm Verdichtungspannung und gebrauchen 2000—2500 c/PSb.h, bei halber Leistung etwa 0,5 des Brennstoffbedarfs der ganzen Leitung.

Literatur: Donkin, Gas, Oil and Air Engines, 4. Aufl., London 1905; Güldner, Das Entwerfen und Berechnen der Verbrennungsmotoren, 2. Aufl., Berlin 1905; v. Ihering, Die Gasmaschinen, Leipzig 1909; Haeder, Die Gasmotoren, Duisburg 1904/07; Mathot, Moteurs à gaz et Gazogènes, Paris 1904; Riedler, Großgasmotoren, München u. Berlin 1905; Schöttler, Die Gasmotoren, 5. Aufl., Berlin 1909 (diesem Werke sind die meisten unfrer Figuren in verkleinertem Maßstab entnommen); Witz, Moteurs à gaz et à pétrole, 4. Aufl., Paris 1903/04. R. Schöttler.

Verbundmaschinen, Maschinen mit Arbeitszylindern (Kolbendampfmaschinen, Kolbenkompressoren), bei denen sich der gesamte Arbeitsvorgang in mehreren Zylindern (2—4) von verschiedenem Volumen derart abspielt, daß die Arbeitsflüssigkeit (Dampf, Luft) sämtliche Zylinder der Reihe nach hintereinander durchströmt.

Bei Verbunddampfmaschinen (f. Dampfmaschinen, Bd. 2, S. 603, unter b) Mehrfachexpansionsmaschinen, und Verbundlokomotiven, Bd. 6, S. 213) strömt der Dampf zuerst dem kleinsten, dann, entsprechend der erforderlichen Volumenzunahme zum Zweck der Expansion, dem nächst größeren Zylinder zu. Bei Verbundkompressoren (f. Luftkompressor, Bd. 6, S. 254) saugt der größte Zylinder die Luft an, komprimiert sie etwas und drückt sie in den folgenden kleineren Zylindern zur nochmaligen, entsprechend höheren Kompression. Die Verbundwirkung vermindert die sonst bei hoher Expansion bzw. Kompression eintretenden Verluste. — Bei elektrischen Maschinen (f. Dynamomaschine, Bd. 3, S. 185) bezeichnet man mit Verbundmaschinen solche Motoren bzw. Dynamomaschinen, bei denen sowohl der Hauptstrom wie ein Nebenstrom um die Magnete geführt werden, also eine Vereinigung des Prinzipes der Hauptstrommaschinen (Reihenmaschinen) mit dem der Nebenschlußmaschinen vorliegt.

O. Herre.

Verdachung, Gefüsbildung in Stein oder Holz.
Dient über Fenstern und Türen als wirkungsvoller, bekönender Abschluß. am Außen zugleich als Schutzglied gegen Witterungseinflüsse (f. die nebenstehende Figur).

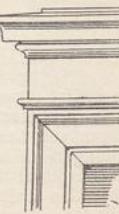
Weinbrenner.

Verdampfapparate, f. Abdampfen, Vakuumapparate.

Verdampfen, Verdampfungspunkt, Verdampfungstemperatur, f. Dampf, Bd. 2, S. 537, und Sieden, S. 103.

Verdampfer, f. Frischwassererzeuger.

Verdampfungsgrenze (richtiger Verdunstungsgrenze, vgl. Verdunsten), eine zuerst von Dühring angenommene Temperatur eines Körpers, unterhalb welcher kein Übergang deselben in den gasförmigen Zustand stattfinden soll, auch wenn jeder Druck aufgehoben wird [2], S. 88. Dühring suchte diese Annahme damit zu begründen, daß sich ohne eine solche Grenze Teile aller



Stoffe in der Atmosphäre finden müßten. Die Existenz eines Körpers im flüssigen und gasförmigen Zustand wäre hiernach nur zwischen der Verdampfungsgrenze und der kritischen Temperatur (Bd. 5, S. 711) möglich. Beziehungen zwischen den Verdampfungsgrenzen und korrespondierenden Siedetemperaturen (S. 106) verschiedener Körper s. [2], S. 90, 92, [4].

Literatur: [1] Claußius, Abhandlungen über die mechanische Wärmetheorie, II, Braunschweig 1867, S. 240. — [2] Dühring, Neue Grundgesetze zur rationellen Physik und Chemie, I, Leipzig 1878, S. 88; II, Leipzig 1886, S. 115. — [3] Gerber, Die Arbeit der Wärme beim Sieden und die Dämpfe im Zustande der Sättigung, Wiedemanns Annalen, Beiblätter 1888, S. 539. — [4] Winkelmann, Handbuch der Physik, II, Wärme, Leipzig 1906, S. 954, 955. *Weyrauch.*

Verdampfungswärme heißt die Wärmemenge, welche nötig ist, um bei konstantem Drucke 1 kg Flüssigkeit von der Siedetemperatur t in 1 kg Dampf von derselben Temperatur zu verwandeln (vgl. Dampf, gesättigter, Bd. 2, S. 539, und Sieden, S. 103). Da die Temperatur während dieses Uebergangs unter konstantem Drucke konstant bleibt, die zugeführte Wärme also nicht thermometrisch nachweisbar ist, so nannte man sie früher latente Wärme (Bd. 6, S. 72) oder latente Verdampfungswärme, Bezeichnungen, die selbst jetzt noch vorkommen. Beim Uebergange vom gasförmigen in den flüssigen Zustand wird die Verdampfungswärme wieder frei.

Wenn bei konstantem Drucke zur Erwärmung von 1 kg Flüssigkeit von 0 auf t^0 eine Wärmemenge q nötig ist (f. Flüssigkeitswärme) und r die Verdampfungswärme bezeichnet, so hat man die Gesamtwärme (f. d.) zur Bildung des Dampfes von t^0 aus Flüssigkeit von 0^0 $r = q + r$. Mit den Bd. 4, S. 410 und 99 nach Regnault [1] gegebenen q , r erhält man beispielsweise die Verdampfungswärme $r = q + r$ in Kalorien (f. d.):

für Wasser	(0 bis 195°)	$r = 606,50 - 0,695 t - 0,00002 t^2 - 0,0000003 t^3$
Aceton	(0 - 140°)	$r = 140,50 - 0,13999 t - 0,0009125 t^2$
Aether	(0 - 120°)	$r = 94,00 - 0,07901 t - 0,0008514 t^2$
Chlorkohlenstoff C_2Cl_4	(0 - 160°)	$r = 52,00 - 0,05173 t - 0,0002626 t^2$
Chloroform	(0 - 160°)	$r = 67,00 - 0,09485 t - 0,0000507 t^2$
Schwefelkohlenstoff	(0 - 140°)	$r = 90,00 - 0,08922 t - 0,0004938 t^2$

Die r vorstehender Stoffe nach Winkelmann f. [11], S. 1090, 1093, [7], S. 478. Für Wasser steht nach Dieterici [8], [13], S. 18, mit dem jetzt vorliegenden Versuchsmaterial besser als der Regnaultsche Ausdruck im Einklang:

$$r = 594,9 - 0,559 t - 0,000002234 t^2.$$

Man erhält beispielsweise für $t = 0$	50	100	150	200	
nach Regnault	$r = 606,5$	571,6	536,5	500,7	464,3 Kalorien
nach Dieterici	$r = 594,8$	566,6	536,7	503,4	465,2

Ueber Ammoniak, schweflige Säure und Kohlenäsüre f. [6], S. 235, 245, 250.

Die Verdampfungswärme r besteht aus zwei Teilen: aus der Wärmemenge q zur Aenderung der Energie im Körper (f. Energie, Bd. 3, S. 449, und Innere Arbeit, Bd. 3, S. 197) und der Wärmemenge $A_p u$ zur Ueberwindung des äußeren Drucks p beim Uebergange vom Flüssigkeitsvolumen σ ins Dampfvolumen $s = \sigma + u$ (f. Äußere Arbeit, Bd. 1, S. 102, vgl. Bd. 2, S. 542). Erstere heißt die innere Verdampfungswärme, letztere die äußere Verdampfungswärme. Nach der Clapeyronischen Gleichung, Bd. 2, S. 470, hat man:

$$\frac{r}{A_p u} = 1 + \frac{q}{A_p u} = \frac{T}{p} \frac{dp}{dt}$$

($A = 424$ mechanisches Wärmeäquivalent). Auf Grund dieser Formel lassen sich bei bekannten r , T , r , $\frac{dp}{dt}$ die Werte von q und $A_p u$ berechnen, wie dies von Zeuner nach den Regnaultschen Versuchsresultaten geschehen ist. S. die Tabellen für Wafferdampf, Bd. 2, S. 540, und [13], S. 24, 28, Tabellen für Wafferdampf und andre Dämpfe f. [6], Anhang.

Aus den so erhaltenen Werten hat Zeuner im Hinblicke auf technische Bedürfnisse empirische Formeln für die innere Verdampfungswärme q abgeleitet. Es ergaben sich in Kalorien:

für Wasser	$q = 575,40 - 0,791 t$
Aceton	$q = 131,63 - 0,20184 t - 0,0006280 t^2$
Aether	$q = 85,54 - 0,10648 t - 0,0007160 t^2$
Chlorkohlenstoff C_2Cl_4	$q = 48,57 - 0,06844 t - 0,0002080 t^2$
Chloroform	$q = 62,44 - 0,11282 t - 0,0000140 t^2$
Schwefelkohlenstoff	$q = 82,79 - 0,11446 t - 0,0004020 t^2$

Ueber Ammoniak, schweflige Säure und Kohlenäsüre f. [6], S. 235, 245, 250. Aus den nun ausgedrückten r , q folgen die äußeren Verdampfungswärmen $A_p u = r - q$:

für Wasser	$A_p u = 31,10 + 0,096 t - 0,00002 t^2 - 0,0000003 t^3$
Aceton	$A_p u = 8,87 + 0,06185 t - 0,0002845 t^2$
Aether	$A_p u = 7,46 + 0,02747 t - 0,0001354 t^2$
Chlorkohlenstoff	$A_p u = 3,43 + 0,01671 t - 0,0000546 t^2$
Chloroform	$A_p u = 4,56 + 0,01797 t - 0,0000367 t^2$
Schwefelkohlenstoff	$A_p u = 7,21 + 0,02524 t - 0,0000918 t^2$

Ueber Ammoniak, schweflige Säure und Kohlenäsüre f. [6], S. 235, 245, 250.

Die angeführten Ausdrücke wurden bisher in der Technik am meisten verwendet, doch sind einzelne Verdampfungswärmen für eine große Anzahl anderer Körper ([7], S. 474, [11], S. 1094) und mehrfach auch andre Beziehungen abgeleitet worden ([7], S. 478, [11], S. 1087). So gab Claußius ([2], S. 137) auf Grund der Regnaultschen Versuche die einfachere Formel:

Man erhält z. B. für	$t = 0$	50	100	150	200°
nach der ersten Formel	$r = 606,5$	571,6	536,5	500,7	464,3
letzten	$r = 607,0$	571,6	536,2	500,3	465,4.

Winkelmann suchte die Ergebnisse der Versuche Regnaults genauer, als oben nach Regnault angeführt, darzustellen [11], S. 1090, 1093. Ueber die Kohlenfäure f. insbesondere [3], über die Beziehungen der Verdampfungswärme zu andern Größen Bd. 2, S. 470, 542, [11], S. 1105, [5], S. 783, [13], S. 16, 20, 23, 33.

Neuestens sind in der Physikalisch-technischen Reichsanstalt früher angefertigte Versuche über die Verdampfungswärme des Waffers von 30 bis 100° [12] fortgesetzt worden durch solche von 100 bis 180° [15]. Die Ergebnisse konnten mit genügender Genauigkeit durch folgende Formeln dargestellt werden:

$$\begin{array}{ll} \text{von 30 bis } 180^\circ & r = 538,46 - 0,6422(t - 100) - 0,000833(t - 100)^2 \\ 120 \text{ " } 180^\circ \text{ genauer } & r = 539,66 - 0,718(t - 100). \end{array} \quad \begin{array}{l} a) \\ b) \end{array}$$

Diese lassen sich auch wie folgt schreiben:

$$\begin{array}{ll} \text{von 30 bis } 180^\circ & r = 594,35 - 0,4756t - 0,000833t^2 \\ 120 \text{ " } 180^\circ & r = 611,46 - 0,718t. \end{array} \quad \begin{array}{l} a) \\ b) \end{array}$$

Man erhält beispielsweise für $t =$

30	60	90	120	150	180°
nach a)	$r = 579,3$	562,8	544,8	525,3	504,3
b)	$r =$	$525,3$	$503,8$	$482,2$	

Kalorien während die Regnaultschen Resultate verhältnismäßig gut wiedergebende Claußiusche Formel

$$r = 607 - 0,708t \text{ liefert:} \quad \begin{array}{l} a) \\ b) \end{array}$$

Für $t = 100^\circ$ ergibt a) $r = 538,5$, die nicht bis dahin ausgedehnte Formel b) $r = 539,7$, die Claußiusche 536,2 Kalorien.

Da in der Physikalisch-technischen Reichsanstalt neuerdings auch die Sättigungsdrücke p des Wafferdampfes von 50 bis 180° zuverlässig bestimmt wurden, so ließe sich nach der Clapeyronischen Gleichung (Bd. 2, S. 470) eine Neuberechnung der spezifischen Volumen s (Volumen der Gewichtseinheit) und spezifischen Gewichte $\gamma = 1/s$ (Gewichte der Volumeneinheit) zwischen 50 und 180° anstatt der Tabellenwerte nach Regnault vornehmen.

Literatur: [1] Regnault, Relation des expériences etc., I, Paris 1847, S. 635, 729 (Waffer); II, Paris 1862, S. 262, 761 (andere Körper). — [2] Claußius, Die mechanische Wärmetheorie, I, Braunschweig 1887, S. 130, 134. — [3] Mollier, Ueber die kalorischen Eigenschaften der Kohlenfäure und anderer technisch wichtiger Dämpfe, Zeitschr. f. d. gef. Kälteindustrie 1895, S. 66, 85 (f. a. 1896, S. 65, 90). — [4] Louguinine, Etudes sur les chaleurs latentes de vaporisation, Annales de chimie et de physique, VII, 1896, S. 251. — [5] Wüllner, Lehrbuch der Experimentalphysik, II, Die Lehre von der Wärme, Leipzig 1896, S. 756—785. — [6] Zeuner, Technische Thermodynamik, II, Leipzig 1901, S. 22, 31, 32, 235, 245, 250. — [7] Landolt-Börnsteins Physikalisch-chemischen Tabellen, Berlin 1905, S. 474, 478. — [8] Dieterici, Die kalorischen Eigenschaften des Waffers und seines Dampfes, Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1905, S. 362 (f. a. Annalen der Physik, 1905, Bd. 16, S. 610). — [9] Mathias, Sur la chaleur de vaporisation des gaz liquides, Compt. rend. 1905, CXL, S. 1174. — [10] Chwolson, Lehrbuch der Physik, III, Die Lehre von der Wärme, Braunschweig 1905, S. 645. — [11] Winkelmann, Handbuch der Physik, II, Wärme, Leipzig 1906, S. 1087. — [12] Henning, Die Verdampfungswärme des Waffers zwischen 30 und 100°, Annalen der Physik 1906, Bd. 21, S. 849. — [13] Weyrauch, Grundriß der Wärmetheorie, II, Stuttgart 1907, S. 16, 23. — [14] Holborn und Henning, Ueber das Platinthermometer und den Sättigungsdruck des Wafferdampfes zwischen 50 und 200°, Annalen der Physik 1908, Bd. 26, S. 833 (Auszug f. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1909, S. 302). — [15] Henning, Die Verdampfungswärme des Waffers zwischen 100 und 180°, Annalen der Physik 1909, Bd. 29, S. 441.

Weyrauch.

Verde antico, f. Porphyrit; — d'Egitto, f. Cipollin; — di Corsica, f. Gabbro; — di Prato, di Sufa, f. Terpentin.

Verdickungsmittel, f. Appretmittel.

Verdunsten, der Uebergang aus dem flüssigen oder festen in den gasförmigen Zustand an der Oberfläche der Körper. Ueber diesen Uebergang im Innern von Flüssigkeiten f. Sieden, S. 103, und Dampf, Bd. 2, S. 537. Vgl. a. Verdampfungsgrenze.

Weyrauch.

Verdunstungsmesser (Atmomenter, Atmidometer, Evaporometer, Udometer), Apparate, um den Betrag der Verdunstung freier Wafferoberflächen zu messen.

Die einfachste Vorrichtung besteht in der Benutzung eines flachen zylindrischen Gefäßes von bekanntem Querschnitt und eines geteilten Meßglases, das zum Einfüllen eines bestimmten Quantum Waffer und zum Messen des nach der Verdunstung übrig gebliebenen (bei Frostwetter zunächst aufzutauenden) Waffers dient und bei geeigneter Teilung die Höhe der Verdunstung in Millimetern direkt ablesen lassen kann. — Die meisten Verdunstungsmesser beruhen wie das angegebene einfachste Verfahren auf volumetrischer Messung, so die Verdunstungsmesser von Prefelt [1], Lamont [2], Prettner [3], Piche [4] und Cantoni [5], haben aber sämtlich den Mangel,

daß sie bei Frostwetter nicht verwendet werden können. Dieser Uebelstand fällt fort bei den auf dem Prinzip der Wägung beruhenden Verdunstungsmessern, dem Verdunstungsmesser von Cantoni [6] und dem viel gebrauchten Verdunstungsmesser von Wild, bei dem die Verdunstungsschale auf dem einen Arm eines Winkelhebels ruht, während der andre Arm ein Gegengewicht trägt und ein an dem beweglichen Hebel angebrachter Zeiger die Höhe der Verdunstung an einer Skala ablefen läßt. Auch mittels des Pfychrometers kann die Größe der Verdunstung gemessen werden [7]. Da die Größe der Verdunstung einer Wasseroberfläche, abgesehen von der Temperatur und Feuchtigkeit der Luft und der Stärke der Lüftbewegung [8], in hohem Grade durch den Verdunstungsmesser selbst beeinflußt wird, infofern als die für die Stärke der Verdunstung sehr wichtige Temperatur des verdunstenden Wassers in erheblicher Weise von den Dimensionen der Verdunstungsgefäß, der physikalischen Beschaffenheit von deren Wandungen und andern rein technischen Umständen abhängt, so liefern die verschiedenen Arten von Verdunstungsmessern unter sich nicht vergleichbare Werte.

Literatur: [1] Zeitschr. d. Oefferr. Gef. f. Met., 1866, Bd. 1, S. 194. — [2] Ebend. 1869, Bd. 4, S. 81. — [3] Ebend. 1872, Bd. 7, S. 319. — [4] Ebend. 1873, Bd. 8, S. 270; Piche, Le Déperditomètre, Compt. Rend. Assoc. franç., Congrès de l'an 1892, Paris 1893. — [5] Zeitschr. d. Oefferr. Gef. f. Met. 1881, Bd. 16, S. 39. — [6] Ebend. 1874, Bd. 9, S. 54. — [7] Krebs, Ule, Das Messen der Verdunstung mit dem Doppelthermometer, Met. Zeitschr. 1897, XIV; desgl. Krebs, Met. Zeitschr. 1905, XXII. — [8] Stelling, Ueber die Abhängigkeit der Verdunstung des Wassers von feiner Temperatur und von der Feuchtigkeit und der Bewegung der Luft, Refertor. d. Meteor. von H. Wild, Bd. 8, 1883; Sutton, Results of some Experiments upon the rate of Evaporation, Transact. of the South African Phil. Soc., Bd. XIV, 1903.

Großmann.

Vereinödung, f. Feldbereinigung, Bd. 3, S. 676.

Vereinsabrechnungsstelle, f. Eisenbahnabrechnungsbureau.

Vergaser, f. Fahrrad (Motorrad), Kraftgas, Motorwagen, Verbrennungsmotoren.

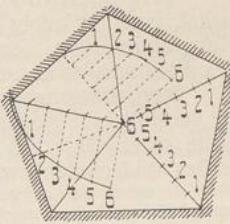
Vergatterung, 1. Verschließen durch ein Gatter. 2. Teilung von Linien oder Flächen in gleichviele kleine Teile oder Felder, behufs Zusammenpassen der entsprechenden Stücke, ein Verfahren, das beim Ausmischen der Gurtlinien vieleckiger Klostergewölbe angewendet wird (s. die Figur).

Weinbrenner.

Vergießen, Ausgießen der Fugen, z. B. an Quadermauern, mit dünnflüssigem Zement- oder Kalkmörtel, mit geschmolzenem Blei oder Kitt (s. Schwalbenest, Bd. 7, S. 836 und Versezen).

Vergolden, beliebige Materialien mit einem dünnen Ueberzug von Gold versehen.

1. **Auflegen von Blattgold.** Je nachdem die zu vergoldenden Gegenstände der Luft ausgesetzt sind oder nicht, unterscheidet man die Oelvergoldung und die franzöfische oder Glanzvergoldung (Branntweinvergoldung). Bei der Oelvergoldung werden die Objekte, wenn sie aus Holz oder sonstigen porösen Stoffen (Papiermaché, künstlichen Holzmassen, Stein u. f. w.) bestehen, mit heißem Leinöl mehrmals gestrichen und dem eingedrungenen Oel genügend Zeit zum Trocknen gegeben. Hierauf folgen die Anstriche mit Oelfarben, aus Kreide, Öcker, Leinölfirnis und Terpentinöl, mager und in sehr dünnen Schichten. Jeder Anstrich wird mit einem Vertreiber möglichst glatt vertrieben und muß vollkommen getrocknet sein, ehe der nächste folgt. Gefchliffen wird in den unteren Lagen mit feinem Glaspapier, später mit Schachtelhalm; je nach der Arbeit sind drei bis sieben Anstriche nötig. Große glatte Flächen bedürfen mehr als ornamentierte. Metalle bedürfen keiner Anstriche mit Leinöl; bei diesen wird die Oelfarbe auf die Unterlage aufgetragen, unebene Stellen (Gußfehler, Löcher und Nähte) mit Spachtelkitt ausgekittet, abgeschliffen und die Anstriche dann in der vorerwähnten Weise vorgenommen. Ist die Unterlage genügend glatt, so wird dieselbe mit Vergolderfirnis nicht zu dick überzogen und, ehe dieser trocken geworden, mit Auflegung des Blattmetalles begonnen. Sind alle Teile der Arbeit mit Metall belegt, so läßt man durch einige Tage trocknen, entfernt überflüssiges, noch anhaftendes Metall mit einem weichen Pinsel und glättet dann mit einem Achat oder dem Polierstahl. Der größeren Haltbarkeit wegen überzieht man die Oelvergoldung auch hier und da mit einem fetten Kopallack; doch leidet dadurch der Metallglanz. Bei der meist auf Holz erfolgenden Branntweinvergoldung überstreicht man einige Male mit heißem, nicht zu starkem Leimwasser. Ist das so getränktes Holz ganz trocken geworden, so überzieht man das Stück mit Leimwasser verriebener Kreide drei- bis viermal recht gleichförmig, läßt aber jeden Anstrich vollkommen trocken werden, ehe man einen nächsten aufträgt. Durch diesen weißen Grund, welcher so gleichförmig als irgend möglich sein muß, gewinnt die Vergoldung an Haltbarkeit; er dient auch dem Gold zur Füllung. Ist der letzte Kreideanstrich gehörig trocken, so wird derselbe mit Schachtelhalm geschliffen, dann poliert. Nach dem Polieren, wenn alles getrocknet, wird mit Waffer angereitetes Poliment (vgl. Goldleisten) aufgetragen. Jeder Anstrich muß vollkommen trocken sein, ehe man einen neuen aufträgt, und nach jedem Anstrich wird mit Schachtelhalm und Reiblappen geglättet. Die Auflegung des Metalls erfolgt in gleicher Weise wie bei Oelvergoldung, nur dient als Befestigungsmittel schwacher Branntwein, den man mittels eines breiten weichen Pinsels auf



den Polimentgrund aufträgt und diesen anfeuchtet, so daß das Blattmetall haften bleibt. Sind alle Teile mit Metall belegt, läßt man einige Zeit trocknen und glättet jene Teile, die poliert werden sollen, mit einem Achatfeine. Stellen, die matten Glanz zeigen sollen, werden mit einem Auszug von Safran in Alkohol überzogen. Durch entsprechend gefärbte Spiritusslacke können die derart hergestellten vergoldeten Gegenstände nach Belieben nuanciert werden (s. a. Goldleisten, Goldpreßung und Buchbinderei).

2. Andre Arten der Vergoldung. Feuervergoldung, hauptsächlich auf unedlen Metallen angewendet, erfolgt durch Ueberstreichen der betreffenden Objekte mit Goldamalgam (s. Amalgam) und Erhitzen (Aбраuchen), wonach das Quecksilber entweicht und ein Goldüberzug zurückbleibt, der durch nachträgliche Behandlung poliert, gefärbt, mattiert u. f. w. wird (vgl. Goldarbeiten). — Kalte Vergoldung erfolgt bei Metallen durch Plattierung, durch Einreiben einer mit Kreide verdickten Lösung von Goldchlorid in Cyankalium oder durch Korkstöpfels, der vorher etwas verkohlt und in Salzwasser getaucht war [2]. — Nasse Vergoldung erfolgt entweder durch Einhängen der zu vergoldenden Objekte in einen Sud von doppeltkohlenfauerm Natron und verdünnter Goldchloridlösung oder galvanoplastisch [3] (s. a. Galvanotechnik). — Vergolden des Porzellans f. Tonwaren.

Literatur: [1] Arrenbrecht, Der Vergolder, 4. Aufl., München 1895. — [2] Roseleur, Guide pratique du doreur, 5. Aufl., Paris 1884. — [3] Pianhauser, Die galvanische Metallplattierung u. f. w., 3. Aufl., Wien 1890; Andés, Blattmetalle, Bronzen u. f. w., Wien 1902; Rentzsch, Gesamtgebiet der Vergolderei, Wien 1887. — [4] Buchner, G., Die Metallfärbung und deren Ausführung, 3. Aufl., Berlin 1906.

Andés.

Vergolderfiris, auch Mixion pour doreur, Anlegeöl, Goldgrundöl genannt, eine aus wenig Kopal, gut trocknendem Firis und Terpentinöl bestehende Komposition von ziemlicher Konsistenz, bei Blattvergoldungen zur Befestigung des Blattmetalles dienend.

Andés.

Vergrößerungsapparate, photographische, beruhen darauf, daß das zu vergrößernde Negativ oder Positiv zwischen Brennpunkt und doppelte Brennweite eines Objektivs gebracht wird, wodurch ein vergrößertes umgekehrtes reelles Bild entsteht, welches auf einem Schirm aufgefangen wird.

Je näher das zu vergrößernde Objekt zum Brennpunkte des Objektivs gebracht wird, um so stärker ist die Vergrößerung. Zur Beleuchtung des zu vergrößernden Bildes dient entweder Tageslicht oder künstliches Licht (Auerlicht, Nernstlampe u. f. w.); in letzterem Falle wird noch ein Doppelkondensor (zwei Sammellinsen in einer Fassung) verwendet, welcher die von der künstlichen Lichtquelle ausgesandten Lichtstrahlen sammelt, bevor sie das zu vergrößernde Objekt belichten.

Literatur: Liefergang, Der Silberdruck und das Vergrößern photographischer Aufnahmen, 10. Aufl., Düsseldorf; Loecher, Vergrößern und Kopieren auf Bromsilberpapier, Berlin 1902; Stolze, Die Kunst des Vergrößerns auf Papieren und Platten, Halle a. S. 1895; Keßler, Photographie, 6. Aufl., aus Webers Illustrierte Handbücher, Bd. 40.

Novak.

Vergrün, f. Indigoküpen, Bd. 5, S. 173.

Verhau (Verhieb), im Bergbau gleichbedeutend mit Abbau (s. d.).

Verhütten, Erze auf das in ihnen enthaltene Metall verarbeiten.

Verkämmen, f. Aufkämmen und Aufblattung.

Verkammung, der niedrige Erdwall bei einigen älteren Schiffahrtskanälen (s. d.) an dem wasserseitigen Rande des Leimpfades, durch den dem Fehltreten und Abstürzen der Zugtiere nach der Kanalseite vorgebeugt wird.

Verkehrslast bei Brücken, die bewegte und zeitweilig einwirkende Belastung einer Tragkonstruktion, welche durch den über die Brücke gehenden Verkehr hervorgerufen wird (vgl. a. *Laftäquivalente*).

Die Verkehrslasten beanspruchen das Tragwerk vor allem durch ihre lotrechten Schwerkäfte, doch können durch die bewegten Lasten auch wagerechte Kräfte (Seitenkräfte der Fahrzeuge, Fliehkräfte, Bremskräfte) hervorgerufen werden. — Für die Annahme der Verkehrslasten, welche den statischen Rechnungen je nach Art der Brücke zugrunde zu legen sind, bestehen in den meisten Ländern behördliche Vorschriften [1].

Als Verkehrslast bei **Straßenbrücken** kommt Menschengedränge, ferner Belastung durch Wagen und Straßenwalzen in Betracht. Einem Gedränge von fünf bis sechs Menschen auf 1qm entspricht eine Belastung von 340—460 kg für 1qm. Es ist zwar noch ein dichteres Gedränge denkbar, mit acht bis neun Menschen auf 1qm, doch ist bei einem solchen eine Fortbewegung des Menschenstromes kaum mehr möglich. Man begnügt sich daher mit Belastungsannahmen, die je nach der Frequenz der Brücke zwischen den obigen Ziffern gelegen sind und geht nur bei der Belastungsannahme für die Fußwege städtischer Brücken höher, auf 520—560 kg für 1qm. Neben der Belastung durch Menschengedränge ist bei Straßenbrücken stets auch die Einwirkung einer Wagenbelastung zu untersuchen. Dies geschieht in der Weise, daß man die ganze Fahrbahnbreite mit Wagenzügen besetzt annimmt und den freibleibenden Raum mit Menschen gedränge belastet. Für die Fahrbahnteile ist die Wagenbelastung oder die Belastung durch eine Straßenwalze stets ungünstiger als die Belastung durch Menschengedränge. Auch für die Hauptträger wirkt die Wagenbelastung bei Spannweiten bis zu 30—40 m in der Regel ungünstiger.

Die Vorschriften der einzelnen Länder normieren gewisse Typen von Wagen und Straßenwalzen, welche je nach der Frequenz der Brücke anzunehmen sind. So schreibt die in Oesterreich geltende Verordnung beispielsweise vor: für Straßen I. Klasse zweiachsige Wagen von je 6 t Achsdruck und eine 18 t schwere Dampfwalze, für Straßen II. Klasse zweiachsige Wagen von 4 t Achsdruck und eine 14 t schwere Dampfstraßenwalze, für Straßen III. Klasse zweiachsige Wagen von je 1,5 t Achsdruck. Für großstädtische Brücken ist aber auch noch schwereres Laufwerk erlaubt, Wagen von 20—40 t Gewicht, in Berücksichtigung zu ziehen, und bei Überführung einer Straßenbahn sind deren schwerste Fahrbetriebsmittel in Rechnung zu bringen.

Die größte Verkehrsbelastung der Eisenbahnbrücken wird durch schwere Güterzüge hervorgerufen und zwar nimmt man einen Belastungszug an, der je nach der Bahnkategorie (Haupt-, Neben- und Schmalspurbahnen) aus den schwersten Fahrbetriebsmitteln zusammengestellt ist. An der Spitze des Zuges sind mindestens zwei Lokomotiven mit angehängten Tendern, im übrigen so viel vollbeladene Güterwagen anzunehmen, als auf der Brücke länge Platz haben. Was die Fahrbetriebsmittel der Hauptbahnen betrifft, so haben die Achsläden der Lokomotiven und Güterwagen in den letzten Dekennien eine stetige Zunahme erfahren. Die technischen Vereinbarungen des Vereins deutscher Eisenbahnverwaltungen enthalten demgemäß die bindende Bestimmung, daß allen neu zu erbauenden Hauptbahnbrücken ein Belastungszug zugrunde zu legen ist, der aus zwei Lokomotiven samt Tendern und einer unbefrunkten Anzahl von Güterwagen besteht. Die fünffachigen Lokomotiven sollen die erste Achse mit mindestens 14 t, die übrigen vier Achsen bei 1,4 m Radstand mit mindestens 16 t belastet haben. Diese Bestimmungen entsprechen auch die in den einzelnen Ländern bestehenden behördlichen Vorschriften (Preußische Staatsbahnen: fünffachige Lokomotive mit 17 t Achsdruck bei 1,5 m Radstand, dreiachsiger Tender mit 13 t Achsdruck, Güterwagen mit 13 t Achsdruck bei 3 m Radstand; Bayern: fünffachige Lokomotive mit 16 t Achsdruck, 1,4 m Radstand, Güterwagen mit 16 t Achsdruck, 4,2 m Radstand; Oesterreich fünffachige Lokomotive mit 16 t Achsdruck, 1,4 m Radstand, Güterwagen mit 11 t Achsdruck, 3,0 m Radstand i.w.f.). Für Nebenbahnen sind leichtere Lokomotiven (etwa dreiachsige mit je 14 t Achsdruck), für Schmalspurbahnen, auf welchen kein Rollschmelerverkehr mit Ueberführung der Hauptbahnwagen stattfindet, auch leichtere Güterwagen (mit etwa 7,5 t Achsdruck) anzunehmen. — Die Berechnung der größten statischen Einwirkungen, welche von der aus einem Zuge von Einzellaften bestehenden Verkehrslast hervorgerufen werden, ist nach dem heutigen Stande der Theorie, zumal unter Anwendung des Verfahrens mit Hilfe von Einflußlinien, keine schwierige, aber immerhin zeitraubende Aufgabe. Man hat sich diese dadurch zu vereinfachen gesucht, daß an Stelle des Einzellaftenzuges eine die gleiche Wirkung äußernde, gleichmäßig über die Zugsänge verteilte Ersatzlast (Belastungsgleichwert) eingeführt wurde. Diese Ersatzlasten müßten aber für denselben Belastungszug je nach der Spannweite und nach dem System des Tragwerkes, aber auch für verschiedene Stellen oder Teile derselben eine verschiedene Größe erhalten. Da solche Ersatzlasten sonst nur eine ganz beschränkte Gültigkeit haben, so ist man von deren Angabe in den neueren Brückenvorschriften abgegangen und hat für die häufigst vorkommende Berechnung des einfachen Balkenträgers Tabellen gegeben und die Vereinfachung zugestanden, daß die Linie der Maximalmomente durch zwei im Scheitel durch eine kurze Gerade verbundene Parabeläste erfasst werden kann.

Die nach statischen Regeln für Ruhelast berechnete Beanspruchung einer Brückenkonstruktion erfährt in Wirklichkeit durch die Bewegung der Verkehrslasten eine mehr oder minder große Erhöhung. Diese **dynamische Einwirkung** wird in erster Linie durch die infolge der Unebenheiten der Bahn bei rollenden Lasten auftretenden Stoßwirkungen hervorgerufen; außerdem hat aber auch die Bewegungsgeschwindigkeit der Lasten an und für sich auf die Beanspruchung der Brückenträger einen Einfluß. Stoßwirkungen treten sowohl bei Straßenbrücken, und zwar je nach der Glätte der Fahrbahn in geringerem oder größerem Maße, als auch bei Eisenbahnbrücken auf; bei letzteren werden sie durch die Schienentöße oder durch unrund gelauftene Räder hervorgerufen. Eine strenge theoretische Beurteilung dieses Einflusses unterliegt aber bedeutenden Schwierigkeiten, da hierbei die Fortpflanzung der Stoßwirkung in der Brückenkonstruktion in Frage kommt und sich schwer angeben läßt, wie weit sich dieser Einfluß erstreckt [6]. Auf Grund allgemeiner Betrachtungen [2]–[5] läßt sich nur behaupten, daß der Einfluß der Stöße auf die Beanspruchung der Brücke um so geringer ausfällt, je größere Maße die Brücke besitzt, also je schwerer die Fahrbahn und je größer die Spannweite ist; auch werden die zunächst vom Stoß getroffenen Teile, also die Fahrbahnträger und deren Anschlüsse an die Hauptträger größere Spannungsvermehrungen erfahren, als die weiter abgelegenen Teile der Hauptträger, und es wird durch das elastische Verhalten der Fahrbahnkonstruktion die Stoßwirkung auf die Hauptträger gemildert werden. Beobachtungen an Brücken und Verbuchen, um die Stoßwirkungen zu messen, wurden insbesondere von Confidère [4] und von Deslandres [5] angefertigt und zwar von ersterem bei mehreren Brücken der Orléansbahn, von letzterem bei den Straßenbrücken von Pontoise und Beaumont. Es wurden dabei die örtlichen Beanspruchungen bzw. die Verlängerungen oder Verkürzungen an der Deformation kleiner Bleikörper gemessen, und soll nach Deslandres sich diese örtliche Einwirkung bis auf das Vierfache der statischen Lastwirkung steigern können. Beobachtungen in dieser Richtung wurden auch von Fränkel mittels eines die Brückenschwingungen graphisch verzeichnenden Apparates gemacht [9]. Befonders ungünstig können solche Stöße werden, welche in regelmäßigen Zeiträumen wiederkehren und stets mit Aufschwingungen eines Stabes oder des Gesamtfleims zusammentreffen; sie werden eine zunehmende Vergrößerung der Schwingungsweiten, ferner auch der Spannungen, bewirken, und es ist theoretisch die Möglichkeit denkbar, daß auf diesem Wege unter bestimmten Voraussetzungen jede Brücke zerstört werden kann. Für Eisenbahnbrücken hat man hiernach auch für jede Spannweite eine bestimmte kritische Zugsgeschwindigkeit

herausgerechnet [7], [8], bei welcher ein gefährliches Zusammentreffen der Brückenschwingungen mit den durch die Schienenlücken erzeugten Stoßimpulsen stattfindet. In Wirklichkeit ist aber dieser Einfluß der wiederholten Stöße im allgemeinen doch weit weniger bedenklich, weil die Laufimpulse nicht in der genügenden Zahl und Stärke und nicht in der Regelmäßigkeit auf die Brücke einwirken werden, um durch die Wiederholung eine namhafte Vergrößerung der Schwingungsweiten zu bewirken. — Was nun den bloß von der Bewegungsgeschwindigkeit der Verkehrslasten abhängenden dynamischen Einfluß anbelangt, so ist derfelbe natürlich nur bei Eisenbahnbrücken von einer gewissen Bedeutung, und zwar wird sich dieser Einfluß aus folgenden Einzelwirkungen zusammensetzen [3]: 1. Erhöhung der Beanspruchung durch Schwingungen, die in den einzelnen Teilen der Brückenkonstruktion dadurch entstehen, daß die mit der Verschiebung der Lasten verbundene Formänderung mit einer gewissen Geschwindigkeit vor sich geht. Diese Spannungsvergrößerung in einem der Brückenkonstruktion angehörenden Stabe von der Länge l rechnet sich mit $\Delta S = c V \sqrt{l} \frac{dS}{dx}$, wenn V die Bewegungsgeschwindigkeit der Lasten (Meter pro Sekunde) und dS die Änderung der Stabspannung bei einer Verschiebung des Lastenzuges um dx , ferner c eine zwischen 0,004 und 0,007 gelegene Konstante bezeichnet. Bei einem gegliederten System (Fachwerk) beeinflussen sich die Längschwingungen der einzelnen Stäbe aber in sehr komplizierter Weise, so daß auch für die einfachsten Anordnungen die mathematische Behandlung des Problems mit außerordentlichen Schwierigkeiten verbunden ist [11]. 2. Infolge der Durchbiegung der Brücke unter einer darüber rollenden Last bewegt sich der Schwerpunkt der letzteren in einer kurvigen Bahn, was zum Entstehen von lotrecht gerichteten Fliehkräften Veranlassung gibt. — Wenn auch der Krümmungshalbmesser dieser Bahnkurve sehr groß ist, so zeigen darüber angeftellte Untersuchungen [12], daß dieser Einfluß bei schnell bewegten Lasten nicht geringfügig ist. 3. Die Gegengewichte an den Trieb- und Kupplungsrädern der Lokomotiven verursachen bei ihrer Umdrehung eine aus der Flieh- kraft hervorgehende Vergrößerung der Achsdrücke, welche im Mittel bei vierachigen Güterzugslokomotiven mit Außenzyindern für jede Kupplungssachse mit etwa 2,1 t, für die Triebachse mit 4,2 t angenommen werden kann.

Alle diese betrachteten dynamischen Einwirkungen haben das Gemeinsame, daß ihre Größe mit wachsender Spannweite der Brücke abnimmt. Ihre Berücksichtigung bei der Berechnung der Brücken könnte so erfolgen, daß man die Verkehrsbelastung mit einem gewissen Faktor $\mu > 1$ multipliziert einführt und die Spannungen dann nach statischen Regeln ermittelt. Réfal [10] findet auf Grund theoretischer Betrachtungen, daß man setzen könne $\mu = 1 + V\sqrt{u} \cdot L$, wenn u die statische Durchbiegung in der Brückenmitte bezeichnet, welche die ohne Geschwindigkeit zur permanenten Belastung hinzugefügte zufällige Last hervorbringt. Unter Einführung einer Zugsgeschwindigkeit $V = 20$ m transformiert er die obige Formel in $\mu = 1 + 0,5 \cdot \sqrt{L}$. Dieser Faktor μ erscheint aber, wenn auch die Stoßwirkungen berücksichtigt werden, viel zu gering, und es ist auch nicht anzunehmen, daß derfelbe für sämtliche Teile einer Brückenkonstruktion die gleiche Größe haben wird. Eingehendere Untersuchungen [2] führen auf einen Wert $\mu = 1,14 + 8 \cdot (x + 10)$ und zwar ist hierin bei Berechnung der Gurtspannungen für x die Spannweite L , bei Berechnung der Gitterstabspannungen für x die Länge der belasteten Strecke und bei Berechnung der Fahrbahnlangs- und -querträger für x die Knotenweite einzusetzen. Ist für einen Konstruktionsteil S_g die Spannung durch die permanente Last, S_p jene durch die ruhend angenommene Verkehrsbelastung und s_0 die als zulässig angenommene Anspruchnahme bei ruhender Belastung, so folgt, wenn keine Knickbeanspruchung in Frage kommt, die Querschnittsfläche des Stabes aus $F = 1 : s_0 (S_g + \mu S_p)$. Für s_0 wird man aber nun eine höhere Ziffer (etwa $s_0 = 1000$ kg für Flüsseisen) einsetzen können als nach jener Berechnungsweise, bei welcher auf die dynamischen Einwirkungen der Verkehrsbelasten weiter gar keine Rücksicht genommen wird. Man bezeichnet μ als Stoßkoeffizient, und es werden dafür außer den obigen Angaben von einzelnen Konstrukteuren auch noch verschiedene andre, allerdings lediglich auf Schätzung beruhende Annahmen gemacht. So setzen unabhängig von der Spannweite für Eisenbahnbrücken: Gerber und Landsberg $\mu = 1,5$, Winkler und Krohn 1,3, Clericetti 2, ferner Engeffer für $L > 20$ m $\mu = 1,67$ für $L < 20$ m $\mu = 1,67 + 0,001 (20 - L)^2$, Häfeler $\mu = 1,2 + 1:n$ (wo n gleich der Anzahl der für die fragliche Beanspruchung auf der Brücke befindlichen Achsen) u. f. w.

Die dynamische Einwirkung der Verkehrsbelastung auf Eisenbahnbrücken läßt sich durch geeignete Maßnahmen bis zu einem gewissen Grade herabmindern. In dieser Hinsicht ist insbesondere eine gute Erhaltung des Gleifes auf der Brücke von Wichtigkeit sowie die Verwendung von gut erhaltenen Fahrtriebmitteln. Auch empfiehlt es sich, den Gleisnivellatte eine der Durchbiegung durch die Verkehrsbelastung entsprechende Überhöhung zu geben.

Literatur: [1] Vorschriften für das Entwerfen der Brücken mit eisernem Ueberbau auf den kgl. preußischen Staatsbahnen 1903; Vorschriften der kgl. bayerischen Staatseisenbahnen 1908; Vorschriften des k. k. österreichischen Eisenbahnministeriums von 1904, betreffend Eisenbahnbrücken, und des k. k. Ministeriums des Innern von 1905, betreffend Straßenbrücken; Verordnung des kgl. ungarischen Handelsministeriums von 1907. — [2] Engeffer, Zufatzkräfte und Neben- spannungen eiserner Fachwerksbrücken, Berlin 1892, Bd. 3, S. 166. — [3] Melan, Ueber die dynamische Wirkung bewegter Lasten auf Brücken, Zeitschr. d. Oesterr. Ingen.-u. Arch.-Ver. 1893, S. 293. — [4] Confidere, Die Anwendung von Eisen und Stahl bei Konstruktionen, übersetzt von Hauff, Wien 1888, S. 180—256. — [5] Deslandres, Note sur les épreuves par charge roulante et l'action des chocs, Annales des ponts et chaussées 1894, Bd. 1, S. 735. — [6] Weyrich, Ueber dynamische Spannungen in Eisenbahnbrücken, Deutsche Bauzeitung 1889, S. 348. — [7] Steiner, Ueber die Metallkonstruktionen der Zukunft, Zeitschr. d. Oesterr. Ingen.-u. Arch.-Ver.

1892, S. 113. — [8] Robinson, Vibration of bridges, transactions of the Am. Society of Civil Eng. 1887, Febr. — [9] Fränkel, Der Horizontal- und Vertikalschwingungszeichner, Zivilingenieur, Bd. 40, Heft 3 und 8. — [10] Réfäl, Effets des charges roulantes sur les ponts métalliques, Annales des ponts et chaussées 1883, Bd. 1, S. 277. — [11] Reißner, H., Die Schwingungserscheinungen an Fachwerken, Zeitschr. f. Bauwesen 1903, S. 135. — [12] Zimmermann, H., Die Schwingungen eines Trägers mit bewegter Last, Berlin 1896. *Melan.*

Verkehrsmittel, f. Eisenbahn, Laden, Löfchen, Selbstentlader, Massentransport u. s. w.

Verkehrsordnung, f. Eisenbahnbetrieb II, Eisenbahnverkehr I.

Verkehrstruppen, d. h. Truppen mit der Aufgabe, die im Kriege zur Verwendung kommenden Verkehrsmittel, Eisenbahnen, Telegraphen, Fernsprecher, Funktelegraphen und optische Signalmittel, Kraftfahrzeuge und Fahrräder, Luftfahrzeuge, Brieftauben u. f. w. bereitzustellen bzw. zu betreiben und ihre Benutzung im Frieden vorzubereiten.

Die deutschen Verkehrstruppen bestehen aus der Eisenbahnbrigade (Eisenbahnregimenter 1—3 und Militäreisenbahn), vier Telegraphenbataillonen, einem Luftschifferbataillon mit Versuchskompanie, Befestigungsabteilung und Luftschifferlehranstalt und der Versuchskompanie der Verkehrstruppen mit Versuchskompanie und Kraftfahrtabteilung, außerdem den bayrischen Verkehrstruppen. Wegen der Verkehrstruppen des Auslandes f. Literatur (f. a. Militärbeförderung auf Eisenbahnen).

Literatur: [1] Schmiedecke, Die Verkehrsmittel im Kriege (enthält weitere Literaturangaben). — [2] Militär-Wochenblatt. — [3] Strefleurs Militär. Zeitfchr. — [4] Internationale Revue. — [5] Mitteil. über Gegenstände des Art.- u. Geniewesens. — [6] Kriegstechn. Zeitfchr. — [7] Vierteljahrsschrift der Ing.-Kom. — [8] Revue du Génie militaire u. a. *Cauer.*

Verkehrsverband, f. Eisenbahnbetrieb II, Eisenbahnverkehr, Eisenbahnverbände.

Verkleidung, f. Bekleidung, Bd. 1, S. 661, und Türen.

Verkröpfungslade, f. Stoßlade.

Verkupfern, f. Galvanotechnik.

Verlaat, f. Siele, S. 110.

Verladevorrichtung, f. Laden, Löfchen und Massentransport.

Verladung in der Aufbereitung. Man unterscheidet: die Rampenverladung, die Füllrumpfverladung und die Bandverladung.

Die Rampenverladung ist für kleinere Anlagen üblich; das aufbereitete Gut gelangt von den Aufbereitungsmaschinen in Hunde, diese werden von hochgelegenen Plattformen (Rampen) aus, welche an den Verladegleisen entlang erbaut sind, in die Lowrys entleert. Das Verfahren ist wegen der Verwendung einer entsprechenden Anzahl Arbeiter teuer. — Bei der Füllrumpfverladung sind zweckmäßigerweise die Aufbereitungsapparate so hoch aufgestellt, daß die verschiedenen Produkte unmittelbar in besondere Behälter (Füllrümpe, Taschen, Vorratskästen) gelangen, aus denen sie in Eisenbahnwagen abgelassen werden können; oder die mit den Aufbereitungsprodukten gefüllten Hunde werden mittels Aufzug gehoben, über die Füllrümpe gefahren und dort entleert. Unten find die letzteren mit Öffnungen und Schiebern versehen, die Böden sind derart geneigt, daß das Gut selbsttätig herausrutscht, das Beladen einer Lowry nimmt daher nur wenig Zeit in Anspruch. Auch für die Verladung auf Fuhrwerke und Schiffe sind die beiden genannten Methoden allgemein üblich. Für die Schiff verladung aus Eisenbahnwagen gibt es selbsttätige Kipper [1], bei denen die überschließende Arbeit, welche von dem niederinkenden beladenen Wagen geleistet wird, in einem hydraulischen Kraftammler aufgepeichert und benutzt wird, um den entleerten Wagen wieder aufzurichten; eine besondere Betriebskraft ist nicht erforderlich. — Die Entleerung der Hunde erfolgt in der Aufbereitung gewöhnlich mittels Wipper (f. d.). — Für die Verladung weicher Stückkohle, wobei jede Zerkleinerung vermieden werden muß, ist das Cornetsche Verladeband besonders geeignet. Es besteht aus zwei Gliederketten, zwischen denen Querstäbe befestigt sind; auf diesen sind kastenartige Behälter angebracht. Ferner ist das Verladeband, dessen Hauptteil waagerecht liegt, mit einem kippbaren Teile versehen; mittels Ketten und Handhafte kann dieser leicht gesenkt und gehoben werden. Näheres in [2]. Um das Rangieren der Lowrys, in welche die Verladung erfolgt, tunlichst durch Maschinenkraft zu bewirken, werden jetzt Seile ohne Ende [3] oder Schiebebühnen (mit Betrieb durch Dampf oder Elektrizität) zu Hilfe genommen.

Literatur: [1] Selbsttätiger Kohlenkipper für Eisenbahnwagen, Essener „Glückauf“ 1896, S. 661. — [2] Lamprecht, die Kohlenaufbereitung, Leipzig 1888, S. 74. — [3] Treptow, J., Die Seilbahn für das Rangieren der Eisenbahnwagen bei der Verladung auf Wilhelmshöchacht I des Zwickau-Oberhondorfer Steinkohlenbauvereins, Essener „Glückauf“ 1894, S. 1639. *Treptow.*

Verlag geben, Verlag zurückverstatten, f. Grubenbetrieb.

Verleihung, f. Bergrecht.

Verloren, jede vorläufig gemachte Arbeit, die später ohne Nutzen bleibt oder noch einmal genauer nachzuholen ist.

So heißt ein Dach verloren eindecken, die Dachziegel auf die Lattung einhängen, um rasch einen Schutz gegen Regen zu haben. 2. Nicht dicht schließend, in weiten Zwischenräumen

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

stehend, z. B. bei Staketen. 3. Verlorener Kopf oder Form f. Gießerei, Bd. 4, S. 528 ff. 4. Verlorener Zapfen, schwalbenschwanzförmiger Zapfen oder Dübel, welcher zwischen zwei Holzstücken eingefetzt wird. 5. Verlorene Zimmerung, derjenige Teil der Grubenzimmerung, der z. B. beim Tunnelbau nach beendigter Ausmauerung nicht herausgezogen wird. 6. Verlorene Punkte, f. Festpunkte und Anhaltepunkte, Grubeninstrumente. *Weinbrenner.*

Vermarkung, dauernde örtliche Bezeichnung der Grenz-, Messungs- und Höhenpunkte. Ueber Grenzmarken f. Bd. 4, S. 625; über die Vermarkung bei Katastervermessungen f. Bd. 5, S. 406; wegen der Vermarkung der Messungspunkte f. Triangulierung, Polygonierung und Stückvermessung und wegen der Höhenpunkte f. Nivellieren. *(f. Reinharts) Hillmer.*

Vermessung, geodätische, f. Geodäsie.

Vermittelnde Körper nennt man in der Wärmetheorie diejenigen Körper, welche Kreisprozessen (f. d.) oder ähnlichen Arbeitsprozessen unterworfen werden (z. B. die Arbeitsflüssigkeit von Wärmemotoren), weil diese Körper als dann von einem Körper Wärme aufnehmen (z. B. von der Heizanlage) und an einen andern Körper Wärme abgeben (z. B. an den Kondensator), so daß sie den Wärmetübergang von einem Körper zu einem andern vermitteln. Auch die Verwandlung von Wärme in Arbeit wird durch sie vermittelt. *Weyrauch.*

Vernickeln, f. Galvanotechnik und Plattieren.

Verpflocken, mit hölzernen Nägeln befestigen.

Verfatzrad, f. v. w. Wechselrad.

Verfatzung (Anstirnen), Verbindung bei Verzapfungen von Streben oder Bügen, um den Druck statt nur auf Zapfenbreite auf die ganze Breite der Hölzer zu übertragen (Fig. 1).

Sie findet ihre Anwendung 1. bei Hängewerken, besonders am Fuße der Streben, wo der Balkenkopf entsprechend zu verstärken ist (f. Bd. 4, S. 736, Fig. 10 und 11); dabei muß dieser genügend lang fein, damit die von dem starken Schub der Strebe getroffenen Längsaufnahmen der Abscherung (f. d.) widerstehen. Bei ganz flachen Streben ist dem

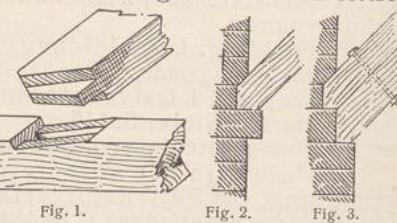


Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 3.

flächen Schub durch Anordnung einer doppelten Verfatzung zu begegnen, wobei die zweite Verfatzung tiefer als die erste herabgreifen muß (Bd. 4, S. 736, Fig. 9—11). Weitere Beispiele von Verfatzungen zeigen ebenda Fig. 19, 21 und 22. Um einem Ineinanderpressen der Hölzer, da wo Hirnholz auf Hirnholz trifft, vorzubeugen, sind an den Stirnflächen Zinkstreifen einzulegen; 2. als Mauerverfatzung bei Sprengwerken (f. d.), wobei man einfache (Fig. 2) und doppelte (Fig. 3) unterscheidet.

Weinbrenner.

Verschiebebahnhöfe (und **Verschiebedienst**), auch **Verschub**- oder **Rangierbahnhöfe** genannt, ausgedehnte Bahnhofsanlagen zum Zerlegen und Neubilden von Güterzügen sowie zum Ordnen der Wagen in den Güterzügen in der Reihenfolge der Bahnstationen, also nur für Betriebszwecke, nicht für den öffentlichen Verkehr.

Auf jedem Bahnhof sind Verschiebebewegungen auszuführen zum Abstellen von Wagen aus den Zügen und zum Einstellen von solchen in die Züge. Auf kleineren und mittleren Bahnhöfen werden diese Bewegungen, soweit möglich, mit der Zuglokomotive, im übrigen „von Hand“, d. h. durch Menschenkraft, ausgeführt, auf größeren Bahnhöfen beinahe ausschließlich durch Lokomotiven, und zwar in der Regel durch besondere Verschiebe- (Rangier-) Lokomotiven. Zum Aufstellen der angekommenen und der abgehenden Wagen sind auf kleineren und mittleren Bahnhöfen ein oder zwei Gleise erforderlich, bei größeren Bahnhöfen hängt ihre Zahl von dem Umfang des Stationsverkehrs ab. Diese Gleise werden am besten neben die Güterzugsgleise gelegt und heißen Auf- oder Abstellgleise. Auf größeren Bahnhöfen sind, um die Aufstellgleise jederzeit erreichen und Wagen verschieben zu können, ohne die Zugsgleise befahren zu müssen, noch Auszieh- und Durchlauf- oder Verkehrsgleise erforderlich. (Vgl. Bd. 1, S. 477 ff.)

Weit umfangreichere Bewegungen sind auszuführen auf Bahnhöfen, auf denen in den Güterzügen die Wagen in der Reihenfolge der Stationen zu ordnen, oder wo Güterzüge aufzulösen und neu zu bilden sind, wie auf den End- und den Anfangsstationen des Laufs solcher Züge, ganz besonders aber auf Bahnhöfen von Eisenbahnknotenpunkten. Hier kommen Güterzüge aus mehreren Bahnrichtungen zusammen, und aus den Wagen dieser Züge sind für die einzelnen Richtungen neue, nach Stationen geordnete Güterzüge zu bilden. Die Verschiebebewegungen nehmen hier oft einen solchen Umfang an, daß besondere ausgedehnte Bahnhöfe, „Verschiebebahnhöfe“, angelegt werden müssen, die eine Länge von mehreren Kilometern (Verschiebebahnhof Nürnberg 4,8 km, Mannheim 5 km u. f. w.) und eine Flächenausdehnung von 100 ha und mehr haben. Solche Bahnhöfe legt man zweckmäßig seitwärts von den Personen- und Ortsgüterbahnhöfen der Eisenbahnknotenpunkte auf möglichst billiges Gelände und verbindet sie mit den einzelnen Bahnen durch besondere Zufahrgleise, und zwar am besten so, daß von jeder auf den

angeordnet, so müssen beide ein- oder beider zweigleisig verbunden werden.

Das Verschiebebegeleitwesen entwickelt sich auf den Verschiebebahnhöfen in der Hauptfache folgendermaßen ab. Nach Einfahrt eines Zugs in das für ihn bestimmte Einfahrgleis wird die Zugslokomotive sofort abgekuppelt und geht zu den Schuppen. Der Zug, oder, wenn er sehr lang ist, nur ein Teil deselben (höchstens 300 m), wird hierauf von einer Verschiebelokomotive in ein Auszieh- (Zerlegungs-) Gleis gezogen und in Haupt- und Untergruppen zerlegt, indem die Wagen in die Gleise eines durch eine Weichenstraße verbundenen Bündels paralleler Gleise eingestellt werden. In jedem Gleis dieses Gleisbündels werden die Wagen einer bestimmten Gruppe gesammelt. Als Gruppen kommen im allgemeinen in Betracht: I. die verschiedenen Bahnrichtungen (beim Übergang an andre Verwaltungen kann die Uebergabe im gesamten oder nach Richtungen geordnet erfolgen), II. das Ortsgut, d. h. Wagen, die für die Station bestimmt sind, III. Leerwagen, die von hier aus nach Bedarf den Stationen der einzelnen Richtungen überwiesen werden. Die zu diesen Zwecken erforderlichen Gleise heißen Richtungsgleise. Die Wagen der zweiten Gruppe werden am besten sofort nach Untergruppen geordnet, z. B. Stückgut- und Wagenladungswagen (letztere unter Umständen noch nach Warenklassen), d. h. nach den verschiedenen Teilen des Ortsgüterbahnhofs), Umladestückgutwagen (welche Güter für die verschiedenen Bahnrichtungen enthalten und daher umgeladen werden müssen), Viehwagen (für Schlachthäuser und zur Desinfektion), Wagen für Hafenanlagen, Fabriken, Gruben und Hüttenwerke u. f. w. Bei der III. Gruppe werden reparaturbedürftige Wagen ausgeschieden. Unbedeutende Mängel werden sofort in einer mit dem Verschiebebahnhof verbundenen kleinen Wagenwerkstatt befeitigt. Die Wagen der Untergruppen des Ortsguts werden durch Verschiebemaschinen an ihre verschiedenen Bestimmungsorte (Güterschuppen, Verladeplätze, Umladestellen, Desinfektionsanstalt u. f. w.) verbracht und die dort fertiggestellten, d. h. „abgefertigten“ Wagen abgeholt und nun entweder zunächst in ein befonderes Gleis für abgefertigtes Ortsgut eingestellt und später weiter behandelt, oder aber sofort in das Ausziehgleis verbracht und von da aus wie die Wagen eines eingefahrenen Zugs nach den verschiedenen Bahnrichtungen (Gruppe I) geordnet. In gleicher Weise werden etwaige Leerwagen, die den einzelnen Güterzügen mitzugeben sind, in die entsprechenden Richtungsgleise eingestellt.

Aus den in den Richtungsgleisen gefammelten Wagen werden die Züge für die einzelnen Richtungen gebildet. Vor der Abfahrt eines Zuges sind die Wagen in der Reihenfolge der Stationen zu ordnen. Dies geschieht, indem die Wagen aus dem Richtungsgleis von einer Verschiebelokomotive auf einmal oder in Abteilungen (f. oben) in ein zweites Ausziehgleis gezogen und von da in die Gleise eines andern Gleisbündels, die Stationsgleise, verbracht werden, deren Zahl im allgemeinen der Zahl der Stationen der Richtung entspricht. Jedes Gleis dieser Gruppe enthält nur Wagen für dieselbe Station (bei kleinen Stationen auch für zwei oder drei Stationen, f. unten). Die Stationsgleise werden nun der Reihe nach geleert und die Wagengruppen hintereinander gesetzt. Der so gebildete geordnete Zug wird im Ausfahrgleis aufgestellt und ist nach Vorfsetzung der Zuglokomotive, die vorher den Packwagen geholt hat, Befestigung mit dem Zugpersonal und Zufellung der erforderlichen Begleitpapiere zur Abfahrt bereit.

Bei wagerechter Anlage der Richtungs- und Stationsgleise geschieht das Ordnen der Wagen oder Wagengruppen sowohl nach Richtungen als nach Stationen, durch wiederholtes Vorziehen und rasches Zurückfahren der Verschiebeabteilung nach Abkupplung der bei der einzelnen Bewegung abzustellenden Wagen, also durch Absloßen derselben. Die Wagen müssen eine solche Geschwindigkeit erhalten, daß sie nach Anhalten der Verschiebeabteilung in dem für sie bestimmten Gleis weiterrollen, auf das während des Vorziehens die Weichen gestellt wurden. Das Aufhalten der Wagen geschieht bei einzelnen Wagen oder bei Gruppen bis drei Wagen durch



Fig. 1.

Bremsknüttel oder Hemmschuhe (s. unten), bei größeren Wagenabteilungen durch Anziehen der Bremse eines oder mehrerer Wagen, die dann zu befreien sind. Bei diesem Verfahren muß die Verschiebelokomotive und ein großer Teil der Wagen unnötige Wege zurücklegen, auch erfordert das oftmalige Vorziehen, Anhalten und Zurückfahren sehr viel Zeit. Man legt deshalb in die Ausziehgleise vor die ersten Verteilungsweichen Ablauferge (auch „Efelsrücken“ genannt) ein. Die Verschiebeabteilungen werden von der am Ende befindlichen Verschiebelokomotive, nachdem überall da, wo abzukuppeln ist, die Notkuppeln ausgehängt und die Hauptkuppeln gelockert wurden, langsam (1,5–3 km in der Stunde) über die Ablauferge gedrückt. Auf dem ansteigenden Gleis des Rückens werden die Wagenpuffer zusammengedrückt, so daß die Kupplungen vermittels Gabeln oder Stangen von außen nun leicht auszuhängen sind, und nach Überschreitung des Rückens rollen die Wagen vermöge der Schwerkraft ab. Die Wagen werden in den Gleisen mittels Hemmschuhen aufgefangen. Außerdem werden, um die Geschwindigkeit gutlaufender Wagen mäßigen zu können, ins Ablauftreppen am Fuß des Ablauferges Gleisbremfen (s. unten) eingelegt. Bei dieser Anordnung fällt das lästige und zeitraubende Vorziehen und Zurückfahren der Verschiebeabteilungen beim Abstellen der einzelnen Wagen oder Gruppen von Wagen weg, die Wagen müssen aber sowohl bei dem Ordnen nach Richtungen als auch bei dem Ordnen nach Stationen in Ausziehgleise gezogen werden. Um dies zu vermeiden und das Verschiebegeschäft noch mehr zu beschleunigen, werden die Gleise der einzelnen Gruppen an beiden Enden durch Weichenstraßen zu „Gleishäfen“ oder „Gleisroffen“ verbunden und die Einfahr-, Richtungs-, Stationsgleise unter Einlegung von Ablaufergen zwischen je zwei Gruppen hintereinander angeordnet. Zweckmäßigerweise werden auch die Ausfahrgleise hinter den Stationsgleisen angeschlossen. Bei dieser Anordnung werden die eingefahrenen Züge sofort nach der Einfahrt vom Einfahrgleis aus nach Richtungen zerlegt, indem sie aus ihrem Einfahrgleis durch eine Verschiebelokomotive über den ersten Ablauferg in die Richtungsgleise gedrückt werden. (Die Einfahrgleise sind zugleich Zerlegungsgleise.) Ist dann für eine Richtung ein Zug zu bilden, so sind die Wagen des betreffenden Richtungsgleises zur Ordnung nach Stationen nur über den zweiten Ablaufergen in die Stationsgleise zu drücken. Aus diesen werden die Wagen wieder der Reihe nach herausgeholt, hintereinander gesetzt und in das Ausfahrgleis gezogen.

Um auch die beim Zusammenstellen der Züge erforderlichen Vor- und Rückwärtsbewegungen und überhaupt die Zuhilfenahme von Verschiebelokomotiven zum Ordnen der Wagen zu vermeiden, ordnet man ausschließlich durch Schwerkraft. Zu diesem Zweck muß die ganze Gleisanlage — von den Einfahrgleisen bis zu den Ausfahrgleisen — ins Gefäß gelegt werden, und zwar müssen die Gefälle so gewählt werden, daß die Wagen, auch die schlechtaufenden, nach Lösen der Bremse überall in Bewegung geraten, und an einzelnen Stellen so, daß sie Beschleunigung erhalten, damit das Verschiebegeschäft rasch vor sich geht. Nach Einfahrt des Zugs entfernt sich sofort die Zugslokomotive. Sodann werden die Notkuppeln gelöst, die Hauptkuppeln gelockert und fämtliche Bremse geöffnet bis auf etwa drei. Diese werden befreit und durch sie die Geschwindigkeit des ablaufenden Zugs reguliert. Am Übergang in die Ablauferge ist eine geringe geneigte oder gar leicht ansteigende Strecke eingelegt, auf der die Bewegung der vordersten Wagen etwas gehemmt wird, so daß hier die Kupplungen von außen ausgehängt werden können. Das Auffangen der Wagen in den Gleisen geschieht wieder mittels auf die Schienen gelegter Hemmschuhe und das Regeln der Geschwindigkeit zu rasch laufender Wagen oder Wagengruppen durch Gleisbremfen. Ein geradezu schulmäßiges Beispiel einer solchen Anlage ist der Verschiebebahnhof Nürnberg, Fig. 2 [5]. Die ganze Bahnhofsanlage liegt in einem durchschnittlichen Gefäß von 1:150. Auf den einzelnen Teilen des Bahnhofs schwanken aber die Gefälle zwischen 1:200 und 1:80, und in den Ablaufergen ist sogar 1:60 und 1:50 vorhanden. Die Weichen sind entweder in stärkere Gefälle gelegt oder es liegen oberhalb derselben kurze Strecken mit starkem Gefäß (1:80 auf 42 m Länge), um den Wagen beim Durchlaufen dieser Strecken Beschleunigung zu geben. Die Einfahrgleise für fämtliche auf den Bahnhof mündende Bahnen sind nebeneinander als eine Gruppe angeordnet, an sie schließen sich, verbunden durch die Ablauferge, die Richtungs-, Stations- und Ausfahrgleise in doppelter Gruppierung an, die eine Gruppe für Züge nach Westen, die andre für Züge nach Osten. Die Ablauferge sind dreifach angeordnet, die beiden äußeren werden gewöhnlich benutzt, das mittlere, welches stärkere Neigungen hat (s. Fig. 2), nur bei kalter oder sonstiger sehr ungünstiger Witterung, meist nur einige Tage des Jahres. Der Höhenunterschied zwischen den Wagerechten am oberen Ende der Einfahrgleise und der am unteren der Ausfahrgleise beträgt etwa 20,8 m. Die Anordnung hintereinander ist sehr bequem, sie läßt sich aber ohne zu große Kosten nur unter ganz günstigen Verhältnissen und, wenn mit Schwerkraft durchweg gearbeitet werden will, auch nur bei geeignetem Gelände ausführen. Bei beschränkten Raumverhältnissen müssen Einfahr- und Ausfahrgleise nebeneinander gelegt werden, um von ihnen aus die verschiedenen Bahnlinien zu erreichen. Die Anordnung kann dann so geschehen, daß die eingefahrenen Züge, nachdem die Lokomotive mit dem Packwagen sich entfernt hat, als Ganzes oder in Abteilungen, in hochgelegene Zerlegungsgleise (Ausziehgleise) gefchleppt werden, um von da aus in gleicher Weise wie in Nürnberg durch die Richtungs- und Stationsgleise in die Abfahrgleise abzulaufen. Ein Beispiel dieser Art ist der Verschiebebahnhof Dresden-Friedrichstadt ([1], [2] und [5], S. 98 und Taf. II). Auf diesem Verschiebebahnhof liegen die Zerlegungs-, Richtungs- und Stationsgleise in dem Gefäß 1:100, während die Ausfahrgleise im Anschluß an die Stationsgleise in 1:200, dann in 1:∞ liegen. Am unteren Ende gehen die Ausfahrgleise in die Steigungen 1:400 und 1:200 über, um die dortigen Straßen überfahren zu können. Solche Gegensteigungen sind aber nicht zu empfehlen, weil die Wagen gegen die Wagerechte zurücklaufen. Diese Teile der Abfahrgleise können daher beim Ablauen der Wagen nur mit Vorsicht ausgenutzt werden.

Bei der Anordnung von Verschiebebahnhöfen kommen nicht nur die verfügbare Fläche und die Lage der Zufahrtslinien nach Höhe und Richtung in Betracht, sondern es sind ganz

Der Bedarf an Gleisen in den verschiedenen Gruppen richtet sich teils nach der Zahl der einmündenden Bahnrichtungen, teils nach dem Verkehrsumfang, teils nach dem Umfang, in dem die Züge zu ordnen sind, die Länge der Einfahr- und Ausfahrgleise nach der auf die einzelnen Richtungen durch die Bahnneigung bedingten Länge der Züge. Stets ist auf die Möglichkeit der Vergrößerung Rücksicht zu nehmen. Nehmen wir n einlaufende Bahnrichtungen und volle Ausbildung sämtlicher Gleisgruppen an, so sind erforderlich:

I. Mindestens n Einfahrgleise von ganzer Länge. Diese werden zweckmäßig so verbunden, daß die einzelnen Einfahrgleise gegenseitig für die verschiedenen

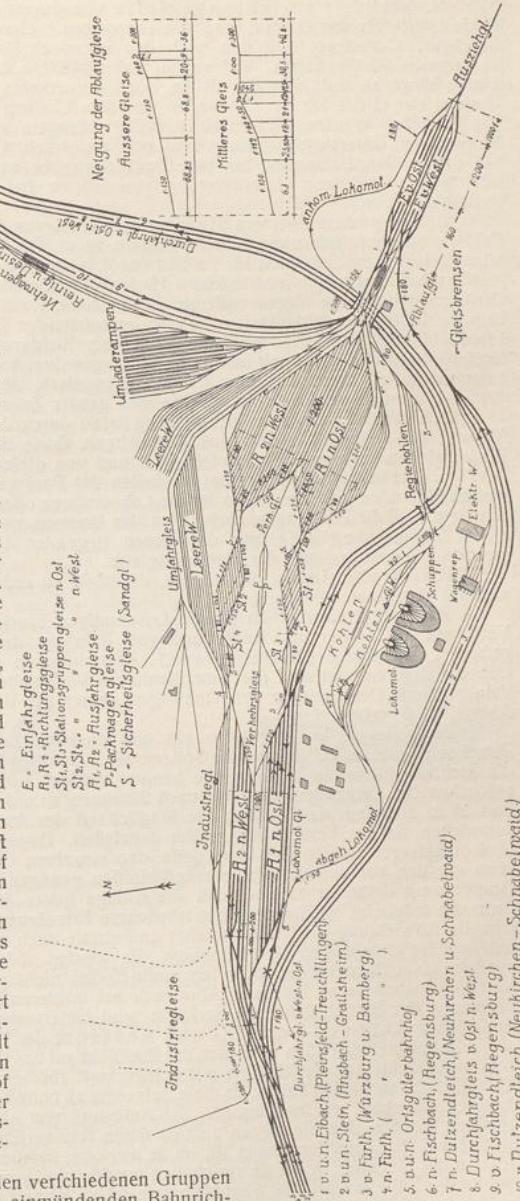


Fig. 2. Verschiebebahnhof Nürnberg.

Richtungen benutzt werden können. Für Richtungen mit sehr starkem Verkehr können auch zwei Einfahrgleise erforderlich werden. Die Einfahrgleise gehen, wenn sie zugleich Zerlegungs-gleise sind, zweckmäßig in ein Ausziehgleis über, damit Züge in die mittleren Gleise von rück-wärts eingefügt werden können, während Wagen aus den äußeren Gleisen ablaufen. Dadurch wird ein ununterbrochener Betrieb gesichert (s. Fig. 2).

2. Mindestens n Richtungsgleise von ganzer oder $2n$ von halber Zugslänge sowie Gleise für das Ortsgut und die Leerwagen. Zweckmäßig ist, das Ortsgut sofort nach Stückgut, Umladegut und den nach den einzelnen Bahnhofsteilen zu verbringenden Wagen zu trennen (Kohlenwagen, Viehwagen, Fabrikgleise u. f. w.). Die Zahl dieser Gleise und ihre Länge hängt ab von der Größe des Bahnverkehrs, teils von der des Ortsverkehrs; der Umfang der Gleise für die Leerwagen von dem Umfang des Bahnnetzes und der Organisation des Betriebs. Werden auf einzelnen Bahnrichtungen befondere Güterzüge für Stückgut, für Nahverkehr (Unterwegsgüterzüge) und für Fernverkehr (Durchgangsgüterzüge) geführt, so sind bei diesen Bahnrichtungen für jede Zugsgattung befondere Gleise und unter Umständen ein oder zwei Gleise zur Unterbringung von Wagen bei Ueberfüllung der Richtungsgleise erforderlich.

3. Eine größere Zahl von Stationsgleisen von je etwa 100 m nutzbarer Länge. Um die Zahl der Stationsgleise nicht zu sehr steigen zu müssen, stellt man vielfach die Wagen für zwei oder drei kleinere Stationen in ein Stationsgleis und legt zwischen die Stationsgleise und die Ausfahrgleise noch eine zweite kleine Harfe (Korrektionsharfe) mit nur drei oder vier Gleisen an. Diese ermöglicht, die Wagen vollends für die einzelnen Stationen in die richtige Reihenfolge zu bringen sowie etwa fehlgelaufene Wagen auszufcheiden (Nürnberg, Fig. 2, St. 3, St. 4; Dresden-Friedrichstadt). Bei einer größeren Zahl von Richtungen und starkem Verkehr müssen die Stationsgleisgruppen doppelt oder mehrfach angeordnet werden, damit mehrere Züge gleichzeitig zusammengefeilt werden können (Nürnberg zweifach, Mannheim dreifach; [7], 1909, S. 1).

4. Mindestens n Ausfahrgleise von ganzer Zugslänge.

5. Durchlauf- oder Verkehrsgleise durch den ganzen Bahnhof zum ungehinderten Verkehr der Lokomotiven mit und ohne Wagen, sowie zum Zugang der Lokomotiven von den Einfahrgleisen zu den Lokomotivschuppen und von diesen zu den Abfahrgleisen.

6. Packwagengleise zum Aufstellen der Packwagen, in der Nähe des zu den Abfahrgleisen führenden Verkehrsgleises für die Lokomotiven oder, wenn mit Schwerkraft geordnet wird, so gelegt, daß die Packwagen nach Lösen der Bremse von selbst an die geordneten Züge laufen.

7. Umladegleise mit dazwischen liegenden Umladerampen oder Umladehöfen, zweckmäßig in der Nähe der Richtungsgleise.

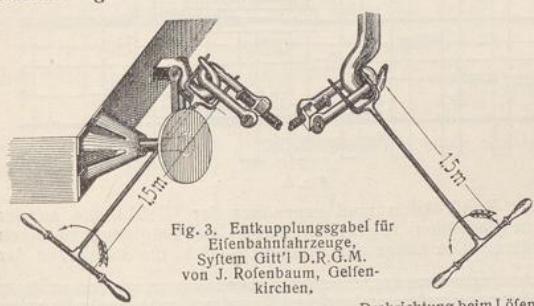
8. Umfahrgleise, damit Züge, die nicht zu ordnen sind, den Vertriebsebahnhof ohne weiteres durchfahren können.

Weiter sind erforderlich für die Lokomotiven Einrichtungen zum Unterbringen, Drehen, Versorgen mit Wasser und Kohle und zum Reinigen des Feuers, eine gute Beleuchtung der gesamten Gleisanlage (Elektrizitätswerk), Vorrichtungen zum Nachwiegen von Wagen, wenn Ueberlastung vermutet wird (bei amerikanischen Vertriebsebahnhöfen im Ablaufberg), sowie zum Reinigen und Desinfizieren der Viehwagen, ferner ein Verwaltungsgebäude mit Bureauräumen, Aborte, Stellwerke u. f. w.

Bei geringem Verkehr kann ein und dieselbe Gleisgruppe nacheinander verschiedenen Zwecken dienen, z. B. können die Spitzen der Richtungsgleise zum Ordnen nach Stationen oder die Richtungsgleise als Ausfahrgleise benutzt werden. Letzteres kann auch auf größeren Anlagen geschehen bei Fernzügen, die nicht nach Stationen zu ordnen sind. Beim Entwerfen eines Bahnhofs ist es aber jedenfalls ratsam, die Möglichkeit des Ausbaus zu einer vollkommenen Anlage vorzusehen, da der Verkehr sich weiter entwickelt. Dagegen ist es wohl zulässig, für den Anfang Einfchränkungen in der Zahl der Gleise der einzelnen Gleisgruppen zu treffen, so daß diese eben nur den vorhandenen Verkehrsbedürfnissen genügen. Auf alle Fälle ist durch genügenden Grunderwerb dafür zu sorgen, daß die Anlage später sachgemäß durchgeführt werden kann, denn die möglichst rasche und betriebsfachere Erledigung des Vertriebsegeschäfts ist für die schnelle Abwicklung des Güterverkehrs und damit auch für die möglichst wirtschaftliche Ausnutzung der Güterwagen Voraussetzung. Es werden daher in neuerer Zeit in allen Ländern mit lebhaftem Bahnverkehr sogar sehr hohe Kosten nicht gescheut, um möglichst leistungsfähige Vertriebsebahnhöfe zu schaffen. Aber auch bei mittleren Bahnhöfen sucht man gegenwärtig zur Erhöhung der Betriebsicherheit Personen- und Güterverkehr möglichst zu trennen, so daß das Vertriebsegeschäft von der Ein- und Ausfahrt der Personenzüge unabhängig ist.

In den meisten Fällen wird man mit Rückicht auf das Gelände und die einmündenden Bahnen vom ausschließlichen Verschieben mit Schwerkraft absehen müssen und das Verschieben mittels Ablaufbergen zu wählen haben, da diese stets ohne zu hohe Kosten angelegt und auch in bestehende Anlagen eingebaut werden können. Bei Anlegung von Ablaufbergen muß darauf Rückicht genommen werden, daß die Wagen an sich schon sehr verschieden gut laufen, und daß weiter von Einfluß auf den Lauf der Wagen ist, ob sie leer oder beladen sind, ob der Wind gegen die Wagen oder in die Richtung, in der sie verschoben werden, weht, und ganz besonders auf die Temperatur. Bei großer Kälte erfriert die Wagenschmiere schon kurze Zeit nach Einlauf des Zugs, alle Wagen laufen dann schlecht. Da nun jeder einzelne schlecht laufende Wagen das Vertriebsegeschäft aufhält, so müssen die Höhen und die Neigungen der Ablaufberge so groß bemessen werden, daß auch schlecht laufende Wagen ablaufen; gut laufende Wagen kommen dann aber, besonders bei milder Witterung, zu stark in Lauf. Um dies zu vermeiden, legt man vielfach zwei Ablaufberge (manchmal sogar drei) nebeneinander an, einen Sommerberg für günstige und einen 0,5—0,8 m höheren Winterberg für ungünstige Witterung. Die Höhe und das Gefäß der Ablaufberge richten sich nach der Länge der Verteilungsgleise und nach den von den Wagen zu durchlaufenden Weichen.

und Krümmungen. Die Höhe ist so zu wählen, daß sie genügt, den Widerstand beim Durchlaufen der längsten Gleise zu überwinden. Ist w_g kg der Widerstand in der wagerechten Geraden, w_r kg der in der Krümmung für 1 t Zugsgewicht, L (Meter) die Gesamtlänge des Gleises und l_{r_1} , l_{r_2} ... je die Summe der Gleistrecken in Krümmungen mit den Halbmessern r_1 , r_2 Meter (f. Neigungswertverhältnisse und Krümmungsverhältnisse der Eisenbahnen), so ist die pro Tonne Zugsgewicht zu überwindende Widerstandsarbeit $L \cdot w_g + \Sigma (l_r \cdot w_r)$. Dieser muß die beim Abrollen erzeugte Arbeit entsprechen. Auf $s\%$ Gefall beträgt diese s kg, somit $Lw_g + \Sigma (l_r w_r) = L \cdot s$ kg, und die Höhe H mm des Ablaufberges ist somit $L \cdot s\%$. Nach Röckl ist $w_r = \frac{650}{r - 60}$ (auch $w_r = \frac{650}{r - 55}$ wird angewendet); ferner ist $w_g = 2,4 + \frac{1300}{V^2 \text{ km/St.}}$ (Verein Deutscher Eisenbahnverwaltungen), also veränderlich mit der Geschwindigkeit. Nach Erfahrung kann man bei Rechnung der Ablaufberge für Sommerberge $w_g = 3,0$, für Winterberge $w_g = 4,0$ nehmen. Von größter Wichtigkeit ist das Gefall des Ablaufberges gegen die Verteilungsgeraden, d. h. der Gleise, in denen die Wagen für Richtungen oder Stationen gesammelt werden; von ihm hängt seine Leistungsfähigkeit ab. Je größer das Gefall, desto schneller rollen die Wagen hintereinander ab. Meistens macht man das Gefall nicht gleichmäßig, sondern gibt ihm 3 oder 4 Abstufungen, je nach der Länge der Gleise. Die obere Gefällsstufe, die Beschleunigungsneigung, in der die Wagen die erforderliche Beschleunigung erhalten sollen, erhält Gefälle von 1:50 (20%) bis 1:25 (40%), meist 1:40 bis 1:35 und eine Fallhöhe von 1,0–1,5 m; in sie können die Spitzen der Verteilungsweichen hineinragen. In der zweiten Stufe, der Beharrungsneigung, liegen die Verteilungsweichen; die Wagen sollen die Weichenkrümmungen ohne Einbuße an Geschwindigkeit durchlaufen. Diese Stufe erhält daher Gefälle von 1:150 (7%) bis 1:80 (12%), meist 1:100, und 0,5–1,0 m Fallhöhe. Das Gefall der dritten Stufe, der Laufneigung, soll so groß sein, daß die Achsfchenkelreibung durch das Gefall ausgeglichen wird, also 1:500 (2%) bis höchstens 1:250 (4%), meist 1:400, so daß die Wagen gleichmäßig weiterlaufen. Die letzte Stufe, die Hemmungsneigung, in der die Wagen allmählich auslaufen sollen, erhält Gefälle von 1:∞ bis höchstens 1:500; ihre Länge ist so zu wählen, daß die Wagen noch bis ans Ende des Gleises laufen. Bei kurzen Gleisen, z. B. bei den Gleisen der Stationsgruppen, läßt man die Laufneigung oft weg und gibt der Hemmungsneigung etwas mehr Gefall (1:400). Nicht von Bedeutung ist das Gefall der Ablaufberge auf der Rückseite, gegen die Zerlegungsgerade. Es genügt eine auf 4–6 Wagenlängen stärker (1:60 bis 1:80) fallende Gleisfuge, damit beim Drücken der Wagen über den Ablaufberg die Puffer zusammengepreßt werden, so daß mittels einer Entkupplungsgabel, Fig. 3, von außen leicht entkuppelt werden kann. Im übrigen können die Zerlegungsgeraden gering geneigt oder auch wagerecht sein. Zweckmäßig ist deshalb, die Zerlegungsgeraden höher als die folgenden Verteilungsgeraden zu legen. Zwischen den Gefällen zu beiden Seiten des Ablaufberges ist eine kurze Wagerechte einzulegen, die zur Ausrundung benutzt wird (Ausrundungshalbmesser 300–500 m).



Drehrichtung beim Lösen der Hauptkupplung.

Fig. 3. Entkupplungsgabel für Eisenbahnfahrzeuge. System Gittl D.R.G.M. von J. Rötenbaum, Gelsenkirchen.



Fig. 4. Federbremschuh (einlaßfähig) von Büffing & Sohn, Braunschweig.

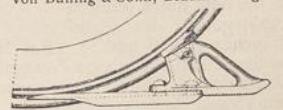


Fig. 5. Zweiäfchiger Kastenbockhemmschuh mit kurzer auswechselbarer Gleitfohle von J. Rötenbaum, Gelsenkirchen.

Das Aufhalten der Wagen oder Wagengruppen (bis zu drei Wagen) geschieht am besten mittels Hemm- oder Bremschuhen (Fig. 4 und 5). Die Hemmschuhe werden von den Hemmschuhlegern, die gewöhnlich zwei Gleise zu bedienen haben, eine kurze Strecke vor der Stelle, an der die Wagen halten sollen, auf eine der Fahrschienen (in Krümmungen stets auf die äußere) gelegt, das eine Rad der Vorderachse läuft auf dem Hemmschuh auf und wird gebremst. Beide Räder dieser Achse, das eine auf dem Bremschuh, gleiten noch eine kurze Strecke auf den Schienen weiter, bis die lebendige Kraft des Wagens aufgezehrt ist. Nachdem der Wagen zum Stillstand gebracht ist, läuft er vermöge der Konstruktion des Hemmschuhs und des Rückstoßes vom Hemmschuh ab, worauf dieser von der Schiene weggenommen wird. Liegt das Gleis im Gefall, so läuft der Wagen nunmehr mit geringer, aber zunehmender Geschwindigkeit auf die bereits im Gleis stehenden Wagen auf, so daß diese eine geschlossene Reihe bilden. Damit die Hemmschuhe beim Auflauf der Wagen nicht abgeworfen werden, erhalten sie seitlich Anfänge (Lafchen), die über den Schienenkopf etwas heruntergreifen. Je nachdem Lafchen nur auf einer oder auf beiden Seiten sind, hat man einen ein- oder einen doppellafchigen Hemmschuh. Beim Gebrauch muß stets auf der Innenseite des Schienenkopfes eine Lafche anliegen. Doppellafchige Hemmschuhe können somit auf jeder Fahrschiene aufgelegt werden, setzen aber gute, nicht breitgefahrene Schienen voraus; einlaßliche nur an einer der Fahrschienen, je

nachdem die Latsche rechts oder links angebracht ist. Soll ein Hemmschuhleger, der zwei Gleise zu bedienen hat, keine Schienen überschreiten, so braucht er entweder zweiläufige oder rechte und linke einläufige Hemmschuhe. Die Hemmschuhe sind stets rein von Erde und Sand zu halten, und, um die Bremswirkung etwas zu schwächen, mit konsistentem Fett zu schmieren. Bei starker Kälte empfiehlt es sich, sie zur Schonung etwas anzuwärmen. In

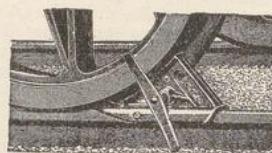


Fig. 7. Zweiseitiger Klemmkeil von Büßing & Sohn, Braunschweig.

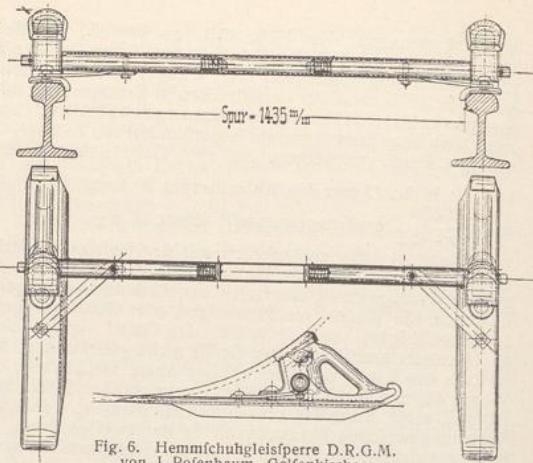


Fig. 6. Hemmschuhgleisperre D.R.G.M. von J. Rofenbaum, Gelsenkirchen.

Gleisen, die im Gefäß liegen, müssen die unteren Wagen festgehalten werden. Dies kann bei Wagen mit Handbremsen durch Anziehen derselben geschehen. Ein großer Teil der Güterwagen hat aber keine Bremse, außerdem würde bei unbefugtem Lockern von Bremse die ganze Wageneihe, die sich auf die unteren Wagen stützt, in Bewegung geraten. Man legt deshalb unter dem untersten Wagen eine Gleisbremse (Fig. 6), bestehend aus zwei durch eine Eisenstange verbundenen Hemmschuhen, auf das Gleis, oder man klemmt einen Vorlege- oder Klemmkeil (Fig. 7) auf einer der Schienen fest. Sollen die Wagen abrollen, so löst man die Klemmschraube, worauf die beiden Teile des Keils von der Schiene abfallen.

Um den Lauf der Wagen oder Wagengruppen beim Abrollen nach Bedarf verzögern zu können, legt man am Fuß des Ablaufberges, mindestens 150—180 m von dessen Spitze entfernt, unmittelbar vor die Verteilungsweichen (f. Nürnberg) in die Ablaufgleise sogenannte Gleisbremse ein, Vorrichtungen, durch welche Hemmschuhe, die vor der Gleisbremse zum Auffangen der Wagen auf die Schienen gelegt werden, nachdem ein Teil der lebendigen Kraft der Wagen vernichtet ist, abgeworfen werden. Das Abwerfen geschieht durch einen an die Schienen seitlich befestigten Abwurfskeil (Gleisbremse von Büßing & Söhne, [5], S. 69) oder durch seitliche Abbiegung der Fahrerschienen (Fig. 8 und 9). Bei letzterer Konstruktion muß gegenüber der Gleisbremse an der andern Fahrerschiene eine Zwangsschiene (Radlenker) angebracht werden, um Entgleisungen durch Auflaufen der Spurkränze zu verhindern. Die Länge des Bremswegs, d. h. die Strecke, in der die Hemmschuhe vor der Gleisbremse aufzulegen sind, lässt sich nicht allgemein bestimmen, da sie von einer ganzen Reihe von Umständen abhängt, die teilweise bei jedem Wagen oder jeder Wagengruppe wieder anders liegen (f. oben). Durch Uebung sind aber die Hemmschuhleger binnen kurzem imstande, die Länge des Bremswegs richtig zu bemessen.

Neben dem Verschieben der Wagen durch Weichen ist das

Verchieben von Wagen mittels Drehscheibe oder Schiebebühnen, selbst bei mechanischem Antrieb derselben, nicht von Bedeutung, da dieses Verfahren zu umständlich ist. Es kommt deshalb nur da in Anwendung, wo der Platz für die Anlegung von Weichengleisen fehlt, und auch da nur zum Ordnen des Ortsguts nach den verschiedenen Verladeplätzen, sowie zum Einstellen einzelner Personen- und besonders von Postwagen in Personenzüge oder zum Herausnehmen solcher Wagen. In England findet man häufig Drehscheibenanlagen zur Bedienung von Güterschuppen und von Verladegleisen, und zwar in Verbindung mit hydraulisch angetriebenen

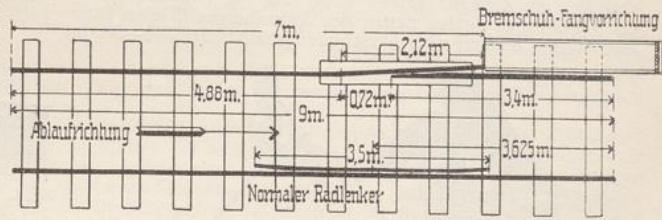


Fig. 8.

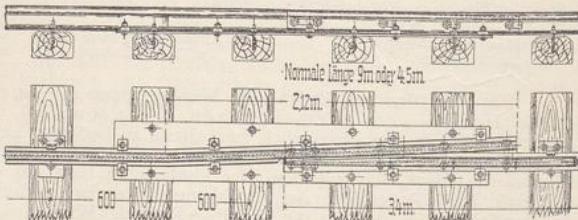


Fig. 9.

Windetrommeln, durch die die Wagen mittels Seilen verschoben werden. Diesem Verfahren kommt in England das Vorherrschende kurzen Güterwagen fehlt zuftatten, zum Ordnen ganzer Züge werden jedoch auch dort Weichenanlagen verwendet, wie das Beispiel von Edgehill zeigt [2], [5].

Literatur: [1] Klette, Zivilingenieur 1895, Bahnhofsneubauten in Dresden; Rangierbahnhof Dresden-Friedrichstadt. — [2] Köpcke, ebend. 1894, Rangierbahnhöfe in Edgehill und Terreneuve. — [3] Blum, Vergleich verschiedener Rangierbahnhöfe (u. a. Dresden-Friedrichstadt, Fintrop, Osterfeld, Wanne), Zentralbl. der Bauverwalt. 1896, S. 451 ff. — [4] Rofche, Bahnhofsneubauten der Oesterr. Nordwestbahn, Zeitschr. d. Oesterr. Arch.- u. Ing.-Ver. 1894. — [5] Göring und Oder, Handbuch der Ingen.-Wiss., V. Teil, Bd. 4, 1. Abt., Leipzig 1907. — [6] Jäger, Eisenbahntechnik der Gegenwart, 2. Aufl., 3. Abschn., Bd. 2, S. 636, Bahnhofsanlagen, Wiesbaden 1909. — [7] Oder, Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens 1902, Verschiebebahnhöfe in den Vereinigten Staaten von Nordamerika; Blum, A., Ebend. 1909, S. 1, Der Verschiebebahnhof Mannheim. — [8] Blum und Giese, E., Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1906, S. 1615, Die Anlage der Pittsburg- und Lake Erie-Eisenbahn in Pittsburgh; Dief., ebend. 1907, S. 41, Verschiebebahnhöfe in Nordamerika.

H. Kübler.

Verschiebungen, f. Elastizitätslehre, allgemeine, Hauptverschiebungen, Dehnung und Dilatation.

Verschiebungsarbeit (Formänderungsarbeit, Deformationsarbeit), die Arbeit D zur Ueberwindung der inneren Kräfte (Bd. 1, S. 103, Bd. 6, S. 333) während irgendwelcher Verschiebungen der Teile eines Körpers. Virtuelle Verschiebungsarbeit heißt die Arbeit \mathfrak{D} , welche zur Ueberwindung der inneren Kräfte nötig wäre, wenn die letzteren konstante Werte wie am Ende der Verschiebungen hätten. Beziiglich anderer, unzweckmäßiger Begriffsbestimmungen und Abarten der Verschiebungsarbeit f. [34].

Die Ausdrücke der Arbeiten \mathfrak{D} , D hängen von den in Betracht gezogenen Verschiebungen und inneren Kräften ab. Für ein beliebiges System materieller Punkte (Bd. 6, S. 333), zwischen welchen lediglich Kräfte S beliebiger Gesetze in den Verbindungsgeraden wirken, hat man während irgendwelcher Längenänderungen λ der letzteren [18], S. 182, 185:

$$\mathfrak{D} = \Sigma S \lambda, \quad D = \int_0^\lambda S d\lambda, \quad 1.$$

wobei die Summe Σ auf alle Verbindungsgeraden mit Kräften zu erstrecken ist. — Als ein derartiges System ist auch die Gesamtheit der Knotenpunkte eines beliebigen ebenen oder räumlichen Fachwerks unter den üblichen Voraussetzungen der Fachwerkstheorie (Bd. 3, S. 535) anzusehen. Bezeichnen s , F , E , S , α , τ die Längen, Querschnitte, Elastizitätsmoduln, Stabkräfte, linearen Ausdehnungskoeffizienten und Temperaturänderungen (gegenüber den Temperaturen im anfänglichen spannungslosen Zustande) der einzelnen Stäbe, wobei E , α als konstant gelten, dann hat man die Längenänderung eines Stabes [18], S. 213:

$$\lambda = \frac{S}{EF} s + \alpha \tau s,$$

und damit nach 1. für das ganze Stabssystem [18] S. 222:

$$\mathfrak{D} = \Sigma \left(\frac{S}{EF} + \alpha \tau \right) s S, \quad D = \Sigma \frac{s S^2}{2EF} + \Sigma \alpha s \int_0^s S d\tau, \quad 2.$$

worin die Summen Σ alle Stäbe umfassen. Für einen einzelnen axial gezogenen oder gedrückten geraden Stab gelten also [18], S. 213:

$$\mathfrak{D} = \left(\frac{S}{EF} + \alpha \tau \right) s S, \quad D = \frac{s S^2}{2EF} + \alpha s \int_0^s S d\tau, \quad 3.$$

wobei Biegung ausgeschlossen ist.

Unter den Voraussetzungen der technischen Biegungstheorie (Bd. 1, S. 792) mit Berücksichtigung des Einflusses der Querschubspannungen (Bd. 1, S. 797) ergeben sich für gerade und einfach gekrümmte Stäbe, wenn F , J , M_x , N_x , T_x , τ , E , G , k , α , $d s$ Querschnitt, Trägheitsmoment, Angriffsmoment, Normalkraft, Transversalkraft, Temperaturänderung, Elastizitätsmodul, Schubelastizitätsmodul, Koeffizient der Schubwirkung, Ausdehnungskoeffizient und Axialdifferential bei x bedeuten [19], S. 204, 206:

$$\mathfrak{D} = \int \left(\frac{M_x^2}{EJ} + \frac{N_x^2}{EF} + \frac{k T_x^2}{GF} + \alpha \tau N_x \right) d s, \quad 4.$$

$$D = \int \left(\frac{M_x^2}{2EJ} + \frac{N_x^2}{2EF} + \frac{k T_x^2}{2GF} + \alpha \int_0^x N_x d\tau \right) d s, \quad 5.$$

worin das Glied mit T_x häufig vernachlässigt wird, was bei Bogenträgern (Bd. 2, S. 141, 153, 155) immer zulässig ist. Für horizontale Balkenträger (Bd. 1, S. 503, 507, 518) ist $T_x = V_x$, unter V_x die Vertikalkraft bei x verstanden, ferner bei horizontaler x -Achse $d s = d x$, und wenn wie gewöhnlich nur vertikale Aktivkräfte (Lasten u. f. w.) auf den Träger kommen $N_x = 0$, während für Ketten (Bd. 5, S. 448; Bd. 4, S. 710) und andre nur axial beanspruchte Stäbe $M_x = 0$, für $T_x = 0$ sind. Ausdrücke von 5. für spezielle Fälle f. Biegungsarbeit, Bd. 2, S. 1. — Für einen lediglich auf Torsion beanspruchten prismaticchen Stab der Länge l hat man unter den gewöhnlichen Voraussetzungen der Torsionstheorie (S. 574 ff.), wenn M das Torsionsmoment, ϑ den Torsionswinkel bezeichnet [19] S. 72:

$$\mathfrak{D} = \vartheta l M, \quad D = \frac{\vartheta l}{2} M. \quad 6.$$

Betreffend Ausdrücke für spezielle Fälle f. Torsionsarbeit.

Für einen beliebigen isotropen festen Körper, welchem der Elastizitätsmodul E und Schubelastizitätsmodul G (Bd. 3, S. 392), der Elastizitätsquotient α (Bd. 3, S. 395), und an der Stelle des Volumenelements dK die Hauptspannungen A, B, C entsprechen (Bd. 4, S. 791), bestehen unter den gewöhnlichen Voraussetzungen der Elastizitätslehre (Bd. 3, S. 389) die Gleichungen [19] S. 202:

$$\mathfrak{D} = \frac{1}{2G} \int [A^2 + B^2 + C^2 + (A + B + C)p] dK, \quad 7.$$

$$D = \frac{1}{4G} \int [A^2 + B^2 + C^2 + 2 \int_0^p (A + B + C) dp] dK, \quad 8.$$

worin zur Abkürzung gesetzt ist:

$$p = 2G\alpha\tau - \frac{A+B+C}{\alpha+1} \text{ mit } 2G = \frac{\alpha}{\alpha+1} E, \quad 9.$$

und die Integration alle Volumenelemente zu umfassen hat. Spezielle Fälle von 7., 8. bilden die Ausdrücke 2. bis 5. Wie man sieht, gilt im Falle isotroper Körper flets:

$$\text{für } \tau = 0 \quad \mathfrak{D} = 2D. \quad 10.$$

Die Gleichungen 7., 8. gelten übrigens auch für isotrope Körper, bei welchen nicht wie bei festen Körpern die Spannungen vor Eintritt von Verschiebungen gleich Null angenommen werden, in welchem Falle nur in dem Ausdrucke 9. von p die Anfangsspannung P zu addieren ist. Vgl. Bd. 3, S. 392 und [19], S. 158, 202. — Für vollkommene gasförmige und tropfbare Flüssigkeiten (Bd. 3, S. 391; Bd. 5, S. 544) ergeben sich beim Uebergange vom Volumen v_0 zum Volumen v , wenn der Druck p im Innern überall als gleich gilt [19], S. 79:

$$\mathfrak{D} = p(v_0 - v), \quad D = - \int p dV. \quad 11.$$

Spezielle Ausdrücke von D sind als $-L$ aus Bd. 1, S. 102, zu entnehmen. Werte von D für reibende Flüssigkeiten f. [18], S. 160. — Für jeden beliebigen Körper hat man bei den Bd. 3, S. 389 eingeführten Bezeichnungen [18], S. 108:

$$\mathfrak{D} = \int (X_x x_x + X_y y_x + X_z z_x + Y_x y_x + Y_y y_y + Y_z y_z + Z_x z_x + Z_y z_y + Z_z z_z) dK, \quad 12.$$

$$dD = \int (X_x dx_x + X_y dy_x + X_z dz_x + Y_x dy_x + Y_y dy_y + Y_z dy_z + Z_x dz_x + Z_y dz_y + Z_z dz_z) dK, \quad 13.$$

worin die Integration auf alle Volumenelemente dK zu erstrecken ist, und unter den üblichen Voraussetzungen $X_y = Y_x, Y_z = Z_y, Z_x = X_z$ ist (Bd. 3, S. 390). Vgl. Potential, elastisches, Bd. 7, S. 199. Die Ausdrücke 2. bis 11. lassen sich aus 12. bis 13. ableiten. — Beziehungen der Verschiebungsarbeit zu andern Größen f. [18], S. 100, [19], S. 71, 78.

In neuerer Zeit hat die Verschiebungsarbeit im Ingenieurwesen besonders durch das Prinzip der kleinsten Verschiebungsarbeit und die im Anschluß daran gewonnenen allgemeineren Beziehungen Bedeutung erlangt. Bei Fachwerken und sonstigen Konstruktionen treten häufig Größen X auf (Stabkräfte, Stützenreaktionen, Momente u. f. w.), von welchen die Verschiebungsarbeit mit abhängt, die aber durch die Statik allein, unabhängig von den Eigenschaften des Materials, nicht bestimmbar sind (vgl. Fachwerke, statisch unbestimmte, Bd. 3, S. 551, Träger, zusammengefasste, S. 590, Balken, Bd. 1, S. 503, 507, 518, Bogen, Bd. 2, S. 141, 153, 155 u. f. w.). Menabrea erkannte [1] und Castiglione bewies [2], daß diese Größen X für Fachwerke und beliebige isotrope feste Körper unter den üblichen Voraussetzungen so bestimmt sind, daß

$$\frac{\partial D}{\partial X} = 0 \quad (\text{womit } \frac{\partial^2 D}{\partial X^2} \text{ positiv}),$$

d. h. daß die Verschiebungsarbeit ein Minimum wird. Vorausgesetzt war dabei, daß die Temperatur konstant und die Stützpunkte fest oder nur senkrecht zu den Reaktionen verschiebbar sind, so daß die letzteren während der Deformationen keine Arbeit leisten. Die Bedingungen zur Berechnung statisch unbestimmter Größen X wurden später auch auf Temperaturänderungen [7], [14] und Bewegungen der Stützpunkte [14], [19], S. 211, 213, 223, 233 ausgedehnt. Im folgenden seien sie in diefer Allgemeinheit gegeben. Vgl. bezüglich der Zweckmäßigkeit [34].

Es möge U die Arbeit der mit ihren Endwerten konstant gedachten, statisch unbestimmten Reaktionen während der betrachteten Verrückungen und ∂U die Änderung von U infolge einer Änderung ∂X der statisch unbestimmten Größe X bei konstanten Verrückungen bezeichnen. Die Bedingungsgleichung zur Berechnung einer statisch unbestimmten Größe X lautet dann im Falle 1:

$$x \lambda \frac{\partial S}{\partial X} = \frac{\partial U}{\partial X}, \quad 14.$$

welche Formel auch für Fachwerke von beliebigen Beziehungen zwischen Stabkräften S und Längenändern λ gilt. Für die Fachwerke des Falles 2. aus präzatischen Stäben von konstantem E , α nimmt 14. die Form an:

$$x \left(\frac{S}{EF} + \alpha \tau \right) s \frac{\partial S}{\partial X} = \frac{\partial U}{\partial X}, \quad 15.$$

In den Fällen 4., 5. eines geraden oder einfach gekrümmten, auf Biegung beanspruchten Stabes gilt die Bedingung:

$$\left[\frac{M_x}{EJ} \frac{\partial M_x}{\partial X} + \left(\frac{N_x}{EF} + \alpha \tau \right) \frac{\partial N_x}{\partial X} + \frac{k T_x}{GF} \frac{\partial T_x}{\partial X} \right] d s = \frac{\partial U}{\partial X}, \quad 16.$$

und in dem Falle 7., 8. eines beliebigen isotropen Körpers:

$$\frac{1}{4G} \left[\frac{d(A^2 + B^2 + C^2)}{\partial X} + 2p \frac{\partial(A + B + C)}{\partial X} \right] dK = \frac{\partial U}{\partial X}. \quad 17.$$

Mit Rücksicht auf die Ausdrücke von D hat man in allen diesen Fällen bei festen Körpern:

$$\text{wenn speziell } \tau = 0, U = 0, \quad \frac{\partial D}{\partial X} = 0, \quad 18.$$

es tritt dann, wie schon erwähnt, das Prinzip der kleinsten Verschiebungsarbeit ein. Selbstverständlich ist stets $U = 0$, wenn die durch statisch unbestimmte Reaktionen ergriffenen Knoten-

punkte fehl liegen oder nur senkrecht zu jenen Reaktionen verschiebbar sind. Andernfalls sind die Beiträge zu U positiv oder negativ, je nachdem die Verschiebungen in den Richtungen der betreffenden Reaktionen oder entgegengesetzt denselben stattfinden. Soll beispielsweise bei der Berechnung des Horizontalstabs $X = H$ eines Zweigelenkbogens (Bd. 2, S. 164; Bd. 3, S. 553) eine Änderung Δl der Spannweite berücksichtigt werden, so hat man, weil einer Z un u h m e Δl von l eine Bewegung entgegen H entsprechen würde:

$$U = -H \mathcal{A} l, \quad \frac{\partial U}{\partial X} = -\mathcal{A} l.$$

Wird ein Träger oder sonstiges materielles System betrachtet, welches aus mehreren der oben erwähnten Teile besteht, so hat man die den letzteren entsprechenden linken Seiten der Bedingungsgleichungen für die X zu addieren, während die rechte Seite ungeändert bleibt (vgl. Träger, zusammengesetzte, S. 590, wo auch Beispiele behandelt sind). Da man stets ebensoviel Bedingungsgleichungen vorstehender Formen anföhren kann, als statisch unbestimmte Größen X auftreten, so lassen sich diese sämtlich berechnen. Näheres hierüber enthält die angeführte Literatur.

In obiger Darstellung sind Reibungen in Gelenken und Gleitungen, wie überhaupt Kräfte in Unstetigkeits schnitten der Verrückungen wie üblich vernachlässigt. Wäre R die Arbeit dieser mit ihren Endwerten konstant gedachten Kräfte, so würde behufs ihrer Berücksichtigung in 14. bis 17. $U + R$ an Stelle von U zu setzen sein [14], [19] S. 211, 213. Alle für feste Körper unter den üblichen Voraussetzungen angeführten Beziehungen gelten nur für elastische Verschiebungen bei konstanten Elastizitätsmoduln E , G (vgl. Bd. 3, S. 382, 383, 392) und konstanten Ausdehnungskoeffizienten α (Bd. 1, S. 392). Bezüglich der Arbeiten zur Ueberwindung der inneren Kräfte bei beliebigen Verschiebungen fester Körper f. Proportionale Widerstände, Bd. 7, S. 269.

Literatur: [1] Menabrea, *Nouveau principe sur la distribution des tensions dans les systèmes élastiques*, Comptes rendus 1858, XLVI, S. 1056 (f. a. 1885, XCVIII, S. 714). — [2] Castigliano, *Théorie de l'équilibre des systèmes élastiques et ses applications*, Turin 1880 (deutsch von Hauff, Wien 1886). — [3] Fränkel, *Das Prinzip der kleinsten Arbeit der inneren Kräfte elastischer Systeme und seine Anwendung auf die Lösung baustatlicher Aufgaben*, Zeitschr. d. Arch.-u. Ing.-Vereins zu Hannover 1882, S. 63. — [4] Koenen, *Vereinfachung der Berechnung kontinuierlicher Balken mit Hilfe des Satzes von der Arbeit*, Wochenschr. f. Arch. u. Ing. 1882, S. 402, 416. — [5] Müller-Breslau, *Über die Anwendung des Prinzips der Arbeit in der Festigkeitslehre*, Wochenschr. f. Arch. u. Ing. 1883, S. 87, 96 (f. a. S. 171, 274, 299). — [6] Melan, *Beitrag zur Berechnung eiserner Hallengelpefere unter Anwendung des Satzes von der kleinsten Deformationsarbeit*, Wochenschr. d. Oeffentl. Ing.-u. Arch.-Ver. 1883, S. 149, 162. — [7] Derf., *Über den Einfluß der Wärme auf elastische Systeme*, ebend., S. 183, 202. — [8] Müller-Breslau, *Beiträge zur Theorie der Verleitung labiler und flexibler Bogenträger*, Zeitschr. f. Bauwesen 1883, S. 311. — [9] Melan, *Beitrag zur Berechnung statisch unbestimmter Stabsysteme*, Zeitschr. d. Oeffentl. Ing.-u. Arch.-Ver. 1884, S. 100. — [10] Winkler, *Berechnung der Windverstrebungen in Brücken mit zwei Trägern*, Civilingenieur 1884, S. 111. — [11] Müller, Breslau, *Der Satz von der Abgeleiteten der ideellen Formänderungsarbeit*, Zeitschr. d. Arch.-u. Ing.-Vereins zu Hannover 1884, S. 211. — [12] Krohn, *Das Prinzip der kleinsten Deformationsarbeit*, Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1884, S. 320 (f. a. Müller-Breslau, S. 577). — [13] Fränkel, *Das Prinzip der kleinsten Deformationsarbeit der inneren Kräfte elastischer Systeme*, ebend. S. 513 (f. dagegen Weyrauch, Zeitschr. f. Baukunde 1884, S. 452). — [14] Weyrauch, *Arbeitsbedingungen für statisch unbestimmte Systeme*, Wochenschr. f. Arch. u. Ing. 1884, S. 290. — [15] Müller-Breslau, *Bedingungsgleichungen für statisch unbestimmte Körper, Berechnung der Formänderungen*, Wochenschr. f. Arch. u. Ing. 1884, S. 373, 383. — [16] Derf., *Über kontinuierliche Bogen und Balken*, ebend., S. 463, 470, 481, 490. — [17] Derf., *Die Sätze von der Formänderungsarbeit und ihre Bedeutung für die Festigkeitslehre*, Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1884, S. 577. — [18] Weyrauch, *Theorie elastischer Körper*, Leipzig 1884, S. 108, 153, 185, 222. — [19] Derf., *Aufgaben zur Theorie elastischer Körper*, Leipzig 1885, Aufgaben 35—42, 82—89, 94, 98—106. — [20] Landsberg, *Ebene Fachwerke mit festen Knotenpunkten und das Prinzip der Deformationsarbeit*, Zentralbl. d. Bauverw. 1885, S. 165. — [21] Mohr, *Beitrag zur Theorie des Fachwerks*, Civilingenieur 1885, S. 289. — [22] Derf., *Über die Elastizität der Deformationsarbeit*, ebend. 1886, S. 395 (f. a. Müller-Breslau, S. 553). — [23] Engeffer, *Über statisch unbestimmte Träger bei beliebigem Formänderungsgesetz und über den Satz von den kleinsten Ergänzungssätzen*, Zeitschr. f. Architektur und Ingenieurwesen 1889, S. 733. — [24] Foeppl, *Vorlesungen über technische Mechanik*, III, Leipzig 1900, S. 176; V, Leipzig 1907, S. 259. — [25] Müller-Breslau, *Die graphische Statik der Baukonstruktionen*, II, 1, Leipzig 1903, S. 9, 13, 17, 30, 38, 45, 49; II, 2, Leipzig 1908, S. 107, 309, 341. — [26] Derf., *Die neuern Methoden der Festigkeitslehre*, Leipzig 1904, S. 22, 58, 72, 77, 227, 235, 245, 306, 329. — [27] Ostenfeld, *Technische Statik*, Leipzig 1904, S. 213, 378. — [28] Mehrdens, *Vorlesungen über Statik der Baukonstruktionen und Festigkeitslehre*, III, Leipzig 1905, S. 1, 64, 215 u. f. w. — [29] Bach, *Elastizität und Festigkeit*, Berlin 1905, S. 381. — [30] Kriemter, *Von der Erhaltung der Energie und dem Gleichgewicht des nachgiebigen Körpers*, Zeitschr. f. Architektur und Ingenieurwesen 1905, S. 311 (f. a. 1908, S. 17). — [31] Mohr, *Abhandlungen aus dem Gebiete der technischen Mechanik*, Berlin 1906, S. 343. — [32] Engeffer, *Über die Berechnung statisch unbestimmter Systeme*, Zentralbl. d. Bauverw. 1907, S. 606. — [33] Keck-Hotop, *Vorträge über Elastizitätslehre*, II, Leipzig 1908, S. 8, 333. — [34] Weyrauch, *Über statisch unbestimmte Fachwerke und den Begriff der Deformationsarbeit*, Zeitschr. f. Architektur u. Ingenieurwesen 1908, S. 91. — S. a. *Biegungssarbeit*, *Torsionsarbeit*, *Clapeyrons Theorem*, *Fachwerke*, *statisch unbestimmte* (Bd. 3, S. 551), *Träger, zusammengenetzte, Gegenseitigkeit der Verrückungen, Potential, elastisches, Proportionale Widerstände*. — *Weyrauch*.

Verchiebungsellipsoid, Begriff der allgemeinen Elastizitätslehre.

Die Verschiebungen (Bd. 3, S. 390; Bd. 4, S. 793) der einem Körperpunkte m unendlich benachbarten Körperpunkte n in Hinsicht m lassen sich innerhalb gewisser Grenzen als stetige Funktionen der Richtungen n ansehen, in welchen letztere Punkte anfänglich von m aus liegen (Bd. 4, S. 793). Denkt man sich die Totalverschiebungen r_n (Bd. 3, S. 390; Bd. 4, S. 793) aller Punkte n von m aus nach Größe und Richtung angetragen, so liegen die Endpunkte der r_n auf einem Ellipsoide, für welches die r_n der Punkte je drei zueinander senkrechte Richtungen n konjugierte Halbmesser sind. Dieses Ellipsoid wurde nach Analogie des Spannungsellipsoide (S. 156) Verchiebungsellipsoid genannt. Die durch die Halbachsen des selben dargestellten r_n heißen Grenzverschiebungen. Näheres f. Weyrauch, Theorie elastischer Körper, Leipzig 1884, S. 63, 69. Andre Bedeutung der Bezeichnung Verchiebungsellipsoid f. Dehnung, Bd. 2, S. 692.

Weyrauch.

Verchiebungspläne (nach dem Verfahren von Williot) dienen zur Ermittlung der elastischen Verschiebungen der Knotenpunkte ebener Fachwerke.

Die Verschiebungen der Knotenpunkte eines Fachwerks entstehen aus den elastischen Verlängerungen Δs der einzelnen Stäbe. In Fig. 1a ist der Knotenpunkt c mit den Knotenpunkten a und b durch die beiden Stäbe 1 und 2 verbunden, deren Längen s_1 und s_2 sich um Δs_1 und Δs_2 ändern, während die beiden Punkte a und b in die neuen Lagen a' und b' rücken. Die neue Lage c' des Punktes c findet sich dann wie folgt. Zunächst verschiebt man die beiden Stäbe 1 und 2 parallel zu sich selbst in die Lagen $a'c_1$ und $b'c_2$, hierauf ändert man die Längen in der vorgeschriebenen Weise, d. h. wenn Stab 1 um Δs_1 länger wird, so fügt man $c_1 c_3 = \Delta s_1$ an, während man, wenn Stab 2 um Δs_2 kürzer wird, die Strecke $c_2 c_4 = \Delta s_2$ in Abzug bringt. Mit den neuen Stablängen $a'c_3$ und $b'c_4$ beschreibt man nun um a' und b' Kreisbögen. Der Schnittpunkt c' jener Bögen ist die neue Lage des Punktes c . In dem hier vorausgesetzten Falle verschwinden kleinere elastische Verschiebungen dürfen die Kreisbögen durch die auf den Geraden $a'c_3$ und $b'c_4$ errichteten Lote ersetzt werden. Es empfiehlt sich nun, die gesuchte Verschiebung $c c'$ in einer besonderen Figur (1b) mit genügender Vergrößerung darzustellen. Von einem beliebigen Punkt O aus (Ursprung oder Pol) trägt man die gegebenen Verschiebungen $Oa' = aa'$ und $Ob' = bb'$ der Punkte a und b nach Größe, Richtung und Sinn auf. An die Polstrahlen Oa' und Ob' fügt man in a' und b' die den Stäben 1 und 2 parallelen Längenänderungen Δs_1 und Δs_2 an und errichte in deren Endpunkten Lote, die sich in c' schneiden. Alsdann ist die Verschiebung des Knotenpunkts c nach Größe, Richtung und Sinn durch den Polstrahl Oc' dargestellt. Die Längenänderungen werden in dem Sinn angetragen, in welchem sie vor sich gehen, $c_1 c_3$ ist als Verlängerung, $c_2 c_4$ als Verkürzung des betreffenden Stabes gedacht. Durch wiederholte Lösung dieser Aufgabe ist man imstande, die

verschiebungen aller Knotenpunkte eines Fachwerks zu ermitteln, wenn man einen Knotenpunkt als unverändert und eine Stabrichtung als gleichbleibend annimmt.

In dem kleinen Fachwerke Fig. 2 werde zunächst Stab 2 als horizontal bleibend und Punkt a als unverschieblich angenommen. Von dem Punkt O bzw. a' ausgehend (Fig. 3) wird zunächst die Verlängerung $\Delta 2$ des Stabes 2 aufgetragen, dann ist Oc' die Verschiebung des Punktes c . Nach dem Vorhergehenden erhält man die Verschiebung des Punktes b , der mit a und c durch die Stäbe 1 und 3 verbunden ist, indem man von O aus zunächst die Verschiebungen von a und c aufträgt, was schon geschehen ist und die Punkte a' und c' lieferte, darauf werden in a' und c' die Längenänderungen $\Delta 1$ und $\Delta 3$ angetragen und in ihren Endpunkten Lote errichtet, deren Schnittpunkt b' ist. Ob' ist dann die gesuchte Verschiebung des Punktes b . Zur Ermittlung der Verschiebung des Punktes d hat man zunächst die Verschiebungen der vorhergehenden Punkte b und c vom Ursprung O aus aufzutragen. Dies ist aber schon durch die Konstruktion der Punkte c' und b' geschehen. Man kann also gleich die Längenänderungen $\Delta 4$ und $\Delta 5$ der Stäbe 4 und 5 in b' und c' antragen und die Lote errichten, die als Schnitt den Punkt d' liefern, die Verschiebung des Knotens d ist als dann durch die Strecke Od' nach Größe, Richtung und Sinn dargestellt. Durch Wiederholung des Verfahrens erhält man auch den Punkt e' .

Die Fig. 3, deren Polstrahlen $Ob' Oe' \dots$ nach Größe, Richtung und Sinn die Verschiebungen der Knoten $b c \dots$ darstellen, heißt man den **Verchiebungsplan** des Fachwerkes (Fig. 2). — Für praktische Zwecke ist die angegebene Lösung noch nicht vollständig. Das Fachwerk Fig. 2 wird nach der Deformation noch auf beiden Auflagern aufliegen, während nach dem Kräfteplan infolge des als horizontal bleibend angenommenen Stabes 2 sich eine Hebung des Auflagerknotens e ergibt. Um nun die den Auflagerbedingungen entsprechenden Verschiebungen der Knoten zu erhalten, muß das deformierte Fachwerk um den Punkt a so weit nach rechts gedreht werden, bis Punkt e auf feinem Auflager aufliegt. Würden infolge gewisser anderer Annahmen beim Aufzeichnen des Verchiebungsplanes beide Auflagerpunkte sich abgehoben haben, so würde der entsprechende Drehpunkt für das deformierte Fachwerk ein bestimmter Punkt außerhalb des letzteren sein. — Bei der Drehung um irgendeinen Punkt

Fig. 1a.

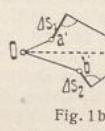
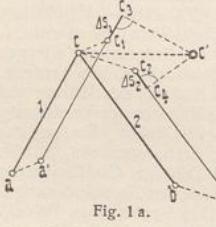


Fig. 1b.

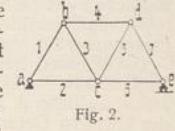


Fig. 2.

verschiebungen aller Knotenpunkte eines Fachwerks zu ermitteln, wenn man einen Knotenpunkt als unverändert und eine Stabrichtung als gleichbleibend annimmt.

In dem kleinen Fachwerke Fig. 2 werde zunächst Stab 2 als horizontal bleibend und Punkt a als unverschieblich angenommen. Von dem Punkt O bzw. a' ausgehend (Fig. 3) wird zunächst die Verlängerung $\Delta 2$ des Stabes 2 aufgetragen, dann ist Oc' die Verschiebung des Punktes c . Nach dem Vorhergehenden erhält man die Verschiebung des Punktes b , der mit a und c durch die Stäbe 1 und 3 verbunden ist, indem man von O aus zunächst die Verschiebungen von a und c aufträgt, was schon geschehen ist und die Punkte a' und c' lieferte, darauf werden in a' und c' die Längenänderungen $\Delta 1$ und $\Delta 3$ angetragen und in ihren Endpunkten Lote errichtet, deren Schnittpunkt b' ist. Ob' ist dann die gesuchte Verschiebung des Punktes b . Zur Ermittlung der Verschiebung des Punktes d hat man zunächst die Verschiebungen der vorhergehenden Punkte b und c vom Ursprung O aus aufzutragen. Dies ist aber schon durch die Konstruktion der Punkte c' und b' geschehen. Man kann also gleich die Längenänderungen $\Delta 4$ und $\Delta 5$ der Stäbe 4 und 5 in b' und c' antragen und die Lote errichten, die als Schnitt den Punkt d' liefern, die Verschiebung des Knotens d ist als dann durch die Strecke Od' nach Größe, Richtung und Sinn dargestellt. Durch Wiederholung des Verfahrens erhält man auch den Punkt e' .

Die Fig. 3, deren Polstrahlen $Ob' Oe' \dots$ nach Größe, Richtung und Sinn die Verschiebungen der Knoten $b c \dots$ darstellen, heißt man den **Verchiebungsplan** des Fachwerkes (Fig. 2). — Für praktische Zwecke ist die angegebene Lösung noch nicht vollständig. Das Fachwerk Fig. 2 wird nach der Deformation noch auf beiden Auflagern aufliegen, während nach dem Kräfteplan infolge des als horizontal bleibend angenommenen Stabes 2 sich eine Hebung des Auflagerknotens e ergibt. Um nun die den Auflagerbedingungen entsprechenden Verschiebungen der Knoten zu erhalten, muß das deformierte Fachwerk um den Punkt a so weit nach rechts gedreht werden, bis Punkt e auf feinem Auflager aufliegt. Würden infolge gewisser anderer Annahmen beim Aufzeichnen des Verchiebungsplanes beide Auflagerpunkte sich abgehoben haben, so würde der entsprechende Drehpunkt für das deformierte Fachwerk ein bestimmter Punkt außerhalb des letzteren sein. — Bei der Drehung um irgendeinen Punkt

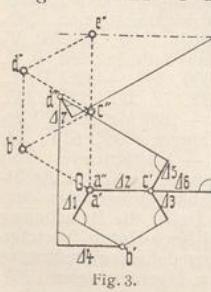


Fig. 3.

beschreibt jeder Knoten (Fig. 4 a) ein kleines Kreisbogenstück, das mit dem Lot auf der Verbindungsline zum Drehpunkt verwechselt werden darf. Die Länge des Bogenstückchens ist proportional dem Abstand vom Drehpunkt. Trägt man daher auch die Verschiebungen, die bei der Drehung entstehen, als Strahlen nach einem Pol O hinlaufend auf, so liegen die Punkte $a'' b'' c'' d'' e''$ auf einer dem Fachwerk ähnlichen, um 90° gedrehten Figur (Fig. 4 b). Macht ein Punkt d zwei Verschiebungen, so bestimmt sich die resultierende Bewegung, wenn man die Verschiebungen $d'' O$ und $O d'$ von einem Punkt O aus so aufträgt (Fig. 5), daß die Pfeilrichtungen aufeinander folgen, durch die Strecke $d'' d'$ nach Größe, Richtung und Sinn. Im Williot'schen Verschiebungsplan sind die einen Verschiebungen aller Punkte bereits vom Punkt O ausgehend aufgetragen; fügt man daher noch die andern Verschiebungen, die von der nachträglichen Drehung des Fachwerks herrühren, als gegen O hin gerichtete Strahlen hinzu, dann liegen die Endpunkte $a'' b'' c'' d'' e''$ der letzteren auf einem um 90° gedrehten Fachwerksbild, und die endgültigen Verschiebungen sind durch die Strecken $a'' a', b'' b', c'' c', \dots$ u. f. w. nach Größe, Richtung und Sinn dargestellt. Im vorliegenden Fall ergibt sich Punkt a'' des Trägerbildes aus der Bedingung, daß Knoten a am festen Auflager überhaupt keine Verschiebung erfahren darf, während e'' nur auf einer Horizontalen durch e' liegen kann, indem die endgültige Verschiebung des Knotens e am beweglichen Auflager nur horizontal sein darf. Aus der Lage von a'' und e'' ergeben sich dann die übrigen Punkte des um 90° gedrehten Trägerbildes. Die Williot'schen Verschiebungspläne werden benutzt zur Ermittlung der Einfenkungen von Fachwerken und der dazu gehörigen Einfußlinien (Maxwell'scher Satz). Sie spielen eine wichtige Rolle bei der Berechnung statisch unbestimmter Fachwerke.

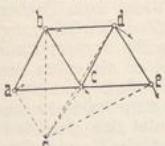


Fig. 4a.

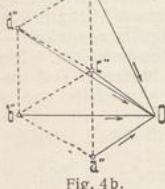


Fig. 4b.

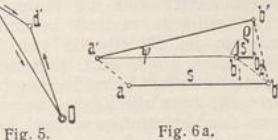


Fig. 5.

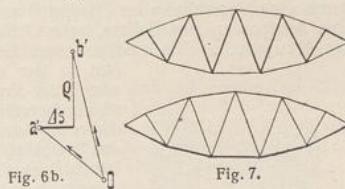


Fig. 6a.

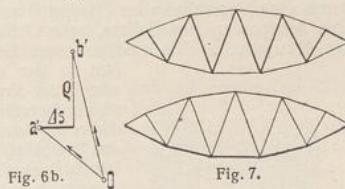


Fig. 6b.

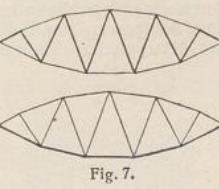


Fig. 7.

Eine Abart ist das **Stabzugverfahren**, wobei die Verschiebungen mit Benutzung der gerechneten Drehungswinkel der einzelnen Stäbe aufgetragen werden. In Fig. 6a sei $a b$ die ursprüngliche Lage eines Fachwerkstabs, dessen Anfangspunkt a sich nach a' verschiebt. Aendert sich gleichzeitig seine Länge um Δs und dreht er sich noch um den sehr kleinen Winkel ψ , so findet man die neue Lage des Punktes b , wenn man zunächst den Stab $a b$ in die parallele Lage $a' b_1$ bringt, dann die Längenänderung $b_1 b_2 = \Delta s$ anfügt und in b_2 ein Lot $\varrho = b' b_2 = s \cdot \psi$ errichtet. In entsprechend vergrößertem Maßstab in Fig. 6b dargestellt, er sieht man, daß die Verschiebung $O b'$ des Punktes erhalten wird, wenn man von O aus zunächst die Verschiebung des Anfangspunktes a des Stabes gleich $O a'$ aufträgt, alsdann Δs und ϱ nach Größe, Richtung und Sinn anfügt. Bei Wiederholung des Verfahrens für die folgenden Stäbe eines Stabzuges hat man dann jeweils nur noch Δs und ϱ anzutragen, weil die Verschiebungen der Anfangspunkte als Strahlen von O aus schon ermittelt sind. Wie beim Williot'schen Plan sind die Verschiebungen der Knotenpunkte wieder durch die von O aus nach den Punkten $a' b' c'$ gehenden Strahlen dargestellt. Die Verschiebungspläne nach dem Stabzugverfahren sind überblicklicher als nach Williot, dagegen ist die Berechnung der Winkeländerungen ψ zeitraubend. Das Verfahren wird aber genauer, da sich Fehler weniger stark fortpflanzen. Je nachdem die Verschiebungen aller Knotenpunkte oder nur die einer Gurtung des Fachwerkes gesucht werden, wird der Stabzug entsprechend ausgewählt (Fig. 7).

Das Stabzugverfahren kann auch zur Berechnung der Formänderungen biegungsfester, vollwandiger Träger und Bogen Anwendung finden. Man teilt zu diesem Zweck den vollwandigen Träger in eine Anzahl genügend kleiner Teile ein und bestimmt deren Drehungswinkel und Längenänderungen in der Achse, dann kann man den Verschiebungsplan in gleicher Weise aufzeichnen, wie für den Stabzug eines Fachwerks. Die Berechnung der Einfußlinie der Einfenkungen, der statisch unbestimmten Größen von Gewölben u. f. w. kann hiernach leicht graphisch erfolgen.

Literatur: Williot, *Notations pratiques sur la statique graphique*, Publications scientifiques industrielles, 1877; Mohr, *Zivilingenieur* 1887; Müller-Breslau, *Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver.* zu Hannover 1888, S. 605, Stabzugverfahren; Land, *Zeitschr. d. Oesterr. Ing.- u. Arch.-Ver.* 1888, S. 11 und 162; Müller-Breslau, *Graphische Statik der Baukonstruktionen*, Bd. 2, 1. Abt., Stuttgart 1905 und Bd. 2, 2. Abt., Leipzig 1908.

Verschlüsse der Geschütze. Anfang der 1890er Jahre beseitigte der Gebrauch von Metallkartuschen (Bd. 6, S. 540) die Schwierigkeit des gasdichten Abschlusses; für Neukonstruktionen wurde seither die Erleichterung und Befreiung der Bedienung der Geschützverschlüsse leitender Gesichtspunkt. Von einem neuzeitigen Schnellfeuerverschluß fordert man: Sichere Verbindung des geschlossenen Verschlusses mit dem Rohr (Verriegelung); im Verein mit der Patronenhülse gasdichten Abschluß des Seelenbodens (Liderung, Gaschek); leichte und schnelle Bedienung (nur je ein Griff zum Öffnen bzw. Schließen); Sicherheit gegen Selbstfeuer (Fahrsicherung) und gegen Abfeuern vor beendigtem Schließen (Schußsicherung); tätiges Abfeuern (Fahrsicherung) und gegen Abfeuern vor beendigtem Schließen (Schußsicherung);

„Wiederspannabzug“, welcher das Schloß erst beim Abziehen spannt, beim weiteren Abziehen auslöst und im Fall von Verfagern sofortiges Wiederabziehen geflatte; Nachbrenner schutz, wenn das verwendete Pulver schwer entzündlich ist, um im Falle zu später Explosion der Ladung ein vorzeitiges Oeffnen des Verschlusses zu verhindern; Haltbarkeit und Einfachheit in der Zusammenfassung, einzelne unbrauchbar gewordene Teile müssen sich schnell ersetzen lassen; geringes Gewicht und geringe Abmessungen. Das letztere, um die „tote Rohrlänge“, d. h. das für den Schuß nicht unmittelbar nutzbringende Längenmaß des Rohres zu verringern.

Keilverschlüsse. Ein Keil, welcher zum Oeffnen bzw. Schließen entweder in wägerichter oder in senkrechter Bahn gleitet, verschließt das Rohr.

Von den Verschlüssen mit wägerichter Gleitbahn haben der Krupp'sche Leitwelle- und der Erhardt'sche Schubkurbelverschluß die größte Verbreitung gefunden. Bei ersterem (Fig. 1) wird der Keil *A* mittels der Leitwelle *B*, welche in die bei *T* befindliche Hälfte einer Schraubenmutter greift, heraus- bzw. hineingeschoben. Der Handgriff *B₁* dient zum Drehen von *B*; zum Oeffnen bzw. Schließen genügt etwa drei Viertel Umdrehung. *O* = Fahr Sicherung, *K* = Abzugshobel. — Verriegelung durch einen Riegelbund an der Leitwelle *B*, der am Ende der Schließbewegung in einen Auschnitt des Rohres tritt. Beim Oeffnen gibt er als erstes den Keil wieder frei. — Beim Schubkurbelverschluß — auch Gleitkurbelverschluß genannt — (Fig. 2) wird der Keil durch die Schubkurbel *Sk* bewegt. Sie schwingt um den im Rohr befestigten Kurbelbolzen *kb*. An dem kürzeren Arm des Winkelhebels *Sk* befindet sich das Gleitstück *g*, das in der schrägen nach vorn und außen führenden Nut *nt* läuft. Wird der Handgriff *hg* zurückgezogen, um etwa 130°, so schiebt *Sk*, indem *g* nach vorn und außen und dann wieder zurück wirkt, den Keil heraus. Die Verriegelung erfolgt dadurch, daß *g* beim Schließen bis in eine Raft der hinteren Keillochfläche tritt. Vielfach wird noch eine zweite Verriegelung durch eine Sperrklinke im Handgriff angewendet. Diese klinkt bei geschlossenem Verschluß in eine Ausparung des Rohres, beim Oeffnen wird sie durch Erfassen des Handgriffs ausgelöst. — Die Krupp'sche Konstruktion eines Schubkurbelverschlusses hat einige Besonderheiten. Die

Nut in der oberen Keillochfläche verläuft in ihrem hinteren Teil zunächst als Kreisring um den Mittelpunkt von *kb*. An Stelle von *g* ist ein herzförmiger Zapfen angebracht. Befindet sich dieser in dem Kreisteil von *nt* (Schußstellung), so ist der Verschluß verriegelt, denn alle Kräfte, welche auf selbsttätigem Oeffnen des Verschlusses wirken, können nur einen radialen Druck ohne Seitenkraft ausüben.

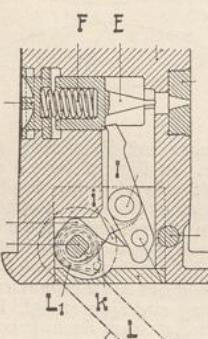


Fig. 3

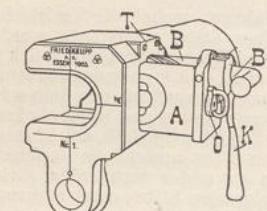


Fig. 1.

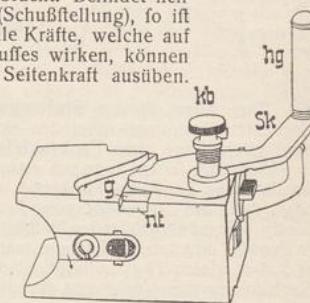


Fig. 2.

Anordnung und Wirkungsweise des Auswerfers gleichen sich bei diesen Verschlüssen. Der Auswerfer, ein doppelter zweiarmiger Hebel, ruht mittels einer zylindrischen Wulst drehbar zwischen vorderer Keillochfläche und Keil. Die beiden längeren Hebelarme greifen unter den Bodenrand der Patrone. Beim Oeffnen flößt der Verschlußkeil mit einem Anschlagstück gegen eine Nase, welche den kurzen Hebelarm des Auswerfers bildet. Der Anstoß bewegt die längeren Arme nach rückwärts, die Hülse wird ausgeworfen. Auch das Schloß zeigt viel Uebereinstimmendes; es ist bei allen dreien mit Wiederspannabzug ausgestattet [2] (Fig. 3). — Wird der Abzugshobel *L* zurückgezogen, so flößt er mit der Nase *k* seiner Spannfalle die Nase *i* der Spannfalle *Io* weit vor, daß der längere Arm des gelenkig mit der Spannfalle verbundenen Spannhebels *J* den Schlagbolzen *E* zurückdrückt. Sobald die Schlagfeder *F* die höchste Spannung erreicht, gleitet *k* von *i* ab, *J* wird frei und *F* schnellt *E* und *J* nach vorn. Wird nach dem Abfeuern der Abzug *L* losgelassen, so führt die gespannte Wiederspannfeder *L₁* in die Grundstellung zurück; *i* klinkt wieder in *k* ein. Hierdurch wird die Schlagbolzenpitze um 0,5 mm hinter die vordere Keillochfläche zurückgezogen; die Anfangsstellung ist somit wieder erreicht. — Diese Wiederspannvorrichtung ist indesten bei den einzelnen Konstruktionen verschieden ausgebildet. Befondere Schuß- und Fahr Sicherung ist vorhanden, nach Bedarf wird Linksabzug und Sicherung gegen Nachbrenner angebracht. Diese besteht im wesentlichen aus einem zweiarmigen Hebel, welcher drehbar am Verschluß gelagert ist, ihn mit einem Arm sperrt, mit dem andern nach unten, zur Gleitbahn (Wiege) des Rohres gerichtet ist. Beim Rücklauf des Rohres flößt dieser Arm gegen einen Anschlag an der Wiege, und der obere Arm gibt den Verschluß frei. Nach dem Laden wird beim Schließen die Arretierung des oberen Arms gelöst, und eine Feder läßt ihn wieder in die Sperrstellung eintreten. Auch hier gibt es abweichende Konstruktionen. Bei den Krupp'schen Verschlüssen ist eine Vorrichtung vorhanden, durch welche beim Abziehen der etwa nicht völlig geschlossene Verschluß zwangsweise geschlossen und das etwa nicht völlig in die Anfangsstellung zurückgekehrte Schloß beim Oeffnen des Verschlusses zwangsweise in seine Anfangsstellung gebracht wird. — Ein Schubkurbelverschluß mit senk-

rechter Bewegung des Keils ist der Fallblockverschluß. Schon in den 1880er Jahren von Gruson für Schnellfeuergeschütze kleinen Kalibers verwendet, ist er jetzt auch bei schweren Geschützen Kruppscher Konstruktion in Gebrauch. Bezüglich der Anordnung verweisen wir auf [1], S. 120 ff. Andre Fallblockverschlüsse sind konstruiert von Hotchkiss (Italien, Vereinigte Staaten, England, Frankreich, Rußland u. a.), von v. Skoda (Oesterreich-Ungarn), von Gericke (Niederlande), von Finpong (Schweden) u. a. m.

Senkrechte, umlegbare Keilverschlüsse finden meist nur bei leichten Schnellfeuerkanonen (3,7—7,5 cm) Anwendung. Ihre Einrichtung kennzeichnet sich dadurch, daß beim Öffnen entweder der ganze Verschluß oder nur der Hinterkeil — Nordenfelt — sich zunächst senkrecht abwärts bewegt und dann um eine wagerechte Welle nach rückwärts umgelegt wird. Solche Verschlüsse sind eingeführt: nach dem System Nordenfelt (Italien, England, Rußland u. a. m.), Driggs-Schröder (Marine der Vereinigten Staaten), Maxim-Nordenfelt (Italien) und Sarmiento (Spanien).

Schraubenverschlüsse. Ein mit Schraubengewinden versehener Block greift in entsprechende Muttergewinde der Rohrwandung ein und schließt dadurch das Rohr nach hinten ab. Um das Einfügen abzukürzen, sind die Schraubengänge auf der ganzen Länge der beiden Gewindemäntel in einer Anzahl von Längstreifen fortgeschnitten. Es wechseln demnach glatte und Gewindestreifen ab, und es genügt eine Drehung der Verschlußschraube um eine Streifenbreite, um den Verschluß zu öffnen bzw. zu schließen. Der geöffnete Verschluß wird von einer Verschlußtür aufgenommen, mit ihr gekuppelt und zur Seite gedreht, um das Ladloch frei zu machen. Um mit einem Griff öffnen bzw. schließen zu können, hat die Verschlußschraube meist Ei- oder Kegelform. Beispiele hierfür sind der Verschluß der schwedischen Kanonenfabrik Bofors (Konstrukteur Silfversparre), [1], S. 89, der von Maxim-Nordenfelt [1], S. 91 ff., und der Finpongverschluß (Kanonenfabrik in Schweden, Konstrukteur Thronfen), [1], S. 95. Abweichend von allen sonst üblichen Konstruktionen ist letzterer so eingerichtet, daß die Schraube nach dem Lösen der Gewindegänge nicht herumgeschwenkt, sondern seitwärts geschoben wird.

Fallschraubenverschlüsse wie der des Röstel, [1], S. 99, sind auf leichte Geschütze beschränkt, weil bei großen Kalibern das Aufwärtschwingen des Verschlusses unverhältnismäßigen Kraftaufwand erheischen würde. Die Schraube ist bei ihm vorn ei-, hinten walzenförmig gefertigt. Andre abweichende Formen der Verschlußschraube sind: die Elsvirk- (Armstrong, Mitchell & Cie.), Treppen- (D.R.P. Nr. 136544) und die Nemetzschraube.

Kammverschlüsse unterscheiden sich von den vorhergehenden im wesentlichen nur dadurch, daß die Reifen (Kämme), mit denen der Block im Verschlußlager verriegelt wird, nicht Teile von Gewindegängen bilden, sondern ohne Steigung gleichlaufend zu den Grundflächen des Blocks geführt sind. Man erwartet infolgedessen den Kraftaufwand, den das letzte Anziehen der Schraube bedingt. Dieses Anziehen ist bei Verwendung selbstlodernder Metallkartuschen überflüssig. Man beugt durch die Kammform aber auch einer selbsttätigen Lockerung oder Löfung des Verschlusses vor, welche bei Schraubenverschlüssen mit großer Steigung der Gewindegänge eintreten kann (Ehrhardts Kammverschluß, 1902).

Abarten der Schrauben- bzw. Kammverschlüsse sind der Stufenverschluß von Axel Welin und der Stufenverschluß der Gußstahlfabrik Friedr. Krupp (Fig. 4). Bei letzterem trägt der Mantel des Verschlusses A zweimal vier abgeflachte Streifen, von denen je zwei einander gegenüberliegende gleichen Durchmesser haben. Das eine Streifenpaar ist glatt, die übrigen sind ohne Schraubensteigung gereift. Der Radius jedes gereifelten Streifens übertrifft den des vorhergehenden um Reihenhöhe. Entsprechend ist die Anordnung im Rohr. Es werden demnach sechs Achtel des Blockumfangs für die Verriegelung ausgenutzt, so daß der Verschlußkegel kurz gehalten werden kann.

Exzentrische Schraubenverschlüsse (Fig. 5). Das Bodenstück des Rohres ist nach unten erweitert. Die Verschlußschraube bleibt auch bei geöffnetem Verschluß im Rohr. Sie besteht aus einem massiven Teil, welcher das Schloß aufnimmt und den Seelenboden bildet, und dem Ladeloch. Die Schraubengewinde des Verschlusses und des Rohres führen um den ganzen Umfang. Die Drehachse des Verschlusses liegt etwas unterhalb der Seelenachse. Dadurch, daß der Schlagbolzen erst bei völlig geschlossenem Verschluß hinter das Zündhütchen der Patrone tritt, ist Sicherheit gegen vorzeitiges Abfeuern gegeben. — Exzentrische Schraubenverschlüsse sind von Nordenfelt und von Krupp konstruiert. Die französische Feldkanone 97

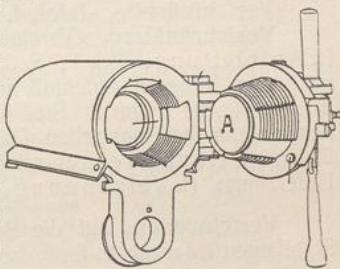


Fig. 4.

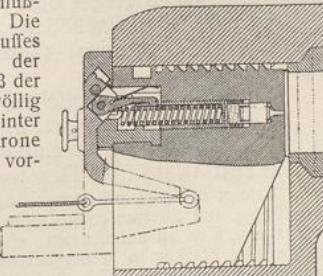


Fig. 5.

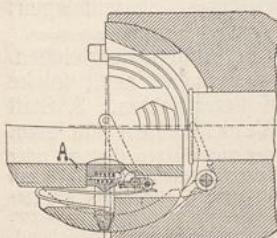


Fig. 6.

und die norwegische Feldkanone 01 sind mit derartigen Verschlüssen ausgestattet. — Von allen diesen Konstruktionen weicht in feiner gesamten Anordnung der *Canetische Kugelverschluß* ab (Fig. 7). Der Verschlußblock A gleicht einer aus der Mitte einer Halbkugel herausgeschnittenen Platte. Ihre Stärke übertrifft ein wenig die Seelenweite des Rohres im Ladungsraum. Bei geschlossenem Verschluß (Fig. 7) liegt die Kugelfläche des Blocks vorn. Die Patronen müssen deshalb einen gewölbten Boden haben. Zum Öffnen genügt eine Vierteldrehung des rechts befindlichen Kurbelarms nach unten. Die Hinterfläche des Blocks befindet sich dann oben in wagerechter Lage und bildet die Grundfläche des Ladelochs. Auch die Schraubenverschlüsse und ihre Abarten sind mit Wiederspannabzug, Auswerfer, Nachbrenner schutz sowie Fahr- und Schußfischerungen versehen. Ueber Vor- und Nachteile der verschiedenen Verschlußarten f. [1], S. 125 ff., [2], Bd. 1, S. 63/64, [3], S. 84 ff.

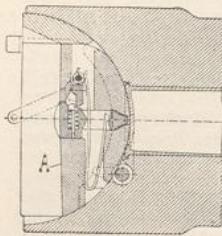


Fig. 7.

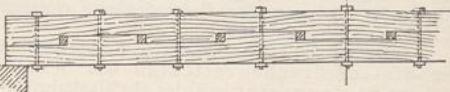
die Kurbel, dem Druck der Schließfeder nachzugeben, bis der Auswerfer, welcher mit dem Sperrbolzen in Verbindung gebracht ist, beim Einführen einer neuen Patrone nach vorn gedreht wird und dadurch den Sperrbolzen aushebt. Das Abfeuern erfolgt im letzten Augenblick des Schließens selbsttätig. — Bei andern selbsttätigen Verschlüssen erfolgt das Öffnen durch eine besondere Öffnungs feder oder durch eine Zugstange. — Anwendung finden selbsttätige Verschlüsse bei Neukonstruktionen von Feld- und Gebirgs geschützen sowohl bei Krupp als auch bei Ehrhardt. Die französische 15,5-cm-Rimailho-Haubitze besitzt einen Schraubenverschluß, der sich nach jedem Schuß selbsttätig öffnet. — Weiteres über Geschützverschlüsse f. in [4]—[6].

Literatur: [1] Wille, R., Waffenlehre, 3. Aufl., Bd. 2, Berlin 1905. — [2] Roskot, Die heutige Feldartillerie, Berlin 1909. — [3] Mummenhoff, Die modernen Geschütze der Fußartillerie, Leipzig 1907. — [4] Wille, R., Die Entwicklung der Verschlüsse für Kanonen, Berlin 1903. — [5] Caffner, Schraubenverschluß und Keilverschluß (deutsche und französische Ansichten), Schiffbau 1907, Nr. 19/20. — [6] Auf dem Wege zum halbautomatischen Geschütz, Deutsches Offizierblatt 1907, Nr. 11, S. 171.

F. Wille.

Verchlußrolle, -tafel, f. Stellwerke.

Verschränkung, Verblattung zweier Hölzer nach der ganzen Länge (f. Aufblattung, Bd. 1, S. 350) durch Uebergreifen um etwa 6 cm, wobei noch zum innigern Anschluß mehrfache Verschraubungen und Keile oder Dübel dienen (f. die Figur). Sie findet Anwendung bei doppelten Hängefäulen (f. Hängewerke) oder an Unterzügen (f. Verzahnung, 1.).



Vereschwellen, auf die Balkenlage Schwellen aufkämmen, in welche die Stuhlfäulen einzuzapfen sind; das Vereschwellen war bei den Dachstühlen, besonders den Mansarddächern, des 17. und 18. Jahrhunderts üblich; f. a. Bündschwelle.

Verseifung (Saponifikation), der chemische Zersetzungsprozess der Fette durch Alkalien.

Bei der Einwirkung heißer, wässriger oder alkoholischer Lösungen ätzender Alkalien auf die Fette, Gemische der Glycerinfette der Stearinäure, der Palmitinäure und Oelfäure bilden sich die Alkalifalze der genannten Säuren, die Seifen (f. d.), unter Abspaltung von Glycerin.

Verfenken, einen Körper ganz oder zum Teil in einen andern eindringen lassen, z. B. einen Nagel oder Schraube so einzusetzen, daß der Kopf nicht mehr vorsteht. Bei den Fußböden, Türverkleidungen und Täferungen werden die Nägel (mit Spitzköpfen) mittels des Verfenkens, Senkstifts, eingeschlagen; f. a. Senker.

Weinbrenner.

Versetzen, 1. Vermischen, z. B. Farben oder Metalle mit andern dergleichen. 2. Die Richtung ändern, z. B. Riegel einer Fachwand versetzen, heißt folche nicht in einer Höhe durchführen, sondern höher und tiefer setzen. 3. Statt versetzen (f. d.). 4. Das forgfältige Verlegen von Werkstücken am Bau.

Erfolgt daselbe auf ebener Erde (Sockel), so wird der Quader auf Walzen (Rollen) oder einer Bahre mit Strohunterlage aufgebracht. Dabei ist mit Hilfe von Richtscheit und Winkel, Setzwage u. f. w. zu untersuchen, ob der Stein nach jeder Richtung paßt, die Lager gut gearbeitet, die Flächen in Richtigkeit sind. Hierauf wird der Stein nochmals weggehoben bzw. umgekantet und eine Zwischenlage bereit, aus Streifen von Tafelblei oder Pappe bestehend, welche 2—3 cm hinter die Kante zu liegen kommen, um den Druck der Laft von der Kante

nach innen zu leiten, und so ein Abdrücken zu vermeiden. Später erfolgt ein Ausgießen der Fugen mit feinem, dünnflüssigem Mörtel. Der versetzte Quader ist gegen Beschädigung durch Kalkmörtel oder herabfallende Stücke durch einen Lehmüberzug zu schützen. Zum Versetzen in höhere Lagen dienen die Greif- und Hebezeuge (f. Bd. 4, S. 628 ff.), mittels welcher der Werkstein erfaßt, aufgehoben und so lange schwebend erhalten wird, bis er auf sein Lager gelegt werden kann. Die bewegende Kraft besteht meistens in einem Kran (f. Bd. 5, S. 662 ff.) oder einer Winde, welche entweder ihre Auffstellung 1. auf dem Boden findet, während die Fortbewegung der Last durch einen Windebock oder einen Ausleger erfolgt; oder 2. als Laufkran auf einem hochgestellten Baugerüst (f. Bd. 1, S. 575 ff.), das sich der Länge nach über den Bau hinzieht und verschiebbar ist. Bei nicht ausgedehntem Bauplatz kann der Laufkran 3. auf einem Rundgerüst, um einen festen Mittelpunkt sich drehend, verschieblich sein.

Literatur: f. Bd. 5, S. 670, außerdem [1] Baukunde des Architekten, Berlin 1893, Bd. 1, 1. Teil, S. 88. — [2] Handbuch der Ingen.-Wissenschaften, Bd. 4, 2. Abteil., Baumaschinen von F. Lincke, Leipzig 1875.

Versetzeichen, ein mit dem Werkzeuge oder mit Farbe gemachtes Zeichen an Haufsteinen, um Lage und Richtung des Steins am Bau zu bestimmen.

Verfilbern, das Ueberziehen der Oberfläche von Gegenständen mit Silber. Verfilberung mit Blattsilber erfolgt in analoger Weise wie mit Blattgold; ebenso entsprechen die Feuerverfilberung, die kalte und nasse Verfilberung den Verfahren beim Vergolden (f. d.); vgl. a. Galvanotechnik und Plattieren.

Verfitzgruben, f. Senkgruben.

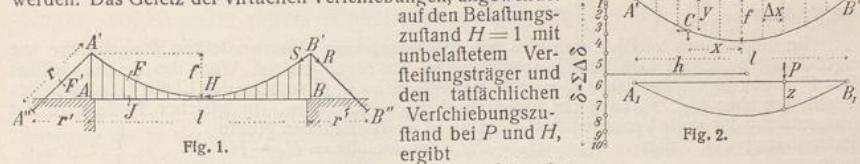
Verfählen, f. v. w. Verfchweißen von Stahl und Eisen, bei Werkzeugen u. f. w. angewendet, so daß dann die Schneide oder z. B. bei Hämtern die Bahn aus Stahl besteht. Ueber Verfählen im Sinne von Zementieren f. d. A. Widmaier.

Versteifungsbalken (Versteifungsträger), ein mit schlaffen oder gering steifen Hänge- oder Stützträgern so in Verbindung gebrachter gerader Balkenträger, daß ersterer unter wechselnder Belastung nur solche Formänderungen annehmen können, die den elastischen Durchbiegungen des Versteifungsträgers entsprechen.

Die Versteifungsträger spielen insbesondere bei jenem System der Hängebrücken, bei welchem das Hängewerk in sich selbst nicht steif ist (Kabel, Stabkette), eine wichtige Rolle (f. Hängebrücken). Aber auch das System der Stützträger mit Versteifungsbalken findet praktische Anwendung in der Form der hölzernen Sprengwerke, ferner bei Bogenträgern, bei welchen der Bogen als Stabpolygon mit Gelenkknoten oder wenigstens mit kleinem für die Aufnahme der Biegungsmomente ungenügendem Querschnittsträgern ausgeführt ist (f. Bogenbrücken). *Melan.*

Zur statischen Berechnung solcher Bauwerke verwendet man am besten Einflußflächen (f. d.).

Bei irgend einer Belastung P des Versteifungsträgers entsteht im Seil $A'B'$ sowie in den beiden Rückhaltseilen eine Zugkraft, deren horizontale Komponente in allen drei Teilen gleich H ist, da über A' und B' reibunglose Rollenlager vorausgesetzt werden. Das Gesetz der virtuellen Verschiebungen, angewendet



$$0 = \int \frac{M'}{EJ} \cdot M dx + \int \frac{S' \cdot S ds}{EF}.$$

M' ist das Moment an der Stelle x des Versteifungsträgers im Zustand $H=1$, und ist, da das Seil als Seilpolygon für die in diesem Zustand auf den Versteifungsträger wirkenden Kräfte gelten kann, gleich $-1 \cdot y$ (Fig. 2). Das im tatsächlichen Belastungszustand P vorhandene Biegmoments des Versteifungsträgers ist $M = M_0 - Hy$. Das $\int S' S ds$ bezieht sich auf das Tragteil und die beiden Rückhaltseile. Für das Tragteil ist $S = H \cdot \frac{ds}{dx}$, $S' = 1 \cdot \frac{ds}{dx}$, somit

$$\int \frac{S' \cdot S \cdot ds}{EF} = \frac{H}{EF} \int \frac{ds^3}{dx^2}. \quad \text{Für die Parabel ist genau genug } ds:dx = 1 + \frac{32f^2x^2}{l^4} \text{ und } \left(\frac{ds}{dx}\right)^3 = 1 + \frac{96f^2 \cdot x^2}{l^4}, \text{ somit } \int \frac{S' S}{EF} ds = \frac{H}{EF} \frac{(l^2 + 8f^2)}{l}. \quad \text{Für die zwei Rückhaltseile ist } S' = \frac{1 \cdot r}{r'}, S = \frac{H \cdot r}{r'}, \text{ somit } \int \frac{S' S ds}{EF'} = \frac{2H}{EF'} \int \frac{r^2}{r'^2} \cdot ds = \frac{2H}{EF'} \cdot \frac{r^3}{r'^2}. \quad \text{Wir erhalten also}$$

$$\text{aus Gleichung 1: } H = \frac{\int M_0 y \cdot dx}{EJ} + \frac{y^2 \cdot dx}{EJ} + \frac{(l^2 + 8f^2)}{l \cdot EF} + \frac{2r^3}{EF' \cdot r'^2}.$$

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

Parabelform für das Tragseil ist $\int \frac{y^2 \cdot dx}{EJ} = \frac{8}{15EJ} \cdot f^2 \cdot l$. Nach der Theorie der virtuellen

Arbeiten ist $\int \frac{M_0 y}{EJ} \cdot dx = P \cdot \delta'$, wo δ' die Hebung des Angriffspunktes der Last P im Zustand $H=1$ bedeutet. (Verschiebungszustand $H=1$ und Belastungszustand $P, M_0, H=0$). Graphisch lässt sich also die Einflußlinie von $H=1$ als Biegungslinie des Versteifungsträgers für den Zustand $H=1$ ermitteln. Zu diesem Zweck fassen wir die Kurve $A'B'$ als das Seilpolygon für die in den Hängestangen auf den Versteifungsträger wirkenden Kräfte und die Fläche zwischen ihr und der Sehne $A'B'$ als die entsprechende Momentenfläche dieses Trägers auf. Man teilt dann den Balken in eine Anzahl Elemente von der Länge Δx , berechnet für jedes Element den Formänderungswinkel (f. d.) $\Delta \delta = M' \cdot \Delta x : EJ = 1 \cdot y \cdot \Delta x : EJ$ und bildet damit ein Kräftepolygon (Fig. 2, links). Das Trägheitsmoment J des Balkenquerschnitts ist bei Fachwerken gleich $\frac{1}{3} F h^2$ zu setzen, wo F den Gurtquerschnitt und h die Fachwerkshöhe bezeichnet. Bei Parallelträgern darf J als konstant angesetzen; dann kann man die Berechnung der $\Delta \delta$ umgehen und braucht an deren Stelle bloß die y oder einen Bruchteil davon als Kräfte aufzutragen. Meistens ist die Kurve $A'B'$ eine Parabel; dann wird $y = f - (4fx^2 : l^2)$ und

$$\delta = \Sigma(\Delta \delta) = \int \frac{y \cdot \Delta x}{EJ} = \frac{2}{3} \frac{fl}{EJ} \cdot P \cdot h \cdot z \quad \text{(Fig. 2), und man erhält}$$

$$H = \frac{8}{15} \frac{f^2 \cdot l}{EJ} + \frac{(l^2 + 8f^2)}{l \cdot EF} + \frac{2r^3}{EF' \cdot r'^2}.$$

Macht man, wie es in Fig. 2 geschehen ist, $h = \delta = \frac{2fl}{3EJ}$ und setzt

$$m = \frac{3}{4} f + \frac{3EJ(l^2 + 8f^2)}{2EFF'l^2} + \frac{3EJr^3}{EFF'fIr'^2},$$

so wird $H = P \cdot z : m$ (vgl. Bogen mit zwei Gelenken, Bd. 2, S. 145). Die Länge m wird am einfachsten durch Rechnung bestimmt. Die Elastizitätsmaße E können für Balken und Seil verschieden eingesetzt werden. Man kann also die Linie $A_1 B_1$ als Einflußlinie von H betrachten, wenn man die Größe m als Einheit des Ordinatenmaßstabes wählt. Um nun die Einflußfläche für das Biegmomentsmoment im Punkt D zu erhalten, bildet man nach der Gleichung $M = M_0 - Hy$ die Differenz der Einflußfläche von Hy und M_0 . Erstere wird durch die Kurve $A_1 C_1 B_1$ (Fig. 3), letztere durch das Dreieck $A_1 D_1 B_1$ dargestellt. Um den Punkt D_1 zu finden, zieht man im Abstande m von $A' B'$ die m -Linie, verbindet den über D liegenden Seipunkt D' mit A' , lotet den Schnittpunkt G hinunter nach G_1 , zieht $G_1 A_2$ unter 45° und verbindet A_2 mit B_1 . Denn liegt man lotrecht über dem Nullpunkt C_1 der Einflußfläche eine Last P auf, so ist der Horizontalzug $H = P \cdot z : m$, der lotrechte linke Auflagerdruck $A = P \cdot b : l$, folglich das Biegmomentsmoment in D gleich $Hy - Au = P(z \cdot y : m - b \cdot u : l)$. Da aber in der Zeichnung $y : m = u : z'$ und $z' : z = l : b$ ist, so wird das Biegmomentsmoment in D Null. — Soll die Einflußfläche für die Querkraft in D bestimmt werden (Fig. 4), so zieht man $A' G$ parallel zur Tangente in D' und verfährt wie oben, denn es ist $Q = Q_0 - H \cdot \operatorname{tg} \alpha$. Die Ordinaten der Einflußlinien sind noch mit $\operatorname{tg} \alpha$ zu multiplizieren und m ist als Einheit des Maßstabes zu betrachten. Durch Anwendung des Gesetzes der virtuellen Arbeiten für den Belastungszustand $H=1$ und den tatsächlichen Spannungszustand bei einer Temperaturänderung t findet man den Horizontalzschub infolge einer Temperaturänderung t : $Ht = \frac{3\alpha t EJ}{2fl^2 m} \left(l^2 + \frac{16}{3} f^2 + \frac{2r^2 l}{r'} \right)$.

Im allgemeinen verfährt man nun bei der Berechnung einer versteiften Hängebrücke wie folgt: Zuerst berechnet man den Horizontalzug H_g für Eigengewicht. Wäre das Seil unelastisch ($F = F' = \infty$), so ergäbe sich $H'g = g l^2 : 8f$ und $m' = \frac{4}{5} f$. Infolge der Elastizität des Seiles verhält sich aber $H_g : H'g = m' : m$, folglich ist $H_g = g l^2 : 10m$. In gleicher Weise wird der Horizontalzug für volle Verkehrslast $H_p = p l^2 : 10m$. Nun ist der größte

Horizontalzug des Seiles $H_g + H_p + H_t$, der kleinste $= H_g - H_t$. Die Seilspannung an einer beliebigen Stelle ist $S_x = H \sqrt{1 + (4fx : l^2)^2}$, diejenige an den Auflagern $S_a = H \sqrt{1 + (4f : l)^2}$; die Spannung im Rückhalteil $R = Hr : r'$. Der Versteifungsbalken hat vom Eigengewicht ein parabolisch verlaufendes Biegmomentsmoment aufzunehmen, welches in der Mitte $M_g = \frac{1}{8} g l^2 - H_g f$ ist. Die Biegmomente der zufälligen

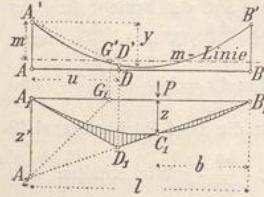


Fig. 3.

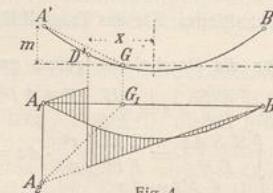


Fig. 4.

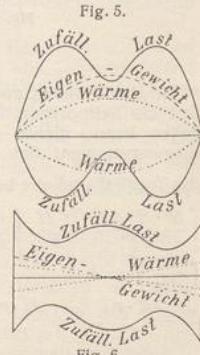


Fig. 5.



Fig. 6.

Last bestimmt man mittels der Einflußflächen (Fig. 3), wobei man die Produkte aus Lasten und Einflußordinaten noch mit y zu multiplizieren hat und m als Einheit des Ordinatenmaßstabes benutzen muß. Die Wärmeschwankung führt ebenfalls zu einer parabolischen Momentenfläche;

ihr Scheitelwert ist $M_t = H_t f$. Was die Querkräfte betrifft, so liefert das Eigengewicht eine gerade Linie mit dem Endwerte $Q_g = \frac{1}{2} g l - (4 H_g f : l)$. Die Querkräfte der zufälligen Last werden mittels der Einflussflächen (Fig. 4) bestimmt, und zwar wird $Q_p = 8 P f x \mathcal{Z}(z) : l^2 m$, denn $\operatorname{tg} \alpha = 8 f x : l^2$. Die Querkraft für die Wärmeänderung wird wieder durch eine Gerade mit dem Endwerte $Q_t = 4 H_t f : l$ dargestellt. Fig. 5 stellt die Kurven der Biegmomente für einen bestimmten Fall dar, Fig. 6 die Kurven der Querkräfte.

Das abgeleitete Verfahren kann auch auf Bogenträger mit Versteifungsbalken angewendet werden, sobald das Trägheitsmoment des Bogens viel kleiner als das des Balkens ist.

Vgl. a. Hängebrücken und Träger, zusammengesetzte.

Literatur: Ritter, Schweizerische Bauztg. 1883, S. 6 ff.; Müller-Breslau, Graphische Statik der Baukonstruktionen, Bd. 2, Leipzig 1892. *Mörsch.*

Versteinerung (Petrefakt, Fossil) der in den Erdschichten erhaltene Überrest von vorweltlichen Tieren und Pflanzen.

Meist sind von den letzteren nur die Hartteile (Schalen, Skelette u. f. w.) erhalten und in Gestein (Kalk, Mergel, Erze) umgewandelt oder es finden deren Hohlräume durch Gesteinssubstanz ausgefüllt. Die Kenntnis der Versteinerungen wird auch Petrefakten-, Fossilienkunde, Paläontologie genannt. Jede Schichtenreihe oder auch Schicht besitzt bestimmte Arten von Versteinerungen, und aus der Kenntnis derselben wird das Alter der Schicht bestimmt. Die für eine Schicht oder Schichtenreihe charakteristischen Versteinerungen heißen ihre Leitversteinerungen oder -fossilien. Die Kenntnis der Leitversteinerungen ist also für die Altersbestimmung der Schichten, besonders in wenig oder gar nicht untersuchten oder erforschten Gegenden von größter Wichtigkeit.

Literatur: Zittel, K., Handbuch der Paläontologie, München 1879—90; Quenstedt, Handbuch der Petrefaktenkunde, 3. Aufl., 1885. *Leppia.*

Versteinerungsgründung, f. Baugrund, Gründungen.

Verfuchsstrecke im Straßenbau, f. S. 359.

Vertäfelung, f. Täfeln und Getäfel Bd. 4, S. 455, sowie Bretterschalung Bd. 2, S. 297, und Brettverkleidung ebenda und Fig. 2, S. 298.

Vertikalen, f. Fachwerk, Bd. 3, S. 534; Ständer.

Vertikale Schubkraft, Vertikale Schubspannungen, die Schubkraft V_x und Schubspannungen τ in den Querschnitten bzw. Querschnittselementen horizontaler Balkenträger (Bd. 1, S. 792). Vgl. Balken, Bd. 1, S. 503, 507, 518, Schubspannungen, Bd. 7, S. 822, Blechbalken, Bd. 2, S. 55, Gitterträger, Bd. 4, S. 535 u. f. w. *Weyrauch.*

Vertikalkreis, f. v. w. Höhenkreis (f. d.).

Vertonung. Die bildliche Aufnahme eines für die Navigation (Ansteuerung, Durchfahrt) wichtigen Küstenstriches zum Zwecke der Erleichterung des Zurechtfindens in späteren Fällen. Derlei Aufnahmen werden durch Abzeichnen neuerdings photographisch gemacht und die Peilungslinien der wichtigen Objekte vermerkt. Bei genauer Vertonung werden die Höhen und Abstände der einzelnen Punkte voneinander durch Winkelmessung festgelegt. *von Nieffen.*

Vertragsbruch (Kontraktbruch) in dem hier allein zu behandelnden Sinne Bruch des Arbeitsvertrags, d. h. „die Nichteinhaltung der Bestimmungen des Arbeitsvertrags aus andern als den gesetzlichen Gründen“ (Adler).

Der Arbeitsvertragsbruch kann sowohl durch den Arbeitgeber wie den Arbeitnehmer erfolgen, der in der Praxis am häufigsten vorkommende Fall ist der Vertragsbruch des Arbeiters, der die Arbeit einstellt. — Der Vertragsbruch des Arbeiters wurde früher nicht nur mit zivilrechtlichen, sondern auch mit öffentlich-rechtlichen und im besonderen auch mit strafrechtlichen Nachteilen geahndet. Noch die preußische Gewerbeordnung vom 17. Januar 1845 drohte Geldbuße bis zu 20 Talern oder Gefängnis bis zu 14 Tagen für den Kontraktbruch der Arbeiter an. Die jetzt geltende Reichsgewerbeordnung vom 21. Juni 1869 steht in Übereinstimmung mit der heutigen Wirtschaftsauffassung prinzipiell auf dem Boden der *Arbeitsvertragsfreiheit* [1] (deren Auswüchse freilich durch besondere gesetzliche Bestimmungen und staatliche Maßnahmen begrenzt oder gemildert werden sollen) und lehnt folgerichtig die Bestrafung des Kontraktbruchs ab. Nach § 122 der Gewerbeordnung kann das Arbeitsverhältnis zwischen den Gefellen oder Gehilfen und ihren Arbeitgebern, wenn nicht ein andres verabredet ist, durch eine jedem Teile frei stehende, 14 Tage vorher erklärte Aufkündigung gelöst werden. Werden andre Aufkündigungsfristen vereinbart, so müssen sie für beide Teile gleich sein; Vereinbarungen, welche dieser Bestimmung zuwiderlaufen, sind nichtig. — Ohne Aufkündigung können vor Ablauf der vertragsmäßigen Zeit Gefellen und Gehilfen aus den in § 123 der Gewerbeordnung bestimmten Gründen entlassen werden, während anderseits Gefellen und Gehilfen aus den Gründen des § 124 der Gewerbeordnung die Arbeit ohne Aufkündigung vor Ablauf der vertragsmäßigen Zeit verlassen dürfen. Von den Gründen, die den Arbeitgeber zur sofortigen Auflösung des Arbeitsverhältnisses berechtigen, seien hervorgehoben: unbefugtes Verlassen der Arbeit oder sonstige beharrliche Weigerung, den nach dem Arbeitsvertrag den Gefellen und Gehilfen obliegenden Verpflichtungen nachzukommen; Tälichkeit oder grobe Beleidigungen gegen den Arbeitgeber oder seine Vertreter oder gegen die Familienangehörigen des Arbeitgebers oder feiner Vertreter;

Unfähigkeit der Gefellen und Gehilfen zur Fortsetzung der Arbeit oder Behaftetsein mit einer abfremdenden Krankheit. Unter den Gründen, die den Gefellen und Gehilfen zum sofortigen Verlassen der Arbeit berechtigen, sind zu nennen: Unfähigkeit zur Fortsetzung der Arbeit; Tätigkeiten oder grobe Beleidigungen des Arbeitgebers oder seiner Vertreter gegen die Arbeiter oder ihre Familienangehörigen; wenn der Arbeitgeber den Arbeitern den schuldigen Lohn nicht in der bedungenen Weise auszahlt, bei Stücklohn nicht für ihre ausreichende Beschäftigung forgt oder wenn er sich widerrechtlicher Uebervorteilungen gegen sie schuldig macht; wenn bei Fortsetzung der Arbeit das Leben oder die Gesundheit der Arbeiter einer erweislichen Gefahr ausgesetzt sein würde, welche bei Eingehung des Arbeitsvertrags nicht zu erkennen war. — Wenn das Arbeitsverhältnis mindestens auf vier Wochen oder wenn eine längere als 14tägige Kündigungsfrist vereinbart ist, kann außer den in §§ 123 und 124 bezeichneten Fällen jeder der beiden Teile aus wichtigen Gründen vor Ablauf der vertragsmäßigen Zeit und ohne Innehaltung einer Kündigungsfrist die Aufhebung des Arbeitsverhältnisses verlangen (§ 124a der Gewerbeordnung). Hat ein Gefelle oder Gehilfe rechtswidrig die Arbeit verlassen, so kann der Arbeitgeber als Entschädigung für den Tag des Vertragsbruchs und jeden folgenden Tag der vertragsmäßigen oder gesetzlichen Arbeitszeit, höchstens aber für eine Woche den Betrag des ortsüblichen Tagelohns fordern. Diese Forderung ist an den Nachweis eines Schadens nicht gebunden, es wird aber anderseits durch ihre Geltendmachung der Anspruch auf Erfüllung des Vertrags und auf weiteren Schadenseratz ausgeschlossen. Dem Gefellen oder Gehilfen steht dasfelbe Recht gegen den Arbeitgeber zu, wenn er von diesem vor rechtmäßiger Beendigung des Arbeitsverhältnisses entlassen worden ist (§ 124b). Zur Sicherung des Erfatzes eines aus dem Kontraktbruch erwachsenden Schadens oder einer für den Fall des Kontraktbruchs verabredeten Vertragsstrafe können von dem Arbeitgeber Lohneinbehaltungen ausbedungen werden. Sie dürfen aber nach § 119a der Gewerbeordnung bei den einzelnen Lohnzahlungen ein Viertel des fälligen Lohnes, im Gesamtbetrag den Betrag eines durchschnittlichen Wochenlohns, nicht übersteigen. Ein Arbeitgeber, der einen Gefellen oder Gehilfen verleitet, vor rechtmäßiger Beendigung des Arbeitsverhältnisses die Arbeit zu verlassen, ist dem früheren Arbeitgeber für den entstandenen Schaden oder den nach § 124b an die Stelle des Schadenseratzes tretenden Betrag als Selbstschuldner mitverhaftet. In gleicher Weise haftet ein Arbeitgeber, der einen Gefellen oder Gehilfen annimmt, von dem er weiß, daß derfelbe einem andern Arbeitgeber zur Arbeit noch verpflichtet ist. Auch derjenige Arbeitgeber ist endlich mitverhaftet, der einen Gefellen oder Gehilfen, von dem er weiß, daß derfelbe einem andern Arbeitgeber zur Arbeit noch verpflichtet ist, während der Dauer dieser Verpflichtung in der Beschäftigung behält, sofern nicht seit der unrechtmäßigen Lösung des Arbeitsverhältnisses bereits 14 Tage verlossen sind (§ 125a a. O.). — Die vorstehend aufgeführten Bestimmungen der §§ 122—125 der Gewerbeordnung finden auch auf Arbeiter in Betrieben, in denen in der Regel mindestens zehn Arbeiter beschäftigt werden, Anwendung. Der § 124b gilt jedoch nicht für Arbeitgeber und Arbeiter in Betrieben, in denen in der Regel mindestens 20 Arbeiter beschäftigt werden [2]. Den Unternehmern in solchen Betrieben ist unterfragt, für den Fall der rechtswidrigen Auflösung des Arbeitsverhältnisses durch den Arbeiter die Verwirkung des rückständigen Lohnes über den Betrag des durchschnittlichen Wochenlohns hinaus auszubedingen (§§ 134, 139a a, 154 der Gewerbeordnung in der Fassung der Novelle vom 28. Dezember 1908 [Reichsgesetzblatt S. 667]). — Für die Betriebsbeamten gelten besondere Vorschriften; f. Betriebsbeamte.

Außer der Gewerbeordnung kommen auch noch andre besondere Gesetze, z. B. auf dem Gebiet des Bergrechts, des Schifffahrtsrechts, des Handelsrechts, des Gefinderechts, in Frage. Soweit dies nicht der Fall ist, regelt sich der Arbeitsvertrag in Deutschland nach dem Bürgerlichen Gefetzbuch und zwar nach den Bestimmungen über den Dienstvertrag (§§ 611—630). Bezuglich der Kündigung des Dienstverhältnisses gilt folgendes: Ist die Dauer des Dienstverhältnisses weder bestimmt, noch aus der Beschaffenheit oder dem Zwecke der Dienste zu entnehmen, so richten sich die Kündigungsfristen für die Regel nach den Zeitabschnitten, nach denen die Vergütung bemessen ist (täglich, wöchentlich, monatlich, vierteljährlich [§ 621]). Ist die Vergütung nicht nach Zeitabschnitten bemessen, so kann das Dienstverhältnis jederzeit gekündigt werden; bei einem Erwerbstätigkeits des Verpflichteten vollständig oder hauptsächlich in Anspruch nehmenden Dienstverhältnis ist jedoch eine Kündigungsfrist von zwei Wochen einzuhalten (§ 623). Ohne Einhaltung einer Kündigungsfrist kann in allen diesen Fällen das Dienstverhältnis von jedem Teile dann gekündigt werden, wenn ein wichtiger Grund vorliegt (§ 626). Was ein wichtiger Grund ist, wird im Gesetz selbst nicht bestimmt, hierüber hat unter Umständen das Ermessen des Richters zu befinden. Wird nach dem Beginne der Dienstleistung das Dienstverhältnis auf Grund des § 626 gekündigt, so kann der Verpflichtete einen feinen bisherigen Leistungen entsprechenden Teil der Vergütung verlangen. Kündigt er, ohne durch vertragswidriges Verhalten des andern Teiles dazu veranlaßt zu sein, oder veranlaßt er durch fein vertragswidriges Verhalten die Kündigung des andern Teiles, so steht ihm ein Anspruch auf die Vergütung infoweit nicht zu, als seine bisherigen Leistungen infolge der Kündigung für den andern Teil kein Interesse haben. Wird die Kündigung durch vertragswidriges Verhalten des andern Teiles veranlaßt, so ist dieser zum Erfasse des durch die Aufhebung des Dienstverhältnisses entstehenden Schadens verpflichtet (§ 628). — Wegen der Streitigkeiten aus dem Arbeitsvertrag f. a. Gewerberichte.

Die Bestrafung des Kontraktbruchs wird immer wieder erörtert und ist gerade in neuerer Zeit, wenn auch in erster Linie gegenüber den landwirtschaftlichen Arbeitern, wiederholt gefordert worden. Es wird namentlich geltend gemacht, daß die zivilrechtliche Haftbarkeit, soweit Arbeiter in Betracht kommen, nicht genüge, da sie wegen der Mittellosigkeit der Arbeiter meist nicht zum Ziele führt. Gegen die Bestrafung ist anzuführen, daß sie bei umfangreichen Arbeits-

einstellungen (Massenstreiks) tatsächlich undurchführbar ist und daß, insolange nicht auch auf andern Gebieten der Bruch von Verträgen strafrechtlich verfolgt wird (woran ja gar nicht gedacht werden kann), eine Befrafung des Arbeitsvertragsbruchs als eine Ausnahmebestimmung gegen die Arbeiter würde empfunden werden.

Eine weitere Ausbildung hat der Arbeitsvertrag in dem kollektiven Arbeitsvertrag, dem Tarifvertrag, der Tarifgemeinschaft [3] gefunden. Hierunter sind Vereinbarungen über die Arbeitsbedingungen verstanden, die für längere Dauer zwischen den Organisationen, Verbänden der Arbeitgeber und Arbeitnehmer, geschlossen werden, derart, daß auch die beiderseitigen Angehörigen der Organisationen an diese Bedingungen gebunden sind. Die Tarifvertragsbewegung hat namentlich in Deutschland ganz außerordentliche Fortschritte gemacht, und zwar nicht nur in industriellen, sondern namentlich auch in mehr handwerklichen Gewerben (Baugewerbe, Bekleidungsgewerbe, Holzverarbeitungsgewerbe); die älteste Tarifgemeinschaft ist die der Buchdrucker. Für und gegen Tarifverträge wird manches geltend gemacht, sie haben zweifellos auch erhebliche Schattenseiten. Aber es wird doch nach den bisherigen Erfahrungen wohl gefragt werden dürfen, daß sie eine gewisse Stetigkeit und Sicherheit der Verhältnisse im Tarifgewerbe mit sich bringen, wenigstens für die Zeit der Vertragsdauer. Für Streitigkeiten aus dem Tarifvertrag sind fast allgemein befondere Institutionen (Einigungs- oder Schlichtungskommissionen, Tarifräte) vorgeesehen. Dies ist um so notwendiger, als die rechtliche Konstruktion des Tarifvertrags eine schwierige ist, eine gesetzliche Regelung vielfach (so in Deutschland) noch nicht erfolgt ist.

[1] § 105 der Gewerbeordnung; [2] f. im einzelnen die Kommentare zur Gewerbeordnung; [3] nähert f. Art. "Tarifverträge" im Wörterbuch der Volkswirtschaft, herausgegeben von Elster, 2. Aufl., Bd. 2, Jena 1907.

Literatur: Adler, Art. "Arbeitsvertrag und Arbeitsvertragsbruch" im Wörterbuch der Volkswirtschaft, herausgegeben von Elster, 2. Aufl., Bd. 1, Jena 1906; Art. "Arbeitszeit" im Handwörterbuch der Staatswissenschaften, herausgegeben von Conrad, Elster, Lexis und Löning, 2. Aufl., Bd. 1, Jena 1904 (verschiedene Verfasser), beide mit weiterer Literatur; Lotmar, Der Arbeitsvertrag nach dem Privatrecht des Deutschen Reiches, Leipzig 1904 u. 1908; Prenner, Der gewerbliche Arbeitsvertrag nach deutschem Recht, Leitfaden, 2. Aufl.; f. ferner Koalitionsrecht, Fabrikgebetzung, Betriebsbeamte, Arbeiterschutz. *Köhler.*

Vervielfältigungsapparate, kleine einfache, daher leicht zu handhabende Apparate zur Vervielfältigung von Schriftstücken, primitiven Zeichnungen u. dergl.; für den Gebrauch in Kanzleien, Kontoren u. f. w. bestimmt.

Die Vervielfältigungsapparate lassen sich in drei Gruppen scheiden. Die erste umfaßt jene Apparate, die darauf beruhen, daß ein Schriftstück mit „ausgiebiger“ Tinte geschrieben und auf eine elastische Leimmasse übertragen wird. Von dieser können nun so lange Abdrücke gemacht werden, als die Uebertragung, welcher kein Farbstoff weiter zugeführt wird, solchen abzugeben vermag (f. *Hekograph*). Die zweite Gruppe von Apparaten beruht auf dem Prinzip, durch stellenweise unlöslichmachen der elastischen Leimmasse (indem man das zu übertragende Schriftstück mit gerbstoffhaltiger Tinte schreibt), diese Partien fähig zu gefalten, fette Druckfarbe (die bei jedem Abdruck durch eine Färbelwolle zugeführt wird) anzunehmen. In die dritte Gruppe gehören endlich alle Apparate, bei welchen die Vervielfältigung durch Schablonen erfolgt (f. *Papyrographie*).

Verwandlungsfarben, f. Konverersionsfarben.

Verwandlungswinkel oder Reduktionswinkel ist ein gezeichneter Winkel, dessen Sinus gleich einer gegebenen Zahl oder einem gegebenen Verhältnis zweier gleichartiger Größen ist. Er dient dazu, eine Reihe von gegebenen Strecken mit ein und demselben Verhältnis zu multiplizieren.

Ist dieses Verhältnis z. B. gleich $b:c$, so trägt man c in beliebigem Maßstabe auf (f. die Figur), zeichnet aus dem einen Endpunkte A' einen Kreis mit dem Halbmesser b und zieht aus dem andern Endpunkte A eine Tangente daran. Soll nun die Länge a mit $b:c$ multipliziert werden, so trägt man diefele von A aus auf dem einen Schenkel des Winkels auf gleich AB und greift die Entfernung BC vom andern Schenkel ab. — Der Verwandlungswinkel dient dazu, gegebene Zeichnungen rasch in einen andern Maßstab umzuzeichnen; ferner findet er in der graphischen Statik mannigfache Anwendung. *Mörsch.*

Verwandlung von Flächen. Um den Flächeninhalt geschlossener ebener Figuren zu messen, verwandelt man diese zuweilen auf zeichnerischem Wege in gleich große einfachere Figuren, in der Regel in Dreiecke oder Vierecke.

Um beispielsweise das Neuneck 1 2 3 ... (Fig. 1) in ein Viereck gleicher Größe zu verwandeln, zieht man parallel zu 1 3 die Linie 2 2', parallel zu 2' 4 die Linie 3 3'; ebenso auf der rechten Seite 8 8' 7 9, 7 7' 6 8' und 6 6' 5 7'; dann ist 3' 4 5 6' das gesuchte Viereck. Das Verfahren stützt sich auf den bekannten Satz, daß der Flächeninhalt eines Dreiecks unverändert bleibt, wenn man die Spitze parallel zur Grundlinie verschiebt. — Um den Kreisausschnitt ABC (Fig. 2) zu messen, streckt man den Bogen AB auf die Tangente $A'B'$, indem man mit einer nicht zu großen Zirkelloffnung von B gegen A und hierauf um ebenso viele

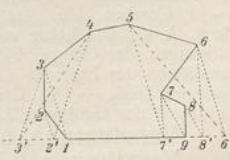
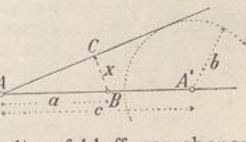


Fig. 1.

Schritte von A gegen B' wandert. Dann ist der Kreisausschnitt gleich groß wie das Dreieck $AB'C$. Ferner ist der Flächeninhalt des Kreisabschnittes AB gleich dem des überschlagenen Vierecks $AB'CB$. — Den Flächeninhalt einer krummlinig begrenzten, unregelmäßigen Figur (Fig. 3)

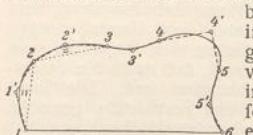


Fig. 3.

bestimmt man, indem man die kurviline Linie in Stücke 1, 2, 2, 3, 3, 4 u. f. w. zerlegt, die man genau genug als Parabeln ansehen kann. Dann verwandelt man die Abschnitte 1, 2, 2, 3 u. f. w. in Dreiecke, indem man je ein Drittel der Abschnittshöhe nach außen anfügt. So ist das Dreieck 1 1' 2 gleich dem Abschnitt 1 2. Es entsteht hierbei ein Elfeck 1 1' 2 2' 3 ..., das man schließlich wie oben auf ein Viereck überführen kann.

Den Inhalt eines Vierecks findet man als Summe zweier Dreiecke, die eine Diagonale des Vierecks als gemeinsame Grundlinie haben.

Literatur: Culmann, Graphische Statik, Zürich 1875; Ott, v., Grundzüge des graphischen Rechnens, Prag 1884; Keck, Vorträge über graphische Statik, Hannover 1894; Lauenstein, Graphische Statik, Stuttgart 1898.

Mörsch.

Verwandruten, f. Grubenzimmerung, Bd. 4, S. 653.

Verwandtschaft, chemische, oder Affinität, die Kraft, mit welcher verschiedene Stoffe unter Bildung anderer chemisch aufeinander reagieren.

Nach Guldberg und Waage kann man einen zahlenmäßigen Ausdruck für die Affinität aus der Geschwindigkeit der betreffenden Reaktion entnehmen, welche außer den wirklichen Mengen der reagierenden Stoffe ihrem Affinitätskoeffizienten proportional ist. Befonders aber das Studium der Gleichgewichtszustände zwischen reagierenden Stoffen bei unvollständiger Reaktion (f. d.) ergibt zahlenmäßige Beziehungen über die Affinität. Bei Elektrolyten, vor allem bei Säuren und Basen, läßt sich die „Stärke“, d. h. die Affinität, aus dem Dissoziationsgrad vermöge der elektrischen Leitfähigkeit bestimmen (f. Dissoziation bis Dissoziationsisotherme).

Literatur: Guldberg und Waage, Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften, Nr. 104, Leipzig; Ostwald, Lehrbuch der allgemeinen Chemie, Leipzig 1903/06; Nernst, Theoretische Chemie, 4. Aufl., Stuttgart 1903.

Abegg.

Verwandtschaft, geometrische, f. Affinität.

Verwerfen, den Mauerverband (in Backsteinmauern) verlieren oder aufheben.

Verwerfung ist eine Zerreißung oder ein Bruch eines Gesteins und eine Verschiebung der beiden auseinander gerissenen Teile längs der Bruchfläche.

Wenn eine Gesteinschicht oder ein Gang oder irgend eine mineralische Lagerstätte von einer Kluft oder von einem Gang durchschnitten wird, so ist damit häufig eine Verschiebung der beiden getrennten Teile aus ihrer gegenseitigen Lage verbunden, derart, daß der eine Teil nicht mehr in der Fortsetzung des andern liegt. Ist die Verwerfung durch einen Gang bewirkt, so heißt dieser der Verwerfer; wird sie durch eine Kluft bewirkt, so heißt sie Sprungklüft oder Verwerfungsspalte oder auch Dislokationspalte. Der einfachste Fall einer Verwerfung ist in Fig. 1 dargestellt. Hier ist eine Schicht a von einem Gang b durchsetzt und deren abgeschnittener Teil nach a_1 verworfen worden. Die senkrechte Entfernung s ist das Maß der dabei eingetreteten senkrechten Verschiebung und wird Sprunghöhe genannt. Hat der Verwerfer, wie hier dargestellt, eine geneigte Lage, so trennt er einen über ihm befindlichen Gebirgsteil, das Hangende, von einem unter ihm befindlichen Gebirgsteil, dem Liegenden. Die Verwerfung besteht dann in der Regel darin, daß das Hangende gegenüber dem Liegenden nach unten verschoben oder auf demselben abgerutscht ist, und eine solche Verwerfung heißt eine gewöhnliche oder echte Verwerfung. Seltener ist der Fall, daß, wie Fig. 2 zeigt, das Hangende einer Verwerfungsspalte nach oben verschoben ist, Ueberschiebung oder Ueberprung, in Westfalen auch Wechsel. Ueberschiebungen sind häufig die Folge seitlichen Druckes

und kommen meist in gefalteten Schichten vor. Wird ein Gebirge von mehreren parallelen Verwerfungsspalten durchsetzt, so löst sich daselbe in mehrere Schollen auf, welche dann oft nach Art von Staffeln oder Terrassen gegeneinander verschoben sind (Staffelbrüche).

Literatur: [1] Schmidt, Theorie der Verschiebungen älterer Gänge, Frankfurt 1810. — [2] Zimmermann, Die Wiederausrichtung verworfer Gänge, Lager und Flöze, Leipzig 1828. — [3] Combes, Ch., Traité de l'exploitation des mines, Paris und Lüttich 1844. — [4] Grodeck, A. v., Die Lehre von den Lagerstätten der Erze, Leipzig 1879. — [5] Köhler, G., Die Störungen der Gänge, Flöze und Lager, Leipzig 1886. — [6] Heim und Margerie, Die Dislokationen der Erdrinde, Zürich 1888. — [7] Kayler, E., Lehrbuch der Allgemeinen Geologie, Stuttgart 1893. — [8] Credner, H., Elemente der Geologie, 10. Aufl., Leipzig 1906; Toula Lehrbuch der Geologie, 2. Aufl., Wien 1906.

Leppia.

Verwitterung, f. Gesteine und Umwandlung.

Verzahnung. 1. Verbindung zur Verstärkung von Balken bezw. Unterzügen bei großen Spannweiten, wo einfache Holzstärken nicht mehr ausreichen.

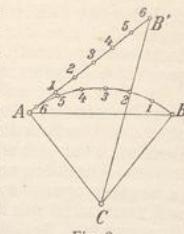


Fig. 2.



Fig. 1.

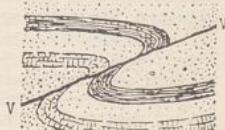


Fig. 2.

Sie besteht aus einer Zusammensetzung von 2, 3 bis 5 Hölzern in der Weise, daß die Enden der Balken nicht gleiten können. Bei einem verzahnten Balken (Fig. 1) besteht die untere Lage aus einem durchgehenden Holz, während die auf Druck in Anspruch genommene

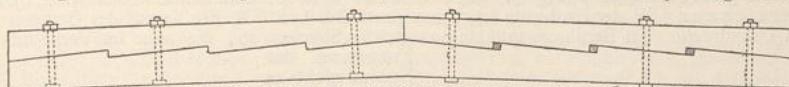


Fig. 1.

obere Balkenlage in der Mitte gestoßen ist und durch Zähne in die untere Lage eingreift. Beide Lagen sind durch Schraubenbolzen innig zu verbinden. Um ein Einschlagen der Hölzer zu verhindern, wird dieser eine aufwärtsgehende Krümmung mit einer Pfeilhöhe von 1:60 bis 1:100 der Länge gegeben. Da an den Zähnen Hirnholz auf Hirnholz trifft und hierdurch ein ineinanderprellen entsteht, ist es von Vorteil, an diesen Stellen Keile oder Dübel aus Hartholz einzutreiben, die bei späterem Schwinden des Holzes weiter nachzutreiben sind. An den Hirnenden der Oberbalken sind Platten aus Zinkblech oder dergleichen einzulegen. Die gleiche Wirkung einer Verstärkung kann durch die Verdübelung zweier aufeinander gelegter Balken (Fig. 2 und 3) erreicht werden, wobei die Herstellung der Verspannung einfacher ist, und die fest eingetriebenen Keile oder Dübel einem Gleiten kräftig entgegenwirken. Hinsichtlich der Berechnung folgender Verbindungen sei auf [1]—[4] verwiesen.

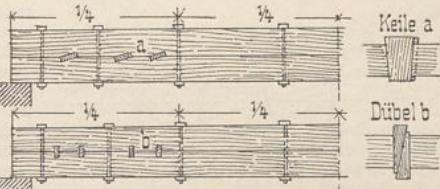


Fig. 2 und 3.

2. Die Mauerverzahnung entsteht an den Ecken oder am Ende einer senkrecht abgesetzten Mauer durch das Uebergreifen der Steine über die zunächst darüber- und darunterliegenden Stoßfugen.

Beim Blockverband des Backsteinmauerwerks (s. Bd. 2, S. 92, Fig. 1) ist diese Zahnung regelmäßig; beim Kreuzverband (Bd. 5, S. 700, Fig. 1) unregelmäßig. Verzahnungen an Bruchstein- oder Quadermauern, wie sie für den Anschluß später aufzuführender Mauern angeordnet werden, sind nur dann ratsam, wenn der Untergrund ein sehr fester ist, so daß keine Senkungen zu erwarten sind, die ein Abdrücken der Zähne beim Anbauen gewärtigen ließen.

Literatur: [1] Gottgetreu, R., Lehrbuch der Hochbaukonstruktionen, 2. Teil, Berlin 1882. — [2] Handbuch der Architektur, 3. Teil, Bd. 1, Konstruktionselemente, 2. Aufl., Darmstadt 1891. — [3] Breymann, G. A., Allg. Baukonstruktionenlehre, 2. Teil, Stuttgart 1881. — [4] Wanderley, G., Handbuch der Baukonstruktionenlehre, Bd. 2, 3. Aufl., Karlsruhe 1887. *Weinbrenner.*

Verzahnungen bewirken an Zahnradgetrieben Kraft- und Bewegungsübertragung, in Käfigwerken Abdichtung gegen Rückflörmung.

Sollen zwei Zahnräder (Fig. 1) im allgemeinen Fall mit gleichmäßiger Geschwindigkeitsübertragung, nämlich so zusammen arbeiten, daß ihre Teilkreise abrollen, ohne zu gleiten, so muß sich in jedem Augenblick das eine Rad relativ zum andern derart bewegen, daß es sich um den augenblicklichen Berührungsrandpunkt c der Teilkreise dreht. Wenn nun an beliebiger Stelle, z. B. in a , zwei Zahnflanken beider Räder sich berühren, so müssen sich auch diese augenblicklich um c drehend bewegen, d. h. die Berührung muß normal zu ac stattfinden. Darum kann ein Zahnflankentük nur in solcher Stellung richtig arbeiten, bei welcher seine Normale durch c geht. So wird der Punkt p zum Eingriff kommen, wenn die auf der Zahnflanke in p errichtete Normale $p3$ sich mit dem unteren Rade so weit gedreht hat, daß 3 nach c gekommen ist, wobei $ac = p3$ ist. Hierdurch ist ein Punkt a der Eingriffslinie bestimmt. Die Linie ac ist beiden Rädern augenblicklich gemeinsam. Dreht man nun das obere Rad mit seiner Linie ac um das Bogenstück $cIII = c3$ zurück, so kommt ac nach $qIII$ und die Zahnflanke in q muß normal zu $qIII$ verlaufen. Ebenso kommen die Punkte m und n in b zum Eingriff, während die beiden Normalen $m2$ und nII zugleich nach bc kommen. Nach diesem von Reuleaux angegebenen Verfahren der allgemeinen Verzahnung kann man zu einer gegebenen Zahnform, vorausgesetzt, daß deren Normalen den Teilkreis schneiden, die Eingriffslinie und die zugehörige Zahnform ableiten. Die Richtung von c nach einem Punkt der Eingriffslinie gibt die Kraftrichtung (ohne Rücksicht auf die Zahnflankenreibung) an.

Die Systeme sind durch die Form der Eingriffslinie bestimmt.

Die fast ausschließlich benutzte **Evolventenverzahnung** (Bd. 3, S. 520) hat eine geradlinige Eingriffslinie, die schräg durch den Berührungsrandpunkt c der Teilkreise T geht, in der Regel mit der Neigung $\beta = 75^\circ$, nach amerikanischem Gebrauch mit $71\frac{1}{2}^\circ$ oder $\tan \beta = 3$. Die die Gerade berührenden Grundkreise G sind im Verhältnis $\sin \beta$ kleiner als die Teilkreise. Bei der Abwicklung der Geraden auf einem ihrer Grundkreise beschreibt jeder Punkt eine Evolvente

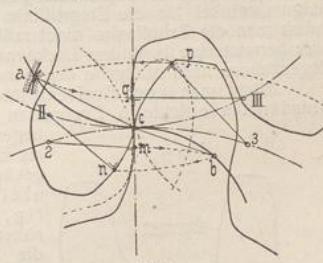


Fig. 1.

als Zahnkurve, die nur nach der Größe der Grundkreise verschieden ausfällt. Für die Zahnflange (mit unendlich entferntem Grundkreise) geht sie in eine zur Eingriffslinie senkrecht stehende gerade Linie über (Fig. 2). Bei Hohlrädern wird die Zahnflanke konkav (Fig. 3). Zur Aufzeichnung [6] der Evolvente trägt man (nach Bd. 3, S. 520, Fig. 1) auf der Geraden und dem Grundkreise vom Berührungs punkte aus gleiche Strecken ab, die man im Verhältnis zur

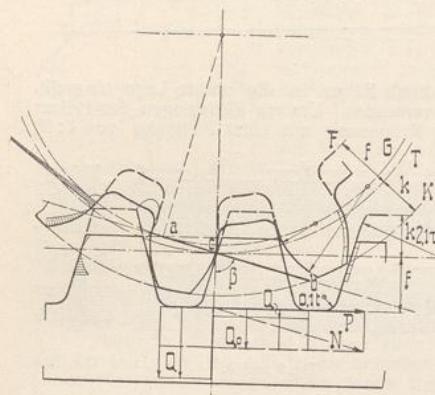


Fig. 2. Evolventenverzahnung.

Krümmung des Kreises nicht zu groß wählt, und schlägt mit dem Abstande des Punktes c (oder eines andern Punktes der Geraden) von je einem Teilpunkte der Geraden

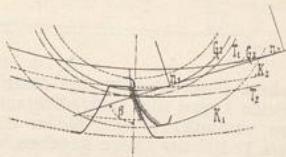


Fig. 3.

einen Bogen von dem zugehörigen Teilpunkte des Grundkreises aus; die Umhüllende der Bögen ist die Evolvente. Sie steht auf dem Grundkreise senkrecht auf und würde weiterhin mit einem symmetrisch liegenden Zweige wieder aufsteigen. Zur Übertragung der Kurve auf eine Reihe von Zähnen ersetzt man sie durch Kreisbogenstücke, auch bei der Herstellung von Werkzeugen, Modellen und Lehrern [8]. Grants Odontograph [8] ist eine Tabelle ziemlich passender Radien (Fig. 2), deren Mittelpunkte auf dem Grundkreise liegen, der für $\beta = 75^\circ$ ungefähr $1/60$ des Teilkreisdurch-

messers vom Teilkreise entfernt ist. Die Zahlenreihe verläuft allerdings sprungweise und läßt sich durch folgende Formeln [3] ausgleichen: Räder mit der Teilung $t = \tau \pi$ von 10 bis 36 Zähnen erhalten für die Kopfkurve den Radius $(1,5 + 0,085 z) \tau$ und zwischen Teilkreis und Grundkreis den Radius $0,09 z \tau$; Räder von 37 bis 200 Zähnen erhalten vom Kopfkreis bis zum Grundkreis den Radius $(1,0 + 0,085 z) \tau$. An der Zahnstange soll die obere Hälfte der Kopfkurve mit einem Radius von $2,1 \tau$ abgerundet werden, dessen Mittelpunkt im Teilkreise liegt; der Bogen schließt sich an die gerade Flanke in der Höhe von $2,1 \tau \cos 75^\circ = 0,54 \tau$ über dem Teilkreis an.

Innerhalb des Grundkreises zieht man die Fußflanke radial bis zum Fußkreis F und schließt sie mit $0,1 \tau$ oder $0,3 \tau$ als Abrundungsradius an diesen an. Da die innerhalb des Grundkreises liegende Flanke nicht richtig arbeiten kann, vielmehr, wenn sie mit dem Kopf des Gegenrades zusammentrifft, von diesem geschlagen wird, weil der sogenannte gefährliche Weg der Kopfkante den geraden Zahnfuß durchschneidet, muß man darauf achten, den Fehler zu vermeiden. Er tritt ein, wenn der Berührungs punkt von Eingriffslinie und Grundkreis im Bereich der Zähne des Gegenrades liegt, insbesondere am kleineren Rade in Verbindung mit einem großen, einer Zahnflange oder gar einem Hohlrad, nämlich wenn die kleinere Zähnezahl bei der Uebersetzung

kleiner als	1:1	2:3	1:2	1:3	1:4	1:6	1: ∞
	21	23	25	26	27	28	30

ist. In solchem Falle kann man die Köpfe des Gegenrades abkürzen, so daß sein Kopfkreis außerstens durch jenen Berührungs punkt geht (Fig. 2), wobei der Fußkreis des kleinen Rades um ein gleiches Maß weiter nach außen verlegt werden kann; oder man wählt einen kleineren Neigungswinkel für die Eingriffslinie bis auf $\beta = 60^\circ$; oder man unterscheidet den Zahnfuß, indem man die Zahnflanke nicht radial, sondern parallel zur Mittellinie der Lücke zieht [9]; oder benutzt eine befondere Lückenprofilierung (Bd. 6, S. 233); oder man rundet den Kopf des Gegenrades nach Maßgabe der Gerafflankenverzahnung.

Rückt man zwei Evolventenräder etwas auseinander (Fig. 4), so arbeiten die auf den Grundkreisen errichteten Evolventen richtig zusammen längs der unter kleinerem Winkel β liegenden gemeinsamen Tangente als Eingriffslinie, jedoch mit abgekürzter Eingriffsdauer. Ebenso bleibt die Kämigung richtig, wenn man die Zahnräder näher aneinander rückt, falls sich die Flanken nicht etwa durch Abnutzung (vgl. Fig. 5) verändert haben [1]. Diese vorzügliche

Eigenschaft der Evolventen benutzt man gern, indem man beim Einbau die Räder gerade so dicht zusammenstellt, daß die Zähne ohne Flankenspielraum, aber noch ohne Klemmen ineinander laufen.

Längs der Eingriffslinie kommt der zwischen den beiden Kopfkreisen enthaltene Abchnitt acb als Eingriffsstrecke zur Wirkung und ein gleichgroßer Eingriffsbogen auf dem Grundkreise, dem ein im Verhältnis $1 : \sin \beta$ größerer Eingriffsbogen auf dem Teilkreis entspricht, z. B. $a b / \sin 75^\circ = 1,035 a b$. Die Eingriffsdauer, nämlich das Verhältnis des Eingriff-

Fig. 5.

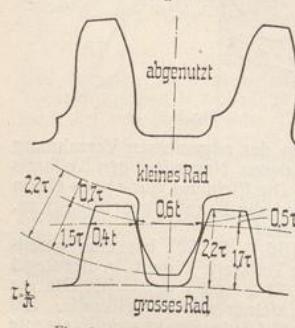


Fig. 6. A.E.G.-Verzahnung.

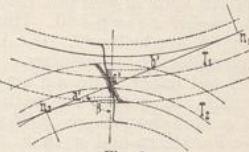


Fig. 4.

bogens des Teilkreises zur Teilung muß größer als 1 sein, damit jedes Zahnpaar mindestens so lange in Eingriff bleibt, bis das folgende eingesetzt hat. Man erhält eine Eingriffsdauer über 2 bei großer Geschwindigkeit durch Annahme einer reichlichen Zähnezahl.

Im Beginn des Eingriffs fleimt sich der Kopf des getriebenen Rades mit seiner Kopfkante gegen die Fußflanke des treibenden Zahnes, noch bevor er sich unter der Wirkung des Zahndruckes elastisch deformiert hat. Hiergegen empfiehlt sich, die Kopfflanke an ihrem äußersten Teil etwas mehr zu krümmen, als der genauen Evolventenform entspricht [3], unter Einhaltung genügender Eingriffsdauer. Ueberhaupt wirkt die Schiebung vor der Zentralen nicht so günstig wie das Ausstreichen hinter ihr. Der in die Richtung der Eingriffslinie fallende Normaldruck der Zahnflanken hält sich bei Evolventen konstant auf $P_{\text{sin}}\beta$ für P_{kg} Umfangskraft im Teilkreis; doch erhöht sich der die Räder auseinander drängende radiale Seitendruck $Q_0 = P \text{ctg } \beta$ (mit $\text{ctg } 75^\circ = 0,268$) infolge der Reibung der Zahnflanken vor der Zentralen fast auf $1/2 P$, ermäßigt sich aber dahinter auf einen geringen Betrag, wie in Fig. 2, für $\mu = 0,2$ berechnet, an der Zahntange eingezeichnet ist.

Die Abnutzungscharakteristik oder die Reibungsarbeit an den einzelnen Punkten der Zahnflanken ist abhängig vom Normaldruck, der Reibziffer und der relativen Gleitung, die aus dem Unterschied der bei kleinen Winkelrehungen zum Angriff kommenden Teilstrecken der Zahnkurven zu bestimmen ist. Fig. 2 enthält rechts eine größere Einteilung der Zahnkurven für je ein Viertel der Teilung und links die von Büchner [4] für 16 auf 48 Zähne berechnete Abnutzungscharakteristik, die im Teilkreise gleich Null und im Grundkreise unendlich groß wird. Praktisch verläuft die Abnutzung unter Veränderung der Evolvente in eine doppelt geschwungene Kurve (Fig. 5, Gußeisenrad vom Heilbronner Wafferwerk), indem neben einem stark auf Abnutzung beanspruchten Punkte die Nachbarpunkte zur Mitwirkung kommen, und außerdem die Kopfkante den Fuß des Gegenzahnes abschafft. Beim ersten Einlaufen der Räder schlagen sich zunächst die vorstehenden Flächenteile der Flanken nieder, weil schon bei unmeßbar kleinen Abweichungen von der richtigen Zahnform, wie bei dem Erfat einer Evolvente durch feinen dazu passenden Kreisbogen, starke Änderungen der Geschwindigkeit und hohe Beschleunigungsdrücke auftreten [7].

Für Evolventenfzräder benutzt man bei $\beta = 75^\circ$ gewöhnlich eine Kopfhöhe $k = 0,3 t$ und eine Fußhöhe $f = 0,4 t$ oder $k = 1,0 r$ und $f = 1\frac{1}{6} r$, unter der angegebenen Beschränkung. Die praktisch bewährte Evolventenfzräderverzahnung von Paul Hoppe, die nicht vom Teilkreis ausgeht, sondern den zusammenarbeitenden Rädern gleiche Teilung auf dem Grundkreis gibt, wird in [9] ausführlich dargestellt.

Einzelräder baut man paarweise ohne Rücksicht auf allgemeine Verwendbarkeit unter Bevorzugung des hinter der Zentralen liegenden Eingriffs und mit annähernd gleicher Stärke der Zähne im Fußkreis [5]. Nach einem Vorschlag von Keller hat die Allgemeine Elektricitätsgeellschaft in Berlin für die Uebersetzung von Elektromotoren ins Langsame die in Fig. 6 eingeschriebenen Maßverhältnisse angenommen, als fogenannte A.E.G.-Verzahnung [2]. Zur Erzielung ruhigen Ganges, z. B. beim Antrieb einer Tischhebelmaschine mit Zahntange, kann man auf den Eingriff vor der Zentralen ganz verzichten, indem man der Stange nur niedrige, abgerundete Köpfe gibt und für das eingreifende Zwischenrad große Kopfhöhe oder mindestens 40 Zahnhöhe wählt. (Siehe Fig. 6, ab Bl. 4, S. 486) eine aus zwei Kreisbogen-

Die Zykloidenverzahnung (Fig. 7) hat (nach Bd. 2, S. 486) eine aus zwei Kreisbögen bestehende Eingriffslinie, nämlich die Rollkreise, die außerhalb und innerhalb auf dem Teilkreise abrollend, mit einem ihrer Punkte die Zykloiden beschreiben. Zur Aufzeichnung [6] trägt man gleiche, nicht zu große Strecken auf Teilkreis und Rollkreis vom Berührungs punkte c aus mehrmals ab und schlägt mit der Entfernung des Punktes c von einem Teilpunkte des Rollkreises einen Bogen um den zugehörigen Teilpunkt des Teilkreises; die Umhüllende der Kreisbögen ist eine Epizykloide außerhalb und eine Hypozykloide innerhalb des Teilkreises, an der Zahnstange (Fig. 7) eine Orthozykloide oberhalb und unterhalb des Teilkreises. Die Eingriff strecke $a \dots b$ wird durch die Kopfkreise begrenzt. Der Eingriffsbogen auf dem Teilkreise ist gleich groß. Die Eingriffsdauer als das Verhältnis von $a \dots b$ zur Teilung muß größer als 1 sein. Die Fußkurven, die sich mit dem Abrundungsradius von $0,1 t$ an den Fußkreis anschließen, kommen nur so weit zum Angriff, wie die Punkte a und b innerhalb der Teilkreise liegen. In Fig. 7 sind rechts die auf je $\frac{1}{4} t$ angreifenden Strecken der Zahnkurven abgeteilt, links ist die für 16 auf 48 Zähne berechnete Abnutzungs charakteristik [4] angetragen und das von der Kopfkante im Fuß des Gegenzahnes allmählich auszuschabende Stück angedeutet. Der Normaldruck fällt während der Berührung in der Zentralen gerade in die Umfangsrichtung, bei a und b in die Richtung $a \dots b$. Dementsprechend steigt der Seitendruck Q_0 von Null in der Zentralen nach vorn und hinten an; mit Einrechnung der Reibung für $\mu = 0,2$ erhöht sich der Seitendruck Q im Punkte a auf $0,7 P$ und verursacht beim Durchgang durch die Zentrale einen Druckwechsel. Hiernach verläuft die Kraftübertragung nicht so sanft, wie man gewöhnlich annimmt. Die Räder müssen, um richtig zu arbeiten, genau auf Berührung der Teilkreise eingestellt werden. Gegenüber den Evolventen bleibt als Vorteil nur der die Abnutzung mildernde Umstand der An schmiegeung erhabener und hohler Flanken.

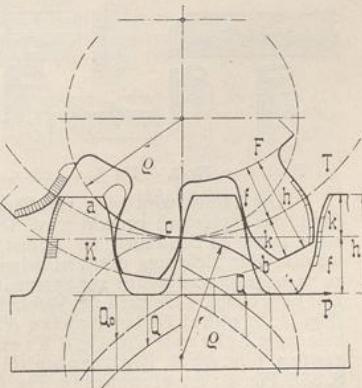


Fig. 7. Zykloidenverzahnung.

Für Satzräder wählt man den Radius der Rollkreise je zu $\varrho = 7/8 t$ oder $2,75 \tau$, die Kopfhöhe $k = 0,3 t$ oder $1,0 \tau$, die Fußhöhe $f = 0,4 t$ oder $7/6 \tau$, auch bis $5/4 \tau$. Für Einzelräder nimmt man wohl den einen oder andern Rollkreis größer an, zur Erhöhung der Eingriffsdauer, wobei allerdings das nutzbare Stück der Zahnfußkurve kürzer ausfällt. Wenn der Rollkreis gerade halb so groß wie der Teilkreis ist, wird die Fußkurve eine radiale gerade Linie; zweckmäßig benutzt man für Uhrwerkräder und Holzzähne (Bd. 5, S. 113 und 128) zur Vermeidung der radialem Unterschneidung der Zahnfüße als Zahnlücken Aequidistanten als Geradflankenverzahnung (Bd. 4, S. 396). Wenn der Rollkreis gleich dem Teilkreis ist, bleibt der sonst die Fußkurve beschreibende Punkt im Teilkreis liegen und gleitet längs des Teilkreisbogens als Eingriffslinie an der Kopfkurve des Gegenzahnes, als Punktverzahnung (Bd. 7, S. 297). Mit Aequidistanten im Abstande der halben Zahnstärke erhält man für den Punkt einen Kreis (s. Triebflockverzahnung). Für eine Zahnlänge mit Triebflocken beschreibt die Triebflockmitte (als Punkt auf dem geraden Teilkreis als Rollkreis) flott der Zykloide eine Evolvente auf dem Teilkreise des Rades und für eine auflaufende Gelenkkette (Bd. 5, S. 459) einen Kreisbogen.

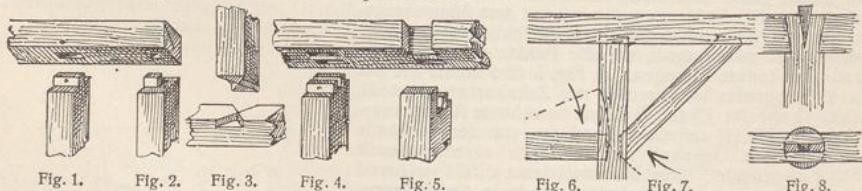
Eine gemischte Verzahnung mit Zykloiden als treibenden Flanken und Evolventen mit $\beta = 53^\circ$, nämlich $\sin \beta = 0,8$, als Rückenflanken bildet die Daumenverzahnung (Bd. 2, S. 677); f. a. Hebedaumen (Bd. 5, S. 1).

Konchoidenverzahnung (Fig. 8) mit Konchoiden als Eingriffslinie ist als ein zwischen Evolventen- und Zykloidenverzahnung vermittelndes System vorgeschlagen [3], bestimmt durch kreisbogenförmige Kopf- und Fußkurven für die Zähne der Zahnlänge vom Radius 5τ , deren Mittelpunkte auf einer mit der Neigung $1:6$ durch den Teilkreis gehenden Geraden liegen. Die nach Fig. 1 zu entwickelnden Radzahnkurven schmiegen sich erhaben und hohl aneinander und

gehen schräg durch die Teilkreise, die beim Einbau der Räder auf Berührung einzustellen sind. Die Seitendrucke halten günstige Mittelwerte zwischen denen der andern Systeme ein, ebenso die Abnutzungscharakteristik, deren Höchstwerte, berechnet für 16 auf 48 Zähne [4], sich für Zykloiden, Konchoiden und Evolventen wie $2,6:6,8:\infty$ verhalten. Für die Zahnhöhen sind in [3] mit Rücksicht auf Festigkeit im allgemeinen niedrige Werte in Vorschlag gebracht, doch kann man für Konchoidenlatzräder bis herab zu neun Zähnen die sonst üblichen Maße ohne weiteres anwenden. Triebe von vier bis acht Zähnen sind besonders auszubilden.

Literatur: [1] Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1894, S. 168/170. — [2] Ebend. 1899, S. 1417/1569. — [3] Ebend. 1900, S. 304 bis 311. — [4] Ebend. 1902, S. 159 bis 165. — [5] Ebend. 1903, S. 315. — [6] Ebend. 1903, S. 690, 713, 739 und 854 bis 857; 1905, S. 752. — [7] Ebend. 1905, S. 163 bis 167. — [8] Katalog von Friedrich Stolzenberg & Co. in Berlin-Reinickendorf. — [9] Verhandl. des Vereins für Gewerbeleß 1909, S. 245 f. Lindner.

Verzapfung, Verbindung bei meist senkrecht sich treffenden Hölzern, wobei nur ein oder kein Holz über den Kreuzungspunkt hinausreicht; sie dient zur Versteifung von Pfosten und Bildung von festen Dreiecken und wird gebildet durch den Zapfen und das Zapfenloch.



Der Zapfen wird $= 1/3$ Holzstärke gemacht, seine Länge jedoch geringer als Holzbreite, damit das Zapfenloch gedeckt wird. Dieses ist nicht zu tief zu machen und genau auszuflößen; auch sollte an Schwellen für Abfluß von Waffer aus den Zapfenlöchern Vororge getroffen werden. Zur Sicherung der Verbindung ist der Zapfen zu verbohren und mit einem Holznagel zu vernageln, was jedoch zur Sprengung der Längsfasern führen kann, weshalb das in neuerer Zeit unterbleibt. — Je nach der Verbindung kommen an Verzapfungen vor: 1. gerader Zapfen (Fig. 1); 2. gäschfelter Zapfen (Fig. 2); 3. Brustzapfen (f. d., Bd. 2, S. 372); 4. wiederkehrender Eckzapfen (f. d.); 5. Kreuzzapfen (Fig. 3); 6. Scherzapfen (f. d.); 7. Doppelzapfen (Fig. 4); 8. Blattzapfen (Fig. 5); 9. Keilzapfen (f. Schwalbenschwanz, Bd. 7, S. 837, Fig. 4); Streichzapfen (Fig. 6); 11. Jagdzapfen (Fig. 7); 12. Grundzapfen (Fig. 8) bei Pfahlröhren.

Weinbrenner.

Verziehen, 1. f. v. w. Abziehen und Ziehen (f. Markscheidekunde).
2. Beim Grubenausbau f. v. w. den Verzug einbauen (vgl. Grubenausbau, eiferner, und Grubenzimmerung).

Verzinken. Verschiedene Gegenstände aus Eisen werden, nachdem sie mit verdünnter Schwefelsäure gebeizt, gründlich gereinigt, in eine Salmiaklösung gelegt und dann getrocknet wurden, in geschmolzenes Zink, welches zur Verhinderung der Oxydation mit Salmiak bedeckt ist, eingelegt. Man sucht die Gegenstände dadurch vor Rost zu schützen.

Die wichtigsten Produkte sind die verzinkten (galvanisierten) Dachbleche und die verzinkten (galvanisierten) Schmiedeeisen-Röhren. Näheres über das Verfahren f. in Menzel, R. D. Der praktische Verzinker, Leipzig 1909.

Verzinkung, Eckverbindung von Brettern, Bohlen u. dergl. oder Eisenstäben, welche mit schwalbenschwanzförmigen Zähnen ineinandergreifen (s. die Figur). Weinbrenner.

Verzinnen. Das Zinn wird in ähnlicher Weise wie Zink (f. Verzinken) zu Ueberzügen von Blei, Kupfer, Eisen u. f. w. verwendet.

Mit Zinn überzogene Eisenbleche (fogenannte Weißbleche) sind weniger
halthbar als verzinkte Bleche. Näheres f. Hartmann, F., Das Verzinnen, 3-5
5. Aufl., Wien 1906.

gen Zahlen	4	3	3
Weinbrenner.	4	3	3
se wie Zink	3	5	0
Eisen u. f. w.	5	3	0
e) find weniger	3	5	0
Das Verzinnen,	5	3	0

Vestibül, f. Vorplatz.

Vesuvian (Idokras), Mineral, Kalk-Tonerde-Silikat.

Kristallisiert quadratisch, kurz-faulenförmig, auch strahlig (Egeran). Durchsichtig bis durchscheinend; glas- bis fettglänzend; grün, braun (Egeran), schwarz, feinen gelb, rot oder blau (Cyprin). Spröd, Härte $6\frac{1}{2}$. Spez. Gew. 3,34–3,44. Ziemlich leicht schmelzbar. Von Säuren nur nach dem Schmelzen angreifbar. Vorkommen meist in veränderten körnigen Kalk, in krißfallinen Schiefern. Klare Steine werden als Schmucksteine in Treppen- oder Tafelform verwendet. Wert gering. *Leppla.*

Viadukte (Talbrücken) dienen zur Ueberführung eines Verkehrsweges über eine Bodensenkung. Im Gegensatz zu andern Brückenbauwerken ist ihre Ausführung nicht durch die Freihaltung des unterhalb befindlichen Raumes zu Zwecken des Verkehrs oder Wasserabflusses bedingt, sondern sie gelangen hauptsächlich aus Rücksichten für die Kostenerparnis an Stelle einer vollen Dammförderteilung oder einer mit einem Damme überförderten gewölbten Brücke oder eines Durchlasses zur Ausführung.

Die Höhengrenze, von welcher an ein Viadukt bereits billiger zu stehen kommt als eine Damm schüttung, hängt ab vom Grundeinlösungspreise (Hochbahnen in geschlossenen Ortschaften werden immer auf Viadukten geführt werden) und von den Einheitspreisen der Damm schüttung gegenüber jenen eines Viaduktbaues; durchschnittlich ist dieselbe bei 18—20 m gelegen, doch können besondere Umstände — teure Grundpreise, unzuverlässiges, zu Rutschungen geneigtes Aufschüttungsmaterial, ästhetische Rückichten — den Viaduktbau auch schon bei geringerer Höhe zweckmäßig erscheinen lassen, während anderseits wieder reichlich verfügbares Damm material die Herstellung auch weit höherer Dämme rechtfertigen kann. Die Notwendigkeit, durch einen solch hohen Damm einen langen, schlauchartigen Durchlaß führen oder eine Brücke mit hohen Widerlagern erbauen zu müssen, wird aber, insbesondere bei Bergbahn en, meist die Ausführung eines Viaduktes als vorteilhafter erscheinen lassen.

Die Viadukte werden aus Holz, Stein oder Eisen errichtet; doch kommen hölzerne Viadukte nur für provisorische Anlagen in Betracht. Auf den westlichen amerikanischen Bahnen, welche waldräiche Gebiete durchziehen, sind dieselben in der Form der hölzernen Trestleworks (f. Gerüftbrücken) nicht selten.

Die steinernen Talbrücken werden meist im Halbkreis gewölbt. Eine rohe Regel für die günstigste Lichtweite ist $l = 4 + 0,4 h$, worin h die mittlere Höhe, doch ist diese von dem Verhältnis der Pfeilerkosten, die auch durch die Fundierungsverhältnisse bedingt sind, zu den Kosten des Gewölbemauerwerkes abhängig. Eingehenderes f. in [1]. Bei großer Höhe ist für die Wölbform in einigen Beispielen auch der überhöhte Korbogen in Anwendung gebracht worden. Beispiele sehr hoher gewölbter Eisenbahnviadukte sind: der Göltzschtalviadukt mit 80,4 m, der Elstertalviadukt mit 69,7 m, beide auf den sächsischen Staatsbahnen, der Muldentalviadukt mit 68,0 m auf der Chemnitz-Leipziger Bahn, der Diedenmühlviadukt mit 57,0 m auf der Chemnitz-Rifaer Bahn, der Schmiedetobelviadukt (Arlbergbahn) mit 54,0 m, der Viadukt de l'Aulne mit 54,0 m, der Viadukt über die Kalte Rinne (Semmeringbahn) mit 45,7 m Höhe u. a. Der früher übliche Stockwerksbau (Viadukte der Semmeringbahn) oder die Verpreßung der Pfeiler durch Spannbogen (Göltzschtalviadukt u. a.) findet jetzt selbst bei hohen Viadukten keine Anwendung mehr. Bei gleichzeitiger Wölbung der Viaduktöffnungen haben die Pfeiler nur dem Unterschiede des Horizontalstichbunes der angrenzenden Gewölbe unter Berücksichtigung der zufälligen Belastung einer Öffnung standzuhalten, können daher verhältnismäßig schlank ausgeführt werden. Da aber bei größerer Länge des Viaduktes nicht fämtliche Öffnungen gleichzeitig zur Wölbung bzw. Auschalung kommen, so trennt man je drei bis fünf Öffnungen durch

einen stärkeren Standpfeiler, der dann für den einseitigen Gewölbschub zu berechnen ist. Wenn Täler mit schmalen Sohle und steilen, felsigen Lehnen oder ein größerer Flusslauf zu überqueren sind, so ist eine große Mittelöffnung angezeigt, die mit einem Segmentbogen überspannt wird. Auf diesen stützt sich eine Bogenstellung, welche sich beiderseits bis zum Anschluß an die Tallehnen fortsetzt (Montzotalbrücke bei Salcano mit 85 m, Lavaurviadukt mit 61,5 m, Antoinetteviadukt mit 47,4 m [letztere zwei in der Eisenbahnlinie Montauban—Castres], Waldlitobelviadukt auf der Arlbergbahn mit 41 m Spannweite). Hinsichtlich der konstruktiven Durchbildung der gewölbten Viadukte s. Brücken, steinerne.

Die eisernen Viadukte haben eisernen Ueberbau auf gemauerten oder auf eisernen Pfeilern. Die günstigsten Öffnungsweiten sind hier wieder auf Grund der geringsten Baukosten zu ermitteln. Untersuchungen hierüber und Formeln in [2]. — Für den eisernen Ueberbau der Viadukte mit mehreren Öffnungen werden Einzelträger, durchgehende, Gelenk- und Bogenträger angewendet. Auf Einzelträger ist man besonders dort angewiesen, wo der Viadukt in einem Bogen gelegen ist. Sie werden als Parallelträger oder als Träger mit polygonalen Gurtungen ausgeführt. In letzterem Falle kommen Fischbauchträger oder auch Linsenträger mit obenliegender Fahrbahn zur Anwendung. Wegen der Entgleisungsgefahr hat man wohl bei langen Viadukten die Bahn etwas versenkt angeordnet, dagegen erscheint die Lage der Bahn am Untergurte der Hauptträger (Trisanaviadukt) bei großer Höhe des Viaduktes nicht recht begründet. Die früher häufig angewandten kontinuierlichen Träger, welche allerdings den Vorteil des freien Ueberriebens des Tragwerks, also der Ersparung des bei hohen Viadukten kostspieligen Montierungsgerüstes, boten, werden wegen der andern mit diesem Konstruktionsystem verbundenen Nachteile in Deutschland und Österreich jetzt nur selten ausgeführt. Man wendet dafür mit Vorliebe den kontinuierlichen Gelenkträger (f. d.) an, durch welchen sich die gleichen Vorteile der Gewichtersparnis und der Montierung ohne Gerüst erzielen lassen. Insbesondere durch den letzten Umstand ist man gerade bei Viadukten zu den ersten größeren Anwendungen des kontinuierlichen Gelenkträgers veranlaßt worden (Kentucky-Riverviadukt, neuer Niagaraviadukt, Moldauviadukt bei Cervena u. a.). Endlich sind Viadukte mit Bogenträgern dort mehrfach ausgeführt worden, wo bei einer Talübersetzung sich die Anordnung einer großen Mittelöffnung als zweckmäßig herausstellte und an den Tallehnen feste Widerlager gefunden werden konnten. Beispiele: Garabitviadukt, die beiden Dourobrücken, Kornhausbrücke in Bern, Wupperviadukt bei Münster u. a. (f. a. Bogenbrücken). Eine besondere Ausbildung hat bei den eisernen Viadukten der Bau der Pfeiler erfahren; f. a. Pfeiler, eiserne.

Literatur: [1] Hoffmann, L., Zeitschr. d. Arch.-u. Ing.-Ver. zu Hannover 1881, S. 559. — [2] Weiß, F. J., Dimensionierung und ökonomisch günstige Zahl von Zwischenpfeilern u. f. w., Zeitschr. d. Ver. deutsh. Ing. 1880, S. 169. — [3] Röll, Encyclopädie des gesamten Eisenbahnwesens, Wien 1895, Art. Viadukte. *Melan.*

Vibrator (Abklöpfer), f. Druckluftwerkzeuge, Bd. 3, S. 131.

Vibraphon, f. v. w. Phonautograph (f. d.).

Viehhof, 1. ein den Viehställen nahegelegener, umhegter Raum zum Aufenthalt während des Ausmiftens der Ställe; 2. Gebäude für die Abhaltung der Viehmärkte (f. Schlachthaus, Bd. 7, S. 696, Fig. 2). *Weinbrenner.*

Viehrampe, f. Laderampe. — **Viehtransportwagen**, f. Eisenbahnwagen, Bd. 3, S. 346. — **Viehzüge**, f. Eisenbahnbetrieb V, Eisenbahnverkehr III.

Vielblatt, in der mittelalterlichen Baukunst ein Kreis, der innerlich mit mehreren Spitzbögen besetzt ist (f. Maßwerk, Bd. 6, S. 331, Fig. 1—6).

Vieleck, f. Polygon.

Vieleckzimmerung (Polygonbau), f. Grubenzimmerung.

Vielpaß, in der mittelalterlichen Baukunst ein Paß, der innerlich mit mehreren Halbkreisbögen besetzt ist (vgl. Dreipaß, Bd. 3, S. 105, Fig. 1—3).

Viereifen, f. Stemm- und Stechzeug.

Vierfarbendruck, die Erzeugung farbiger Reproduktionen durch Uebereinanderdruck von vier Teilbildern.

Gewöhnlich wird der Vierfarbendruck so ausgeübt, daß man den mittels der Dreifarbenphotographie (f. d.) und des autotypischen Verfahrens (f. Autotypie) hergestellten drei Farbentwickelpfosten, die mit gelber, purpurroter und grünblauer Druckfarbe zu drucken sind, noch eine vierte, sogenannte Grauplatte, die mit einer neutral gefärbten Druckfarbe gedruckt wird, hinzufügt. Dies geschieht immer dann, wenn das Original sehr viele graue Flächen besitzt, die bei Anwendung des reinen Dreifarbenbetrugs (infolge der schwer einzuhaltenden völligen Gleichmäßigkeit des Farbeauftrags bei allen drei Platten) leicht verschiedene dominierende Färbung erhalten. Das Negativ für diese vierte Platte erzeugt man in der Regel durch eine einfache orthochromatische Aufnahme (f. Orthochromat). Der eben geschilderte Vierfarbendruck stellt also eigentlich nur eine Ergänzung des Dreifarbenbetrags dar. — Anders verhält es sich beim Vierfarbendruck, dem die Anwendung der Hering'schen Grundfarben: Gelb, Blau, Rot und Grün zugrunde liegt. Die Idee hierzu hat zuerst J. M. Eder in Wien (1896) ausgesprochen. Als Druckpigmente kommen Chromgelb, Krapplack, ein Blau- und ein Grünlack (ultramarinblau der eine, reingrün der andre) in Betracht. Der wichtigste Vorzug dieses Vierfarbendrucks besteht darin, daß neben rein violetten Farbtönen feurig grüne erhalten werden

können, was beim Dreifarbenindruck kaum möglich ist. Jedoch ist er nur für Buchdruck mit Autotypieplattendruck, nicht aber für Lichtdruck oder gar für Heliogravüre anwendbar, weil bei diesen beiden fast geschlossene Farbschichten übereinander gelagert kommen, infolgedessen durch die mangelhafte Transparenz der Druckfarben bedeutende „Ueberdeckungsfehler“ sich einstellen. Bei der Autotypie dagegen kommen „Punkttöne“ (vgl. Preßendruckverfahren, photographische) in Betracht, und es liegen daher in den helleren Mittel- und Lichttönen die einzelnen Farbelemente nebeneinander; die Mischfarbe entfehlt dann nicht durch subtraktive Mischung, sondern durch optische Synthese, deren Gefetze analog denen der additiven Farbmischung verlaufen und sehr reine Mischfarben bilden lassen. Die photographische Auslösung jeder der vier Komponenten: Ultramarinblau, Karminrot, Reingelb und Reingrün stößt auf große Schwierigkeiten. Es ist nämlich nicht möglich, der Anforderung zu entsprechen, daß bei jeder der vier Teilaufnahmen eine Farbe wie Weiß, alle drei übrigen aber wie Schwarz sich verhalten; z. B. ist es unmöglich, Grün wie Weiß und Gelb wie Schwarz zu photographieren. Daher sind die erhaltenen Negative mangelhaft, und es muß eine sehr weitgehende Retusche durch „Nachätzen“ und Ueberarbeiten der Druckplatten mit Stichel, Polierstahl und Roulette (f. d.) stattfinden. Zur Vermeidung des Moires (d. i. die Bildung schachbrettartiger Muster beim Uebereinanderdrucken unrichtig untereinander gewinkelter Punkt- oder Strichlagen) muß beim Vierfarbenindruck (da die Winkelung eines Kreuzrasters um 30° nur dreimal erfolgen kann; eine vierige ergäbe die Koinzidenz der neuen Raftersetzung mit einer der drei vorhergegangenen) der Raster bei zwei Aufnahmen dieselbe Position einnehmen und durch Verwendung zweier Schlitzenblenden (\diagup und \diagdown) jedesmal eine andre der beiden Linienlagen unwirksam gemacht werden.

Literatur: Unger, A. W., Die Herstellung von Büchern, Illustrationen u. f. w., Halle a. S. 1906.

A. W. Unger.

Vierung, 1. Viereck, Quadrat; 2. in einer Kirche der weite Raum, welcher durch die Kreuzung von Langhaus und Querschiff entsteht (f. Bafilika, Bd. 1, S. 557, Fig. 5—8) und äußerlich meist durch einen Aufbau, den Vierungsturm, zum Ausdruck gebracht wird; 3. kleines Steinstück, welches an einer beschädigten Stelle eines Werkstückes eingesetzt und verkittet wird, nachdem vorher jene Stelle im Viereck, oft auch in Schwalbenschwanzform, aufs genaueste ausgehauen worden ist.

Vierungsturm, der Turm, der bei kirchlichen Bauten dort, wo sich das Langschiff mit dem Querschiff durchkreuzt (die Vierung), angeordnet wird.

Vignette (Weinrankenverzierung), kleine Abbildungen von Ansichten, Figuren u. f. w., die auf Anfangsseiten, Titeln oder Rändern der Bücher zum Abdruck gelangen.

Sie kamen seit Entwicklung des Buchdrucks in Aufnahme und wurden namentlich viel in Frankreich verwendet. In neuerer Zeit ist in diesem Kunstzweig Bedeutendes geleistet und veröffentlicht worden; vgl. Meyer, F. S., Handbuch der Ornamentik, Leipzig 1895; Musterbuch für graphische Gewerbe, Stuttgart 1886; Stuck, Franz, Karten und Vignetten, Wien 1886; Gerlach, M., Allegorien, 1. und 2. Folge, Wien 1897—1900; Derf., Feltens und dekorative Gruppen, Wien 1896; Derf., Die Pflanze in Kunst und Gewerbe, unter Mitwirkung von A. Ilg, A. Leder, J. Berger, Sturm, Unger u. a., Wien 1886 ff.; Liénard, Spezimen der dekorativen Ornamentik, Berlin 1876.

Weinbrenner.

Vignoleschiene (Breitfußschiene), f. Schienenerstellung, Oberbau.

Vigognegarn, f. Streichgarnspinnerei, S. 375.

Vigoureux, f. Kammgarnspinnerei, Bd. 5, S. 324.

Villa, f. Landhaus.

Virial (von vis, Kraft), Begriff der Mechanik und Wärmetheorie.

Ein beliebiges System von materiellen Punkten (f. Materielles System, Bd. 6, S. 333) befindet sich in stationärer Bewegung hinsichtlich eines beliebigen rechtwinkligen Koordinatensystems, d. h. in einer Bewegung, bei welcher sich die Punkte nicht fortwährend weiter von ihren ursprünglichen Lagen entfernen, und die Geschwindigkeiten nicht immer in gleichem Sinne veränderlich sind; die Punkte sollen innerhalb eines bestimmten Raumes bleiben und die Geschwindigkeiten nur innerhalb gewisser Grenzen schwanken (Bewegung der Planeten, elastische Schwingungen, Wärmebewegung u. f. w.). Bezeichnungen für einen Punkt der Masse m v die Geschwindigkeit, x, y, z die rechtwinkligen Koordinaten, X, Y, Z die in den Richtungen der Koordinatenachsen wirkenden Kräfte, so ergibt sich der Mittelwert der lebendigen Kraft des Systems für ein genügend großes Zeitintervall (bei periodischen Bewegungen schon innerhalb einer oder mehrerer ganzer Perioden):

$$\Sigma \frac{m v^2}{2} = -\frac{1}{2} \Sigma (Xx + Yy + Zz),$$

wobei v^2 und die Produkte auf der rechten Seite Mittelwerte für jenes Zeitintervall bedeuten. Der Wert rechts hängt wesentlich von den wirkenden Kräften ab und würde bei konstanten x, y, z der Mittelwerte Xx, Yy, Zz proportional den Kräften X, Y, Z sein, weshalb Clausius den Namen Virial dafür einführte [3]. Diejenigen Teile des Virials, welche von den äußeren und inneren Kräften herrühren (Bd. 1, S. 103; Bd. 6, S. 333), werden als äußeres Virial und inneres Virial unterschieden. Vorstehende Gleichung besagt nun: Die mittlere lebendige Kraft des Systems ist gleich seinem Virial. Für die Wärmebewegung wird die mittlere

lebendige Kraft proportional der absoluten Temperatur (S. 519) angenommen. Diese Anschauungen suchte man zur Erklärung der Wärmeerscheinungen zu verwerten.

Literatur: [1] Jakobi, Vorlesungen über Dynamik (1. Aufl. von Clebsch 1866) Gesammelte Werke, Supplementband, Berlin 1884, S. 21. — [2] Lipschitz, Ueber einen algebraischen Typus der Bedingungen eines bewegten Massensystems, Crelles Journ. 1866, S. 333. — [3] Claußius, Ueber einen auf die Wärme anwendbaren Satz, Poggendorffs Annalen 1870, CXLI, S. 123. — [4] Claußius, Ueber die Zurückführung des zweiten Hauptatzes der mechanischen Wärmetheorie auf mechanische Prinzipien, Poggendorffs Annalen 1871, CXLII, S. 433. — [5] Villarceau, Sur un nouveau théorème de mécanique générale, Comptes rendus 1872, LXXV, S. 232. — [6] Claußius, Ueber verschiedene Formen des Virials, Poggendorffs Annalen 1874, Jubelband S. 411. — [7] Grashof, Theoretische Maschinenlehre, I, Leipzig 1875, S. 258. — [8] Van der Waals, Die Kontinuität des gasförmigen und flüssigen Zustandes, deutsch von Roth, Leipzig 1881, S. 3. — [9] Budde, Allgemeine Mechanik der Punkte und flachen Systeme, I, Berlin 1890, S. 293, 413. — [10] Richarz, Zur kinetischen Theorie mehratomiger Gase, Wiedemanns Annalen 1893, III, S. 467 (f. a. S. 708). — [11] Derf., Der Satz vom Virial und seine Anwendung in der kinetischen Theorie der Materie, Naturwissenschaftl. Rundschau 1894, S. 221, 237. — [12] Amagat, Sur la pression intérieure et le viriel des forces intérieures dans les fluides, Comptes rendus etc. 1895, CXX, S. 489. — [13] Bakker, Ueber die potentielle Energie und das Virial der Molekularkräfte, Zeitschr. f. physikal. Chemie 1896, XXI, S. 497. — [14] Weinstein, Thermodynamik und Kinetik der Körper, I, Braunschweig 1901, S. 38. — S. a. Disgregation, Bd. 2, S. 778.

Weyrauch.

Vifetholz (Fifetholz), f. Farbstoffe, pflanzliche, Bd. 3, S. 637.

Vifier, f. Geschütze, Gewehr, Jagdgewehr; a. f. v. w. Längenprofil.

Vifierkreuze, hölzerne Zieltafeln in T-Form zum Einweisen von Höhenpunkten zwischen gegebenen Punkten. Die Querbretter sind meistens schwarz-weiß oder rot-weiß gestrichen.

(f. Reinheits) Hillmer.

Vifierstäbe, f. Absteckstäbe.

Vitriol, blauer, cyprischer, f. v. w. Kupfervitriol (f. d.); — grüner, f. v. w. Eisenvitriol (f. d.); — weißer, f. v. w. Zinkvitriol (f. d.).

Vitriolblei (Anglefit, Bleivitriol, Vitriolerz), Mineral, schwefel-saures Blei, $PbSO_4$ (73,6% PbO , 26,4% SO_3).

Kristallisiert rhombisch. Wafflerklar, durchsichtig, diamantglänzend, selten grau oder braun. Sehr spröd. Härte 3. Spez. Gew. 6,3—6,4. Leicht in Kalilauge, schwer in Säuren löslich. Leicht schmelzbar. Wird mit andern Bleierzen zur Bleigewinnung benutzt.

Leppla.

Vivianit (Blaueisenerde oder -erz, Eisenblau), Mineral, wasserhaltiges phosphorsaures Eifenoxydul, $Fe_3P_2O_8$ (43,03% FeO , 28,29% P_2O_5 , 27,95% H_2O).

Kristallisiert stengelig; nierenförmig oder erdig. Bei längerem Liegen an der Luft dunkelblau, Strich hellblau, frisch farblos; durchscheinend, perlmuttenglänzend. Mild, biegsam. Härte 2,0. Spez. Gew. 2,6—2,7. Gibt beim Erhitzen Waffer ab; schmelzbar. Löslich in Salz- und Salpeteräsure. Häufig als Versteinerungsmittel von Knochenresten; auch in versteinerten Muscheln; ferner in Torfmooren mit Rafeneisenerz zusammen. Wird in erdigem Zustand als blaue Farbe (f. Berliner Blau, natürliches) benutzt.

Leppla.

Vließkempel, f. Streichgarnspinnerei, S. 370.

Vogelzunge, f. Feilen, Bd. 3, S. 670.

Vollrad, im Gegensatz zu Hohlräder, ein außen verzahntes Rad.

Vollspur (Normalspur), f. Spurweite.

Volt, f. Maßsystem, absolutes, Bd. 6, S. 329.

Voltmeter, f. Meßinstrumente, elektrotechnische, Bd. 6, S. 372.

Voltmeter, f. Meßinstrumente, elektrotechnische, Bd. 6, S. 376 u. 380.

Volum (spezifisches) einer Substanz ist das Volum (in Kubikzentimetern), welches 1 g dieser Substanz einnimmt. Es ist als Volum der Gewichtseinheit der reziproke Wert des Gewichts der Volumeinheit, d. h. der Dichte (f. d.). Ueber die stöchiometrischen Regelmäßigkeiten des spezifischen Volums vgl. Molekularvolum.

Abegg.

Volumen, f. Körper, Bd. 5, S. 539; Spezifisches Volumen, f. S. 173; Dichtigkeit, Bd. 2, S. 740 u. 748; Kritisches Volumen, f. Kritische Temperatur.

Volumenometer, f. Mörtelprüfung, Stereometer.

Volute, das nach einer Spirallinie eingerollte Bauglied des ionischen wie auch korinthischen Säulenkapitäl (f. Kapitäl, Bd. 5, S. 374, Fig. 7 und 11—14, Schnecke, Bd. 7, S. 757 ff.); kommt auch an Konfolen, an den konfollenartigen, vermittelnden Gliedern über den Seiten Schiffen in der Renaissancezeit (z. B. St. Maria della Salute Venedig), an den durchbrochenen Giebelbekrönungen der Barockperiode u. f. w. vor.

Weinbrenner.

Vorarbeiten für Eisenbahnen (und andre Verkehrswege), alle der Bauausführung vorausgehenden Unterforschungen und Entwurfarbeiten technischer und wirtschaftlicher Art.

Zu unterscheiden sind: allgemeine (generelle) und ausführliche (spezielle) Vorarbeiten. Die allgemeinen Vorarbeiten bezeichnen die Aufstellung von Entwürfen mit Kostenanschlägen zur Beantwortung der Frage: ob und unter welchen technischen und finanziellen Bedingungen und Leistungen eine Linie ausführbar ist und, wenn die Linienführung auf mehrfache Weise möglich ist, welche dieser Linien am bauwürdigsten ist, d. h. die geringsten jährlichen Verkehrskosten ergibt, die sich aus der Verzinsung der Anlagekosten und den jährlichen Unterhaltungs- und Betriebskosten zusammensetzen. Durch die mit einer Ertragsberechnung abschließenden wirtschaftlichen Erwägungen ist nach Möglichkeit festzustellen, ob nach Deckung der Unterhaltungs- und Betriebskosten noch ein für die Verzinsung der Anlagekosten ausreichender Betrag der Einnahmen zu erwarten ist, oder wenn nicht, in welcher Weise die fehlenden Kosten aufzubringen sind.

Letzteres kann z. B. geschehen durch Kapitalbeiträge oder Zinsgewähr seitens des Staats, der Provinzen, Kreise, Gemeinden oder von Privaten durch unentgeltliche Abgabe der Grundfläche seitens der beteiligten Gemeinden oder Privaten oder auch durch Uebernahme des ganzen Baues auf Kosten des Staates oder einer der genannten Körperschaften. Die Herstellung einer Bahn kann auch ohne Ausicht auf baldige Verzinsung in volkswirtschaftlichem Sinne begründet sein, also im Staatsinteresse liegen, weil dadurch der Verkehr geweckt, die Wohlhabenheit und Steuerkraft der Bevölkerung gehoben wird und so dem Staate mittelbar doch erhebliche Vorteile erwachsen.

Ist die Entscheidung über die Ausführung einer Linie gefallen oder in sicherer Aussicht, so sind die ausführlichen (speziellen) Vorarbeiten vorzunehmen. Sie bestehen in genauer Ausarbeitung des Bauentwurfs in allen Teilen nebst Aufstellung von eingehenden Kostenanschlägen und Verzeichnissen über die zu erwerbenden Grundflächen auf Grund genauer Längen- und Querprofile, des Erdverteilungs- oder Massenprofils, von Kunstbautenzeichnungen u. f. w., so daß eine sichere Grundlage für eine zweckmäßige und sparsame Bauausführung geschaffen wird. Diese Vorarbeiten sind besonders in schwierigem Gelände überaus vielseitig und greifen in die verschiedenen technischen Gebiete über.

Zu den allgemeinen Vorarbeiten ist zunächst ein gründliches Studium des Geländes erforderlich. In kultivierten Ländern kann dies an Hand vorhandener Karten geschehen. Als Uebersichtskarten dienen hier die Generalstabskarten (1:100 000) oder sonstige topographische Karten. Je größer der Maßstab dieser Karten, desto besser, und wenn Karten mit Höhenkurven vorhanden sind, wie in Württemberg (1:25 000) für einen großen Teil des Landes, so ist dies für die Vornahme der allgemeinen Vorarbeiten von größtem Wert. Sind Karten in noch größeren Maßstäben zu haben, wie z. B. in Württemberg die sogenannten Flurkarten in 1:2500 (zum großen Teil auch mit Höhenkurven), so können diese sogar als Arbeitskarten zur genauen Ausmittlung der Bahnachse verwendet und sonstige Vermessungsarbeiten ganz oder doch zum größten Teil erspart werden. Wo größere zusammenhängende Geländeaufnahmen fehlen, werden Aufnahmen in der Regel schon für die allgemeinen Vorarbeiten (jedenfalls aber für die ausführlichen) vorzunehmen sein. Bei diesen kommen Maßstäbe von 1:10 000, besser aber 1:5 000 und in gebirgiger Gegend 1:2 000 zur Anwendung. Die Ausdehnung in die Breite muß um so größer sein, je unregelmäßiger und unübersichtlicher das Gelände ist, also je mehr Spielraum es für die Führung der Bahnlinie bietet; in engem Tal genügt deshalb oft schon eine geringe Breite. Die Aufnahmen beginnen mit Ausführung eines Längennivellements ohne Längenmessung, womöglich auf vorhandenen Wegen, in der Nähe der Linie, um auf der ganzen Strecke für die späteren Aufnahmen leicht erreichbare Höhenanschlußpunkte zu erhalten und in Einlegung eines Polygonzugs als Grundlage für die Vermessung. Zweckmäßig ist, einzelne Punkte des Polygonzugs durch Einlegung eines Dreiecknetzes zu kontrollieren, um sich gegen Fehler in der Längenmessung zu sichern. Hieran schließen sich die Aufnahmen im einzelnen, besonders die von zahlreichen Höhenpunkten, am besten mit solchen Methoden, bei denen ein Bechreiten und Messen der Entfernung wegen des erforderlichen Zeitaufwands und der damit verbundenen Flurbeschädigungen vermieden wird, also mittels des Tachymeters oder des Meßstisches (mit Entfernungsmesser und Höhenkreis) oder — wenn der Lageplan vorhanden und nur Höhen aufzunehmen sind — auch mit dem Aneroidbarometer. Die Darstellung der Höhen geschieht durch Einzeichnung einzelner Punkte und Einfügung ihrer Höhen über einem bestimmten Horizont (wenn möglich über Meereshöhe) oder durch Höhenkurven, die auf Grund der Höhenpunkte ermittelt werden. Die Höhenkurven erfordern zwar viel Arbeit, sie finden aber bei ausgedehntem unregelmäßigem Gelände beinahe nicht zu entbehren, während bei gleichmäßigen Gelände oder in engem Tal meist die Höhenpunkte genügen und unter Umständen der größeren Genauigkeit halber vorzuziehen sind.

In den Höhenplänen erfolgt nun das Auffinden der zweckmäßigsten Linie unter Berücksichtigung aller praktischen Umstände, insbesondere auch der Wegkreuzungen, der Bahnhofslagen, der Vermeidung zu teurer Grundstücke oder gefährlicher Stellen (Moore, Berggräfche u. f. w.) sowie unter Beachtung der geognostischen Verhältnisse. Auch wird namentlich die Ueberschreitung größerer Wasserläufe eingehendere Erwägungen und Berechnungen erfordern. Hierauf folgt die Aufstellung des Kostenüberschlags für Bau und Betrieb auf Grund der aufgestellten Längen- und Querprofile, Bauwerkskizzen u. f. w., und so die Entscheidung über die günstigste Lage der Linie in dem oben bezeichneten Sinne. Dabei liegt allerdings in der Aufstellung der Ertragsberechnung stets eine gewisse Unsicherheit, weil die mutmaßlichen Betriebseinnahmen sich nur schätzen lassen, wozu statistische Angaben von andern möglichst gleich liegenden Bahnen herangezogen werden müssen.

Die ausführlichen Vorarbeiten wiederholen zunächst die Geländeaufnahmen, jetzt jedoch beschränkt auf eine geringere Breite und innerhalb dieser genauer, z. B. in 1:2000, in gebirgigen Gegenden 1:1000. Nach genauer Ausmittlung der günstigsten Linie folgt die Übertragung derselben auf das Gelände (Absteckung) und nunmehr auf Grund der ausgeführten Bahnachse die Aufnahme ihres genauen Längenprofils und zahlreicher Querprofile von kurzer Länge, um in dieselben den Bahnkörper einzuziehen und alle andern Arbeiten auf dieser Grundlage zu erledigen (Durcharbeiten der Entwässerung mit allen Durchlässen und Brücken, Felsfassung und Verantragung der Erdarbeiten, etwaiger Tunnel, der Stützmauern, Wegkreuzungen, Bahnhöfe u. f. w.). Nebenher geht die Vorbereitung zum Grunderwerb mit Anfertigung der Grunderwerbskarten, sofern nicht die ausführlichen Aufnahmen in hinreichendem Maßstabe (1:1000) schon vorhanden sind. Außerdem sollte für alle größeren Ausführungen, namentlich für mehrjährige Arbeiten (größere Flussübergänge, Tunnel u. dergl.), sowie für den Bahnbau im ganzen stets ein genau durchdachter Bauplan aufgezellt werden, um in gegebener Zeit einer sparsamen und fachgemäßen Ausführung sicher zu sein. Im übrigen f. Eisenbahnbau, Krümmungsverhältnisse und Neigungsverhältnisse.

Literatur: Rölls Encyklopädie des ges. Eisenbahnwesens, Bd. 7, Art. „Vorarbeiten“ von Goering; Handbuch d. Ingenieurwissensch., Bd. 1, 4. Aufl., Kap. 1, Leipzig 1904 (mit eingehendem Literaturverzeichnis); Eisenbahntechnik der Gegenwart, Bd. 2, 1. Abschn., 2. Aufl., Wiesbaden 1906; Launhardt, Theorie des Trassierens, Hannover 1887 u. 1888; Goering, Maffenermittlung, Maffenverteilung und Transportkosten der Erdarbeiten, 5. Aufl., Berlin 1907; Jordan, Eisenbahnvorarbeiten, Zeitschr. f. Arch.- u. Ingenieurwesen 1898, Heft 4; Lindner, Virtuelle Länge, Zürich 1879; Heyne, Wochenschr. d. Oesterl. Arch.- u. Ingen.-Ver. 1890, Nr. 24 u. 25 (Berechnung der Betriebskosten); Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens 1908, S. 445 (Die Betriebslänge von Röhre v. Lillienthern).

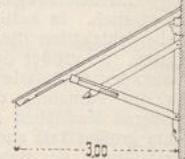
H. Kübler.

Vorbau (Beischlag), Vorlage, gemauerter Vorsprung an einem Gebäude (f. Risalit, Bd. 7, S. 446). Ueber die Danziger Beischläge f. W. Lübeck, Geschichte der Renaissance in Deutschland, Stuttgart 1882, Bd. 2, S. 239, Fig. 304.

Vorbusen, am Seedeich liegendes, mit Dämmen umschlossenes Wafferbecken, das zur Aufnahme des Schöpfwassers aus der anstoßenden, künstlich entwässerten Niederung bestimmt ist. Aus dem Vorbusen wird das gehobene Waffer während der Ebbezeit durch das im Deich belegene Siel (f. d.) in die See abgelassen.

Frühling.

Vordach, 1. Dach eines Vorbauens; 2. ein auf Trägern vorgekragtes Dach (f. die Figur) über Eingangstüren, Bahnsteigen, auch Schutz- oder Klebdach genannt; 3. Ueberhang des Daches über die Mauerflucht.



Weinbrenner.

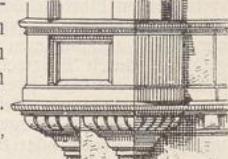
Vorflut, das abfließende Waffer, welches den hinterliegenden Wafferläufen ebenfalls die Gelegenheit zum Abfließen verschafft; ferner das Abfließen selbst (die Bewegung); auch die Gelegenheit zur Wafferableitung heißt Vorflut oder Vorflutgewässer, Vorflutrezipient; letzterer kann eventuell ein Pumpenschacht sein, aus welchem das Waffer künstlich gehoben wird (künstliche Vorflut); endlich bedeutet Vorflut im Seewesen die erste Flutwelle.

Vorgarn, f. Baumwollspinnerei, Flachsinnerei.

Vorgelege besteht aus nacheinander im Eingriff befindlichen zylindrischen oder konischen Zahnrädern, die sich um feste, in einem Gestell gelagerte Achsen drehen, und dient zur Uebertragung einer Drehung in eine andre, bezw. zur Kraftübertragung von einer Welle zu einer andern (Rädervorgelege). Anstatt durch ineinander greifende Zahnräder wird auch die Uebertragung einer Drehung in eine andre durch über Scheiben gelegte Riemen vermittelt (Riemenvorgelege). Außer diesen beiden Vorgelegern mit festen Achsen kommt auch zu gleichem Zweck das Epizykelvorgelege (f. d.) in Anwendung.

Literatur: [1] Burmester, L., Lehrbuch d. Kinematik, Bd. 1, S. 475, Leipzig 1888.

Burmester.



Vorgefüchte, f. Schachtabteufen, Bd. 7, S. 578.

Vorhalle, vor der Haustüre angebrachter bedeckter Raum; f. Türhalle.

Vorkopf, 1. Balkenkopf von der Stirn (Hirnholz) bis zum ersten Zapfenloch (vgl. Hängewerke, Bd. 4, S. 735 und 736, Fig. 1, 2 und 9—11); 2. in Oesterreich Fensterfutter der inneren Fenster.

Weinbrenner.

Vorkragung, als Ausladung in Form eines Kragsteins (f. d., Bd. 5, S. 661) oder als Unterstützung eines vor-

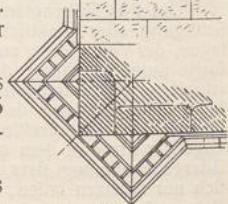


Fig. 1.

springenden Bauteils, z. B. Erkers, Balkons u. dergl. (f. Fig. 1 und 2).

Sehr vielseitige Anwendung fand diese Konstruktion an den Bauten des Mittelalters, worüber schöne Beispiele sich in [1] und andern Werken (f. Bd. 1, S. 632, [6]—[10]) finden.

Literatur: [1] Viollet-le-Duc, *Dictionnaire raisonné de l'architecture*, Bd. 4, Art. *Construction civile*, S. 208—258, und Bd. 5, Echangette, S. 114—143, Paris 1864. *Weinbrenner.*

Vorkrempe, f. Streichgarnspinnerei.

Vorlage (früher *Hydraulik* genannt) hat bei der Gasfabrikation den Zweck, für die Retorten einen hydraulischen Verschluß zu bilden, damit das Gas in diese beim Öffnen nicht zurücktreten kann.

Sie hat ihren Platz auf den Oefen und trägt eine der Retortenzahl entsprechende Anzahl Tauchrohre, die um ein bestimmtes Maß (25—50 mm) in die in derfelben enthaltene Flüssigkeit eintauchen. Die Tauchrohre werden entweder durch geneigte Zwischenstücke, Sattelrohre (Fig. 5) mit den Steigerohren verbunden, oder, wie es meistens geschieht, bogenförmig (Fig. 1) oder schräge (Fig. 3) in die Vorlage geführt, und oben durch einen Deckel gasdicht verschlossen. Nach Öffnen dieses Deckels ist es möglich, von oben sowohl Steigerohr als auch Sattelrohr zu reinigen.

Die Vorlage ist bis zu einer bestimmten Höhe, die durch einen Ueberlauf konstant erhalten wird, mit Ammoniakwasser, welches sich durch die Kondensationsprodukte des aus den Retorten eintretenden Gases immer wieder ergänzt, als Sperrflüssigkeit gefüllt. Das von der Retorte kommende Gas muß den Druck der Sperrflüssigkeit überwinden, drückt diese aus dem Tauchrohr heraus und erhöht das Niveau in der Vorlage um die Menge der verdrängten Flüssigkeit; beim Öffnen der Retorte tritt die Sperrflüssigkeit wieder in das Tauchrohr, und das Niveau fällt. Die Vorlagen werden aus starkem Kesselblech hergestellt und erhalten einen großen U-förmigen Querschnitt von etwa 500 mm Weite und 500—600 mm Höhe; es kommen auch Abweichungen vom U-förmigen Querschnitt vor (Fig. 5). — Da mit dem Ammoniakwasser sich auch Teer in der Vorlage anstammt, sich auf dem Boden lagert und verdickt, so sind Einrichtungen getroffen, um die Vorlage reinigen zu können, unter denen die Anordnung von Hasse (Fig. 1 und 2) sich sehr bewährt hat und aus Reinigungskästen besteht, deren Wände in die Sperrflüssigkeit tauchen, damit kein Gas entweichen kann. Zur Verhütung von Teer verdickungen ist es wichtig, den Teer vom Boden der Vorlage beständig abzuleiten, was durch den Droryschen Teerabgang (Fig. 6) erreicht wird. Dieser, auf die Verhältnisheit der spezifischen Gewichte von Teer und Ammoniakwasser beruhend, besteht aus einem durch eine Scheidewand *a* in zwei Abteilungen, die unter miteinander kommunizieren, geteilten Kästen. Der in der Vorlage niedersinkende Teer tritt in die Vertiefung unter die Scheidewand und steigt unter dem Druck der Flüssigkeit der Vorlage in der äußeren Abteilung in die Höhe zum Abflußstutzen. Dazu ist nötig, daß das Verhältnis $h : h_1 = 6 : 5$ beträgt, entsprechend den spezifischen Gewichten. Wenn der Teer durch den Droryschen Abgang und das Gas von einem andern Punkte der

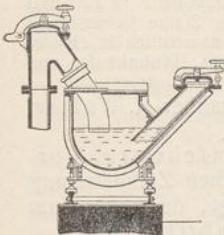


Fig. 1.

Fig. 2.

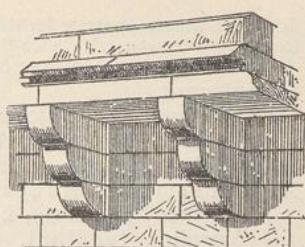


Fig. 2.

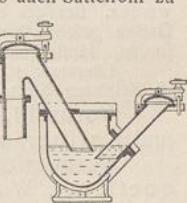


Fig. 3.

Abweichungen vom U-förmigen Querschnitt vor (Fig. 5). — Da mit dem Ammoniakwasser sich auch Teer in der Vorlage anstammt, sich auf dem Boden lagert und verdickt, so sind Einrichtungen getroffen, um die Vorlage reinigen zu können, unter denen die Anordnung von Hasse (Fig. 1 und 2) sich sehr bewährt hat und aus Reinigungskästen besteht, deren Wände in die Sperrflüssigkeit tauchen, damit kein Gas entweichen kann. Zur Verhütung von Teer verdickungen ist es wichtig, den Teer vom Boden der Vorlage beständig abzuleiten, was durch den Droryschen Teerabgang (Fig. 6) erreicht wird. Dieser, auf die Verhältnisheit der spezifischen Gewichte von Teer und Ammoniakwasser beruhend, besteht aus einem durch eine Scheidewand *a* in zwei Abteilungen, die unter miteinander kommunizieren, geteilten Kästen. Der in der Vorlage niedersinkende Teer tritt in die Vertiefung unter die Scheidewand und

steigt unter dem Druck der Flüssigkeit der Vorlage in der äußeren Abteilung in die Höhe zum Abflußstutzen. Dazu ist nötig, daß das Verhältnis $h : h_1 = 6 : 5$ beträgt, entsprechend den spezifischen Gewichten. Wenn der Teer durch den Droryschen Abgang und das Gas von einem andern Punkte der

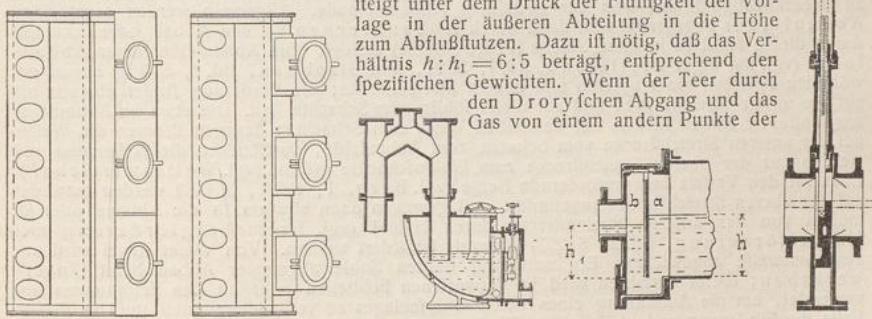


Fig. 2.

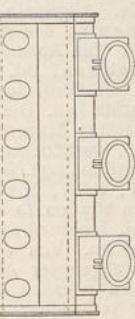


Fig. 4.



Fig. 5.



Fig. 6.

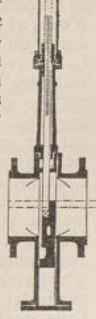


Fig. 7.

Vorlage abgeleitet wird, so ist oben in der Scheidewand *a* eine kleine Öffnung *b* für den Ausgleich des Gasdruckes nötig; werden Gas und Teer gemeinsam abgeleitet, so wird die Scheidewand nicht ganz bis oben geführt, damit Gasraum der Vorlage und Abgangsstutzen miteinander kommunizieren. Zu genauer Einstellung obigen Höhenverhältnisses dient der am Ausgangsstutzen montierte Teerstandschieber (Fig. 7), der eine verstellbare Platte enthält, deren Oberkante die Abflußhöhe bestimmt.

Literatur: Schilling, N. H., *Handbuch der Steinkohlengasbeleuchtung*, 3. Aufl., München 1879, S. 325; *Journal für Gasbeleuchtung*, 1876, S. 706; 1878, S. 437, 629; 1880, S. 95, 414; 1881, S. 422; 1883, S. 321, 805; 1884, S. 850; 1886, S. 1012, 1035, 1042; 1889, S. 311, 553, 354; 1892, S. 631, 381; 1894, S. 95; 1899, S. 881; 1901, S. 343, 918, 53, 516; 1903, S. 831; *Ueber-*

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

sicht über neuere Apparate für das Gasfach, 1903, Berlin-Anhalter Maschinenbau-Aktiengesellschaft; Katalog von Jul. Pintsch-Berlin u. f. w.

G. F. Schaar.

Vorlage im Straßenbau f. v. w. Packlage (f. d.); im Wasserbauwesen, f. Packwerk.

Vorland, der zwischen der Außenböschung des Deiches und dem Ebbe- spiegel der See oder zwischen dem gewöhnlichen Niedrigwasser des Flusses liegende Landstreifen. — Ueber dessen erforderliche Breite bei Seedeichen vgl. Außenberme und Außenendeich.

Frühling.

Vormalschapparate, f. Bierbrauerei und Spiritusfabrikation.

Vorplatz (Vestibül, Flurhalle, Vorhalle), der größere und meist architektonisch reicher ausgestattete Raum, der in einem Gebäude die Vermittlung zwischen dem Eingang oder der Einfahrt und dem Treppenhaus bildet.

Die Anordnung und Ausstattung der Vorplätze ist sehr mannigfaltig. Ist keine Einfahrt vorhanden, dann pflegt der Vorplatz in der Achse des Zuganges angeordnet zu werden und eine reich ausgestattete, dem Quadrat sich annähernde Gestalt anzunehmen, namentlich finden Säulen sowie Nischen mit Figuren häufige Verwendung. An Vorräumen können Unterfahrt, Windfang und Eingangshalle vorgezogen werden. Ist eine Einfahrt vorhanden, dann muß der Vorplatz seitlich und vor dem Treppenzugang angeordnet und entsprechend architektonisch gegliedert werden. Bei der Einfahrt wird dann am besten auf perspektivische Durchblicke in Hof und Garten gesehen werden, und kann als Abschluß ein Brunnen oder eine Statue Verwendung finden. Mußergültige Beispiele finden sich in den italienischen Palästen, namentlich in Genua.

Literatur: Handbuch der Architektur, 4. Teil, 2. Halbband, 1. Heft, Wohnhäuser von K. Weißbach, Stuttgart 1902.

Weinbrenner.

Vorprofil, Bezeichnung für Walzstäbe, die das Fertigkaliber (f. Walzen und Kaliber) nicht passiert haben.

Vorquetschstuhl (Vorquetschwalzenstuhl, Vorquetschwerk, Vorquetsche), Walzenstuhl (f. d.), welcher das der eigentlichen Zerkleinerung (Schrotung) voraufgehende Vorquetschen des Getreides besorgt, das mehr zum Reinigungs- als zum Vermahlungsprozeß gehört (vgl. Mehlfabrikation).

Vorrichtung im Bergbau ist die Untersuchung (Auffüllung) der Lager- fläche und ihre Einteilung in kleinere Abschnitte für den Abbau; sie geschieht durch Auffahrung von Streich- und Fallstrecken (f. Strecke).

Solche Vorrichtungsstrecken, welche bedeutende Länge erhalten, werden mit Rücksicht auf die Wetterverförgung (vgl. Wetterwirtschaft) als Parallelstrecken angelegt; man treibt statt einer zwei Strecken neben- oder übereinander und verbindet sie in bestimmten Abständen mittels Durchhiebe. Nach Fertigstellung eines neuen Durchhiebes wird der letzte geschlossen; die frischen Wetterströmen auf der einen Strecke zu, gehen dann durch den Durchhieb (die beiden Streckenränder werden durch Diffusion ventilirt) und ziehen auf der andern Strecke ab.

Die befondere Art der Vorrichtung ist im wesentlichen abhängig von der Natur der Lagerfläche (Stockform oder Plattenform, im letzteren Falle ist auch Fallwinkel und Mächtigkeit zu berücksichtigen) und von der gewählten Abbaumethode. Allgemein werden rechteckige Abbaufelder abgegrenzt und dann durch Abbauaufstrecken für den Abbau oder auch erst durch diesen selbst in kleinere Stücke (Pfeiler, Stöße) zerlegt. Die Abbaufelder einer Abbau- sohle (vgl. die Figur Pfeilerbau, Bd. 7, S. 91, und Strebau, Bd. 8, S. 364) liegen gewöhnlich zwischen einer unteren und oberen Streichstrecke; die Förderung findet abwärts bis auf die untere Streichstrecke und auf dieser föhlig zum Schachte statt. Die etwa im Abbaufelde angetroffenen Wälder fließen auf demselben Wege zum Schachte; dagegen strömen die Wetter auf der unteren Streichstrecke vom Schacht zum Abbaufelde, durchziehen dieses steigend und werden auf der oberen Streichstrecke zum Wetterschachte geführt (vgl. Wetterwirtschaft). Etwa für den Versatz heranzufördernde Berge (vgl. Berg, 1, Bd. 1, S. 692) werden entweder auf der oberen Streichstrecke zugefördert und gelangen dann abwärts in die Abbaue oder sie müssen von der unteren Streichstrecke durch Hafspel (vgl. Bremsbergförderung und Hafspelförderung, Bd. 2, S. 257) aufwärts befördert werden. Von dieser Regel wird nur ausnahmsweise abgewichen. Ein unter der tiefsten Sohle angelegter Abbau heißt Unterwerksbau; dieses Verfahren wird in verworfenen Feldteilen oder an den Feldgrenzen angewendet, um die Auffahrung eines tiefen Querschlages zu vermeiden; doch muß in diesem Falle die Förderung und, falls nötig, Wetterhebung bis auf die tiefste Streichstrecke aufwärts erfolgen. Die angenähert in derfelben wagerechten Ebene gelegenen Aus- und Vorrichtungsbau nennt man eine Sohle. Das senkrechte Maß zwischen zwei Sohlen, der Sohlenabstand, ist bei stockförmigen und bei sehr mächtigen plattenförmigen Lagerflächen am kleinsten, je nach der Abbaumethode 4—20 m, bedeutender bei plattenförmigen, wenig mächtigen Lagerflächen, nämlich 20—60 m; der Sohlenabstand wird um so größer genommen, je steiler die Lagerfläche einfällt. Eine Ausnahme von dieser Regel muß bei den Gangbergbauern gemacht werden, bei denen die Erze (f. Bd. 3, S. 506) in wenig ausgedehnten Mitteln auftreten; hier müssen die Sohlenabstände klein (ca. 20 m) genommen werden. Schon bei der Vorrichtung ist auf etwaige Sicherheitspfeiler [I] (vgl. a. Abbau, Bd. 1, S. 2) Rücksicht zu nehmen, das sind diejenigen Teile der Lagerfläche (L in der Figur), welche entweder zum Schutz der bergmännischen Anlagen oder der Erdoberfläche zunächst oder gänzlich unabgebaut bleiben müssen. Ihre Größe in der

Lagerfläche wird bestimmt durch die allseitig reichlich bemessene Horizontalprojektion $A_1 B_1$ des zu schützenden Objektes AB und einen die umgebenden Streifen, dessen Breite s an jeder Stelle nach dem Bruchwinkel des Gebirges b und der Tiefenlage T der Lagerstätte unter der Oberfläche nach der Formel $s = T : \operatorname{tg} b$ bemessen wird. Hieraus ergibt sich die ganze Ausdehnung des Sicherheitspfeilers CD . Unter Bruchwinkel versteht man den Winkel zwischen der Horizontalen und der Ebene, bis zu der die Gebirgschichten über den Abbauen nachbrechen. Derselbe kann annähernd genau überhaupt nur für ein regelmäßiges Gebirge ermittelt werden, am besten durch einen größeren Abbauversuch in einem geeigneten Feldteile und wiederholte Beobachtung der Erdoberfläche durch Nivellements nach Verlauf bestimmter Zeiträume. Verwerfungen und stark wasserführende Schichten haben auf die Größe des Bruchwinkels sehr wesentlichen Einfluß; gewöhnlich wird derselbe hierdurch kleiner und damit der Sicherheitspfeiler größer, doch lassen sich allgemeine Regeln nicht aufstellen. Im Steinkohlengebirge pflegt der Bruchwinkel zwischen 65° und 80° zu liegen und bei steiler Lagerung an der unteren Grenze des Abbaues etwas kleiner zu sein als an der oberen. — Vgl. a. die Bd. 1, S. 696 genannten Lehrbücher über Bergbaukunde.

Literatur: [1] Ueber die Einwirkung des unter Mergelüberdeckung geführten Steinkohlenbergbaus auf die Erdoberfläche im Oberbergamtbezirk Dortmund, Zeitfchr. f. das Berg-, Hütten- u. Salinenwesen im preuß. Staate, Berlin 1897, S. 372; mit vollst. Literaturnachweis. *Treptow*.

Vorsichter, in der Müllerei ein Sichtapparat, welcher die Produkte einer Schrotung aufnimmt und so weit vorsichtet, daß sie in das zur nächsten Schrotung gelangende und das durch weitere Sichtung, Putzung, Auflösung und Ausmahlung zu bearbeitende Material getrennt werden; vgl. *Mehlfabrikation*. *Arndt*.

Vorwärmer sind Vorrichtungen zur Erhöhung der Temperatur des Speisewassers für Dampfkesselanlagen.

Kann die Vorwärmung durch eine Wärmequelle erfolgen, die sonst unausgenutzt bleiben würde, so bietet die Vorwärmung den Vorteil einer bemerkenswerten Wärmeersparnis (bis 10% und darüber). Außerdem wird der Kesselkörper bei Speisung mit heißem Wasser mehr geschont, weil er sicherer vor starken Temperaturänderungen geschützt ist, weil im Vorwärmer teilweise eine Abscheidung von Kesselsteinbildenden Stoffen erfolgen kann und weil die Anfremdung der Kesselheizfläche bei gleicher Dampfentwicklung eine geringere ist. Nach der Art des Heizmittels lassen sich drei Arten von Vorwärmern unterscheiden: 1. Vorwärmer mit Abdampfheizung (Abdampfvorwärmer), 2. Vorwärmer mit Frischdampfheizung (Frischdampfvorwärmer), 3. Vorwärmer mit Rauchgasheizung (Rauchgasvorwärmer, Kesselzugvorwärmer oder Economiser).

Die Vorwärmung mit Abdampf kommt für Auspuffdampfmaschinen in Frage, sofern der Abdampf nicht anderweitig zur Heizung von Wohnräumen u. dergl. gebraucht wird. Für Kondensationsdampfmaschinen kommen Abdampfvorwärmer als sogenannte Vorkondensatoren zur Anwendung, indem der Vorwärmer zwischen Zylinder und Kondensator geschaltet wird. Da bei der geringen Dampftemperatur die Vorwärmung nur eine geringe sein kann, so ist hierbei auch der Nutzen gering. — Abdampfvorwärmer offener Bauart, bei denen eine unmittelbare Mischung des Abdampfes mit dem Speisewasser erfolgt, sind wegen des Oelgehaltes des Dampfes nicht zu empfehlen. Man wendet deshalb getrennte Führung für Dampf und Wasser in einem geschlossenen, unter Druck stehenden Röhrensystem an. Der Dampf geht entweder durch oder um die Röhren; was zweckmäßiger ist, entscheidet die Rücksicht auf bequeme Reinigung und geringe Wärmeausstrahlungsverluste. Im allgemeinen ist es vorzuziehen, den Dampf durch die Röhren zu leiten, weil hierbei die Strahlungsverluste am geringsten werden. Unbedingt erforderlich ist diese Anordnung bei Vorwärmern mit gebogenen oder ineinander gesteckten Röhren (Fig. 5—9), weil bei diesen eine Innenreinigung von Kesselstein nur sehr schwierig wäre. Bei geraden Röhren (Fig. 1—4) wird vielfach das Wasser durch die Röhren und der Dampf um die Röhren geleitet, was nur bei großen Rohrbündeln mit kleinem Rohrabstand keinen Vorteil gewährt, weil dann die Reinigung der Außenseite der Röhren nicht immer leicht ausgeführt werden kann. Verstopfungen der Röhren durch Kesselstein sind bei dieser Anordnung nicht ausgeschlossen. Die Röhren von 40—60 mm Durchmesser werden der Billigkeit wegen nicht selten aus Schmiedeeisen hergestellt, doch sind Kupferröhre, um Anfremdungen zu vermeiden, vorzuziehen. Damit der Gegendruck auf den Kolben der Dampfmaschine nicht erhöht wird, muß für den ausströmenden Dampf der Querschnitt im Vorwärmer mindestens gleich dem $\frac{5}{4}$ fachen Querschnitt des Auspuffrohres der Maschine sein. Der Wassertinhalt des Vorwärmers sei gleich $\frac{1}{5}$ bis $\frac{1}{4}$ der stündlich erforderlichen Speisewassermenge.

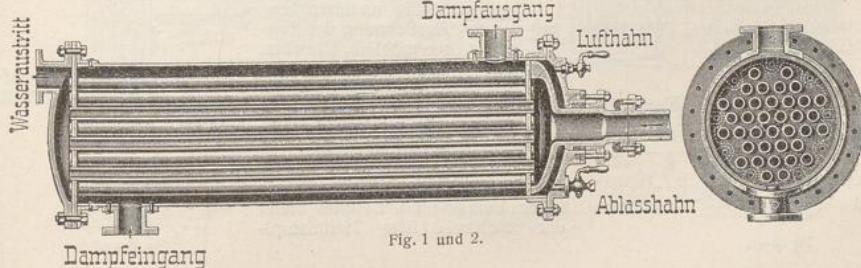


Fig. 1 und 2.

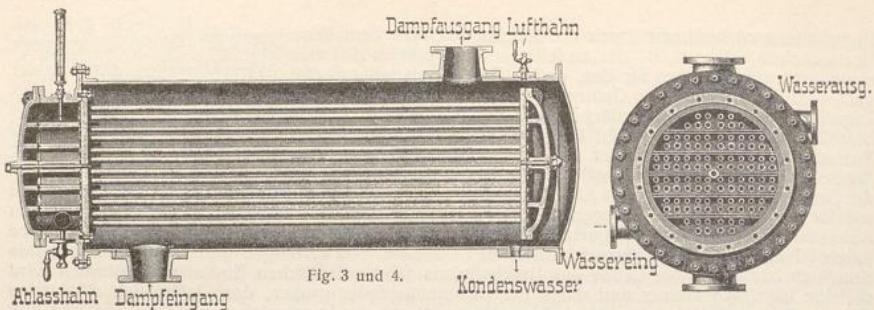


Fig. 3 und 4. Kondenswasser

Atlasshahn Dampfeingang

Wird das Wasser durch die Röhren geführt, so begnügt man sich häufig mit der Hälfte des oben angegebenen Waferinhaltens. Die Heizfläche des Vorwärmers wird zu 7—8% der Heizfläche des betreffenden Kessels gewählt. Die Heizfläche ist auf der dampfberührten Seite zu messen. Zur Verminderung der Ausstrahlungsverluste ist der Vorwärmer und die Speiseleitung bis zum Kessel fürgünstig mit Wärmeschutzmasse zu umkleiden. Um den Röhren eine freie Ausdehnung zu ermöglichen, werden sehr verschiedene Konstruktionen in Anwendung gebracht. Bei dem Vorwärmer von Schneider & Helmecke, Magdeburg, Fig. 1 und 2, sind die geraden, vom Wasser durchströmten Röhren an dem einen Ende in einer festver schraubten, am andern Ende in einer verschiebbaren Rohrwand eingewalzt. Die letztere ist mit einem in einer Stopfbüchse geführten Rohr für die Wasserzuführung verbunden. Soll die hierdurch ermöglichte freie Ausdehnbarkeit des Röhrensystems voll zur Geltung kommen, so muß die Verbindung mit der Speiseleitung durch ein Ausgleichsrohr (Kompressionsstück, Klemmern) oder dergleichen erfolgen. Da alle Röhren in gleicher Richtung vom Wasser durchlaufen werden, so kann auf eine nahezu gleichmäßige Ausdehnung aller Röhren gerechnet werden, so daß die Befestigungsstellen der Röhren nur geringe Spannungen erhalten dürfen. Das Röhrensystem kann beabsichtigt Reinigung herausgezogen werden. Die Fig. 3 und 4 zeigen eine andre Vorwärmekonstruktion der selben Firma; die geraden, wasser durchströmten Röhren sind teilweise hintereinander geschaltet, was durch die beiden, mit entsprechenden Kam mern versehenen Kopfstücke erreicht wird. Das innere bewegliche Kopfstück ist durch eine Mittelrippe und die hierzu senkrecht liegenden, in Fig. 3 im Schnitt erkennbaren Rippen geteilt. Je zehn Röhren sind parallel geschaltet. Die Ausdehnung der Röhren wird hier dadurch ermöglicht, daß das innere Kopfstück frei beweglich gelassen ist. Diese Anordnung bietet den Vorteil, daß die beiden Enden der Speiseleitung ohne Ausgleichsstück an dem äußeren, festliegenden Kopfstück angegeschlossen werden können. Allerdings werden sich die Röhren der einzelnen, hintereinander geschalteten Abteilungen wegen der verschiedenen Erwärmung des Wassers verschieden stark ausdehnen müssen, so daß die Rohrbefestigungsstellen der inneren Rohrwand stärkere Spannungen aufzunehmen haben als bei den Fig. 1 und 2. Das Rohrsystem kann nach Löfung der Schrauben am Flansch des äußeren Kopfstückes herausgezogen werden. Die Fig. 5—7 zeigen einen Vorwärmer mit gebogenen Röhren nach der Ausführung von A. Büttner & Co., Uerdingen a. Rh. Der Dampf geht durch die Ω -förmig gebogenen Röhren. Da sich jedes Rohr einzeln in verschiedener Weise ausdehnen kann, so werden die Rohrbefestigungsstellen nur wenig leiden. Das Wasser umgibt die Röhre, von unten in den reichlich bemessenen Glockenraum eintretend, und wird oben, also an der Stelle der höchsten Temperatur, durch ein Ueberlaufrohr abgeführt. Der sich im Glockenraum absetzende Schlamm kann durch einen Stutzen abgeleitet werden. Ebenso ist unten ein Stutzen zur Abführung des Kondenswassers vorhanden. Sämtliche Stutzen befinden sich an dem gegenüberliegenden Fuß, so daß zum Abheben der Glocke nur die Löfung der Schrauben am Winkeleisenflansch erforderlich ist. Auch bei dem mit geraden, vom Dampf durchströmten Doppelröhren versehenen Vorwärmer

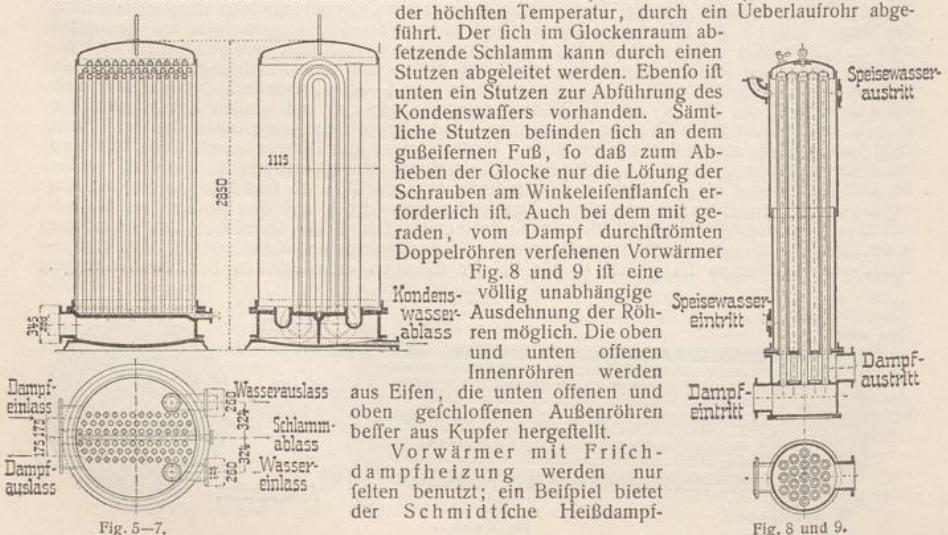


Fig. 5-7.

Fig. 8 und 9 ist eine
völlig unabhängige
wasser-Ausdehnung der Röh-
ren möglich. Die oben
und unten offenen
Innenröhren werden

aus Eisen, die unten offen und oben geschlossenen Außenröhren besser aus Kupfer hergestellt.
Vorwärmer mit Frisch-
dampfheizung werden nur
selten benutzt; ein Beispiel bietet
der Schmidt'sche Heißdampf-

Fig. 8 und 9.

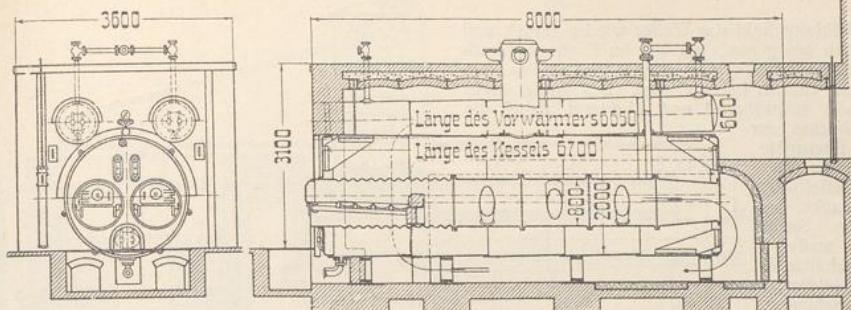


Fig. 10 und 11.

Kessel (f. Ueberhitzer, S. 682, Fig. 29). Der Vorwärmer (D.R.P. Nr. 89662) wird durch das Gefäß *V* gebildet, in dem eine Heizschlange angebracht ist. Diese ist durch das Ventil *o* und das Rohr *l* an den Dampfraum des Kessels angeschlossen und wird demnach vom Dampf durchströmt, der bei *m* eintritt und bei *n* austritt. Von hier strömt der Dampf mit dem durch die Wärmeabgabe niedergegeschlagenen Wasser durch das Rohr *p q* nach dem Ventil *a*, wo durch die Saugkraft des Hauptdampfstromes das Gemisch von Wasser und Dampf mitgerissen und durch das Rohr *b c* in den Ueberhitzer geführt wird. Das Speisewasser tritt aus der Speifeleitung durch das Ventil *r* in die Zuleitung zum Vorwärmer, die bei *s* an das Gefäß *V* anschließt. Durch das Rohr *t u* wird das vorgewärmte Wasser dem Kessel zugeführt. Die Aufschaltung des Vorwärmers kann leicht durch die Ventile *r*, *v* und *o* erfolgen. Das Wasser strömt dann unmittelbar von der Speifeleitung zum Kessel. Bei dieser Bauart bleibt die Vorwärmerspirale frei von Kesselflecken. Das Gefäß *V* kann nötigenfalls auch während des Betriebes von Kesselflecken gereinigt werden.

Vorwärmern mit Rauchgasheizung, die in die Kesselschlüsse bzw. in den Fuchs eingebaut werden, bieten Vorteile, wenn eine weitgehende Abkühlung der Heizgase allein durch die Kesselleitzfläche wegen zu hoher Belastung derselben nicht erreicht werden kann. Die Fig. 10 und 11 zeigen einen im letzten Kesselschlüsse liegenden Vorwärmer, der aus zwei Zylindern von 0,6 m Durchmesser und 6,65 m Länge besteht. An Stelle eines großen, innen befahrbaren Zylinders werden auch mehrere dünnerne Röhren angewendet, die aber behufs Reinigung von Kesselflecken im Innern zugänglich sein müssen. Der Vorwärmer kann auch in einer besonderen gemauerten Kammer untergebracht werden. Die Fig. 12 und 13 geben einen solchen Röhrenvorwärmer von Walther & Co., Kalk bei Köln, wieder. Durch Drehung einer Kurbel werden die beiden Abpferklappen gehoben oder gesenkt, je nachdem der Vorwärmer aus- oder eingeschaltet werden soll. Die geraden Röhren sind an den Enden durch kurze Krümmer verbunden, die metallisch mit den Röhren gedichtet sind und sich leicht abnehmen lassen, wenn eine Innenreinigung der Röhren nötig wird. Aehnlich ist der Greensche Economizer, der aus gußeisernen, senkrecht gestellten Röhren besteht, die durch ein ständig arbeitendes System von Schabern frei von Ruß gehalten werden. Bei schmiedeeisernen Röhren, die sich leichter verbiegen, wird der Ruß mit Dampfstrahl abgeblasen. — Nach dem D.R.P. Nr. 89404 von W. Schmidt wird in die Heizgase eine Rohrspirale eingebaut, die aber nach Fig. 14 nicht von dem vorzuwärmenden Kesselspeisewasser, sondern immer von einem und derselben kesselfeinfreien Wassermenge durchströmt wird. Auf diese Weise wird auch bei diesem Vorwärmer, ähnlich wie bei dem Frischdampfvorwärmer von W. Schmidt nach D.R.P. Nr. 89662, das fehl lästige Ansetzen von Kesselflecken in den schwer zugänglichen und schlecht zu reinigenden dünnen Spiralrohren vermieden. Das in der Heizschlange erwärmte Wasser tritt bei *d* aus, steigt in die Höhe und wird bei *e* in die in dem Speisewasserbehälter *f* eingebaute Wärmeschlange eingeführt. Infolge der Ab-

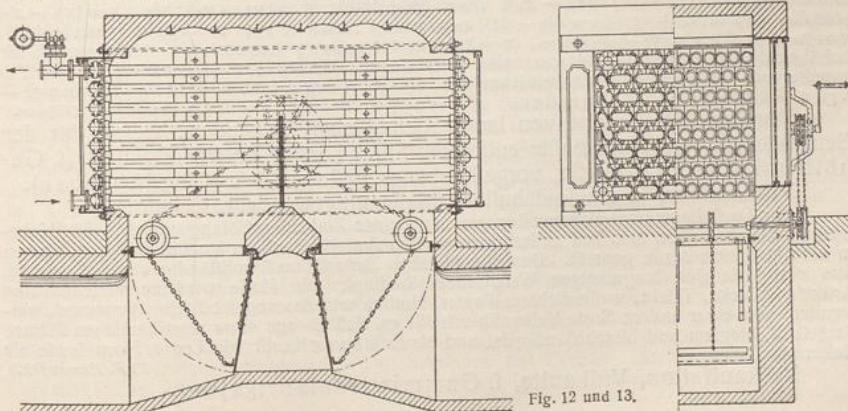


Fig. 12 und 13.

kühlung sinkt das Wasser wieder zurück und tritt bei *g* aus, um der im Fuchs angeordneten Heizschlange wieder zuzufließen, wo der Eintritt bei *h* erfolgt. Das Wasser kreist also fortwährend und überträgt dabei die Wärme der Fuchsgase an das Kesselfeiewasser. Der im Speife-wasser-behälter sich bildende Schlamm oder Kesselstein kann leicht befeitigt werden. Da die in den Wärme-schlangen kreifende

Wassermenge zeitweise ergänzt werden muß, so ist bei *e* eine vom Dampfdom ausgehende Dampfleitung angegeschlossen. Durch Kon-densation des Dampfes wird das notwendige Erfatzwasser erzeugt.

Für die Berechnung der Heizfläche von Rauchgasvorwärmern kann die S. 685 für Ueberhitzer gegebene Gleichung 1 benutzt werden, wenn T_1 und T_2 die Gas-temperaturen vor bzw. hinter dem Vorwärmer und t_1 bzw. t die Wassertemperaturen bei Austritt aus, bzw. beim Eintritt in den Vorwärmer bedeuten; dabei ist $Q = D(t_1 - t)$ zu setzen. Für k wähle man bei reinen Heizflächen 10 bis 15. Als gegeben sind T_1 und t anzusehen. Es ist dann entweder T_2 oder t_1 anzunehmen, worauf sich der noch fehlende vierte Wert aus der S. 686 für Ueberhitzer gegebenen Gleichung 3 berechnen läßt.

Der Einbau eines Vorwärmers in den Fuchs einer Kesselanlage empfiehlt sich gewöhnlich nur dann, wenn die Gase an dieser Stelle noch eine verhältnismäßig hohe Temperatur (300° und darüber) besitzen. Bei richtiger Bemessung und Anordnung des Vorwärmers ist dann eine Erwärmung des Speisewassers bis zu 120 und 130° möglich. Die zu erzielende Kohlenersparen kann bei Austritt aus, bzw. beim Eintritt in den Vorwärmer einzuhabenden Vorwärmern gewöhnlich größere Anlage- und Unterhaltskosten als Abdampfvorwärmern. Bei Neuanlagen ist es meist zweckmäßiger, die beabsichtigte Ausnutzung der Kesselgase durch reichliche Bemessung der Kesselheizfläche zu erreichen; bei vorhandenen überlasteten Kesselanlagen kann dagegen der Einbau von Vorwärmern recht nützlich werden. — Literatur s. unter Dampfkessel.

O. Herre.

Vorwärtsabschneiden, Vorwärts einschneiden, Methode der trigonometrischen Punktbestimmung. Durch den Schnitt von zwei Richtungslinien *A—P* und *B—P*, die von zwei Punkten *A* und *B* ausgehen, wird ein dritter Punkt *P* bestimmt.

Bei der graphischen Lösung auf dem orientierten Meßtisch werden die Richtungslinien unmittelbar ausgezogen, f. Meßtischaufnahme, Bd. 6, S. 394. — Bei der rechnerischen Lösung ergeben sich für den einfachen Fall der Figur mit den auf *A* und *B* gemessenen Winkeln α und β , falls die Koordinaten $y_a x_a$ und $y_b x_b$ gegeben sind, folgende Rechenformeln $\operatorname{tg} N_a = (y_b - y_a) : (x_b - x_a)$; $N_a = N_a \pm 180^\circ$; $g = (y_b - y_a) : \sin N_a = (x_b - x_a) : \cos N_a$; $\varphi_a = N_a + \alpha$; $q_b = N_b - \beta$; $s_a = g \sin \beta : \sin(\alpha + \beta)$; $s_b = g \sin \alpha : \sin(\alpha + \beta)$; $y = y_a + s_a \sin \varphi_a = y_b + s_b \sin q_b$; $x = x_a + s_a \cos \varphi_a = x_b + s_b \cos q_b$. — Weiteres f. die Geodäsie unter [4]—[10] genannten Lehrbücher. Wegen der Anwendung in der Triangulierung, mehrfaches Vorwärts einschneiden, Ausgleichung u. s. w. f. Triangulierung. — Vgl. a. Rückwärtseinschneiden.

(† Reinharts) Hellmer.

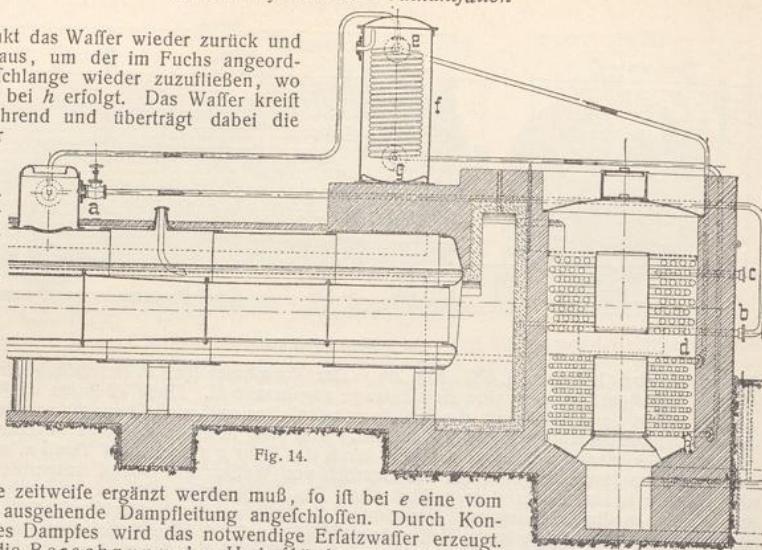
Vorwerk, 1. Gruppe von landwirtschaftlichen Gebäuden, welche für den Betrieb eines vom Hauptbesitz entfernten Stück Landes notwendig sind (f. Gehöftanlagen); 2. Vorfeste, vorgeschobenes Festungswerk (f. Festungsbau).

Vulkanfiber, in amyloidähnliche Masse umgewandelte Cellulose.

Zur Darstellung wird Baumwollepapier mit einer Zinkchloridlösung von 65—75 Bé behandelt, bis die Fasern zum Teil gallertig verquollen sind; hierauf werden die Blätter zusammen in eine kompakte Masse gepréßt. Das überschüssige Zinksalz muß vollständig entfernt werden, was einen ziemlich langwierigen Waschprozeß bedingt. Die Masse wird zu verschiedenen Artikeln, Blocks, Tafeln, wasserdichtem Papier, ähnlich wie das vegetabilische Pergament, verwendet. Von einer andern Sorte Vulkanfiber heißt es, daß sie aus einer amerikanischen Pflanze dargestellt, biegsam und hitzebeständig sei und als Ersatz von Kautschuk, Leder, Horn sowie als Isoliermittel diene.

T. F. Hanausek.

Vulkanisation, Vulkanite, f. Gummiwarenfabrikation.



Vorwärtsabschneiden, Vorwärts einschneiden, Methode der trigonometrischen Punktbestimmung. Durch den Schnitt von zwei Richtungslinien *A—P* und *B—P*, die von zwei Punkten *A* und *B* ausgehen, wird ein dritter Punkt *P* bestimmt.

