



UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Lexikon der gesamten Technik und ihrer Hilfswissenschaften

Lueger, Otto

Stuttgart [u.a.], [1907]

|

[urn:nbn:de:hbz:466:1-83897](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:466:1-83897)

I

als Abkürzungszeichen bedeutet auf den deutschen Reichsmünzen die Münzstätte Hamburg, auf älteren französischen Limoges; als Zahlzeichen im Griechischen $I=9$, $\iota=9000$; im Lateinischen $I=1$; in der Mathematik $i=\sqrt{-1}$.

Iberger Kalk, im Oberharz (Grund) ein blaugrauer, gelblicher bis weißer, dichter, splitterig brechender Kalkstein, der keine Schichtung zeigt, aber von zahlreichen Klüften und Spalten durchzogen wird. Das Gestein gehört feinen Verfeinerungen nach dem Oberdevon an und enthält in zahlreichen, unregelmäßig gestalteten Nestern und Butzen, selten gangartig, Eisenerze (Spat- und Brauneisenstein), welche vielfach durch Bergbau aufgeschlossen sind. *Leppla.*

Identitäten, solche Gleichungen, welche nicht zur Bestimmung der Veränderlichen dienen, sondern für alle beliebigen Werte derselben bestehen, z. B. $(a+x)(a-x)=a^2-x^2$. Man gebraucht oft bei denselben statt des Gleichheitszeichens das Identitätszeichen \equiv .

Bei einer algebraischen Identität müssen (nach gehöriger Reduktion) die Koeffizienten sämtlicher Potenzen von x und das Absolutglied Null sein. Wichtige Identitäten sind die folgenden:

$$\begin{aligned} (b+c)(c+a)(a+b) &= (a+b+c)(bc+ca+ab) - abc \\ (b-c)(c-a)(a-b) &= a^2(c-b) + b^2(a-c) + c^2(b-a) = a(b^2-c^2) + b(c^2-a^2) + c(a^2-b^2) \\ (b-c)^2 + (c-a)^2 + (a-b)^2 &= 2[(a-b)(a-c) + (b-c)(b-a) + (c-a)(c-b)] \\ (a^2+b^2+c^2)(a^2+b^2+c^2) - (a\alpha+b\beta+c\gamma)^2 &= (b\gamma-c\beta)^2 + (c\alpha-a\gamma)^2 + (a\beta-b\alpha)^2. \end{aligned}$$

Idioelektrisch, f. Elektrizität, Bd. 3, S. 401. *Wölffling.*

Idokras, f. v. w. Vefuvian (f. d.).

Idrialit (Queckfilberbranderz), ein Mineral, das aus einem Kohlenwasserstoff, dem Idrialin (77%) und beigemengtem Zinnober (17,8%) besteht. Stets derb, braungrau bis braunschwarz, mild, fettglänzend und fettig anzufühlen. Entzündet sich an der Kerze, schmilzt bei 250–300° C und gibt dabei Queckfilber, schweflige Säure und ein ölbildendes Gas. Durch Terpentin läßt sich das Idrialin, ein aus etwa $C_{10}H_{27}O$ zusammengesetzter weißer Körper, aus dem Idrialit ausziehen. Kommt mit Queckfilbererzen zusammen bei Idria vor. *Leppla.*

Idrisöl (Verbenaöl), f. Grasöle.

Igel (Igelkreppe), die mit Drahtspitzen besetzten Walzen in der Baumwoll-, Kammgarn-, Flachspinnerei.

Igeltransformator (Swinburnscher Wechselfromtransformator), f. Umformer, elektrischer.

Ikonometer (Bildmeßer, Sucher, Auschnittmeßer), Vorrichtung zur Einstellung des Bildes an Handkameras (f. Kamera).

Die einfachste Gestalt des Ikonometers ist die eines aufklappbaren Metallrähmchens mit Fadenkreuz, mittels welchem man, durch ein in einem absteigenden Plättchen angebrachtes Visierloch hindurchblickend, den Bildausschnitt wahrnehmen kann. Die Größe des Rahmenausschnittes und der Abstand des Visierloches vom Rähmchen müssen entsprechend der Brennweite und dem Bildwinkel des benutzten Objektives bestimmt werden. An Stelle eines Ikonometers der beschriebenen Form stehen häufig noch andre Sucher in Verwendung. Der Watsonsche Sucher besteht aus einem kleinen Metallkästchen, in welchem eine Linse (von wenigen Zentimetern Brennweite) das Bild auf einem diagonal angeordneten Spiegel entwirft, der es nach oben auf eine Mattscheibe reflektiert, so daß der Apparat unter Augenhöhe gehalten werden kann. Bei Talbots Doppelsucher ist der Spiegel umzulegen; die Linse

entwirft ſodann das Bild unmittelbar auf die in der Rückwand eingelaffene Mattſcheibe (vgl. Kamera) und es kann daher der Apparat ſich in Augenhöhe befinden. Gleichfalls für die Durchſicht iſt der Newtonſche Sucher, eine in einem geſchwärzten Metallrähmchen geſaßte bikonkave Verkleinerungslinſe, beſtimmt. Ein intereſſanter neuer Sucher („Sellar“) für Draufſicht wurde von Martin in Rathenow erfunden. Es iſt ein Hohlſpiegel mit einer Sattel- fläche; er weiſt nämlich in der Richtung der Viſierlinie eine konkave, in der dazu ſenkrechten Richtung eine zum Zwecke der Befeitigung der ſtarken Verzeichnungen zonenweiſe verſchiedene Werte aufweiſende konvexe Krümmung auf. — Außerdem gibt es noch einige Arten von Suchern, welche aber ſeltener verwendet werden, z. B. das Pleſiometer, vom Ausſehen eines kleinen Taſchenfernrohrs, welches auch als Einſtelluſe und Entfernungsmefſer benutzbar iſt, u. ſ. w.

Literatur: Eder, J. M., Ausführl. Handbuch der Photographie, 1. Teil, 2. Hälfte, Halle a. S. 1907. 1893; Derf., Jahrbuch f. Photogr. u. Repr., Halle a. S. 1907.

Ikonoſtaſis, in den ruſſiſchen Kirchen die reichverzierte Wand, welche das Sanktuarium von dem übrigen Teil der Kirche trennt.

Ikonoſtypie, ein von J. Hentſchel in Mannheim ausgearbeitetes Verfahren zur Herſtellung elafiſcher Buchdruckformen.

Auf eine Metallplatte wird an den im Drucke weiß bleibenden Stellen eine paſtoſe Subſtanz allmählich bis zu 3 mm Dicke aufgetragen und die ſo erhaltene Matrize durch Ausgießen mit Leimmaſſe abgeformt (vgl. Gelatinographie). Die Methode iſt nur für grobe Zeichnung aufweiſende Druckplatten verwendbar.

Ikosaeder, **Ikositetraeder**, f. Polyeder.

Illipeſett, f. Baſſiaſett.

Illipeöl, auch Mahwabutter und Baſſiaöl genannt, ein friſchgelbes oder grünlichgelbes Fett aus dem Samen von *Bassia longifolia* L. und *Bassia latifolia* Roxb. Es wird leicht ranzig und findet Verwendung in der Kerzen- und Seifenfabrikation.

Literatur: Schädler, Technologie der Fette, 2. Aufl., Leipzig 1892; Deite, Handbuch der Seifenfabrikation, 3. Aufl., Bd. 1, Berlin 1906; Lewkowitſch, Chem. Technologie der Fette, Bd. 2, Braunſchweig 1905.

Illumination, 1. feſtliche Beleuchtung von Straßen und Plätzen einer Stadt, von einzelnen Gebäuden, von Gartenanlagen u. ſ. w. durch Lampen in verſchiedenfarbigem Lichte, Gasflammen oder elektriſches Licht, durch Trans- parente; bei größter Wirkung auch durch Pechkränze in Pfannen (St. Peter- Kuppel in Rom).

Hierbei gilt als Regel, die Hauptteile eines Bauwerks, wie Fenster, Bogenöffnungen, Gurten und Gefimſe, Liſenen u. ſ. w., durch einfache Lichtlinien zu bezeichnen und ſo die Hauptverhält- niſſe hervorzuheben, wodurch meiſt eine prächtige und große Wirkung erzielt wird. In Gärten iſt durch Aufſtellung von Lämpchen längs den Beeten, durch Papierlaternen in Kettenlinien, durch bengaliſches Feuer ſowie durch Spiegelung an Seen oder Teichen eine reizende Wirkung von phantaſtiſch-ſeenhaftem Gepräge zu erreichen. Oft können auch durch Lattengerüſte Schein- architekturen (z. B. im Hintergrunde eines Gartens) hingezaubert werden.

2. Buntmalen von ſchwarzgezeichneten Bildern, daher **Illuminator** f. v. w. Handſchriftenmaler, Miniaturmaler.

Illuminator, Lichtwerfer, Vorrichtung zur Beleuchtung von Inſtrumententeilen.

Solche Vorrichtungen ſind erforderlich zur Beleuchtung von Teilungen für die Ableſung mit Lupen und zur Beleuchtung des Fadenkreuzes in Fernrohren bei Nachtbeobachtungen ſowie der Maßſtäbe und Fäden in Ableſemikroſkopen. Die Innenwandung des unteren Teils der Mikro- ſkoprohre wird mit weißem Gips bekleidet. Im übrigen werden die Vorrichtungen in paſſender Form und Stellung an den Inſtrumenten angebracht. Sie beſtehen aus kleinen Schirmen von weißem Papier, Webſtoſf, Horn, Zellhorn, Glas oder Metall. S. Fadenkreuz. († Reinherz) Hillmer.

Illustrationsdruck (-zurichtung), der Druck von Bildern mittels Holz- ſchnitten, Aetzungen u. ſ. w. und der Buchdruckpreſſe.

Der typographiſche Bilderdruck iſt gegenüber dem mittels anderer Techniken ausgeführten dadurch kompliziert, daß man zumeiſt eines beſonderen Reliefs bedarf, um ſämtliche Tonwerte des Bildes im Abdrucke richtig zu erhalten. Durch das Zurichtrelief wird nämlich be- wirkt, daß entſprechend dem Dunkelheitsgrade der verſchiedenen Bildpartien dieſe auch einen verſchieden kräftigen Druck erleiden. Die Illustrationszurichtung (Kraftzurichtung) wird auf manuellem oder mechaniſchem Wege im eignen oder auch in beſonderen Betrieben hergeſtellt. Durch Handarbeit ſo, daß ſchablonenartige Ausſchnitte gemacht und übereinander geklebt werden, wodurch ſich, über die Mitteltöne wachſend, an den Schattenſtellen ſchließlich die meiſten Papierlagen aufbauen. Seltener erzeugt man das Relief durch entſprechend oftſes Uebermalen mit paſtoſen Subſtanzen oder umgekehrt durch Herausſchaben der helleren Bild- partien aus einem Papierblatt, welches mit mehreren verſchieden gefärbten „Kreide“ſchichten verſehen iſt. Die mechaniſchen Zurichtmethoden ſcheiden ſich in mehrere Gruppen. Die Streu- verfahren beruhen darauf, daß z. B. auf ein und demſelben Papierblatte wiederholt zurichtverfahren beruhen und dieſe jedesmal mit Harzpulver beſtäubt (dieſes wohl auch in farbefatte Abdrücke gemacht und dieſe jedesmal mit Harzpulver beſtäubt (dieſes wohl auch in verſchiedener Weiſe, z. B. durch ätheriſche Harzlöſungen, fixiert wird) werden; ſchließlich ver- einigt man die Pulverſchichten durch Hitzeeinwirkung oder in anderer Weiſe zu einer zuſammen-

hängenden Kruste. Bei den photomechanischen Zurichtverfahren wird entweder nach einem Negative ein fertig entwickeltes Gelatinerelief (f. Pigmentdruck) erzeugt und unmittelbar als Zurichtung verwendet oder nach einem Diapositiv ein Quellrelief gewonnen, in Gips abgeformt und mittels dieser Gipsmatrize erst ein Guttaperchazurichtrelief hergestellt. Ein sehr gutes Verfahren ist die neue mechanische Kreidezurichtung. Ein besonderes, zweiseitig nach Art der Kunstdruckpapiere (f. Papierforten) gestrichenes Papier wird auf beiden Seiten (vorne mit dem richtigen, rückwärts mit einem Spiegelabklatsch) mit Abdrücken des zurichtenden Klischees versehen und hierauf in verdünnte Chlorlauge gebracht. Diese löst an den von der harzhaltigen, fetten Druckfarbe nicht bedeckten Stellen das Bindemittel der Streichschichte (den Leim oder das Kasein), wodurch die des Zusammenhangs beraubten mineralischen Pulverpartikeln fortgeschwemmt werden können. Ist das Relief fertig, wird es gewaschen, getrocknet und gebürstet. Auch geätzte Metallzurichtreliefs werden fabriksmäßig erzeugt. Bei den sogenannten Reliefklischees ist die eigentliche Druckplatte mit einer durch photomechanische Uebertragung und Ätzen gewonnenen Zurichtreliefplatte unter Anwendung von Pressengewalt und Hitze hinterprägt; dadurch erhalten die die verschieden dunkeln Bildteile im Abdrucke ergebenden Formelemente ein verschiedenes Niveau.

Für den Illustrationsdruck werden auch eigne Pressen mit umfangreichem Farbwerk, schweren, gegen das Durchbiegen durch Rippenversteifung gesicherten Druckzylinder und Formenplatte, Frontbogenausführung (vgl. Buchdruckmaschinen) gebaut. Ferner bedarf man besonders gut druckfähiger, aus feinsten verteilbarer Schwärzen oder bunter Farbstoffe; endlich muß das Papier eine spezielle Eignung aufweisen (Weichheit, Widerstand gegen Aufrauen, Saugfähigkeit, homogene Struktur u. f. w.). Zumeist benutzt man heute, namentlich für den Druck von Autotypen (f. Autotypie), gestrichenes Chromo- oder Kunstdruckpapier, welche sich durch ihre weiße, glatte und saugfähige Oberfläche auszeichnen. A. W. Unger.

Ilmenit, f. v. w. Titaneisenerz (f. d.).

Imaginär (reinimaginär) heißen zunächst die Quadratwurzeln aus negativen Zahlen; ihnen gegenüber werden die positiven und negativen Zahlen als reell bezeichnet. Jede imaginäre Zahl ist das Produkt aus einer reellen Zahl in die Wurzel aus der negativen Einheit $\sqrt{-1}$; die letztere wird allgemein mit i bezeichnet. Dabei ist $i = i^3 = i^5 = \dots$; $i^2 = i^6 = \dots = -1$; $i^3 = i^7 = \dots = -i$; $i^4 = i^8 = \dots = 1$. Summen von reellen und imaginären Zahlen heißen komplex (f. Komplexe Größen).

In der algebraischen und analytischen Geometrie ist das Auftreten von imaginären (oder komplexen) Werten der Bestimmungsstücke der gesuchten Größe immer ein Zeichen, daß die betreffende Aufgabe keine oder nur eine uneigentliche Lösung besitzt. So erhält man z. B. für den aus drei Seiten zu berechnenden Dreiecksinhalt einen imaginären Wert, wenn eine Seite größer ist als die Summe der beiden andern; das Dreieck ist alsdann nicht konstruierbar. Ebenso erhält man für die Koordinaten der Schnittpunkte zweier außerhalb voneinander liegender Kreise komplexe Werte. Die Kreise schneiden sich tatsächlich nicht. Um jedoch die Allgemeingültigkeit gewisser geometrischer Sätze (z. B. des Satzes, daß eine Kurve n -Ordnung mit einer solchen p -Ordnung gerade np Punkte gemein hat) zu sichern, ist man genötigt, in der Geometrie auch imaginäre Gebilde, d. h. solche mit imaginären oder komplexen Koordinaten oder Gleichungen zu betrachten.

In der ebenen Geometrie gelangt man hierbei zu imaginären Punkten $x_0 + i x_1$, $y_0 + i y_1$ (durch jeden geht eine reelle Gerade $\begin{vmatrix} x & y & 1 \\ x_0 & y_0 & 1 \\ x_1 & y_1 & 1 \end{vmatrix} = 0$) und zu imaginären Geraden $(a_0 + i a_1)x + (b_0 + i b_1)y + (c_0 + i c_1) = 0$ (auf jeder liegt ein reeller Punkt $x:y:1 = \begin{vmatrix} a_0 & b_0 & c_0 \\ a_1 & b_1 & c_1 \end{vmatrix}$); ferner zu imaginären Kurven (z. B. die imaginäre Ellipse $\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} + 1 = 0$). Von Wichtigkeit sind die sogenannten imaginären Kreispunkte, die unendlich fernen Punkte des Geradenpaares $x^2 + y^2 = 0$. Es sind die zwei Punkte, welche jeder Kreis der Ebene mit der unendlich fernen Geraden gemein hat. Sie werden harmonisch getrennt durch je zwei aufeinander senkrechte Gerade. Eine Kurve, welche durch dieselben geht, heißt zirkular. Ein imaginärer Punkt (Strahl) kann auch synthetisch definiert werden als einer der Doppelpunkte (Doppelpunkte) einer durch zwei Punktepaare (Strahlenpaare) gegebenen elliptischen Involution.

In der Raumgeometrie unterscheidet man außer imaginären Punkten und Ebenen imaginäre Gerade erster und zweiter Art, je nachdem sie einen reellen Punkt und eine reelle Ebene besitzen oder nicht. Die imaginären Raumgeraden können synthetisch als Leitlinien von Kongruenzen (f. Liniengeometrie) definiert werden. Wölffing.

Imaginäre Gelenke, f. Gelenkverbindung, Gelenkviereck.

Imaginäre Geometrie, f. Geometrie, nichteuclidische.

Imatraftein, f. Konkretion.

Imbibition, die Durchtränkung fester Körper mit Flüssigkeit. Tritt dabei auch Flüssigkeit in die Molekularinterstitionen, so findet ein Aufquellen des Körpers statt. Speziell über die Wirkung des Wassers bei dem Eindringen in den Boden f. Bodenphysik, Bd. 2, S. 115, III.

Imitatgarne, f. Streichgarne, f. Spinnerei.

Imitation, f. v. w. Nachahmung. Im Gebiete des Bauwesens ist die Nachahmung echter und teurer Stoffe durch Malerei oder durch minder kostbare Stoffe ein oft gebrauchtes Mittel, um Wirkungen für den Augenblick oder für vorübergehende Zwecke zu erzielen. Oft aber soll dadurch auch unter der zwingenden Notwendigkeit geringer Geldmittel der Eindruck einer reicheren Ausführung hervorgerufen werden.

Wenn sich das vom Standpunkte der wahren Kunst in den erstgenannten Fällen, also für Festdekorationen besonders im Inneren der Gebäude, gutheißend läßt, so verbietet es sich an den Außenseiten der Gebäude und überhaupt da, wo die Einflüsse der Witterung zu rasch den Schleier zerreißen und die nackte Wahrheit in ihrer Jämmerlichkeit zeigen würden. Am auffallendsten tritt dies zutage bei der Nachahmung von Quaderböcken, Marmorsäulen u. dergl. durch Mörtelputz, bei welchen sich in kurzer Zeit schon die Anfänge der Zerstörung durch Frost u. f. w. zeigen. — Günstiger gestalten sich jene Nachahmungen von Marmorflächen in Stuckmarmor (f. Stucco lustro), die im Inneren von vorzüglicher Wirkung und großer Dauer sind. Ebenso können in gewissen Fällen die durch Oelfarbanstrich (f. Anstriche, Bd. 1, S. 230) bewirkten Nachahmungen von feineren Holzarten oder verschiedenen seltenen Marmoren von Wert sein. Bei geschickter und getreuer Nachbildung werden sie oft eine vollkommene Täuschung erzielen; auf die Dauer aber vermögen sie nicht den Eindruck der Aermlichkeit zu beseitigen.

Im Lichten (Lichtweite), Angabe des inneren Maßes bei hohlen Gegenständen.

Immersionsysteme, f. Mikroskop.

Impedanz. In einem Stromkreise mit hoher Selbstinduktion ist die Stromstärke bei Wechselstrom kleiner als bei Gleichstrom. Es hat den Anschein, als ob der Widerstand des Leiters mit hoher Selbstinduktion gegen Wechselstrom größer sei als gegen Gleichstrom. Man bezeichnet den Widerstand eines solchen Leiters als scheinbaren Widerstand oder Impedanz desselben, zum Unterschiede gegen den gewöhnlichen Widerstand, den der Leiter gegen Gleichstrom hat.

Der Widerstand wächst mit der Periodenzahl des Wechselstromes, d. h. mit der halben Anzahl der Richtungswechsel in der Sekunde. Bezeichnet n die Periodenzahl des Wechselstromes und L den Selbstinduktionskoeffizienten des Leiters, so ist dessen scheinbarer Widerstand oder Impedanz $= 2\sqrt{w^2 + 4\pi^2 n^2 L^2}$. Dieser scheinbare Widerstand setzt sich also zusammen aus dem eigentlichen Leitungswiderstande w und dem sogenannten induktiven Widerstande, der von dem Selbstinduktionskoeffizienten L und der Periodenzahl des Stromes abhängt. *Otto Jentsch.*

Impedanzspule (Drosselspule), f. Umformer, elektrischer.

Imperial, Papierformat (f. d.) von 766 mm Länge und 554 mm Breite; russische Goldmünze = 10 Rubel. Seit 1886 werden nur noch Halbimperiale geprägt zu 130,68 Doli = 5,80675 g Feingold = 16,20 *M.*, während die vor 1886 gemünzten Stücke 135 Doli enthielten = 5,998709 g Feingold = 16,65—16,74 *M.*

Imperialdukaten, russische Goldmünze = 3 Rubel = 10,04 *M.*

Impermeator, Dampfschmierapparat, der kurz vor der Maschine auf das Hauptdampfrohr geschraubt wird; er benutzt das durch Kondensation des Dampfes entstandene Wasser, um das Schmieröl aus dem Apparat in das Hauptdampfrohr zu drücken. *T. Schwara.*

Impfen, f. Beraufung, Bd. 1, S. 691.

Impluvium, die Oeffnung im Dache des römischen Atriums, durch welche das Regenwasser einfällt und in einem Bassin (Compluvium) gesammelt wird.

Imprägnationszonen, f. Erzlagerstätten.

Imprägnieren, f. Holzkonservierung.

Impressaschichten (Impressamergel, Impressaton), graue und grünlich-graue, gelblich verwitternde Tone und Mergel, die in wechselnder Mächtigkeit ein Glied des unteren Malm oder weißen Jura in Süddeutschland ausmachen. *Leppla.*

In, in der Chemie Zeichen für Indium (f. d.).

Inbau (Innenbau), innerer Ausbau, f. Ausbau.

Incaholz, f. Nutzhölzer.

Indamine, f. Farbstoffe, künstliche organische, Bd. 3, S. 628.

Index (Indexstrich, Zeiger, Zähler, Zählstrich), die zur Ablefung an Teilungen dienende Marke, z. B. beim Nonius der Nullstrich der Nonienteilung und beim Schraubenmikroskop die Marke, welche eine feste Schraubenstellung bezeichnet. *(† Reinhertz) Hillmer.*

Indexfehler (Zeigerfehler, -abweichung), die Abweichung der Stellung des Zeigers oder auch der Teilung von der Stellung, welche die Theorie des Instrumentes erfordert. *(† Reinhertz) Hillmer.*

Indiafafer, f. Spinnfafern.

Indianerrot, f. Eisenrot.

Indianshirting, ein Baumwollstoff, f. Weberei.

Indican $C_{26}H_{31}NO_{17}$, ein in allen Indigo liefernden Pflanzen enthaltenes Glykosid; f. Farbstoffe, pflanzliche, Bd. 3, S. 638.

Indicatrix (indikatorische Linie), f. Flächentheorie, Bd. 4, S. 73.

Indices, in der Kristallographie die Verhältniszahlen der reziproken Werte von den Längen (Parametern), welche die Kristallflächen auf den Koordinatenachsen abschneiden (vgl. Kristall).

Indifferenzpunkt, f. Magnetismus.

Indigblau, f. Farbstoffe, pflanzliche, Bd. 3, S. 638, und Indigoküpen.

Indigblauschwefelsäure, **Indigdisulfosäure**, f. Indigokarmin.

Indigextrakt, Handelsname für reines indigblauidisulfosaures Natrium.

Indigo, blauer Farbstoff aus dem Pflanzenreich, f. Farbstoffe, pflanzliche (Bd. 3, S. 638), Indigodruck, Indigokarmin, Indigoküpen. — Indigo, chinesischer, grüner, f. Chinesischgrün; Indigo, künstlicher, f. Farbstoffe, künstliche organische (Bd. 3, S. 627); Indigo, löslicher, f. Indigokarmin; Indigo, mineralischer, f. Molybdänblau; Indigo, präparierter, Handelsname für das reine Indigblau; Indigo, roter, f. Farbstoffe, pflanzliche (Bd. 3, S. 641); Indigo, schwarzer, f. v. w. Anilinschwarz (f. d.)

Indigodruck. Das Drucken von Indigo zwecks Hervorbringung von Mustern auf einseitig küpenblau gefärbtem Gewebe verdankt seine Entstehung der Küpenfärberei. Denn um den Indigo als Druckfarbe auf dem Zeuge befestigen zu können, mußte für ihn ein Lösungsmittel gefunden werden, das sein Eindringen in die Fafer an der betreffenden Stelle gestattet. Solche Lösungsmittel aber sind alle diejenigen Substanzen, die zum Ansetzen der Indigoküpe dienen.

So entstand zuerst das Pinfelblau, das durch Auftragen einer mit Gummi verdickten konzentrierten Auflösung von Indigo in Schwefelarsen und Alkalilauge (Opermentküpe) auf den Stoff mit Hilfe eines Pinfels und Entwicklung des Blau infolge Oxydation des Indigweiß zu Indigblau durch Einlegen des Gewebes in Wasser fabriziert wurde. Ihm folgte später das Fayenceblau (f. d.), das seine Erzeugung der den Bedürfnissen des Kattendrucks angepaßten Vitriolküpe verdankte. Aber auch diese Methode des Indigodrucks wurde gewisser Schwierigkeiten halber nur kurze Zeit angewendet, zumal in dem Solid- oder Echtblau alsbald eine einfachere Ausführungsform gefunden wurde. Der Indigo wurde mittels eines Gemisches von Zinnoxidhydrat, Alkalilauge und Traubenzucker zu Indigweiß reduziert, dieses mit Gummi verdickt aufgedruckt und die Farbe durch Waschen der bedruckten Ware in Wasser entwickelt. Das Verfahren wurde später noch verschiedentlich modifiziert, schließlich aber aufgegeben, da man nach demselben ein gutes Dunkelblau nicht erzielen konnte [1]. Das gleiche Schicksal hatte das auf Grund der Baeyer'schen Synthese des Indigblau aus Zimtsäure 1881 ausgearbeitete vielversprechende Verfahren der Badischen Anilin- und Sodafabrik in Ludwigshafen, bestehend in der Entwicklung dieses Farbstoffes auf der Fafer aus der auf letzterer durch Druck aufgetragenen Propiolsäure (Orthonitrophenylpropiolsäure). Der unangenehme Geruch der damit bedruckten Gewebe, der hohe Preis des Präparates und die Sorgfalt, welche die Durchführung des Verfahrens erheischt, sind der Anwendung des Propiolsäureblaus hinderlich gewesen [2]. Es kam hinzu, daß bald nach der Einführung des Propiolsäuredruckes ein Verfahren bekannt wurde, nach dem es möglich ist, mit natürlichem Indigo ein Druckblau von jeder beliebigen Tiefe zu erzeugen. Es ist dies der sogenannte Glykose- oder Glukoseprozeß oder das Schlieper und Baumsche Verfahren [3]. Dabei wird die Reduktion des Indigo durch Glukose und Natronlauge unter Mitwirkung von Wasserdampf bewirkt. Das entstandene Indigweiß vereinigt sich zufolge seiner Affinität zur Cellulose mit der Fafer und wird durch die nachfolgende Oxydation in Blau übergeführt. Die Ausführung des Verfahrens, zu dessen Gelingen die strenge Einhaltung gewisser Bedingungen absolutes Erfordernis ist, gestaltet sich kurz folgendermaßen: Das baumwollene Gewebe wird auf einer Foulardier- oder Klotzmaschine (f. d.) mit Traubenzuckerlösung imprägniert und dann gut getrocknet, so daß der Traubenzucker möglichst wenig Wasser zurückhält. Das so präparierte Gewebe wird nun mit der Farbe bedruckt. Letztere ist eine innige und lauwarme Mischung von gemahlenem Indigo, Natronlauge, Maisstärke und British Gum von gelatineartiger Konsistenz. Es befinden sich nun auf dem Stoff zwei Lagen, die eine aus Glukose, die andre aus Indigofarbe bestehend. Unmittelbar nach dem Drucken muß das Gewebe bei einer 70° C. nicht überschreitenden Temperatur getrocknet werden. Bei höherer Temperatur würde infolge der zerstörenden Einwirkung des Aetznatrons auf den Indigo die Farbe abgeschwächt werden. Das bedruckte Stück läuft längs einer geheizten Dampfplatte, die bis zur Decke des Druckraums reicht, und zwar so, daß es einige Zentimeter von der Druckwalze fein Drucktuch verläßt, das hinter der Maschine durch heiße Platten getrocknet wird. Hat das bedruckte Stück die Decke erreicht, so tritt es in einen benachbarten Raum über, wo in einem in drei Abteilungen geteilten Kasten die weitere Trocknung mit 75° C. warmer, durch ein Root-Gebläse eingeblasener Luft erfolgt. Hierdurch wird die Einwirkung der

Glukose verhindert, die erst beim Dämpfen stattfinden soll. Das Dämpfen muß unmittelbar nach dem Drucken und Trocknen erfolgen. Das kalte bedruckte Stück zirkuliert in auf- und absteigender Linie in einem kleinen Dämpfkasten, der sich über einem Behälter mit Wasser befindet, durch das der Dampf aus einer den Kasten deckenden und die Kondensation des Dampfes im Dämpfraum verhindernden Dampfplatte streicht, und verläßt ihn nach 15–20 Sekunden. Durch die Einwirkung des Dampfes erfolgt die Reduktion des Indigo zu Indigweiß. Die gedämpfte Ware soll braun aussehen und einen olivfarbigen Schein zeigen. Sie wird schließlich sorgfältig gewaschen, um die Natronlauge und die Verdickung zu entfernen und um die Oxydation zu vollenden. Das Verfahren ist besonders für den Rotblauartikel (f. d.) in Anwendung gekommen. Eine Weißreserve für dieses Blau ist mit gebrannter Stärke verdickter Schwefel. Für Gelbreserve wird dem Schwefel ein Kadmiumsalz beigemischt.

Inzwischen wurden die Versuche fortgesetzt, die darauf abzielten, dem Drucker ein Präparat zur Verfügung zu stellen, das gleich der Propiolsäure der Badischen Anilin- und Sodafabrik die synthetische Bildung von Indigblau auf der Faser zuließ. 1893 brachten Kalle & Co. in Biebrich [4] unter dem Namen Indigoerfatz in Gestalt einer farblosen Paste die Bisulfidverbindung des von Baeyer & Drewsen entdeckten Orthonitrophenylmilchsäuremethylketons in den Handel. Genannte Firma liefert neuerdings als Indigoerfatz 7 dies sich besser konservierende Keton selbst und überläßt es dem Drucker, daselbe vor dem Gebrauch in die lösliche Form der Bisulfidverbindung zu verwandeln. Deren wässrige Lösung zerfällt sich bei 50° unter Abcheidung von freiem Keton, beim Verletzen derselben mit verdünnten Alkalien wird in der Kälte schon Indigo abgeschieden. Das Verfahren, das Indigblau in der Faser zu erzeugen, besteht entweder darin, den Baumwollstoff mit der verdickten Lösung des Indigoerfatzes zu bedrucken, ihn zu trocknen und durch Natronlauge von 10–12° Bé bei gewöhnlicher Temperatur zu paffieren, oder umgekehrt den mit Indigoerfatzlösung geklotzten und getrockneten Stoff mit einer Druckfarbe, die 16% Aetznatron enthält und aus gleichen Gewichtsteilen Verdickungsmittel und Natronlauge von 40° Bé hergestellt wird, zu bedrucken und nach dem Trocknen zu waschen. Unter Benutzung der ersten Methode findet das Indigoerfatz zur Herstellung feinerer blauer Muster (Ketonblau) eine beschränkte Verwendung im Kattundruck. Das gleiche gilt von einem weiteren synthetischen Indigoerfatz, das die Badische Anilin- und Sodafabrik [5] seit dem Jahre 1895 unter dem Namen Indophor in den Handel gebracht hat. Dasselbe besteht aus Indoxylkarbonsäure, die durch Einwirkung von Alkalien auf Anthranilglykokoll bei 200° C. technisch gewonnen wird und bei Gegenwart schwacher Alkalien an der Luft oder durch Oxydationsmittel, wie Eisenchlorid, auf der Faser in Indigblau übergeht. Für helle Töne wird der Stoff in einer Lösung von calcinierter Soda von 2° Bé geklotzt und getrocknet, darauf mit einer Farbe bedruckt, die durch Mischen von Indophor mit Wasser und Tragantfischleim unter Erwärmen bereitet ist. Der bedruckte Stoff wird bei 40° C. getrocknet, gewaschen und leicht gebleicht. Einer größeren Verwendung des Indophors und des Indigoerfatzes, namentlich auch für dunkle Töne, steht der hohe Preis im Wege.

Literatur: [1] Perfoz, *Impression des tissus*, Paris 1846, Bd. 3, S. 54; Schützenberger, *Farbstoffe*, Berlin 1873, Bd. 2, S. 560; Georgievics, v., *Der Indigo*, Leipzig und Wien 1892, S. 90. — [2] D.R.P. Nr. 15516; Schmidt, H., *Bulletin de Rouen* 1881, S. 325; Costobadic, ebend. 1884, S. 757. — [3] *Bulletin de Mulhouse* 1883, S. 585 und 601; Bourcart, ebend. 1884, S. 49; Dinglers *Polyt. Journ.* 1883, Bd. 250, S. 373. — [4] D.R.P. Nr. 73377; Fischer, E., *Bulletin de Mulhouse* 1893; Lehn's Färbereizeitung 1892/93, S. 397; Ulrich, G., ebend. 1893/94, S. 1. — [5] D.R.P. Nr. 85071, 85494; Lehn's Färbereizeitung 1894/95, S. 221. R. Möhlau.

Indigoerfatz, ein Blauholzpräparat, das durch Mischen von Blauholzextrakt mit Chromsäure- und Chromoxydsalzen bei höherer Temperatur bereitet werden soll und zum Färben von Baumwolle in einem Bade dient.

Nach H. Gutknecht wird es dargestellt durch allmähliches Vereinigen einer auf 80–100° erhitzten Mischung von flüssigem Blauholzextrakt und Glycerin mit einer wässrigen, mit Salzsäure versetzten Lösung von Kaliumbichromat und Chromalaun. Die nach dem Erkalten des Reaktionsgemisches resultierende violettblaue Flüssigkeit färbt, zu 3–6% vom Gewicht der Baumwolle angewendet, diese durch Steigern der Temperatur des Bades von 20 auf 40° in einer halben Stunde. Durch Vermischen mit ca. 12% Natriumbisulfid von 40° Bé erhält man nach mehrtägigem Stehenlassen ein Präparat, das, mit Stärkeverdickung auf Baumwolle gedruckt, nach dem Dämpfen ein Schwarz liefert. Unter der Bezeichnung Indigoerfatz kommen auch einige Indulinfarbstoffe in den Handel.

Literatur: *Chemikerzeitung* 1891, S. 979; *Lehn's Färbereizeitung* 1891/92, S. 18. R. Möhlau.

Indigoextrakt, f. Indigokarmin.

Indigokarmin (Indigokomposition, Indigoextrakt, Indigotin, löslicher Indigo, Sächsischblau u. f. w.) sind Bezeichnungen für mehr oder weniger reines, indigblaueisulfosaures Natrium in fester Form oder teigartiger Beschaffenheit.

Bei der Vereinigung von Indigblau mit konzentrierter Schwefelsäure bildet sich je nach der Dauer der Einwirkung, der Konzentration der Schwefelsäure und der Temperatur des Reaktionsgemisches eine in Wasser wenig lösliche Monosulfosäure, die Phönicschwefelsäure (Indigmonosulfosäure, Indigpurpur $C_{16}H_9N_2O_2 \cdot HSO_3$), und eine in Wasser leicht lösliche Disulfosäure, die Coerulinschwefelsäure (Indigdisulfosäure, Indigblauschwefelsäure) $C_{16}H_9N_2O_2 \cdot (HSO_3)_2$. Letztere entsteht ausschließlich bei kurzem Erwärmen von 1 Teil pulverisiertem Indigblau mit 5–10 Teilen Schwefelsäuremonohydrat auf 90°. Sie kann auch synthetisch durch Behandeln von Phenylglycin mit hochprozentiger rauchender

Schwefelsäure erhalten werden (Berichte der Deutschen chemischen Gesellschaft, Bd. 24, S. 1476). Aus der mit Wasser verdünnten blauen Lösung wird sie durch gefättigte Kochsalzlösung als Natriumsalz gefällt, aus dem durch Ueberführung in das unlösliche Bleisalz, Zersetzen des letzteren mit Schwefelwasserstoff und Eindampfen der vom Schwefelblei befreiten Lösung die Indigblauidisulfosäure als eine amorphe, blaue, hygroskopische Masse isoliert werden kann. Sie bildet mit Alkalien und kohlenfauren Alkalien Salze, die in Wasser leicht, in gefättigter Kochsalzlösung aber unlöslich sind. Die freie Säure sowohl wie diese Salze finden unter vorstehenden Bezeichnungen eine ausgedehnte Anwendung in der Woll- und Seidenfärberei.

Das mit Wasser verdünnte Einwirkungsprodukt von Schwefelsäure auf gemahlene Indigo wurde früher als Sächsischblau vielfach zum Färben verwendet. Der durch Kochsalz aus dieser Lösung als Natriumsalz gefällte, mit Kochsalzlösung gewaschene und eventuell gepresste Farbstoff ist als Indigoextrakt Handelsprodukt. Indigokarmin ist aus sehr reinem, raffiniertem Indigo dargestellter getrockneter und gemahlener Indigoextrakt. Die reinste Sorte, die sich vollständig in Wasser lösen und von Begleitfarbstoffen frei sein muß, führt den Namen Indigotin.

R. Möhlau.

Indigokomposition, f. Indigokarmin.

Indigoküpen. Die Unlöslichkeit des Indigo in Wasser und seine Unfähigkeit, sich mit Beizen (f. d.) zu vereinigen, erfordern seine Ueberführung in lösliche Form, um seine Anwendung in der Färberei zu ermöglichen. Man fand diese zuerst in seiner Eigenschaft, durch Reduktion in eine in alkalischen Flüssigkeiten lösliche farblose Verbindung, das Indigweiß, überzugehen, das sich durch Oxydation leicht wieder in Indigblau zurückverwandelt. Da nun aus einer solchen alkalischen Indigweißlösung, einer Indigoküpe, wie man diese nennt, das Indigweiß von der eingetauchten Textilfaser aufgenommen wird, um dann in Berührung mit dem Sauerstoff der Luft in unlösliches Indigblau (Fayenceblau, Englischblau) verwandelt zu werden und sich festhaftend in und auf der Faser niederzuschlagen, so ist dadurch eine echte Färbung der letzteren gegeben. Den Begriff der Indigoküpe hat man von der färbenden Lösung des Indigo auf das Gefäß übertragen, in dem der Färbeprozess ausgeführt wird.

Je nach dem zu färbenden Faermaterial benutzt man warme und kalte Küpen. Zu den warmen gehören die Waid-, Pottasche-, Soda-, Urin- und die Hydrofultitküpe, zu den kalten die Vitriol- und die Zinkstaubküpe. Die warmen Küpen werden für animalische, die kalten für vegetabilische Fasern angewendet. Der zum Ansetzen einer Küpe verwendete Indigo muß zur Beichleunigung seiner Lösung im Zustande möglichst feiner Verteilung sein. Man erreicht dies durch Mischen und 24stündiges Stehenlassen mit Natronlauge von 7° Bé und darauffolgendes Mahlen in besonderen Mühlen (f. Indigomühle).

I. Warme Küpen.

Man unterscheidet die Gärungsküpen (Waid-, Pottasche-, Soda- und Urinküpe) von der Hydrofultitküpe.

In den **Gärungsküpen** erfolgt die Reduktion des Indigo in alkalischer Flüssigkeit durch Wasserstoff, der sich durch einen Gärungsprozeß von an Zucker und andern Kohlehydraten reichen Substanzen entwickelt. Unter dem Einfluß besonderer Bakterien und Pilze, für die jene einen gedeihlichen Nährboden abgeben, verwandelt sich z. B. die Glukose des der Küpe zugesetzten Krapp in Milchsäure, die sich bei erhöhter Temperatur weiter in Wasserstoff, Kohlen- und Butteräure zersetzt. Ersterer reduziert das Indigblau zu Indigweiß, und dieses löst sich in der durch das Ammoniak, das bei der Gärung des ebenfalls zugesetzten stickstoffhaltigen Waid und der Kleie oder bei der Fäulnis des Harns auftritt, alkalischen Flüssigkeit auf. Zur Bindung der gleichzeitig gebildeten, das Ammoniak neutralisierenden Säuren ist die Anwesenheit einer gewissen Menge Kalk wesentlich.

Waidküpe. Dieselbe wird in einem von außen durch heißes Wasser anwärmbaren eisernen Kessel von etwa 2 m Breite und Tiefe bereitet, indem man denselben zu drei Vierteln mit heißem Wasser füllt, 100 kg gut zerkleinerten Waid, 10 kg Krapp, 5 kg Kleie (oder statt dieser beiden eine geeignete Menge Sirup) und 5 kg gebrannten Kalk hinzufügt, der vorher gelöscht und in einen dünnen Brei verwandelt ist. Nach dreistündiger Ruhe wird die Küpe mittels hölzerner Krücken oder mittels eines hölzernen mechanischen Rührapparates zehn Minuten lang umgerührt und diese Operation von 3 zu 3 Stunden wiederholt, wobei die Temperatur auf 50° C. erhalten wird. Es entwickelt sich nun ein eigentümlicher ammoniakalischer Geruch und es treten Gasblasen auf, die sich zu einem blauen Schaum, der Blume, vereinigen. Zugleich nimmt die Flüssigkeit eine grünlichgelbe Farbe an und auf ihrer Oberfläche zeigen sich kupfrig glänzende Streifen, Adern. Eine Probe nimmt beim Schütteln mit Luft schnell eine blaue Farbe an. An diesem Zeichen erkennt man, daß der im Waid enthaltene Indigo sich gelöst hat. Nun fügt man 10 kg gemahlene Indigo hinzu, rührt gut durch und überläßt die Küpe bedeckt 12 Stunden der Ruhe. Ist die Gärung zu lebhaft, was man an der Gasentwicklung erkennt, so verlangsamt man sie durch Zusatz von Kalk, man scharft die Küpe; verläuft sie zu langsam, so vermehrt man die Menge der Kleie bezw. des Sirups. Ein gutes Kennzeichen, ob eine Küpe schon genug Kalk hat oder noch welchen braucht, ob sie „scharf“ oder „milde“ ist, bildet ihr Geruch. Eine milde Küpe hat einen süßlichen Geruch, während eine scharfe Küpe mehr oder

weniger stark nach Ammoniak riecht. Zeichen eines guten Ganges sind die Bildung einer kräftigen Blume, ein angenehmer, weder flechender noch fader Geruch und das gute Anfärben, Vergrünen eines in die Küpe hineingebrachten, genetzten wollenen Lappens, des Stahls.

Pottaschküpe. Dieselbe unterscheidet sich von der Waidküpe im Ansatz derart, daß an die Stelle von Waid und Kalk Pottasche tritt. Man erhitzt die Mischung der nötigen Menge Wasser mit 3 kg Kleie, 3 kg Krapp oder Sirup und 10 kg Pottasche einige Zeit auf 90° C., läßt die Temperatur alsdann auf 50° C. zurückgehen und setzt 10 kg gemahlene Indigo zu, rührt auf und überläßt das Ganze einer mehrstündigen Gärung. Der Vorteil dieser Küpe besteht in einem geringeren Bodensatz, infolgedessen für die Gefäße kleinere Dimensionen gewählt werden können.

Sodaküpe. Diese ist der vorigen in der Zusammensetzung ganz ähnlich, statt Pottasche verwendet man eine entsprechende Menge Soda und Kalk. Die Alkalität dieser Küpe ist demnach vorwiegend durch Aetznatron bedingt. Man kocht zunächst während einiger Stunden 60 kg Kleie mit Wasser, läßt sie auf 50° C. erkalten, setzt 20 kg Kristallfoda, 5 kg gelöschten Kalk und 10 kg gemahlene Indigo zu, rührt gut um und überläßt das Ganze mehrere Tage der Gärung. Zeitweilig wird aufgerührt, eventuell auch noch etwas Soda und Kalk hinzugefügt und, wenn die Kennzeichen auf einen guten Verlauf deuten, die Küpe ruhen gelassen.

Urinküpe. Diese Küpe wird mit faulendem Harn bereitet. Das durch Reduktion gebildete Indigweiß löst sich dabei in dem durch Zersetzung des Harnstoffs entstehenden kohlenfauren Ammon und dem aus letzterem und Kochsalz entstehenden kohlenfauren Natron. Man setzt zu 500 l gefaultem Harn 3 kg Kochsalz und 1 kg Krapp, hält die Mischung einige Stunden auf 50° C., setzt 1 kg gemahlene Indigo zu, rührt und überläßt dann die Küpe der Gärung. Sie eignet sich nur für den Kleinbetrieb.

Die Wirkung der **Hydrofulfitküpe** beruht auf den stark reduzierenden Eigenschaften der von Schützenberger entdeckten hydrochweiligen Säure bzw. des hydrochweiligen Natriums, das sich als letzteres beim Verätzen einer Lösung von faurem schwefligsaurem Natrium mit Zink bildet. $4NaHSO_3 + Zn = Na_2S_2O_4 + Na_2SO_3 + ZnSO_3 + 2H_2O$. Mit Kalkhydrat wird das Zinkfulfit als Zinkoxydhydrat und Calciumfulfit gefällt. In Gegenwart von Natriumoxydhydrat verwandelt Natriumhydrofulfit Indigblau in Indigweiß. $C_{16}H_{10}N_2O_2 + Na_2S_2O_4 + 2NaOH = C_{16}H_{12}N_2O_2 + 2Na_2SO_3$. Ob das gebildete Indigweiß als Alkali- bzw. Calciumverbindung oder als Doppelverbindung mit hydrochweiligsaurem Natrium in Lösung geht und die Küpe bildet, ist noch eine offene Frage. Zur Darstellung des hydrochweiligen Natriums dienen drei etagenförmig übereinander angeordnete Gefäße. In dem einen befindet sich eine Natriumbisulfidlösung von 31° Bé, die in das darunter befindliche, mit Zinkspänen lose angefüllte Gefäß bei möglichstem Luftabschluß abgelassen werden kann. In diesem spielt sich die Bildung des hydrochweiligen Natriums ab. Zur Beseitigung des Zinkulfits läßt man die Flüssigkeit unter Luftabschluß in das dritte Gefäß laufen, das Kalkmilch enthält. Nach einiger Zeit der Ruhe hat sich ein aus Zinkoxydhydrat, Calciumfulfit und Kalk bestehender Niederschlag unter einer klaren Lösung von neutralem hydrochweiligsaurem Natrium und Calcium abgesetzt, die mittels eines Hahnes abgelassen werden kann. Die Stammküpe, die zum Ansetzen und Ergänzen der Färbeküpen dient, wird durch Mischen der verschiedenen Ingredienzien im Verhältnis von 1 kg Indigo zu 1,3 kg Kalkmilch (enthaltend 200 g gebrannten Kalk im Liter) und so viel Hydrofulfitlösung von 22° Bé, als aus 8 kg Natriumbisulfit erhalten wird, und Erhitzen auf 70° C., bis völlige Reduktion und eine grüngelbe Lösung vorhanden ist, bereit.

Beim **Ansetzen einer Färbeküpe** wird diese mit Wasser von 50° beschickt, etwas Hydrofulfitlösung und die genügende Menge Stammküpe zugefügt. Nach kurzem Rühren kann sofort mit dem Färben begonnen werden, da auf das Niederlinken suspendierter Teile nicht gewartet zu werden braucht. Dies ist neben der außerordentlichen Leichtigkeit der Handhabung der große Vorteil der Hydrofulfitküpe vor den Gärungsküpen, namentlich der Waidküpe, bei welcher der Bodensatz (Mark) oft den dritten Teil des Gesamtvolumens beträgt.

Das Färben in den warmen Küpen. Da Indigo auf Seide nicht besonders echte Farben liefert und der Küpenkalk die Seide brüchig macht, so wird letztere in der Küpe nur noch selten gefärbt. Die Hauptanwendung finden die warmen Küpen zum Färben von Wolle. Dasselbe geschieht in den Gärungsküpen nur im oberen Teil, der von dem unteren, den Bodensatz enthaltenden, durch ein aus starken Stricken bestehendes, an einem eisernen Rahmen befestigtes Netz (Trift) getrennt ist. Die Hydrofulfitküpe bedarf dieser Vorkehrung nicht. Die Temperatur der Küpen wird zweckmäßig auf 50° gehalten. Bevor man die Wolle einführt, wird die Blume von der Oberfläche sorgfältig entfernt. Lose Wolle wird abgekocht, mit lauwarmem Wasser gewaschen und gequetscht, dann in ein Netz gesteckt und in die Küpe eingeführt, in der sie mit Stangen langsam und mit der Vorsicht hin und her bewegt wird, daß sie dabei nie über die Oberfläche ragt. Je nach der beabsichtigten Nuance währt die Dauer des Eintauchens 15 Minuten bis 2 Stunden. Nach dem Herausziehen wird sie gut ausgewunden, auf einen Haufen geworfen und zur Vollendung der Oxydation durch Umschäufeln mit der Luft möglichst in Berührung gebracht. Hat sich das Blau vollkommen entwickelt, so wird sie erst mit durch Schwefelsäure angesäuertem Wasser zur Entfernung mechanisch anhaftenden Indigos und von Calciumkarbonat, dann mit Wasser gewaschen und getrocknet. Kam zug wird in mechanischen Färbearraten bearbeitet, in welchen die Bewegung der Küpenflüssigkeit langsam unter möglichstem Abschluß der Luft erfolgt. Ein empfehlenswerter Apparat ist derjenige von J. Simonis in Verviers, gebaut von F. W. Bündgens in Aachen. Wollgarn wird Strahn für Strahn in der Küpe umgezogen oder auf eignen Garnfärbemaschinen mit Küpenflüssigkeit durchtränkt, dann ausgewunden, zum Oxydieren hingelegt, wenn die gewünschte Nuance noch nicht erreicht ist, noch einmal eingetaucht u. f. w., schließlich wie lose Wolle gereinigt. Wollenes Gewebe wird, nachdem es vorher gut ausgekocht worden ist, in der Küpe entweder mittels Haken umgezogen oder auf dem sogenannten Unterflottenhassel bewegt. Die im ersteren Falle verwendeten

Haken bestehen aus schwachen Rundeisen, deren eines Ende mit einem Holzgriff versehen ist, während sich am andern der eigentliche Haken, ein scharf gezahnter, einem Reiterhorn ähnlicher Ansatz befindet, der zum Fassen und Fortbewegen des Stoffes dient. Der Arbeiter führt in jeder Hand einen solchen Haken, faßt damit den Stoff beiderseits etwa ein Drittel der Stoffbreite von der Kante entfernt, zieht das Stück immer nach seinem Stand hin und drückt mittels der Haken von Zeit zu Zeit die beigezogenen Falten unter. Kommt das Ende des Stückes, so begibt er sich auf die entgegengesetzte Seite der Küpe und bearbeitet den Stoff wieder in entgegengesetzter Richtung.

Diese mühsame Operation wird durch den Unterflottenhassel in einfacher Weise durchgeführt. Derselbe besteht aus einem Holzgestell, dessen obere beide Längsbalken sich auf den Rand der Küpe auflegen, so daß der Apparat bis auf diese in die Küpe eintaucht. An jeder Langseite des Gestells lagert eine Holzwalze, beiderseits mit Metallscheiben versehen, um ein Seitwärtslaufen des Stoffes zu verhindern. Zwischen beiden Walzen, aber etwas höher, sind ein Paar mit diesen durch Kettenübertragung verbundene Quetschwalzen angebracht. Jede der beiden ersten Walzen ist mit einem Vorlauftuch versehen, an das die Enden des Stückes geheftet werden, und ist durch Kettenübertragung mit je einer Kurbelwelle in Verbindung. Indem nun wie bei der Jiggerfärbemaschine (s. Jigger) das Gewebe sich abwechselnd einmal auf die eine, dann auf die andre Walze aufwickelt und zwischendurch gequetscht wird, erfolgt eine ganz gleichmäßige Färbung. Nach dem Färben und Oxydieren an der Luft wird es erst in angeläuertem Wasser gespült, dann in reinem Wasser gewaschen. Die Echtheit der Färbung kann durch nachheriges Anfäulen in Alaun und Weinstein und halbtündiges Dämpfen erhöht werden.

II. Kalte Küpen.

Das reduzierend wirkende Agens führt hier zur Unterscheidung der Vitriol-, Zinkstaub-, Hydrofultit- und Arsenigküppe.

Vitriolküpe. Diese basiert auf der Eigenschaft des frisch gefällten Eisenoxydulhydrates, in Gegenwart von Calciumoxydhydrat Indigblau zu reduzieren. Es wird in der Küpe selbst durch Vermischen von Ferrosulfat mit gelöschtem Kalk dargestellt, der das in Indigweiß verwandelte Indigblau als Calciumverbindung löslich macht. Der Kalk hat vor den Alkalien den Vorteil, daß er weniger kaustisch ist, durch Bildung von unlöslichem Karbonat auf der Küpe eine den Luftauerstoff abhaltende Decke bildet und daß seine Verbindung mit Indigweiß durch die Baumwollfaser leichter dissoziiert wird als die entsprechende Alkaliverbindung. Die zum Ansetzen einer Vitriolküpe nötigen Bestandteile sind demnach zu einem homogenen und unfühlbaren Brei gemahlener Indigo, reiner Eisenvitriol, reiner und gut gelöschter Kalk und Wasser. Die Verhältnisse, in denen diese Substanzen angewendet werden, sind großen Veränderungen unterworfen und fast in jeder Fabrik andere. Jedenfalls ist es vorteilhaft, mehr Eisenvitriol und Kalk anzuwenden, als der Theorie nach erforderlich ist. Denn der Ueberschuß von Eisenoxydulhydrat und Kalk reduziert, so oft man die Küpe rührt, das an der Luft zu Blau oxydierte Indigweiß, so daß ersteres, das in Gestalt blauer Schaumblasen (Blume) an der Oberfläche sich ansammelt, in der Küpe selbst die zu seiner Auflösung nötigen Elemente findet. Im allgemeinen verwendet man 10 kg Indigo, 20 kg Eisenvitriol und 25 kg Kalk. Das Ansetzen der Stammküpe geschieht, indem man den Indigobrei mit der Kalkmilch vermischt und die Lösung des Eisenvitriols unter Umrühren nach und nach hinzusetzt. Auf diese Weise trifft das Indigweiß in dem Maße, als es sich bildet, einen Ueberschuß von Kalk, mit dem es sich lösen kann. Ist die Mischung ausgeführt, so läßt man sie einige Stunden ruhig stehen und rührt sie dann von Zeit zu Zeit um, bis die olivgrüne Farbe der Masse anzeigt, daß die Reduktion beendet ist. Diese Reduktion erfolgt bei gewöhnlicher Temperatur, also bei etwa 20° C., bei niedrigerer Temperatur aber träge, weshalb man im Winter die Küpenräume heizt. Zum Ansetzen der einzelnen Küpen, das entweder in Holzbottichen oder zementierten bzw. gußeisernen zylindrischen Behältern von 2,5 m Tiefe und 1,5 m Durchmesser geschieht, werden diese zunächst mit der nötigen Menge Wasser, etwas Kalkmilch und Eisenvitriol gefüllt. Dieser Zusatz hat den Zweck, die im Wasser gelöste Kohlenäure und den Sauerstoff wegzuschaffen und dadurch die Fällung einer gewissen Menge reduzierten Indigos zu verhindern. Hierauf wird eine gewisse Portion der Stammküpe zugegeben, einige Minuten gerührt und die Küpe der Ruhe überlassen, worauf mit dem Färben begonnen werden kann. Der Nachteil der im übrigen empfehlenswerten Vitriolküpe ist ein nicht unbeträchtlicher Bodensatz, bestehend aus überschüssigem Kalk, Gips und Eisenoxyd.

Zinkstaubküpe. Diese von Leuchs 1845 empfohlene Küpe beruht in ihrer Wirkung auf der Eigenschaft des Zinkstaubs, in Gegenwart von Kalk Wasser zu zersetzen unter Bildung von Zinkoxydcalcium und Wasserstoff, der das Indigblau zu Indigweiß reduziert, das sich mit dem Kalküberschuß auflöst. Den Vorzug dieser Küpen bildet die schnellere Reduktion und die Verminderung des Küpenschlammes infolge geringerer Quantitäten notwendigen Reduktionsmaterials. Im allgemeinen verwendet man auf 10 kg Indigo 7,5 kg Zinkstaub und 20 kg Kalk. — Das Ansetzen der Stammküpe erfolgt durch portionsweises Einrühren des mit Wasser angerührten Zinkstaubs in den mit Kalkmilch vermischten Indigobrei. Man überläßt die Mischung unter zeitweisem Rühren der Ruhe, bis die Reduktion vollendet ist. Alsdann schreitet man zum Ansetzen der Färbeküpen, das in ähnlicher Weise wie bei der Vitriolküpe geschieht, nur daß dabei an Stelle von Eisenvitriol Zinkstaub in Anwendung kommt. Ein Ueberschuß von Zinkstaub muß bei dieser Küpe vermieden werden, da sie durch zu reichliche Wasserstoffentwicklung sonst schaumig wird.

Hydrofultitküpe. Diese Küpe, deren Theorie und Bereitung schon erörtert wurde, dient den Zwecken der Färberei der Baumwolle auch als kalte Küpe. Zwar ist sie die kostspieligste, bietet aber gegenüber den andern Küpen den Vorzug, sich schnell zu klären und leicht in gutem Zustande zu erhalten; sie gestattet daher ein schnelles und regelmäßiges Arbeiten.

Arfenigküpe (Opermentküpe). Diese wird erhalten durch Auflösen von Indigo und Arsenitrid As_2S_3 in Kalilauge. Sie enthält neben Indigweiß Kaliumarfeniat und -thio-sulfat und wird nach Verdickung mit Gummi noch in der Zeugdruckerei benutzt.

Das Färben von Baumwolle und Leinen in den kalten Küpen geschieht bei gewöhnlicher Temperatur. Für Garne benutzt man hölzerne Küpen, vorteilhaft alte Kokosnußöläfßer von 1,7 m Höhe und 70 cm Enddurchmesser, die aus hartem Holz gefügt und mit dauerhaften eisernen Reifen versehen sind. Vier bis sechs derselben sind auf einem Zementboden nebeneinander angeordnet, während die Arbeiter, auf einer bis zu halber Höhe reichenden Pritsche stehend das Färben vornehmen. Die Küpen sind von verschiedener Stärke; man beginnt mit dem Färben in der schwächsten und steigt allmählich bis zur stärksten, worauf dann gewöhnlich die verlangte Nuance erreicht ist. Näheres darüber in [1]. Das gut ausgekochte und abgewässerte Garn wird ausgewunden bzw. zentrifugiert, sodann ausgeschlagen und auf Stöcke gezogen. Die Küpen sind einige Stunden vorher gut gerührt worden und werden sorgfältig abgeschäumt. In der Küpenflüssigkeit werden die Garne auf den Stöcken umgezogen und nach einigem Verweilen auf einem Windestock, der über dem Faß angebracht ist, abgewunden. Neuerdings geschieht dies mit sogenannten Indigogarnfärbemaschinen, die im wesentlichen aus zwei Haken bestehen, auf die das auszuwringende Garn gelegt wird. Der eine dieser Haken erhält von einer Welle aus mittels automatischer Umstellvorrichtung eine vor- und rückläufige drehende Bewegung, während der andre in einer horizontalen Führung sich bewegt und durch ein Gewicht, das an einer Kette befestigt ist, die über eine Rolle gleitet, einen gewissen Zug erfährt, der dem Winden einen entsprechenden Widerstand leistet. Auf dieses erste vorläufige Abwringen folgt noch ein sorgfältigeres zweites, wobei die völlige Oxydation des Indigblau erfolgt. Nach dem Färben wird das Garn in einer 2–5° Bé starken Schwefelsäure gefäuert, gewaschen und geseift, eventuell auch mit Blauholz überfetzt. Die sehr echten Indigofärbungen leiden etwas an dem Uebelstande des Abraußens. Man kann denselben dadurch beseitigen, daß man das gefärbte Garn mit Blutalbuminlösung imprägniert und nach dem Abwringen in die Trockenkammer hängt. Indem dort das Albumin koaguliert, umhüllt es die auf der Oberfläche der Fasern befindlichen Indigopartikel als ein durchsichtiger und fester Ueberzug.

Gewebe werden entweder in reihenweise angeordneten, in die Erde eingelassenen zementierten viereckigen oder runden, dann meist gußeisernen Gefäßen von 1,5 m Durchmesser und 2,5 m Tiefe, Standküpen, oder aber auf der Rollen-, Roulette- oder Continueküpe gefärbt. Bedingung für eine gute Färbung ist, daß das Gewebe so in die Küpe eingeführt wird, daß die Flüssigkeit es gleichmäßig durchdringt und daß es, dieselbe verlassend, gleichmäßig der Einwirkung der Luft unterliegt. Bei dem Färben auf Standküpen spannt man das Gewebe in der Länge von 50–60 m auf Rahmen, Sternreifen, bestehend aus einem eisernen Ständer, der an seinen beiden Enden zwei sechs- bis achtfahlige Sterne trägt; der eine derselben ist beweglich und kann mittels einer Schraube dem andern genähert oder von ihm entfernt werden. Die ebenfalls eisernen Strahlen dieser Sterne sind an der Innenseite mit Haken versehen, an die das Stück spiralförmig angeheftet und hierauf mittels der Schraube straff gespannt wird. Vor dem Anheften ist es zweckmäßig, das Gewebe zu stärken und zu trocknen, weil es so von der Flüssigkeit gleichmäßiger durchdrungen wird. Um Farbstoff zu sparen, wird das Gewebe vielfach nur auf einer Seite gefärbt, indem man zwei glatt aufeinander gelegte Stücke in angegebener Weise an den Haken befestigt. Der Rahmen wird nun an einen Flaschenzug über die Küpe gehängt und in die präparierte Küpe vollständig hineingelassen. Nach einviertelstündigem Verweilen in derselben wird er wieder herausgezogen, man läßt abtropfen und vergürnen. Alsdann senkt man den Rahmen, diesmal aber umgekehrt, weil sich die abtropfende Küpenflüssigkeit nach den unteren Gewebeskanten zieht, wodurch diese dunkler als die oberen gefärbt werden, in die zweite stärkere Küpe, dann in die dritte u. f. w., bis die gewünschte Nuance erreicht ist. Um mechanisch anhaftenden Indigo und Calciumkarbonat zu entfernen, werden die gefärbten Stücke, mit den Enden aneinander genäht, schließlich über Rollen in Säurewaschmaschinen durch Schwefelsäure von 2° Bé passiert und gewaschen.

Die Rollen-, Roulette- oder Continueküpe [2] hat gegenüber den Einzelküpen den Vorteil bedeutend größerer Leistungsfähigkeit. Freilich ist ihre Anwendung auf die Herstellung unigefärbter oder später zu ätzender Ware beschränkt. Sie besteht aus einer eisernen Küpe, die gewöhnlich eine Länge von 3 m, eine Breite von 1 m und eine Tiefe von 3 m hat. Am Boden derselben befindet sich in Gestalt zweier Schaufelräder ein Rührwerk, das von der Transmission aus in Bewegung gesetzt wird und auf diese Weise den in der Flotte ungelösten Indigo in stete Berührung mit dem Reduktionsmaterial bringt. Die Beschickung geschieht z. B. mit 10 kg Indigo, 15 kg Kalk und 7 kg Zinkstaub, die in einem besonderen Gefäß (Tonne) zu einer konzentrierten Küpe angestellt werden, die als klare Flotte der zum Teil mit Wasser gefüllten Continueküpe zugefetzt wird. In letztere taucht ein eiserner zweiteiliger Rahmen, der behufs Reinigung der Küpe in die Höhe gehoben werden kann. Der Rahmen trägt zwei Systeme von kupfernen Leitrollen, über welche die Ware ihren Lauf nimmt. Hat sie, in voller Breite über einen Ausbreiter in die Küpe einlaufend, etwa die Hälfte derselben auf- und absteigend passiert, so geht sie zwischen zwei mit Hebelvorrichtungen versehenen Quetschwalzen hindurch, die das überschüssige Indigweißcalcium aus dem Stoff pressen und in die Küpe zurückfließen lassen. Von hier setzt die Ware ihren Weg fort über ein zweites System von Rollenpaaren, von denen die unteren an der Küpe außerhalb der Flotte, die oberen an der Decke des Küpenlokals befestigt sind. Bei diesem auf- und absteigenden Gange in der Luft oxydiert sich der auf der Faser befindliche reduzierte Indigo, und man sieht die blaue Färbung deszeuges um so deutlicher hervortreten, je mehr Walzen daselbe in der Luft passiert. Je höher der Oxydationsraum und je besser ventiliert derselbe ist, desto länger ist der Weg, den die Ware frei an der Luft zurücklegt, und desto vollständiger wird der Indigo auf der Faser befestigt. Es erfolgt alsdann

ein zweites Eintauchen in die Flotte in gleicher Weise wie zuvor über Leitwalzen sowie das Passieren zwischen einem zweiten Quetschwalzenpaar, um die Ware nochmals der Luft zu exponieren und schließlich selbsttätig abzulegen. Je nachdem die gewünschte Nuance fein soll, kann die Ware eventuell mit ein- oder zweimaligem Gang ausgefärbt werden. Im letzteren Falle wird sie am Ende der Kùpe von der Maschine selbst aufgebäumt, statt abgelegt zu werden und kommt mehrmals in die Kùpe zurück. Sollte die Ware jedoch bei einmaligem Gang schon zu dunkel gefärbt werden, so kann man den Gang der Ware gleich so einrichten, daß sie beim Aufsteigen aus der vorderen Kùpenhälfte sofort über Leitwalzen zum Ablegen gelangt. Die weitere Reinigung des Gewebes geschieht wie nach dem Färben in den Standkùpen. Die bei der Reinigung der Gewebe abfließenden Waschwässer, die sogenannten Blauwässer, enthalten jenen Indigo, der sich beim Waschen vom Stoff abgelöst hat. Man läßt denselben in Bassins sich absetzen und benutzt ihn mit zum Ansetzen frischer Kùpen.

Für eine möglichst ökonomische Ausnutzung des Indigo ist es geboten, ihn aus dem Bodensatz alter Kùpen zu regenerieren. Es geschieht dies dadurch, daß man die in besonderen Behältern gesammelten Kùpenfiedimente mit einem billigen energiereichen Reduktionsmittel versetzt, die klare Flüssigkeit abzieht und in großen flachen Pfannen der Oxydation überläßt. Nach einiger Zeit hat sich der ganze Indigo am Boden angesammelt und kann wieder zum Färben verwendet werden. Bei einer rationell geleiteten Kùpenfärberei läßt sich der Indigoverlust auf 2—3% reduzieren.

Literatur: [1] Möhlau, Organ. Farbstoffe, Dresden 1890, S. 255. — [2] Mullerus, Lehnese Färberzeitung 1890/91, S. 147. — [3] Perfoz, Impression des tissus, Paris 1846, Bd. 3, S. 14; Schützenberger, Farbstoffe, Berlin 1873, Bd. 2, S. 539; Knecht, Rawson und Löwenthal, Handbuch der Färberei, Berlin 1900/01; v. Georgievics, Indigo, Leipzig und Wien 1892; Ganswindt, Theorie und Praxis der modernen Färberei, Leipzig 1903; Badische Anilin- und Sodafabrik, Ludwigshafen a. Rh., Indigo rein B. A. S. F., 1900; Witt, Chemische Technologie der Geprintfabrik, Braunschweig 1902, Lieferung 3.

R. Möhlau.

Indigolith, f. Turmalin.

Indigolösung, effigsaure oder schwefeleffigsaure, mit konzentrierter Schwefelsäure bereitete Indigolösung, aus welcher der Ueberschuß an Schwefelsäure durch Bleiacetat entfernt worden ist; findet in der Baumwollfärberei Verwendung, nicht waschechte Applikationsfarbe.

R. Möhlau.

Indigomonosulfosäure, f. Indigokarmin.

Indigomühle, eine Maschine, die dazu dient, den stückförmigen Handelsindigo zur Erleichterung und Beschleunigung des Ansetzens einer Kùpe (f. Indigokùpen) in ein unfehlbares Pulver zu verwandeln; sie wird in drei Systemen, mit Kugeln, Kegeln und Walzen, gebaut.

Die Indigomühle mit Kugeln besteht aus einem gußeisernen Gestell mit vertikal und drehbar gelagertem, offenem, gußeisernem Kessel, in dem sich mehrere eiserne Kugeln verschiedener Größe befinden. Durch die Drehung des Kessels und die in ihm rollenden Kugeln wird der Indigo zertrümmert und auf das feinste zerrieben. Eine maschinelle Vorrichtung gestattet, das Mahlen auch bei jeder beliebigen schiefen Stellung des Kessels vorzunehmen, deren Veränderung selbst während des Ganges bewerkstelligt werden kann. Diese Einrichtung bietet den weiteren Vorteil, den Kessel auf leichte Weise entleeren zu können. Eine andre Vorrichtung bezweckt, den an der Kesselwand sich festsetzenden Indigo selbsttätig mittels zweier Hämmer abzulösen.

Die Indigomühle mit Kegeln unterscheidet sich von der vorbesprochenen hauptsächlich dadurch, daß der Kessel fest steht und daß in ihm zentral ein mit vier Flügeln versehener Rührer drehbar angebracht ist. Diese Flügel nehmen beim Umgang kegelförmige massive Eisenstücke mit, die den Indigo zerreiben. Der gewöhnlich in Gegenwart von Wasser oder Natronlauge zerriebene Indigo wird schließlich durch einen am Boden befindlichen Hahn als dünnflüssiger Brei abgelassen.

Die Indigomühle mit Walzen besteht aus einem starken eisernen, durch eiserne Verbindungsstücke solid verbundenen Gestell, in dem eine gußeiserne zylinderförmige Trommel horizontal und drehbar gelagert ist. In dieser befinden sich, auf der Innenfläche rollend, zwei gußeiserne Walzen, die während der Rotation durch ihre Reibung gegeneinander und gegen die Trommelwand den dazwischen geratenden Indigo zermahlen. Die Trommel ist mit einem Mannloch zum Einfüllen des mit Wasser oder Natronlauge angerührten Indigo und mit einem Ablasshahn zum Entfernen des gemahlten Indigo versehen. Der Antrieb wird entweder durch Riemenscheibe bewirkt oder er erfolgt mangels einer größeren Betriebsmaschine mittels Zahnradüberetzung durch einen Dampfmotor, der an dem Gestell der Mühle angebracht ist. R. Möhlau.

Indigopapier, ein mit Indigokarmin (f. d.) gefärbtes und so präpariertes Papier, daß dasselbe, zwischen zwei weiße Papiere gelegt, die auf dem oberen Blatt gezogene Schrift oder Zeichnung auf dem unteren Blatt wiedergibt. Auch bestimmte Lichtpaspapiere erhalten diesen Namen (f. Papierforten).

Kraft.

Indigofalz, f. Indigodruck.

Indigofaphir, f. Korund.

Indigotin, Indigopurpur, f. Indigokarmin.

Indigweiß, $C_{16}H_{12}N_2O_2$, Reduktionsprodukt des Indigblau, geruch- und

geschmacklofer, in Wasser unlöslicher, in Alkohol und Alkalien löslicher, gelblicher bis farbloser Körper, der sich an der Luft durch Sauerstoffaufnahme wieder zu Indigblau oxydiert; vgl. Indigoküpen.

R. Möhlau.

Indikator, Meßinstrument zur bildlichen Darstellung der Druckänderungen im Inneren geschlossener Räume, speziell in Zylindern bei Kraft- und Arbeitsmaschinen und zur Berechnung der während des Kolbenhubes beim Beharrungszustand einer Maschine in einer bestimmten Zeit im Zylinder geleisteten (bei Kraftmaschinen, und zwar Dampfmaschinen, Gasmaschinen, Heißluftmaschinen u. f. w.) oder verbrauchten Arbeit (bei Arbeitsmaschinen, und zwar Pumpen, Gebläsen, Luftpumpen, Luftkompressoren).

Man unterscheidet zwei Hauptsysteme von Indikatoren: 1. Warmfederindikatoren, bei welchen die Indikatorfedern im Inneren des Indikatorgehäuses, und 2. Kaltfederindikatoren, bei welchen dieselben außerhalb des Gehäuses liegen. Der Nachteil der ersten Anordnung beruht in der wechselnden Ausdehnung der Feder mit wechselnder Temperatur des im Inneren des Zylinders arbeitenden Mediums (Dampf, Luft, Gas u. f. w., bei Wärmekraftmaschinen oder Kaltdämpfe, wie Ammoniak, Kohlenäure, schweflige Säure u. f. w. bei Kältemaschinen). Hierdurch ist eine Ungenauigkeit in der Arbeitsweise der Feder verursacht, welche nur durch oft wiederholte genaue Eichung der Federn bei annähernd gleichen Wärmezuständen, wie sie beim Gebrauch des Indikators im Inneren des Indikatorgehäuses eintreten, beseitigt werden kann. Diesen Uebelstand vermeiden die neuerdings immer mehr zur allgemeinen Anwendung gelangenden Indikatoren der zweiten Klasse, da bei ihnen die Federn kühl erhalten werden und dauernd derselben Temperatur (dem Mittel aus der äußeren Lufttemperatur und der Strahlungs- und Leitungstemperatur des Instrumentes selbst) ausgesetzt bleiben.

1. **Warmfederindikatoren.** Hierher gehören u. a. die Systeme von Richards, Thompson, Dreyer, Rosenkranz & Droop und Crosby.

In Fig. 1 ist ein Warmfederindikator der Firma Dreyer, Rosenkranz & Droop in Hannover dargestellt. Folgende Hauptteile sind bei jedem Indikator zu unterscheiden: a) der Zylinder mit dem Indikatorkölbchen und darüber befindlicher Indikatorfeder, welcher an einem

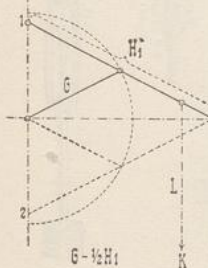


Fig. 2 (nach Rosenkranz).

mit einem Hahn versehenen und am Zylinder angeschraubten Verbindungsstück angeschraubt wird; b) das Schreibzeug A, B, D; c) die Papiertrommel mit Antriebsseil und Arretiervorrichtung. Ist der Indikator an einem Ende des zu untersuchenden Zylinders, z. B. eines Dampfzylinders, angebracht und soll ein Diagramm genommen werden, so wird zunächst das am Indikator drehbar befestigte Schreibzeug gegen die sich gleichmäßig um ihre Achse hin- und herbewegende Papiertrommel, auf welche ein Blatt Papier aufgezogen ist, bewegt und durch leichten Druck zum Anliegen gebracht, wobei der am vorderen Ende bei D (Fig. 1) befindliche Bleistift oder Metallstift auf dem Papier eine gerade Linie, die sogenannte atmosphärische Linie zeichnet. Die Länge dieser Linie entspricht in verkleinertem Maßstab dem Hub des Kolbens der Dampfmaschine. Zur Erzielung dieser Verkleinerung des Hubes dienen sogenannte Hubverminderer oder Hubreduktionsapparate.

Zur Abnahme des eigentlichen Diagramms wird nun der Hahn des Verbindungsstückes geöffnet, worauf Dampf in den Indikator einströmt und der Indikatorkolben sich entsprechend dem gegen seine untere Fläche wirkenden Druck hebt und hierbei die oberhalb befindliche Feder zusammendrückt. Läßt während der Expansion, also bei abnehmendem Dampfdruck im Zylinder der Maschine, der Druck unter dem Kolben nach, so drückt die Indikatorkolbenfeder das Kölbchen wieder nach unten; jedoch ist diese Feder so bemessen, daß stets nahezu Gleichgewicht zwischen beiden Drücken herrscht und die Spannung der Feder nur um so viel größer ist, als zur Ueberwindung der bei guten Indikatoren sehr geringen Reibungswiderstände des Kolbens im Indikator, des Schreibzeugs und des Schreibstiftes auf der Papiertrommel erforderlich ist.

Das Schreibzeug dieses Indikators ist in Fig. 2 schematisch dargestellt. Dasselbe arbeitet mit dem unverkürzten Evans'schen Lenker, weil Strecke $G = \frac{1}{2}$ Strecke H_1 ist. Die vom Gegenlenker beschriebene Kurve ist also ein Kreisbogen vom Halbmesser G . Läuft hierbei der Punkt o auf einer Geraden, so ist die Linie 12 auch eine Gerade und der Weg LK ebenfalls. In Wirklichkeit trifft dies jedoch nicht genau zu, da der Punkt o sich nicht auf der Geraden oF , sondern auf einem flachen Kreisbogen bewegt, welchen der Endpunkt der Stütze oder Schwinde des Hauptlenkers beschreibt.

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

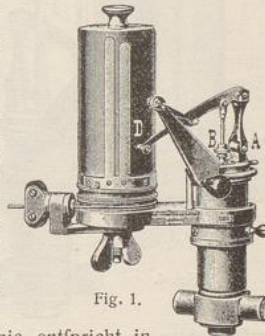


Fig. 1.

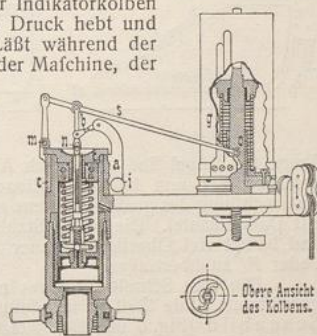


Fig. 3.

Ein zweiter, auch sehr verbreiteter Warmfederindikator, derjenige von Crosby, wird von der Firma H. Maihak in Hamburg in den Handel gebracht. Derselbe liefert auch bei hohen Tourenzahlen der Maschinen noch brauchbare Diagramme. Derselbe ist in Fig. 3 im Schnitt abgebildet. Das Innere des Zylinders und Kolbens unterscheidet sich nur unwesentlich von demjenigen des vorbesprochenen Indikators. Die doppelgängige Feder ist mit ihrem Federkopf an dem Deckel *t* des Indikatorzylinders angeschraubt. Wesentlich anders ist jedoch das Schreibzeug ausgebildet. Die Geradföhrung des am Ende des Hebels *s* sitzenden Schreibstiftes *o* ist eine abgeleitete Storchschnabelübertragung, bei der die Punkte *m*, *n* und *o* stets in einer geraden Linie liegen, wodurch sich eine genaue Proportionalität zwischen dem Kolbenweg und dem Weg des Punktes *o*, also des Schreibstiftes, ergibt. Zwischen dem Endpunkt *n* der Kolbenstange und dem Angriffspunkt am Schreibhebel *s* ist die Lenkstange angebracht, welche durch einen Gegenlenker *b* am Arme *a* gefaßt wird. Das Uebertragungsverhältnis zwischen dem Wege des Kolbens und demjenigen des Schreibstiftes ist 1:6. Die mit einer oder zwei Schnurrillen versehene Papiertrommel *g* erhält durch eine kurze, nachstellbare Schraubenfeder eine der Kolbenbewegung proportionale Drehbewegung. Wie bei dem Rosenkranz'schen Indikator läuft die Schnur zum Anziehen der Papiertrommel über zwei Schnurleitrollen *l*, welche ebenso wie bei dem obenbeschriebenen Indikator sich nicht nur um ihren Arm verstellen, sondern auch um eine wagerechte Achse beliebig verdrehen lassen, so daß die Schnur in jeder gewünschten Richtung geführt werden kann.

2. Kaltfederindikatoren. Je nachdem die außenliegenden Federn durch die Bewegung des Indikatorkolbens auf Druck oder auf Zug beansprucht sind, unterscheidet man hier zwei Unterklassen. In Fig. 4 ist ein neuerer Kaltfederindikator der ersten Art, also mit auf Druck beanspruchter

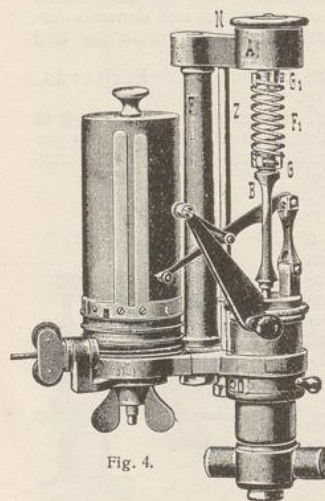


Fig. 4.

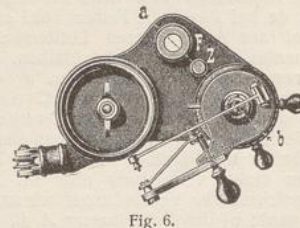


Fig. 6.

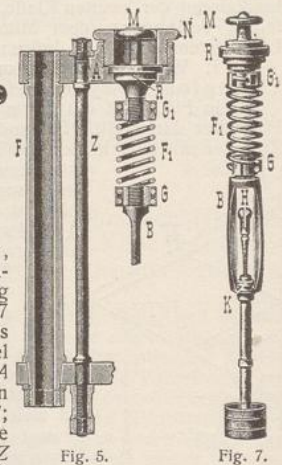


Fig. 5.

Fig. 7.

Feder, von der Firma Dreyer, Rosenkranz & Droop in Hannover in feiner äußeren Anordnung abgebildet, während die Fig. 5–7 die Anbringung der Feder, des Kolbens und der Papiertrommel erkennen lassen. Der Federträger *A* stützt sich auf eine hohle, oben und unten offene Stahlfäule *F*; das Kippmoment wird durch die scharf angezogene Zugstange *Z* aufgehoben. Der Kopf *M*, *R* (Fig. 5) wird nach Entfernung der Druckmutter *N* mit der bei *G*₁ aufgeschraubten Feder *F*₁ in den Kopf *A* von oben eingesteckt, und die Feder wird auf das Gewinde *G* der Kolbenstange an dem Bügel *B* aufgeschraubt. Dann wird die Druckmutter *N* fest angezogen. Fig. 7 stellt den Kolben mit Kolbenstange *K* und aufgeschraubter Feder *F*₁ für sich dar. Der geschlitzte Teil *B* der Kolbenstange nimmt die mit Kugelenk angegeschlossene Lenkstange des Schreibhebels auf. Der Schreibhebel, der durch den Schlitz *H* geht, ist der Deutlichkeit halber hier fortgelassen. Nach Lösung des Kugelenkes kann auch nötigenfalls die Kolbenstange *K* vom Bügel *B* abgeschraubt werden. Kolben und Kolbenstange mit Bügel sind aber nach Abschrauben der Feder und des Deckels bequem nach oben herausziehbar und leicht in Einzelteile zerlegbar behufs Abwischen der Kolbenstange oder Auswechslung des großen Kolbens gegen einen kleinen Kolben, bzw. Auswechslung der Zylinder mit Dampfmantel. Die hohle Stahlfäule *F* nebst Zugstange *Z* ist in Fig. 5 im Schnitt dargestellt und besitzt viel Oberfläche, daher wenig Fähigkeit, die Wärme auf den Federträger *A* und die Feder *F*₁ zu übertragen.

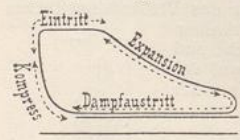


Fig. 8.

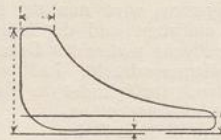


Fig. 9.

Die vom Schreibstift eines Indikators auf dem auf der Papiertrommel befindlichen Papier gezeichnete Linie läuft in sich selbst zurück und umschließt eine Fläche, das Diagramm oder Schaubild (Fig. 8 und 9), welches sowohl die Druckänderung im Dampfzylinder genau erkennen läßt, als auch der während eines Kolbenhubes im Dampfzylinder geleisteten Arbeit genau entspricht und die Berechnung der letzteren ermöglicht (f. Arbeit, Bd. 1, S. 267, Abf. 1, und Arbeitsdiagramm, Bd. 1, S. 284).

In Fig. 8 ist das Diagramm einer sogenannten Auspuffmaschine mit Expansion, in Fig. 9

jenes einer Kondensationsmaschine mit Expansion dargestellt. Die vier verschiedenen, während jeder Umdrehung der Maschine auf jeder Kolbenseite sich wiederholenden Vorgänge bezüglich der Dampfwirkung sind in Fig. 8 schematisch durch punktierte Linien abgegrenzt; sie sind die Eintritts- oder Admissionsperiode, die Expansionsperiode, die Ausströmungs- und Kompressionsperiode, von welchen die beiden ersten beim ersten Kolbenhub oder Ausgang des Kolbens, die beiden letzten beim zweiten Hub oder Rückgang stattfinden. Mit *at* ist die atmosphärische, mit *va* die Vakuum- oder Nulllinie bezeichnet. In Fig. 9 liegt der Linienzug während der Ausströmung nahe der Vakuumlinie, so daß also der Gegendruck im Zylinder kleiner als 1 Atmosphäre ist. Durch die drei lotrechten Maßlinien ist der absolute Anfangsdruck, der Enddruck der Expansion und der absolute Gegendruck (kleinste Linie) markiert, während die horizontale Maßlinie die Größe des Einströmungshubes oder der Füllung darstellt.

Entsprechend den verschiedenen, in Dampfmaschinen, Gasmotoren, Luftpumpen u. f. w. vorkommenden höchsten Drücken müssen in jedem Fall in den Indikator verschiedene für den jeweiligen Druck geeignete Federn eingesetzt werden, zu welchem Zwecke der obere Deckel des Indikators abgeschraubt und nach dem Losschrauben des Kólbchens von der Kolbenstange die Feder ausgewechselt werden kann. (Ausführliche Beschreibungen des Indikators s. [1] u. [2].) Zwischen den Federspannungen und den von ihnen aufgezeichneten Diagrammen besteht ein ganz bestimmter Zusammenhang. Für die Federn der Indikatoren von Rosenkranz z. B. gilt die nachfolgende Tabelle. Da der Gesamtausschlag (Höhe) des Indikatorfahrbühls für die großen Indikatoren 75 mm und für die kleinen 50 mm beträgt, so ergeben sich für die verschiedenen Spannungen folgende Längen für je 1 kg Spannung:

Spannung in Kilogramm	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	15	20
Länge für 1 kg (großer Indikator)	50	25	20	15	12	10	9	8	7	6	5	4	3	
Länge für 1 kg (kleiner Indikator)	30	15	12	10	8	7	6	5	4	3	2	1		

Stets ist die Feder genügend stark zu wählen, so z. B. bei Dampfmaschinenuntersuchungen mindestens entsprechend der Spannung im Dampfkessel.

Die vom Indikator gezeichneten Diagramme dienen 1. zur Berechnung der indizierten Leistung der Kraftmaschinen; 2. der verbrauchten Arbeit bei Arbeitsmaschinen für flüssige und luftförmige Körper; 3. zur Beurteilung der Steuerung der genannten Maschinen (über fehlerhafte Diagramme und deren Auslegung s. [1] und [3]); 4. zur Beurteilung der Wärmevorgänge in den kalorischen Maschinen [4]. Die Theorie des Indikators befaßt sich mit den an einen theoretisch vollkommenen Indikator zu stellenden Anforderungen und der Bestimmung der Fehlerquellen und Fehlergrenzen der bei den Versuchen vorliegenden Instrumente. Nach Slaby, der bei seinen kalorimetrischen Untersuchungen der Gasmotoren die Eichung der Indikatoren besondere Sorgfalt gewidmet und die erhaltenen Resultate im 7. Kapitel von [4] niedergelegt hat, hängen die Angaben eines Indikators, „abgesehen von denjenigen Fehlern, welche durch mangelhafte Anordnung und Handhabung hervorgerufen werden“, im wesentlichen von folgenden Faktoren ab: 1. von der Genauigkeit der Geradföhrung; 2. von dem Uebersetzungsverhältnis; 3. von der Reibung der bewegten Teile; 4. von dem Maßstab der Feder an sich; 5. von der Trommelföhrung. (Näheres in [4], S. 137.)

Theoretische Untersuchungen über den Indikator sind angestellt: von Burmeister [5], von Hartmann [6], von Gízycki [7], von Berndt [8], von Rosenkranz [9], von Strupler [10], von Fliegner [11], von Donkin [12]. Bezüglich der Geradföhrung unterscheiden sich die Indikatoren von Richards (Lemniscoidenlenker), Crosby, Thompson (angenäherter Ellipsenlenker), Schäffer und Budenberg, Mac Innes (Storchschnabellenker) Watt, Mac Naught, Hopkinson u. a. mit Parallelföhrung. Ausführlich behandelt in [1]. Besondere Eigentümlichkeiten zeigen die Indikatoren für fortlaufende Diagramme, die Indikatoren für Zeitdiagramme oder Zeitbasisdiagramme, die Differenzindikatoren, die Indikatoren für sehr hohe und geringe Drücke (Gebläse, Luftpumpen) und endlich die Indikatoren für raschlaufende Maschinen. Da die Indikatorfedern im Laufe der Zeit bei häufigem Gebrauch Veränderungen ausgesetzt sind, so müssen dieselben von Zeit zu Zeit (bei Versuchen, bei denen es auf große Genauigkeit ankommt, vor und nach den Versuchen) auf ihre Richtigkeit geprüft werden. Hierbei ist zu beachten, daß die Federn im warmen Zustande weniger elastisch als im kalten

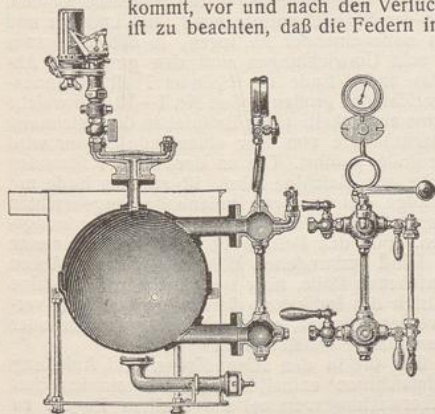


Fig. 10.

Zustande sind und daher die Angaben in beiden Fällen nicht übereinstimmen. Ferner ergeben die Federn bei der Belastung andre Resultate als bei der Entlastung, was sich namentlich bei letzterer zeigt und seinen Grund in elastischen Nachwirkungen in der Feder hat.

Solche Indikatoren, die für Dampfmaschinen und andre kalorische Maschinen Anwendung finden sollen, sind auch unter Dampf zu probieren, zu welchem Zwecke meist kleine Dampfkessel mit genauen Manometern, womöglich Kontrollmanometern, benutzt werden, deren Anordnung aus Fig. 10 verständlich ist. Aus dem Vergleich der Angaben der letzteren und des Indikators kann der Fehler der Kolbenfedern ermittelt werden.

Indikatoren, welche während des Versuches kalt bleiben, also solche für Pumpen und Gebläse mit niedrigen Drücken und Luftpumpen, können mit Hilfe von Probierpumpen kalt

geprüft werden. Diese Pumpen sind denjenigen zur Kontrolle von Manometern dienenden ähnlich. Eine Pumpe zur kalten Prüfung der Feder ist in Fig. 11 dargestellt (Ausführung der Firma Dreyer, Rofenkrantz & Droop in Hannover). Während bei 1 das Manometer aufgeschraubt wird, dient der Stutzen 2 zur Aufnahme des Indikators. Im lotrechten mittleren Stiefel *P* kann ein Kolben durch eine Schraube niedergeschraubt werden und hierdurch auf den Indikator und das Manometer durch eine im Inneren des Apparats befindliche Flüssigkeit (Wasser, Öl oder Glycerin) genau der gleiche Druck ausgeübt werden.

Von den zur Hubreduktion dienenden Apparaten unterscheidet man drei Arten, nämlich solche, welche dauernd an der Maschine befestigt sind und entweder in schwingenden Pendeln oder Reduktionsrollen bestehen, zweitens solche selbständige Apparate, welche an der Maschine mit Leichtigkeit angebracht werden können und leicht transportabel sind, endlich solche, welche mit dem Indikator verbunden sind. Ein Hubverminderer der zweiten Art ist derjenige von Staneck, dessen Konstruktion aus Fig. 12 zu ersehen ist. Die Anbringung kann in jeder Lage und ohne alle weiteren Hilfsmittel als die beigegebenen, an Grundmauerschrauben, an Schrauben des Zylinderdeckels oder an irgend welchen hervorragenden Dornen u. s. w. erfolgen. Dabei kann derselbe neben, unter oder über der Maschine stehen, weil die Leitrollen jeden beliebigen Winkel für die Ableitung der Schnüre zur Maschine und zum Indikator gestatten. Die Maffe der großen Rolle ist dabei äußerst leicht gehalten und die zur Rückdrehung angewendete Rollfeder sehr kräftig, so daß auch bei großer Umdrehungszahl ein genaues Folgen eintritt und das Schlagen der Schnüre vermieden wird. Die beigegebenen kleinen Verminderungsrollen gestatten für eine große Anzahl verschiedener Hublängen die Uebersetzung. Ein Stelling *R*

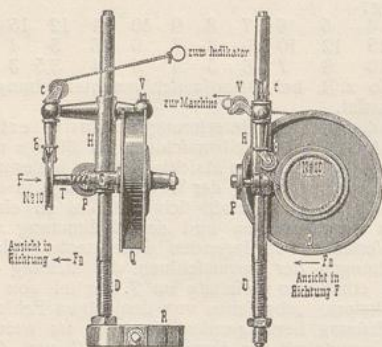


Fig. 12.

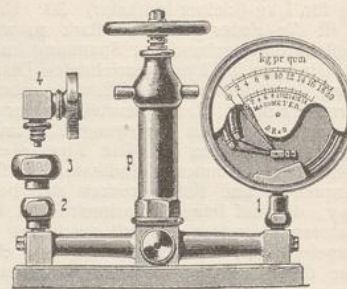


Fig. 11.

dient dazu, einen Befestigungspunkt zu schaffen, indem drei Stellerschrauben um irgend einen Dorn, Mutter u. s. w. gespannt werden, und bietet derselbe zur Aufnahme eines langen Dornes *D* Gelegenheit. Der Dorn *D* dient zur Aufnahme des eigentlichen Verminderers und gestattet feiner Länge halber eine in ziemlich weiten Grenzen verstellbare Höhenlage und beliebige Drehung der Hülfe *H*, welche durch Klemmschraube *P* festgestellt wird, im Kreise. Die Hülfe *H* nimmt bei *S* eine Spindel *T* aus Stahl mit Linksgewinde auf, und fest mit ihr verbunden an einem Ende ist eine leichte Blechtrommel *Q*. Diese Trommel ist behufs Rückdrehung mit einer starken Rollfeder ausgerüstet, deren eines Ende an der Spindelmutter fest sitzt. Behufs fortwährender Spannung derselben, auch im Ruhezustande, ist ein Anschlag angebracht, welcher indes bei drehender Verschiebung sich von selbst auslöst. Die Trommel *Q* ist dazu bestimmt, die zur Maschine führende Schnur aufzunehmen, und diese läuft über eine in der Ebene der Bildfläche drehbare Rolle *V* ab. Wenn die Trommel *Q*, den Bewegungen der Maschine folgend, sich dreht, so wandert sie, den Schraubengängen der Spindel entsprechend, hin und her und zwingt die Schnur, sich in Schraubenwindungen nebeneinander zu legen, so daß die ganze Breite von *Q* ausgenutzt werden kann, was bei acht Umwicklungen und den gewählten Abmessungen einem Hub von 4 m gleichkommt. Das andre Ende der Spindel *T* ist mit Innengewinde versehen und dient zur Aufnahme der verschieden großen Rollen Nr. 1—10, auf welche sich die Schnur für die Papiertrommel des Indikators aufwickelt. (Zum Beispiel in der Zeichnung ist eine dieser Rollen, Nr. 10, eingeschraubt gedacht.) Die von hier ablaufende Schnur wird über ein Rollenpaar, *b* mit fester, *c* mit drehbarer Rolle, geführt. Die an der Hülfe *H* sitzenden Arme bilden die Rollenhalter. Die Schnur, welche zur Maschine führt, ist an dem Ende mit einem Ringe versehen, und dieser verhindert infolge des an dem Rollenhalter angebrachten Stiftes das Durchgleiten, so daß bei gehöriger Länge derselben die Schnurwindungen ordnungsgemäß auch im Ruhezustande aufgewickelt bleiben. Für den Betrieb ist in diese Schnur eine Hilfschnur einzuhängen. Die mit dem Indikator selbst verbundenen Hubverminderer bestehen aus einer größeren, mit innerer Rückdrehfeder versehenen Rolle, über welche die zur Maschine führende Schnur läuft, während mehrere zum Antrieb des Indikators dienende Rollen von verschiedener Größe auf die Welle aufgeschraubt werden können, wodurch bei größerem oder kleinerem Kolbenhub stets nahezu dieselbe Diagrammlänge erzielt wird.

Bei der Vornahme von Indikatorversuchen sind die in den „Grundsätzen und Anleitung für die Untersuchung von Dampfkeffeln und Dampfmaschinen“ enthaltenen (vom Verein deutscher Ingenieure und dem Verband der Dampfkeffellüberwachungsvereine) aufgestellten Regeln zu beachten:

1. Die Indikatoren sind möglichst unmittelbar am Zylinder ohne lange und scharfgekrümmte Zwischenleitungen anzubringen. Die Verbindung beider Zylinderenden zu dem Zwecke der Verwendung nur eines Instrumentes für beide Kolbenseiten ist bei Dampfverbrauchsversuchen zu vermeiden.

2. Bei raschgehenden Maschinen mit kleiner Füllung sind gebotenfalls Indikatoren mit reduzierten Maßen anzuwenden.

3. Die zur Verwendung kommenden Indikatoren und ihre Federn müssen vor Beginn des Versuchs entweder durch direkte Belastung oder an offenen Quecksilber- bzw. Justiermanometern bei einer der mittleren Dampfspannung des Versuchs entsprechenden Temperatur geprüft werden. Diese Prüfung ist nach Versuchen von längerer Dauer zu wiederholen; ergeben sich Unterschiede, so ist der Mittelwert maßgebend; sind tägliche Federprüfungen während der Versuchszeit ausführbar, so sind diese vorzuziehen. Die Druckskalen sind durch Druckbelastung, die Vakuumskalen durch Luftleere festzustellen. Die Skalen sehr schwacher Vakuumfedern sind nach dem jeweiligen Barometerstand und in derselben Lage zur Horizontalen zu berichtigen, die sie während des Versuches innehaben.

4. Die Uebertragung der Kolbenbewegung auf die Papiertrommel muß möglichst direkt mit Hilfe solcher Vorrichtungen geschehen, welche die Bewegung genau proportional dem Kolbenweg wiedergeben. Durch die Uebertragung darf kein toter Gang der Papiertrommel entstehen, auch sollen die Schnüre nicht peitschen.

5. Bei Entnahme von Diagrammen ist der Indikator gehörig vorzuwärmen; deshalb soll, bevor man den Stift schreiben läßt, der Kolben einige Spiele machen. Vor dem Ziehen der atmosphärischen Linie ist der Kolben je einmal auf- und einmal abwärts zu drücken und langsam in seine Gleichgewichtsstellung zurückzulassen. Weichen die erhaltenen Linien erheblich voneinander ab, so ist das Instrument zu reinigen. Der Kolben soll dann bei herausgenommener Feder in aufrechter Stellung des Indikators durch sein Gewicht gleichmäßig niederfallen.

6. Während des Versuchs sind, je nach der Gleichförmigkeit der Belastung, alle 10 bis 20 Minuten Diagramme an jedem Zylinderende möglichst gleichzeitig abzunehmen. Die Diagramme sind mit Ordnungsnummern und der Zeit der Entnahme zu versehen.

7. Jedes Diagramm ist mindestens zweimal zu schreiben und sollen sich die erhaltenen Linien nahezu decken. Die Diagramme dürfen außer leichten Wellenlinien, welche den wirklichen Verlauf der Kurve noch mit Sicherheit erkennen lassen, keine sichtbaren Einflüsse des Instrumentes zeigen.

8. Die Ausrechnung der Diagrammfläche geschieht mit Hilfe eines Polarplanimeters oder in andrer zuverlässiger Weise und ist der Kontrolle wegen zu wiederholen. Durchmesser des Dampfzylinders, Hub des Kolbens sind zu messen, der Querschnitt der Kolbenstange in Rechnung zu nehmen.

Literatur: [1] Rosenkranz, P. H., Der Indikator, 6. Aufl., Berlin 1901; Derf., Nachtrag: Geschichtliche und technische Entwicklung des Indikators, Berlin 1906. — [2] Völckers, Der Indikator, 2. Aufl., Berlin 1878; Pichler, M. v., Der Indikator und seine Diagramme, Wien 1895; Grashof, Theoret. Maschinenlehre, Bd. 2, Hamburg 1883; Haeder, Der Indikator, 2. Aufl., Düsseldorf 1893; Müller, W., Die Schiffsmaschinen, mit Anhang: Der Indikator, Braunschweig 1884. — [3] Scholl-Brauer, Der Führer des Maschinisten, 10. Aufl., Braunschweig 1883, S. 573. — [4] Slaby, Kalorimetrische Untersuchungen über den Kreisprozeß der Gasmachine, Berlin 1894. — [5] Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1889, S. 899. — [6] Desgl. 1890, S. 26 u. 53. — [7] Desgl. 1889, S. 1106. — [8] Desgl. 1865, S. 3, 66, 138. — [9] Desgl. 1890, S. 460, 499. — [10] Zeitschr. d. intern. Verb. d. Dampfkessel-Rev.-Vereine 1889, S. 181. — [11] Schweiz. Bauztg., Bd. 18, S. 27. — [12] Mitteil. d. Verb. d. Dampfkessel-Ver. 1894, S. 106, 126. — Weitere Literatur: f. Inhaltsverzeichnis der Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1884—93 und 1894—1903, Art. Indikator. v. Thering.

Indikator, in der Maßanalyse ein chemischer Körper, der das Ende einer Reaktion durch eine Farbänderung sichtbar macht.

Fügt man z. B. zu einer wässerigen, mit Lackmustinktur versetzten Lösung einer Base allmählich Säure hinzu, so schlägt die blaue Farbe nach Neutralisation der Base plötzlich in Rot um. Tröpfelt man zu einer mit gelbem Kaliumchromat versetzten Lösung eines Chlorids eine Silberlösung, so wird zunächst das Chlor als Chlor Silber ausgefällt, und nach Beendigung dieser Reaktion bildet sich das tiefrot gefärbte Ag_2CrO_4 , das schon in geringster Menge der Flüssigkeit einen morgenroten Schein erteilt. Die Theorie der Indikatoren hat sich in neuerer Zeit mit Hilfe der elektrolytischen Dissoziationstheorie vollständig entwickeln lassen. Die in der Azidimetrie und Alkalimetrie gebrauchten Indikatoren sind sämtlich schwache Säuren oder schwache Basen, d. h. die ersteren sind in saurer, die letzteren in alkalischer Lösung so gut wie gar nicht dissoziiert. Nach der Neutralisation bilden sich die Salze der Indikatoren, die wie alle Neutralsalze sehr stark elektrolytisch dissoziiert sind, und das im Indikator enthaltene saure bzw. basische Radikal tritt demgemäß als freies Ion auf. Der Farbenumschlag ist dadurch zu erklären, daß dieses Ion eine andre Farbe besitzt als das nicht dissoziierte Molekül. Ein sehr einfaches Beispiel ist Paranitrophenol, das als Derivat des Phenols schwach sauren Charakter besitzt. Das nicht dissoziierte Molekül dieser Säure ist farblos, ihr negatives Ion aber intensiv gelb gefärbt. Eine wässrige Lösung dieser Substanz ist wegen der sehr geringen Dissoziation demgemäß nur sehr schwach gelb gefärbt. Fügt man Spuren einer fremden Säure hinzu, so wird nach den Gesetzen der chemischen Massenwirkung die Dissoziation der Säure zurückgedrängt, und die Färbung verschwindet. Fügt man jedoch eine Basis hinzu, so bildet sich das stark dissoziierte Salz des Paranitrophenols, und es tritt die intensiv gelbe Färbung der negativen Ionen dieses Salzes deutlich hervor. Eine noch schwächere Säure ist Phenolphthalein, dessen Farbreaktionen noch plötzlicher vor sich gehen. Zu schwach darf die saure Natur des Indikators allerdings

nicht fein, sonst sind seine Salze zu stark hydrolytisch, d. h. in freie Säure und freie Basis dissoziiert, und das negative Ion der Säure tritt demgemäß in zu minimaler Menge auf, um eine deutliche Farbreaktion zu liefern. Die gleiche Erscheinung findet man nun aber auch bei sonst geeigneten Indikatoren, wenn zur Neutralisation eine schwache Basis verwendet wird. So beobachtet man bei der Titrierung z. B. des ziemlich schwach basischen Ammoniaks mit einer beliebigen Säure und Anwendung von Phenolphthalein als Indikator sehr wenig scharfe Farbreaktionen, weil das Ammoniumsalz des Phenolphthaleins sehr weitgehend hydrolytisch gespalten ist. Man verwendet daher in diesem Falle besser einen basischen Indikator und titriert Ammoniak mit einer starken Säure, um Störungen durch hydrolytische Dissoziation auszuschließen. Ähnliche Betrachtungen gelten für basische Indikatoren, und man erhält so allgemein die Regel, daß man bei Titrationen das Zusammentreffen einer schwachen Basis und einer schwachen Säure vermeiden muß, um unscharfe Farbreaktionen infolge hydrolytischer Dissoziation zu verhindern. Durch ähnliche Betrachtungen ist leicht abzuleiten, daß Phosphorsäure mit Anwendung von Methylorange, d. h. eines schwach basischen Indikators, sich wie eine einwertige Säure, bei Anwendung von Phenolphthalein sich wie eine zweiwertige Säure titrieren läßt, daß Kohlensäure bei Anwendung von Methylorange sich wie eine zweiwertige Säure, bei Anwendung von Phenolphthalein sich wie eine einwertige Säure verhält u. f. w. Bei Fällungsreaktionen sind natürlich einfach die Löslichkeitsverhältnisse des Indikators maßgebend. So fällt Silberlösung in dem obigen Beispiele zunächst das Chlor Silber, dann erst das Silberchromat, weil letzteres leichter löslich ist.

Die Empfindlichkeit eines Indikators ist nach dem Obigen durch dessen Dissoziationsgrad bzw. seine Dissoziationskonstante definiert. Ein besonders anschauliches Maß für die Empfindlichkeit gibt die beim Farbumschlag vorhandene Wasserstoffionenkonzentration, die in den letzten Jahren in mehreren Arbeiten bestimmt ist. Die zuverlässigsten Zahlen dürften die von Fels erhaltenen sein. Sie sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

Indikator	Farbe	Wasserstoffionenkonzentration	Indikator	Farbe	Wasserstoffionenkonzentration
Tropäolin 000	orange \rightleftharpoons rot	10 — 11,2			
Phenolphthalein	rot	10 — 7,76	Methylorange	gelb	10 — 5,23
	farblos	10 — 7,50		orange	10 — 4,07
	rot	10 — 7,62		rot	10 — 3,3
Curcumin W	rot	10 — 6,97	Kongorot	rot \rightarrow mißfarben	10 — 4,41
Lackmus	blau \rightleftharpoons rot	10 — 6,74		blau \rightarrow mißfarben	10 — 3,76
p-Nitrophenol	gelb	10 — 6,13	Methylviolett	violett	10 — 2,38
	farblos	10 — 6,13		blau	10 — 2,05

Mit Hilfe dieser Skala ist es leicht möglich, die auch bei physiologischen Untersuchungen oft auftretende Frage nach der Größe eines sehr geringen Alkali- oder Säuretiters einer Lösung, z. B. auch des Blutes, zu beantworten, indem man einfach prüft, welcher der obigen Indikatoren in der zu untersuchenden Lösung einen Farbumschlag zeigt.

Literatur: Ostwald, W., Die wissenschaftlichen Grundlagen der analytischen Chemie, 4. Aufl., Leipzig 1904; Nernst, W., Theoretische Chemie, 4. Aufl., Stuttgart 1903; Küster, Zeitschr. f. anorgan. Chemie 1896, 13, S. 127; Wagner, J., ebend. 1903, 27, S. 138; Fels, B., Zeitschrift für Elektrochemie 1904, S. 208.

(Nernst) F. Krüger.

Indirekte Beleuchtung, f. Bogenlampe, Bd. 2, S. 173.

Indirekte Beobachtungen, f. Methode der kleinsten Quadrate.

Indirekte Kraftübertragung, f. Nietverbindung für Eisenkonstruktionen.

Indische Kreise, f. Gnomon.

Indischgelb, f. Kobaltgelb.

Indischrot, f. Eisenrot.

Indium *In* (Atomgewicht 113,5, spez. Gew. 7,4), ein silberweißes, an der Luft unveränderliches weiches Metall, das bei 176° schmilzt und in Weißglut flüchtig ist und bei hoher Temperatur mit blauer Flamme zu Oxyd In_2O_3 verbrennt; gehört zu den seltenen Metallen der Galliumgruppe. Es wurde im Jahre 1863 von Reich und Richter entdeckt und findet sich als Begleiter des Zinks in einigen Blenden des Harzes und des sächsischen Erzgebirges. *Bujard.*

Indizierte Arbeit, indizierter Effekt, indizierte Leistung, f. Äußere Arbeit, Effekt, Indikator, Wärmemotoren.

Indophenole, f. Farbstoffe, künstliche organische, Bd. 3, S. 628.

Indophor, f. Indigodruck.

Induktanz, f. Wechselstrom.

Induktanzrolle, f. Gegenstromrolle.

Induktion, Erzeugung elektromotorischer Kräfte bzw. bei geschlossenen Leitern elektrischer Ströme durch Bewegung von Leitern im magnetischen Felde

derart, daß sie Kraftlinien schneiden, oder durch Aenderung der von Leitern umflossenen Kraftlinienzahl.

Hierbei können folgende Fälle eintreten: 1. bei gleichbleibendem Felde ändert sich die relative Lage zwischen Feld und Leiter durch Bewegung des einen oder des andern (Dynamomaschine); 2. bei gleichbleibender Lage vom Feld zum Leiter wird die das Feld erregende magnetomotorische Kraft geändert (Transformator); 3. bei gleichbleibender Lage vom Feld zum Leiter wird der magnetische Widerstand des magnetischen Stromkreises geändert (Telephon). Die nachstehend angegebenen Veruche erläutern die Entfaltung des Induktionsstromes. Verbindet man die Enden einer mit isoliertem Kupferdraht bewickelten Spule *K* (Fig. 1) mit einem empfindlichen Galvanometer *G* und schiebt in die Hölzung der Spule einen Stahlmagneten *NS* ein (Magnetinduktion), so gibt das Galvanometer einen Ausschlag, d. h. es fließt ein elektrischer Strom durch dasselbe und die mit ihm verbundene Spule. Die Galvanometernadel kehrt aber bald in ihre Ruhelage zurück, ein Zeichen, daß das Durchfließen des Stromes wieder aufgehört hat. Dieser durch die Bewegung des Magneten plötzlich auftretende und nach Aufhören dieser Bewegung verschwindende Strom heißt Induktionsstrom. Entfernt man den Magneten wieder schnell aus der Spule, so entsteht ein neuer Strom, und das Galvanometer gibt jetzt den entgegengesetzten Ausschlag. Bei Wiederholung des Versuches mit einem unmagnetischen Stahlstück von gleicher Form und Größe zeigt das Galvanometer keinen elektrischen Strom an, woraus gefolgert werden kann, daß nur die den magnetisierten Stahlstab umgebenden Kraftlinien die Ursache des Induktionsstromes sind. Da sich durch den angegebenen Versuch die Stärke des Magnetismus im Stahlstab nachweislich nicht ändert, so kann die Ursache des Induktionsstromes nur in einer Aenderung der Anzahl der von der Spule eingeschlossenen Kraftlinien liegen, und zwar bedingt die Annäherung des Magneten natürlich eine Zunahme, die Entfernung derselben eine Abnahme dieser Anzahl. Daher das Gesetz (Maxwell): Umschließt eine in sich geschlossene Drahtspule Kraftlinien und ändert sich die Anzahl der eingeschlossenen Kraftlinien, so entsteht in den Windungen der Spule ein Induktionsstrom. Blickt man in der Richtung der Kraftlinien auf die Spule (d. h. sieht man den Südpol des Magneten an), so durchfließt bei einer Zunahme der Kraftlinien der Strom die Windungen im entgegengesetzten Drehungsinne. Die entstandenen Ströme sind das Äquivalent für die bei der Bewegung des Leiters aufgewendete Arbeit.

Durch die sogenannte magnetische Influenz (s. Magnetismus) verwandelt ein Magnet ein Eisenstück bei der Annäherung ebenfalls in einen Magneten, so daß es von Kraftlinien umgeben ist. Bringt man daher in die vorher erwähnte Drahtspule einen weichen Eisenkern und

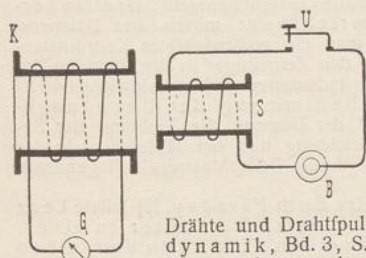


Fig. 2.

Drähte und Drahtspulen (Solenoid, s. Elektrodynamik, Bd. 3, S. 415) mit oder ohne Eisenkern, und es werden daher ebenfalls Induktionserscheinungen auftreten, wenn sich die gegenseitige Lage einer stromlosen

und einer stromdurchflossenen Spule ändert. Man bezeichnet gewöhnlich diese durch das magnetische Feld eines Stromes in einem Leiter bewirkten Induktionsercheinungen als Volta-Induktion gegenüber den vorher besprochenen Erscheinungen der Magnetinduktion. In Fig. 2 ist wieder die Spule *K* mit dem Galvanometer *G* verbunden, während in den Hohlraum derselben statt des Magneten eine zweite Spule *S* geschoben werden kann, deren Windungen von einem durch die galvanische Batterie *B* erzeugten Strome durchflossen werden, sobald der Unterbrecher *U* geschlossen ist. Wird nun *S* schnell in den Hohlraum von *K* geschoben, so zeigt das Galvanometer ebenso wie früher beim Einschieben des Magneten einen Ausschlag, d. h. einen in den Windungen von *K* vorhandenen Induktionsstrom an, und zwar hat dieser Strom die entgegengesetzte Richtung wie der in den Windungen von *S* fließende. Sobald die Bewegung des Solenoids *S* aufgehört hat, ist auch der Induktionsstrom in *K* erloschen und tritt erst wieder auf, wenn *S* schnell aus dem Hohlraume von *K* herausgezogen wird. — Die Galvanometernadel schlägt darauf nach der andern Seite aus, woraus folgt, daß dieser Strom jetzt dem in der Spule *S* verlaufenden erregenden Strome gleichgerichtet ist.

Statt die Spule *S* hin und her zu schieben, um den Induktionsstrom zu erzeugen, bringt man sie besser in der Spule *K* fest an und schließt und öffnet mittels Unterbrechers *U* den Erregerstrom (Hauptstrom oder Primärstrom). Das Schließen bewirkt dann die Erzeugung eines dem Hauptstrom entgegengesetzt verlaufenden Induktionsstromes (sekundären oder Nebentstromes), während das Öffnen einen ihm gleichgerichteten hervorbringt. Die Induktionswirkungen werden erheblich verstärkt, wenn die induzierende (primäre) Spule *S* einen weichen Eisenkern in ihrer Hölzung enthält, da dann außer den Kraftlinien des Stromes auch die des weichen Eisenkernes zur Wirkung kommen, sobald er beim Stromdurchfluß magnetisch wird. — Ebenso verstärkt man die Induktionswirkung, wenn man den primären Strom, anstatt ihn nur zu unterbrechen, umkehrt.

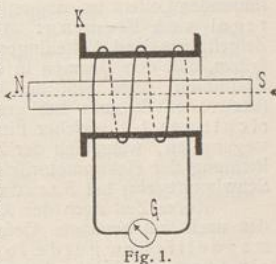


Fig. 1.

Induktion in linearen Leitern. Bewegt sich ein gerader offener Leiter von der Länge l in einem homogenen magnetischen Felde von der Dichte H mit der Geschwindigkeit v so, daß er Kraftlinien schneidet, so wird in ihm eine elektromotorische Kraft E induziert, deren Größe gleich ist der Anzahl der Kraftlinien, die in einer Sekunde in gleichem Sinne geschnitten werden, d. i. für den einfachsten Fall: $E = lHv$ absolute Einheiten. Ist der Leiter unter einem Winkel φ gegen die Kraftlinien geneigt, während die Bewegungsrichtung einen Winkel ψ mit dem auf den Kraftlinien errichteten Lote bildet, so ist $E = lHv \sin \varphi \cdot \cos \psi$ absolute Einheiten.

Die Gleichung $E = Hlv$ kann zur Definition der Einheit der elektromotorischen Kraft benutzt werden. Es wird nämlich $E = 1$, wenn $H = 1$, $l = 1$ und $v = 1$ ist, d. h. in einem Leiter von 1 cm Länge wird die Einheit der elektromotorischen Kraft erzeugt, wenn seine Bewegung in einem Felde von der Dichte 1 mit 1 cm Geschwindigkeit rechtwinklig zu den Kraftlinien erfolgt. Da diese Einheit sehr klein ist, sind 100 Millionen derselben zu einer praktischen Einheit (Volt) zusammengefaßt, so daß 1 Volt = 10^8 absolute Einheiten ist. Sie kommt so der früher üblichen Einheit von 1 Daniell ungefähr gleich (1 Daniell = 1,1 Volt). — Die Gleichung lautet dann in Volt ausgedrückt: $E = \frac{Hlv}{10^8}$ Volt.

Bewegt sich statt des offenen Leiters ein geschlossener ebener Leiter in einem Felde so, daß die Zahl der von ihm eingeschlossenen magnetischen Kraftlinien sich ändert, so entsteht ebenfalls ein Induktionsstrom, und es ist die in dem geschlossenen Leiter induzierte elektromotorische Kraft E gleich der Änderung der von ihm eingefassten Kraftlinienzahl N pro Sekunde, d. h.

$E = - \frac{dN}{dt} \cdot \xi$ absolute Einheiten, worin ξ die Anzahl der Windungen des geschlossenen Leiters bedeutet. Der Mittelwert der elektromotorischen Kraft, die in den Windungen induziert wird, der sogenannte Integralsstrom, ist: $E = - \frac{(N_2 - N_1)\xi}{T}$, wo T die Zeitdauer bezeichnet, die erforderlich war, um die Kraftlinienzahl von N_1 auf N_2 zu ändern. Das Vorzeichen gibt die Richtung der induzierten elektromotorischen Kraft bzw. des Stromes an. Berücksichtigt man bei der Änderung der Kraftlinienzahl die Abnahme dieser durch Einsetzen von dN mit negativem Vorzeichen, so erhält man E positiv (d. h. es entsteht ein positiver Strom), während sich bei Zunahme und Einführung von dN mit positivem Vorzeichen ein negativer Wert für E (also ein negativer Strom) ergibt.

Zur Feststellung der Richtung der bei der Bewegung des Leiters in ihm induzierten elektromotorischen Kraft oder umgekehrt zur Feststellung der Bewegungsrichtung eines stromführenden Leiters im magnetischen Felde dienen auch folgende Gedächtnisregeln: Dreifingerregel von Fleming: a) Bestimmung der Stromrichtung: mittels des Daumens, Zeigefingers und Mittelfingers der rechten Hand bildet man ein rechtwinkliges Koordinatensystem, hält den Daumen in die Richtung der Bewegung, den Zeigefinger in die Richtung der Kraftlinien, dann gibt der Mittelfinger die Richtung der induzierten elektromotorischen Kraft (bzw. des Stromes bei geschlossenem Leiter) an; b) Bestimmung der Bewegungsrichtung: bei gleicher Fingerstellung wie vorher zeigt der Daumen die Richtung der Bewegung an, wenn sich der Zeigefinger in der Kraftlinienrichtung und der Mittelfinger in der Richtung der elektromotorischen Kraft des Leiters befindet. Andre Gedächtnisregeln (sogenannte Schwimmregeln) hat Faraday angegeben [1].

Kurze Zeit nach der Aufstellung der Induktionsgesetze durch Faraday [2] leitete Lenz das nach ihm benannte Gesetz ab: Bewegt sich ein Elektrizitätsleiter in einem magnetischen Felde so, daß er Kraftlinien schneidet, so wird in demselben ein Strom induziert, welcher infolge der Wechselwirkung zwischen Strom und Magnet die Bewegung zu hemmen sucht, durch welche er entstanden ist. Der Induktionsstrom ist hierbei das Äquivalent für die bei der Bewegung zu leistende Arbeit. Auch nach diesem Gesetz läßt sich die Richtung des entstandenen Stromes leicht bestimmen. — Die Induktionswirkung erfolgt nicht allein in Drahtwindungen, sondern auch in massiven körperlichen Leitern von größerer Ausdehnung, in denen sich der Strom in beliebiger Richtung ausbreiten kann. Solche Induktionsströme, welche auch Wirbelströme oder Foucault'sche Ströme heißen, können bei dem geringen Widerstande, den sie gewöhnlich in dem massiven Leiter finden, zu beträchtlicher Stärke anwachsen, und sie hemmen dann nicht nur die Bewegung des betreffenden Leiters (nach dem Lenz'schen Gesetz), z. B. des Ankers einer Dynamomaschine (s. Dynamomaschine, Bd. 3, S. 187), sondern wirken auch nachteilig durch Umfetzung dieses Stromes in Wärme, welche die Ankertemperatur erhöht. Die Foucaultströme verlaufen ungefähr parallel zur Umdrehungsachse des Ankers, und man sucht sie durch Abschneiden ihrer Bahn zu vermeiden, ohne dadurch die Kraftlinien, welche vom Nordpol des Magneten zum Südpol fließen sollen, zu stören. Zu diesem Zweck setzt man den Anker aus einzelnen Blechscheiben von $\frac{1}{2}$ mm Stärke zusammen, welche durch Papierblätter voneinander getrennt sind, so daß der Foucaultstrom nicht von einer Scheibe zur nächsten fließen kann. Die Kraftlinien hingegen können in der Scheibe selbst von einem Pol zum andern übergehen. — Ueber die Nutzbarmachung der Wirbelströme zur Dämpfung von Galvanometernadeln s. Meßinstrumente, elektrische. — Die hemmende Wirkung der Wirbelströme ist auch vielfach zur Konstruktion von Bremsen (sogenannten Wirbelstrombremsen) ausgenutzt worden. Solche Vorrichtungen eignen sich beispielsweise zur Leistungsbemessung kleinerer Motoren erheblich besser als mechanische Bremsen, bei denen es schwierig ist, die Reibung konstant zu halten. Die Anordnung ist folgende: Von der Achse des zu bremfenden Motors wird eine Kupferscheibe angetrieben, die sich im Felde eines starken Elektromagneten befindet. Letzterer ist leicht beweglich auf Schneiden gelagert und trägt auf einem eingeteilten Meßbalken ein

verschiebbares Gewicht. Bei Drehung der Kupferscheibe entstehen in ihr Wirbelströme, die bestrebt sind, das Magnetssystem mitzudrehen. Durch Verschiebung des Gewichtes wird dieses Drehmoment gemessen und somit die Leistung des Motors bestimmt [10]. — Ueber die Verwendung der Wirbelstrombremse bei elektrischen Straßenbahnen vgl. Bd. 2, S. 262 (Bremsen, elektrische). — Die Entstehung und der Verlauf der Wirbelströme kann mittels des Waltenhofenschen Induktionspendels leicht nachgewiesen werden [3].

Selbstinduktion. Der in die Primärspule S (Fig. 2) hineingeleitete Strom wirkt bei seinem Öffnen und Schließen nicht allein auf die darüber oder daneben befindliche Sekundärspule K (gegenseitige Induktion, s. weiter unten), sondern jede Windung des primären Drahtes wirkt auch induzierend auf die neben ihr liegenden Windungen desselben Drahtes. Fließt der Primärstrom im Sinne des Uhrzeigers, so entsteht eine elektromotorische Kraft, die sogenannte EMK der Selbstinduktion, die bei Zunahme der Kraftlinien einen Strom im entgegengesetzten Drehungsinne hervorzubringen sucht und somit den primären schwächt. Letzterer erreicht deshalb nicht sofort seine volle Stärke, sondern erst nach einer gewissen Zeit, nämlich dann, wenn eine weitere Zunahme der Kraftlinien nicht mehr stattfindet. Wird der primäre Strom geöffnet, so verschwinden die durch die Spule hindurchtretenden Kraftlinien, und infolgedessen entsteht jetzt in den Windungen der Primärspule eine neue EMK der Selbstinduktion, die einen Strom im Sinne des Uhrzeigers hervorzubringen sucht, d. h. einen Strom, der in derselben Richtung fließt wie der eben unterbrochene Primärstrom. Da er nicht wie vorher durch die Gegenwirkung des letzteren aufgehoben wird, so ist seine Spannung so bedeutend, um ihn an der Unterbrechungsstelle durch den kleinen Luftzwischenraum in Gestalt eines Funkens übertreten zu lassen. Dieser Induktionsstrom, welcher in den Windungen einer Spule beim Schließen und Öffnen des primären Stromes entsteht, heißt Selbstinduktions- oder Extrastrom. Er besitzt also die Eigenschaft, beim Schließen des primären Stromes diesen zu schwächen, beim Öffnen ihn fortzuwirken zu lassen.

Die Selbstinduktion ruft in den Windungen einer Spule eine elektromotorische Kraft hervor, die in jedem Augenblick bestimmt ist durch $e = -L \cdot \frac{di}{dt}$, d. h. die elektromotorische Kraft der Selbstinduktion ist proportional dem Faktor L und der Aenderung der Stromstärke in der Zeiteinheit. Der Faktor L heißt der Koeffizient der Selbstinduktion; er ist beispielsweise für eine lange, dünne Spule oder einen Ring $L = \frac{4\pi \xi^2 q}{l}$; befindet sich Eisen in der Spulenhöhle, so wird $L = \frac{4\pi \xi^2 q \mu}{l}$; q ist der Querschnitt der Spule, l ihre Länge, ξ die Windungszahl und μ die Permeabilität des Eisens. Die praktische Einheit des Selbstinduktionskoeffizienten ist 10^9 cm (Länge des Erdquadranten in Zentimetern gemessen); sie führt die Benennung Henry.

Das Entstehen der Selbstinduktionsströme muß in manchen Fällen, z. B. bei Widerständen für Meßzwecke, wegen der auftretenden Störungen verhindert werden. Man erreicht dies am einfachsten dadurch, daß man die eine Hälfte der Windungen rechtsläufig, die andere linksläufig wickelt. Fließt alsdann ein Strom durch die Windungen, so erzeugt die eine Hälfte derselben Kraftlinien, die denen der andern Hälfte entgegengerichtet sind, so daß sie sich insgesamt aufheben. Eine derartig (Fig. 3) hergestellte Spule heißt bifilar oder induktionsfrei gewickelt.

Gegenseitige Induktion. Bewickelt man eine Spule mit zwei Wicklungen, indem man die eine über oder auch neben die andre legt, und sendet durch die Windungen der einen Wicklung einen Strom, so erzeugt dieser Kraftlinien, die auch durch die zweite Wicklung hindurchgehen. Infolgedessen entsteht in den Windungen dieser ein Induktionsstrom, dessen elektromotorische Kraft den Wert $e = -M \frac{di}{dt}$ (c, g, s -Einheiten) oder $e = -M \frac{di}{dt} 10^{-8}$ (Volt) hat, d. h. die elektromotorische Kraft der gegenseitigen Induktion ist proportional dem Faktor M und der Aenderung der Stromstärke in der Zeiteinheit. Der Faktor M heißt Koeffizient der gegenseitigen Induktion; er ist z. B. für eine Spule oder einen Ring $M = \frac{4\pi n \xi q}{l}$; q = Spulenquerschnitt, l = Spulenlänge, n = Windungszahl der ersten Wicklung, ξ = Windungszahl der zweiten Wicklung. Der Koeffizient M ist proportional dem Produkt der Windungszahlen n und ξ .

Die Induktionsströme können erzeugt werden durch magnet-elektrische Maschinen sowie Dynamomaschinen (Bd. 3, S. 180) nach dem Prinzip der Magnetinduktion oder durch sogenannte Induktionsapparate (Funkeninduktoren, Rumkorfische Apparate) oder Transformatoren (s. a. Umformer) nach dem Prinzip der Volta-Induktion. Fig. 4 zeigt einen solchen Induktionsapparat schematisch. Die primäre (Hauptstrom-) Rolle S hat nur wenige Windungen dicken Drahtes (1–2 mm Durchmesser), während die darübergeschobene sekundäre (Nebenstrom-) Rolle K

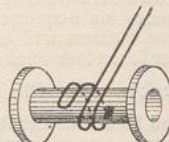


Fig. 3.

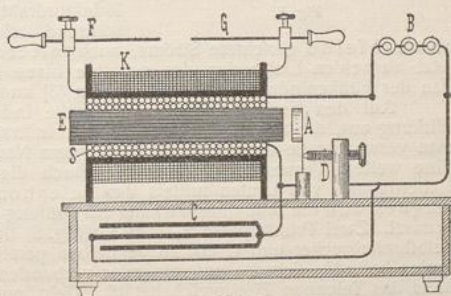


Fig. 4.

aus einer sehr großen Zahl von Windungen feinen Drahtes von $\frac{1}{32}$ – $\frac{1}{16}$ mm Durchmesser besteht. In die Primärspule ist zur Verstärkung der Wirkung ein weicher Eisenkern E eingeschoben, der zur Vermeidung der Wirbelströme aus dünnen, voneinander durch Schellack isolierten Eifendrähten aufgeschichtet ist. Die Enden dieser Spule sind unter Einschaltung eines Stromunterbrechers (f. Unterbrecher), der in rascher Aufeinanderfolge den Strom selbsttätig öffnet und schließt, mit einer galvanischen Batterie B verbunden. Der in Fig. 4 skizzierte einfache Stromunterbrecher besteht aus dem unter dem Einflusse des Elektromagnets E stehenden und an einer Feder schwingenden Anker A und aus der Kontaktfäule D , deren Schraube im Ruhezustande den Anker berührt. Wird der Batteriestrom geschlossen, so zieht der Magnetkern E den Anker A an, er verläßt die Schraube und unterbricht somit den Strom. Hierdurch verliert jedoch der Elektromagnet seinen Magnetismus, läßt den Anker los, stellt dadurch bei D die Stromverbindung wieder her, und das Spiel beginnt von neuem. Jedem Schließen und Öffnen entspricht (vgl. weiter oben gegenseitige Induktion) in den sekundären Windungen eine elektromotorische Kraft $e = -M \frac{di}{dt}$, wobei M dem Produkte der beiden Windungszahlen proportional ist und daher durch Vermehrung der Windungen jede beliebige Größe erhalten kann. Wird auch $\frac{di}{dt}$ groß gehalten, so steigt e so weit an, daß der sekundäre Strom an den Enden der Wicklung F und G in Gestalt geräuschvoller Funken übergeht. Beim Schließen des primären Stromes entsteht in den primären Windungen ein entgegengesetzter gerichteter Selbstinduktionsstrom, der den eingeleiteten Strom schwächt und hierdurch den Wert $\frac{di}{dt}$ verkleinert; der dem Schließen entsprechende Strom in den sekundären Windungen besitzt daher nur eine geringe Spannung, die nicht imstande ist, den Luftraum zu durchschlagen. Der beim Öffnen in der Primärspule entstehende Selbstinduktionsstrom ist mit dem primären Strom gleichgerichtet; seine elektromotorische Kraft ist bedeutend, und er tritt deshalb an der Unterbrecherstelle bei D als starker Funke auf, verkleinert $\frac{di}{dt}$ und somit die Wirkung des Apparates. Um diesen schädlichen Funken zu vermeiden, ist parallel zur Funkenstrecke (Unterbrecher) ein Kondensator C (f. d.) geschaltet, wodurch der durch Selbstinduktion entstandenen Elektrizitätsmenge ein bequemer Abfluß verschafft wird. Letztere fließt zunächst auf die Belegungen des Kondensators und entladet sich durch die Windungen der Primärspule hindurch erst dann, wenn der sekundäre Funkenausgleich beendet ist, wodurch die Funkenbildung am Unterbrecher fast verschwindet. Die Hinzufügung des Kondensators bedeutet also eine Vergrößerung von $\frac{di}{dt}$ und somit eine Erhöhung der Leistung, d. h. der Funkenlänge. Dieser Funke (von dem Öffnungsstrom erzeugt) hat je nach der Größe und Windungszahl des Apparates eine Länge bis zu 1 m und zeigt dieselben Erscheinungen, die bei Entladungen statischer Elektrizität (f. Elektrizität) auftreten. Er ist noch von einem orangefarbenen Lichtmantel, der sogenannten Aureole, umgeben, die man durch Blasen oder durch magnetische Einwirkungen von ihm trennen kann. Läßt man den Funkenstrom durch Glasrohre gehen, die verdünnte Luft oder verdünnte Gase enthalten, so wird je nach dem zunehmenden Grade der Verdünnung der Funken immer schwächer, die Aureole immer größer, bis schließlich bei ca. 1 mm Quecksilberdruck der Funke ganz verschwindet und gleichzeitig der negative Pol (die Kathode) von dunkelblauem Licht umgeben ist, während vom positiven Pol (der Anode) ein dunkelroter geschichteter Lichtstrom ausgeht. Bei weiter fortschreitender Verdünnung treten die unter dem Namen Kathodenstrahlen bekannten (von Hittorf, Puluj und Crookes beobachteten) Erscheinungen auf [5], [7], [8], und bei noch höheren Verdünnungsgraden zeigt sich das Röntgensche Phänomen [6]. Alle diese Lichterscheinungen sind durch gleichgerichtete Ströme, und zwar durch die Öffnungsströme erzeugt. Führt man dagegen den einen Draht der Induktionspule nach der inneren Belegung einer Leidener Flasche und verbindet die äußere Belegung derselben mit der einen Elektrode der Geißlerischen Röhre, während die andere mit dem zweiten Induktordraht verbunden wird, so entstehen durch die fortwährend erfolgende Ladung und Entladung der Flasche abwechselnd gerichtete Ströme, auch alternierende Entladungen genannt. Es tritt jetzt an beiden Elektroden das negative blaue Glimmlicht auf. Nähere Angaben über den Bau der Funkeninduktoren findet man in [3] und [4].

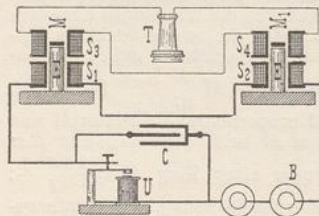


Fig. 5.

abwechselnd gerichtete Ströme, auch alternierende Entladungen genannt. Es tritt jetzt an beiden Elektroden das negative blaue Glimmlicht auf. Nähere Angaben über den Bau der Funkeninduktoren findet man in [3] und [4].

Auf den tierischen Körper üben die Induktionsströme eine erhebliche physiologische Wirkung aus, die sich bei stärkeren Strömen in krampfartigen Muskelzusammenziehungen äußert; man verwendet sie deshalb auch (unter dem Namen faradische Ströme) zu Heilzwecken. — Eine weitere Verwendung finden die durch die Magnetinduktion erzeugten Ströme bei der Übertragung von Lauten mittels des Telephons (f. d.). — Bei der Induktionswage von Hughes wird die Induktionswirkung zur Prüfung der Molekularconstitution der Metalle u. dergl. benutzt. Zwei Primärspulen S_1 und S_2 (Fig. 5) liegen im Stromkreise der Batterie B . U ist ein Selbstunterbrecher und C ein zu demselben parallel geschalteter Kondensator. Auf den Primärspulen befinden sich die untereinander verbundenen Sekundärspulen S_3 und S_4 , in deren Stromkreis das Telefon T eingeschaltet ist. Geht nun durch S_1 und S_2 der durch U fortwährend unterbrochene Batteriestrom, so werden in S_3 und S_4 Induktionsströme erzeugt, die sich bei

entsprechender Schaltung und vollkommen gleicher Spulenwicklung gegenseitig aufheben, so daß sie im Telephon T keine Wirkung hervorbringen. Legt man jedoch in die oberen Spulen auf die Ebonitfäulen E zwei Metallstücke M und M_1 , die nicht genau gleich sind oder die aus verschiedenem Materiale bestehen, so wird der Gleichgewichtszustand der Spulen gestört und das Telephon kommt zum Tönen. Näheres hierüber in [9]. — Ausführliche Angaben über die historische Entwicklung der Induktionsercheinungen findet man in [2], über die rechnerische Behandlung in [1]. — Ueber magnetische Induktion f. Magnetismus.

Literatur: [1] Zickler, Lehrbuch der Elektrotechnik, Leipzig 1906. — [2] Handbuch der Elektrotechnik von Heinke und Ebert, Leipzig 1902, Bd. 1. — [3] Holzt, Schule des Elektrotechnikers, Leipzig 1903. — [4] Ruhmer, Konstruktion, Bau und Betrieb der Funkeninduktoren, Leipzig 1904. — [5] Crookes-Gretschel, Strahlende Materie, Leipzig 1879. — [6] Röntgen, Mitteilungen über X-Strahlen, Würzburg 1896. — [7] Puluj, Strahlende Elektrodenmaterie, Wien 1883. — [8] Lehmann, Elektrizität und Licht, Braunschweig 1895. — [9] Wiedemanns Annalen, Leipzig 1887 und 1893. — [10] Elektrotechn. Zeitschr. 1901, S. 608. Holzt.

Induktion, photochemische, die von Draper zuerst bemerkte, aber erst von Bunfen und Roscoe eingehend studierte Erscheinung, daß häufig das Licht bei photochemischen Prozessen anfänglich nur langsam wirkt und erst nach einiger Zeit zu voller Wirksamkeit gelangt.

E. Pringsheim sucht die Induktion durch die Bildung einer Zwischenverbindung zu erklären; hierfür spricht z. B. die Tatsache, daß feuchtes Chlorknallgas gegen Licht außerordentlich viel empfindlicher ist als trockenes. Worin jedoch diese hypothetischen Zwischenverbindungen bestehen, ist noch unaufgeklärt. Dixon hat die Vermutung geäußert, daß sie in freien Sauerstoffatomen bestehen. In engem Zusammenhang mit der photochemischen Induktion stehen offenbar die bekannten Tatsachen, daß schwach vorbelichtete photographische Platten empfindlicher sind und ferner unterexponierte Platten durch schwache Nachbelichtung gekräftigt werden können.

Literatur: Nernst, W., Theoretische Chemie, 4. Aufl., Stuttgart 1903; Ostwald, W., Lehrbuch der allgemeinen Chemie, Bd. 2, Chemische Energie, Leipzig 1893; Bunfen und Roscoe, in Ostwalds Klassikern der exakten Naturwissenschaften; Luther, R., Chemische Vorgänge in der Photographie, Halle 1899. F. Krüger.

Induktionsapparat (Funkeninduktor), f. Induktion.

Induktionsfreie (bifilare) Wicklung, f. Induktion.

Induktionstelegraphie, Telegraphie ohne Drahtleitung mittels elektromagnetischer oder elektrostatischer Induktion; f. Telegraphie ohne Draht.

Induktionswage, f. Induktion, S. 186.

Induktionszähler, f. Elektrizitätszähler, Bd. 3, S. 412.

Induktormaschine, f. Wechselstrommaschine.

Indulinfarbstoffe, f. Farbstoffe, künstliche organische, Bd. 3, S. 629.

Industrieausstellungen, öffentliche Schaustellungen zu dem Zwecke, die Werthschätzung der im Wettbewerb ausgestellten Gegenstände zu ermöglichen und der Beurteilung gegebenenfalls durch zu erteilende Auszeichnungen Ausdruck zu verleihen. Es drückt sich hierbei das Bestreben aus, die Leistungsfähigkeit des Ausstellers zur Geltung zu bringen, den Absatz zu erweitern, die Fortschritte in der Technik darzulegen, gleichzeitig für den Ort der Veranstaltung aus dem Zuzug der Besucher besondere Vorteile zu ziehen. Ein wesentliches Merkmal von Ausstellungen ist ferner, daß durch sie die Interessenten wie auf einer fliegenden Warenbörse miteinander in unmittelbare Fühlung treten und daß bei dieser Gelegenheit gewissermaßen die Vorteile eines großangelegten praktischen Anschauungsunterrichtes zur Geltung kommen. Ueber der Eignung von Ausstellungen für praktische Zwecke dürfen aber die ideellen Wirkungsmöglichkeiten nicht übersehen werden. Abgesehen davon, daß durch Ausstellungen das Selbstbewußtsein der Teilnehmer gesteigert, sie in mehrfacher Beziehung einander näher gebracht und ihr Ansehen nach außen gehoben werden kann, läßt sich analog wie das Ansehen einer Branche das Ansehen von Distrikten oder Provinzen, ja von Staaten wesentlich fördern. Ausstellungen vermögen ferner als Hilfsmittel der Politik und Handelspolitik maßgebende Wirkungen auf das Verhältnis von Staaten zu erzielen. Ausstellungen besitzen demnach als Veranstaltungen zum Zwecke würdiger Demonstration in politischer und wirtschaftlicher Beziehung, als Reklamemittel großen Stils, als Warenmessen in modernem Gewande und durch Heranziehung des Fremdenverkehrs zu vielseitige Vorzüge und Wirkungsfähigkeit, als daß die moderne Volkswirtschaftspolitik ihrer entraten könnte. Auf richtiges Interesse der beteiligten Kreise, eine berechtigte Veranlassung, geeigneter Ort und ein entsprechendes Programm bilden selbstverständlich die wichtigste Voraussetzung.

Wohl wird sich durch großangelegte oder interessante Vorführung so ziemlich jeden Gegenstandes auf einer Ausstellung für den Aussteller, für besondere Geschäftszweige oder das Erzeugungsgebiet ein moralischer Erfolg erzielen lassen, während der praktische Erfolg von der Beschaffenheit des Artikels abhängt. Alles, was mehr oder weniger als Individuum betrachtet und anerkannt sein will und daher ganz gleichartig in der Tages- und Fachpresse Reklame betreibt: Erfindungen, Maschinen, Kunstgewerbliches, Modewaren und selbst Massenartikel, sobald sie durch den Markenschutz individualisiert sind, werden sich grundsätzlich für die Vorführung auf Ausstellungen auch aus praktischen Rücklichten eignen. Für die nicht individualisierte Massenmarktware dagegen läßt sich nützliche Propaganda zugunsten des Absatzes ungleich wirksamer durch die Korrespondenz, Offertenerstellung und den Besuch der Kundschaft durch Vertreter betreiben. In der Regel ist es schwer möglich, den praktischen Erfolg von Ausstellungen kennen zu lernen, da die Aussteller nur zu oft nicht zutreffende Angaben machen. Die einen, die große Aufwendungen wagten, aber keine Geschäfte erzielten, wollen nicht als getäufchte Optimisten erscheinen und sprechen daher von großem Erfolge. Andre wieder stellen die Resultate als möglichst schlecht dar, weil sie entweder als die opferwilligen Patrioten zu gelten oder die Zahlung von Abgaben zu vermeiden trachten. Viele wollen auch nicht eingestehen, daß sich der Erfolg zwar nicht durch auf der Ausstellung erzielte Käufe und Verkäufe unmittelbar einstellte, daß aber die Hebung des Ansehens der Firma und die Anknüpfung von späterhin sich ausfaltenden Geschäftsverbindungen auf die betreffende Beteiligung zurückzuführen waren. Als äußeres Zeichen des moralischen Erfolges werden die erzielten Preise betrachtet. Es wäre unrichtig, dies von allen Preisen ohne Unterschied gelten lassen zu wollen. Ihr Wert hängt vielmehr angesichts der vielen vorkommenden Mißbräuche, selbst auf großen Ausstellungen, bei jeder einzelnen Veranstaltung davon ab, wie die Jury ihre Aufgabe auffaßt und durchführt. Von Nutzen und dadurch von Wert für die Industrie als Unterscheidungsmittel im Wettbewerbe können nur Preise gelten, wo sich die Jury in ihrem Urteil lediglich von dem bestimmen ließ, was tatsächlich ausgestellt war, nämlich welche Leistung bezw. welchen Grad der Leistungsfähigkeit des Ausstellers im Verhältnis zur allgemeinen Entwicklung des betreffenden Schaffenszweiges und der übrigen beteiligten Aussteller das ausgestellte Objekt beinhaltet. In zweiter Linie steht sodann dessen Form und Umfang und damit die Wirkung, welche es im Gesamtarrangement der Ausstellung ausgeübt hat. Erst nach diesen Erwägungen kann die Berücksichtigung der Bedeutung der Firma zum Worte kommen, doch niemals in der Weise, daß eine große Firma, die wenig Bemerkenswertes in wenig sorgfältiger Form ausgestellt hat, womöglich einen besseren Preis erhält als eine Firma, die das von ihr ausgestellte Erzeugnis zwar in kleinerem Maßstabe und seit kürzerer Zeit erzeugt, noch keine Preise erhielt, zur Weiterentwicklung der betreffenden Produktion aber Bemerkenswertes beitrug und dies im Objekt durch programmgemäße Anlage, Ausstattung und Form vollkommen zum Ausdruck brachte. Preisgerichte, die sich in erster Linie von der Bedeutung der ausstellenden Firma und den von ihr bereits errungenen Preisen und erst in zweiter Linie von dem Dargebotenen leiten lassen, verkennen ihre Aufgabe vollkommen. Ein andrer Mißbrauch, der nicht nur die Firmen in ihren Erwartungen täuscht, sondern auch das Ausstellungswesen der richtigen Beeinflussung der Produktion und ihrer Entwicklung beraubt, ist die unbefugte Außenwettbewerbserklärung, die natürlich nur jenen Teilnehmern gestattet werden kann, die das Preisrichteramt ausüben. Die nicht tief genug zu beklagende zweck- und ziellose Hypertrophie im Ausstellungswesen und die Mängel der Preisbeurteilung ließen die Pessimisten, deren Klage über Ausstellungswesen allerdings schon in den sechziger Jahren heftig genug war, in jüngster Zeit unzweifelhaft an Einfluß gewinnen; die Mißbräuche, die bezüglich der Ausstellungspreise betrieben und geduldet werden, tragen ebenfalls dazu bei.

Geschichte. Es kann kein Zweifel darüber bestehen, daß Messen, Jahrmärkte, Kunst- und Warenauktionen als Vorbilder für die gegen Beginn des 19. Jahrhunderts aufkommenden Ausstellungen gedient haben. Doch unterscheiden sich die Industrierausstellungen von allen diesen Formen der gleichzeitigen Vereinigung von Käufern und Verkäufern wesentlich. Auf den alten Messen — in Nischnij Nowgorod heute noch — tritt der Großkäufer mit dem Großverkäufer, der gleichzeitig sein Warenlager mitgebracht hat, in unmittelbare Berührung, während bei Ausstellungen, entsprechend der Entwicklung vom Handkauf zum modernen Geschäftsbetrieb, der Kauf und die Bestellung nach Muster als Leitmotiv zu betrachten ist. Während z. B. die schon im Mittelalter bestehende Leipziger Rohwarenmesse heute den Charakter einer Auktion angenommen hat, wurde die Leipziger Kurzwarenmesse unter Annahme der Tendenz des modernen Großhandels zur periodischen Musterausstellung. Bei Veranstaltungen, wo Einzelverkäufer oder gar Händler vorzugsweise beteiligt sind und die daher mehr als Jahrmärkte denn als Industrierausstellungen betrachtet werden müssen, liegt die Sachlage freilich anders, vermag aber am Wesen der letzteren nichts zu ändern. Die Entwicklung des Ausstellungswesens ist indeffen nicht nur auf die modernisierende Umgestaltung des Geschäftsbetriebs, sondern mindestens ebenso sehr auf die Ausbildung des Verkehrs und der Reklame zurückzuführen.

Die Veranstaltung, welche unter Napoleons I. Aegide im Jahre 1806 auf der Esplanade des Invalides stattfand, kann trotz des Jahrmärktecharakters als die erste Landesausstellung betrachtet werden, da sich die Beteiligung nicht auf Paris beschränkte, sondern auch das übrige Frankreich herangezogen wurde. Was in den nächsten Jahrzehnten folgt, trägt ebenfalls nur lokales oder provinzielles Gepräge. Erst nachdem die maschinelle Technik die Mittel für die großindustrielle Produktion geschaffen, Eisenbahn und Schifffahrt jene Ausgestaltung erfahren hatten, daß ein internationaler reger Weltverkehr möglich war, und nachdem sich der ganze Geschäftsbetrieb diesen modernen Verhältnissen angepaßt hatte, waren die Vorbedingungen für jenen Wendepunkt in der Entwicklung der Ausstellungen gegeben, wie ihn die Ausstellung in London im Jahre 1851 darstellt. Da zu diesem Zeitpunkt der maschinelle Betrieb großen Stils eben erst zur richtigen Entfaltung gelangt war, fand das Bestreben der Pflege und Verbreitung neuer

Erfindungen besondere Betonung. Der Bedeutung der Veranstaltung entsprach auch der Erfolg; 17000 Aussteller hatten sich beteiligt, 6 Millionen Besucher*) sich eingefunden, und England behielt für lange Zeit die Führung im modernen Maschinenbetrieb. Mit dieser Veranstaltung wurde die Ausstellungsidee zum erstenmal in ihrer höchsten und hochmodernen Vollendung verkörpert, als Weltausstellung. Die zweite Weltausstellung in Paris 1855 und die (dritte) Weltausstellung in London 1862 verzeichneten nur einen mäßigen Erfolg. Dafür fiel die Weltausstellung in Paris 1867 um so glänzender aus. Bei dieser Gelegenheit trat bereits der Vergnügungs- und ethnographische Teil stark in den Vordergrund. Ihr folgte 1873 als fünfte in der Reihe die Wiener Weltausstellung, auf welcher der Orient gut vertreten war, die jedoch wegen mehrerer ungünstiger Umstände (Börsenkrach, Cholera) nur einen beschränkten Erfolg erzielte und mit einem Verlust von 34 Millionen Kronen endete. Die Weltausstellungen in Paris 1878 und 1889 (Eiffelturm) förderten die Bedeutung von Paris als Metropole von Luxus und Lebensgenuß und bewiesen, daß sich in diesem Zentrum des Weltverkehrs derartige große Schaufstellungen sogar in verhältnismäßig kurzen Zeiträumen wiederholen lassen. 1893 fand die erste außereuropäische Weltausstellung in Chicago statt, eine prächtige, der nordamerikanischen Union würdige Veranstaltung. Hier beteiligte sich Deutschland das erste Mal in größerem Maßstabe; auch Oesterreich war gut vertreten. 1900 hat wieder Paris die Welt zur Beschickung und zum Besuch seiner Ausstellung**) eingeladen. Als mächtiger Konkurrent tritt hier das Deutsche Reich Frankreich entgegen, mit der Beteiligung seine friedlichen Absichten, aber auch seine wirtschaftliche Bedeutung bekundend. Deutschland trug durch den Umfang seiner Beteiligung, die systematische und gründliche Ausgestaltung seiner Sektionen in mehreren Abteilungen den Sieg davon, und es hat damit seine Stellung als unmittelbarer Konkurrent Englands und der Vereinigten Staaten von Nordamerika hervorgehoben. Wieder ist es Nordamerika, welches sich mit Frankreich in der Veranstaltung einer (zehnten) Weltausstellung in St. Louis im Jahre 1904 ablöste. Sie zeigte sich als echt yankeemäßige Kolossalerschöpfung mit einem Areale von 1240 Acres (gegenüber 633 der Chicagoer oder 336 der Pariser 1900) und einem angeblichen Kostenaufwand von 200 Millionen Mark. Von ausländischen Staaten beteiligten sich vor allen Deutschland und Frankreich, beide wichtige Interessen in der Union vertretend, welche Millionen von Eingewanderten beider Staaten zu ihren Bürgern zählt. Frankreich erhielt 2574, Deutschland 2828 (nach französischer Zählung allerdings nur 1588), Großbritannien 737 Preise.

Neben den genannten Ausstellungen hat sich eine Reihe anderer Veranstaltungen auch Weltausstellungen genannt, ohne es zu sein, weil ihnen nach der Anlage oder Beschickung nicht zugeprochen werden kann, daß sie in großen Zügen ein Bild des jeweiligen Standes der Weltkultur gegeben haben, wie dies von einer Weltausstellung vorausgesetzt werden muß. Hierher gehören: Philadelphia 1876 (von manchen auch als Weltausstellung anerkannt), Sydney 1879, Melbourne 1880, Moskau 1882, Amsterdam 1883, Nizza und Kalkutta 1884, Antwerpen 1885, New Orleans 1886, Barcelona, Moskau, Brüssel sämtlich 1888, Sydney, Melbourne, Antwerpen 1894, Brüssel 1897, Glasgow 1901, Lüttich 1905.

Von bemerkenswerten internationalen Ausstellungen der letzten Zeit, die sich zumeist auch als solche benannten, seien erwähnt: Turin 1902, Petersburg „Die Kinderwelt“, Osaka 1903, Petersburg, Bekleidungs- und Spiritusverwertung, Wien, Ausstellung für Spiritusverwertung und Gärungsgewerbe 1904, Mailand, Bukarest 1906.

Stellt sich schon die Zahl der obenangeführten wichtigeren Ausstellungen mit unverfälschter oder internationaler Beschickung als eine nachgerade sehr große dar, wobei zumeist Veranstaltungsorte auf dem europäischen Kontinent in Frage kommen, so wird die Hypertrophie noch deutlicher, wenn man — ohne hier auf landwirtschaftliche und Kunstausstellungen einzugehen — in Erwägung zieht, welche große Zahl nationaler, provinzieller und Städteausstellungen gleichzeitig stattfanden. Solche sind z. B. in Deutschland allein mit sehr verschiedenen Erfolgen, Ueberschüssen und Verlusten, von 1868 bis 1891 nicht weniger als 40 veranstaltet worden. Von jenen des Deutschen Reiches ist besonders bemerkenswert die Industrie-, Gewerbe- und Kunstausstellung in Düsseldorf (1902) (Ueberschuß 1 1/2 Millionen Mark), die ein ebenso großartiges wie getreues Bild der Bedeutung des rheinisch-westfälischen Wirtschaftsgebietes lieferte; namentlich die Darstellung der Montanindustrie war in technischer, wirtschafts- und sozialpolitischer Hinsicht hervorragend. Auch die Bayerische Landesausstellung in Nürnberg (1906) verdient wegen ihrer Schönheit, Reichhaltigkeit und Einheitlichkeit den Namen eines Meisterstückes. Die Ausstellung des bayerischen Staates kann geradezu als Vorbild gelten. Von österreichischen Ausstellungen sei die Reichenberger hervorgehoben (1906), die den Zweck verfolgte, zu zeigen, welche Bedeutung dem Deutschtum Böhmens als wirtschaftlichem Faktor zukommt und die auf einen vollen Erfolg ihres Programmes zurückblicken darf.

Als spezielle Formen industrieller Ausstellungen sind die sogenannten „nationalen Ausstellungen im Ausland“, ferner die ständigen Musterausstellungen zu betrachten. Als Vorteile der ersteren wird von ihren Anhängern hingestellt, daß die Aussteller eben mit keiner ausländischen Konkurrenz in der Ausstellung zu rechnen haben, daß sich also das ganze Interesse auf sie konzentrieren muß. Dem ist aber wieder als Nachteil entgegenzuhalten, daß entweder besondere günstige Umstände obwalten müssen oder Außerordentliches zu leisten ist, um über-

*) Nach anderen Quellen gab es 13000 Aussteller (allerdings ohne die indischen Teilnehmer) bzw. 36 Millionen Besucher. Es wird im folgenden absichtlich unterlassen, Zahlen der Besucher, der Kosten oder gar der Reingewinne bzw. Verluste zu zitieren, weil diese Daten aus naheliegenden Gründen sehr unzuverlässig sind und in manchen Fällen zwei bis drei Varianten angegeben werden müßten.

**) Ein Vergleich der Abrechnungen der letzten drei Pariser Weltausstellungen ergibt folgendes:

	Einnahmen	Ausgaben	Verlust	Gewinn	
1878:	23,7	55,4	31,7	—	} Millionen Franken.
1889:	49,5	41,5	—	8	
1900:	126	119	—	5 1/2	

hauptsächlich das fachliche und allgemeine Publikum für eine solche Veranstaltung zu interessieren. Ferner wird man beim Arrangement einer solchen Ausstellung in einem entwickelten Staate, wo mehr oder weniger das Streben vorherrscht, den Bedarf möglichst bei der heimischen Erzeugung zu decken, der nationalen Sympathie des Auslandsstaates von vornherein vollkommen sicher sein müssen, sonst eventuell auf heftigen Widerstand stoßen. Wie auch sonst im wirtschaftlichen Leben, ist gerade die Konkurrenz und der Vergleich der konkurrierenden Leistungen internationaler Produktion eines der wichtigsten und zugleich interessantesten Momente bei Ausstellungen. Dieses fehlt bei Veranstaltungen der letzteren Art. Auch können selbstverständlich bei solchen Gelegenheiten keine Preise zur Verteilung kommen, so daß auch dieser Faktor in Wegfall kommt. Es würde sich daher in einem solchen Falle besser empfehlen, statt der gewöhnlichen Form der Ausstellungen mit voller Rücksichtnahme auf das Publikum eine streng kommerzielle Ausstellung mehr im Stile eines Musterlagers zu veranstalten und sie im Prinzip nur für den Besuch kaufmännischer Interessenten offen zu halten. Hierher gehören die nationalen Ausstellungen in dem bekannten Vergnügungs- und Restaurationsunternehmen Earl's Court in London (1906 fand dort z. B. eine österreichische Ausstellung in großem Umfange statt). In dieselbe Kategorie gehören auch die verschiedenen Projekte schwimmender Ausstellungen, von denen aber eigentlich keines Erfolg hatte.

Das Interesse für Exportmusterlager, d. i. Musterausstellungen im In- und Auslande, scheint nachgelassen zu haben, da bei einer derartigen Veranstaltung eben alles von der konsequenten kaufmännischen Leitung, dem Vertrauen und der Gefolgschaft des Firmenstabes abhängt. Ist das Musterlager nicht groß genug, so bietet es dem kaufenden Besucher kein Interesse, noch mehr dann, wenn er sich beim Kaufe gewisse Muster oder Ausstattungen ausschließlich vorbehalten will, wie dies namentlich in der Textilbranche so häufig vorkommt. Bei großen derartigen Musterausstellungen besteht aber die Gefahr, daß es der Ausstellungsleitung nicht gelingt, die Ausstellung immer gut erneuert und vollständig zu erhalten. Der Hauptvorteil bei städtischen zentralen Musterlagern wird dann höchstens darin bestehen, daß der Besucher, der sich an der Hand des Ausgestellten über das Fach der Erzeugung einer Firma zu unterrichten vermochte, den Aussteller in seinem privaten Musterraum aufsucht, welcher selbstverständlich weit eher alles Bemerkenswerte enthält, da seine Ueberwachung und Instandhaltung gewissermaßen automatisch erfolgt. Viele Aussteller, namentlich der Kurzwarenbranche, wo oft in der neuen Idee oder Formgebung der Wert des Erzeugnisses liegt, werden sich übrigens prinzipiell weigern, ihre Neuheiten in einem offenen, allgemein zugänglichen Musterlager vorzuführen. Hieraus erklärt sich z. B. das Fehlen eines solchen Musterlagers der bedeutenden Goldwarenindustrie von Pforzheim. Allerdings könnte diesem Mangel durch Aufstellung von Kojen teilweise abgeholfen werden, was jedoch wieder den Platz bei der verringerten Möglichkeit seiner Ausnutzung sehr verteuern würde. Auffälligerweise konnte sich selbst in Leipzig, wo doch alle Kaufmannskreise vollkommen mit dem Meßwesen vertraut sind und so große Vorteile durch die Messen erzielt werden, ein ständiges Musterlager von Bedeutung doch nicht entwickeln. Als die wichtigste Institution dieser Art, die sich wegen ihrer guten Leitung auch zu behaupten vermochte, gilt das Exportmusterlager von Stuttgart (1882).

Als eine besondere Form von Ausstellungen verdient der „Pariser Salon“ Erwähnung, eine alljährlich wiederkehrende Veranstaltung, bei der Kunst und hochklaßiges Kunstgewerbe vereinigt vorgeführt werden. Die Ausstellung ist in erster Linie für das große Publikum bestimmt. Paris mit seinem großen Fremdenverkehr und Luxus bietet für eine derartige Veranstaltung einen besonders günstigen Boden.

Ausstellungspolitik. Schon aus der flüchtigen Chronologie der Ausstellungen läßt sich die große Belastung erkennen, welche das Ausstellungswesen für den Industriellen und Gewerbetreibenden bedeutet, die sich jedes Jahr womöglich an mehreren Orten gleichzeitig beteiligen sollen. So besichtigte Oesterreich z. B. im Jahre 1906 vier Ausstellungen: eine im Londoner Earl's Court, jene in Reichenberg, Mailand und Bukarest, so daß die österreichische Industrie im ganzen ein Ausstellungsareal von mehr als 50 000 qm belegt haben dürfte.

Da anzunehmen ist, daß bei der heutigen raschen Entwicklung eine stets zunehmende Zahl von aufstrebenden Städten nach der Ehre trachten dürfte, durch Veranstaltung von größeren Ausstellungen, womöglich Weltausstellungen, in internationaler Beziehung eine besondere Rolle zu spielen und sich die Vorteile eines gesteigerten Fremdenzuflusses zu sichern, steht zu befürchten, daß die Hypertrophie der Ausstellungen eher zu- als abnehmen wird. Sollen daher die dem Ausstellungswesen innewohnenden Vorteile nicht durch die ziel- und zwecklose Häufung gleichartiger und unnötiger Ausstellungen verloren gehen, so werden die verschiedenen Staaten für eine grundlegende Regelung Vorkehrungen treffen müssen, zu deren Hauptaufgabe die Beschränkung auf ein vernünftiges Maß gehört. In diesem Sinne sprach sich auch der internationale Handelskammerkongreß in Mailand im September 1906 aus. Es sollte direkt das Vorbild Frankreichs maßgebend sein, wo wenigstens die Fragen der Beteiligung an Ausstellungen im Auslande in einer speziellen Körperschaft, im Comité français des expositions à l'étranger, zentralisiert sind. Es wurde 1888 als halboffizieller Spezialverein von Industriellen gegründet, mehreremal ausgestaltet und zählte 1905 bereits 1900 Mitglieder, welche nachweisen müssen, daß sie entweder als maßgebende Anordner, Jurymitglieder oder prämierte Aussteller genau bezeichneter Ausstellungen teilnahmen und daher auf eine entsprechende Erfahrung und Betätigung auf diesem Gebiet verweisen können. Beteiligt sich Frankreich offiziell, so hat das Komitee im Prinzip die ganze Anordnung dem Staat zu überlassen. In St. Louis, Lüttich und Mailand war zwar das erstere der Fall, doch beschränkte sich die Regierung auf die Ernennung eines Generalkommissärs, während sie die Anordnung dem bewährten Komitee überließ. Das letztere zerfällt in verschiedene Sektionen, unter denen die der „Initiative“ wohl die wichtigste ist. Sie hat bei auftauchenden Auslandsprojekten oder vorliegenden Einladungen

rascheffens und gründlich an Ort und Stelle die Vorteile und Nachteile einer Beteiligung Frankreichs im Vergleich mit der sonstigen Inanspruchnahme auf Ausstellungen und der Beteiligung anderer Staaten zu studieren. Diese Kosten wie die der Erhaltung des Zentralbureaus deckt das Komitee. Hat sich die Zentralleitung für die Beteiligung entschieden, so wird aus dem Schoß der Organisation, und zwar aus den sich beteiligenden Vereinsmitgliedern eine Spezialkommission gebildet, die ihr Präsidium und ihre Funktionäre zu wählen und ihr selbständiges Budget zu verwalten hat, wobei sie sich natürlich immer auf die gesamte Organisation, deren Erfahrungen und Einfluß stützt. Hier entscheidet demnach eine Organisation der nationalen Industrie, ob und in welchem Ausmaß sie sich an Ausstellungen im Auslande beteiligen will. Der glänzende Erfolg in St. Louis, Mailand und Lüttich gereicht nicht nur dem Komitee, sondern auch Frankreich zur Ehre. Das Beispiel hat auch schon Nachahmung in Belgien und Italien gefunden, während mehrere andere Staaten sich mit dem Studium (in Oesterreich auf Veranlassung der Wiener Handelskammer) oder der Gründung (in Deutschland unter Führung der Zentralfelle für die Vorbereitung der Handelsverträge) solcher Organisationen beschäftigen. Es wird sich gewiß die französische Einrichtung nicht einfach in andern Staaten kopieren lassen, sondern sie wird den jeweils bestehenden besonderen Anschauungen, Institutionen und Verhältnissen anzupassen sein. Es stehen daher außer der Form des Vereins mit Mitgliedsbeiträgen wie in Frankreich (jedenfalls die unabhängigste Form), jene einer behördlichen Körperschaft von Spezialdelegierten mit staatlicher Subvention oder einer ausschließlich beratenden Körperschaft (Beirat) zur Verfügung.

Da die Grundlage des in Rede stehenden Vorgehens die Beteiligung der Industrie bildet, vor allem industrielles Kapital veranlagt ist und neben andern praktischen Erfolge für die Aussteller erzielt werden sollen, wäre es wohl angezeigt, die Organisation nicht als bloß beratende Körperschaft zu errichten, sondern sie unter Berücksichtigung der vollen Verfügungsgewalt und Kontrolle des Staates mit entsprechender Exekutive auszustatten. Dann wird nicht nur die Aktionsfähigkeit dieser Zentralfelle, sondern auch das Interesse der Beteiligten ungleich größer sein als im gegenteiligen Falle. Es wäre ferner zu erwägen, ob nicht die Befugnisse auch insofern auf die einschlägigen Veranstaltungen des Inlandes ausgedehnt werden könnten, daß Gutachten über die fachliche und zeitgemäße Eignung von Projekten abgegeben werden, die über Anfragen der Vorschlagenden vom Komitee eventuell sogar zur Durchführung übernommen werden könnten. Die nationale Fachorganisation würde auch bezüglich des Wertes und der Verwendbarkeit von inländischen und ausländischen Ausstellungspreisen ein maßgebendes Gutachten an die Staatsgewalt abzugeben haben. Vor allem würde eine derartige Zentralisierung in den Händen hervorragender und erfahrener Industrieller der Hypertrophie von Ausstellungen und der Verzettlung von Kraft und Wirkung durch allzu vielfältige Inanspruchnahme nachdrücklich entgegenwirken. Es würde auch in speziellen Fragen mit der wünschenswerten gleichartigen Praxis und Sachkenntnis vorgegangen, den Ausstellungsagitatoren aber, die dieses Geschäft aus ehrgeizigen oder Erwerbsrücksichten betreiben, das Handwerk, das lediglich auf Kosten anderer eigne Vorteile zieht, gelegt werden.

Das Komitee würde mit der Beschränkung auf wirklich nützliche und notwendige Veranstaltungen gewiß am wirksamsten ein andres für die Reorganisation wichtiges Prinzip vertreten, das der Fachausstellung gegenüber den allgemeinen Ausstellungen, welche letztere mehr nach möglicher Ausdehnung und Vielfältigkeit als nach fachlichem Wert streben, und wegen der hohen Kosten solcher großen Jahrmärkte mehr an das große Publikum appellieren und den Vergnügungsteil womöglich in den Vordergrund stellen.

Von bemerkenswerten ersten Fachausstellungen seien hervorgehoben die retrospektive des Kunsthandwerkes in München „Unser Väter Werk“ (1876), die für Spiritus- und Gärungsgewerbe in Wien (1904), schließlich jene in Dresden für Kunstgewerbe, in Tourcoing für Textilindustrie (1906).

Das Komitee hätte dann schließlich nicht nur im eignen Wirkungsbereiche, sondern im Einverständnis mit den gleichartigen Anstalten oder Vereinigungen anderer Staaten dafür zu sorgen, daß bei der Beurteilung durch die Preisgerichte die oben gerügten Mängel vermieden werden. Die Verwendung von auf solchen Winkelausstellungen erworbenen Preisen, bei denen es nicht auf die Beteiligung, sondern auf die Entrichtung festgesetzter Preistaxen ankommt, wäre geradezu in das Gebiet des unlauteren Wettbewerbs zu verweisen wie die unbefugte Verwendung von nicht verliehenen Preisen.

Literatur: Exner, Die Aussteller und die Ausstellungen, 2. Aufl., Weimar 1872; Huber, F. C., Die Ausstellungen und unfre Exportindustrie, Stuttgart 1886 (Hauptwerk); Leffing, Das halbe Jahrhundert der Weltausstellungen, Berlin 1900; Huber, Ausstellungen, im Handwörterbuch der Staatswissenschaften; Rathgen, G., Ausstellungen, im Wörterbuch der Volkswirtschaft. E. Pistor, Wien.

Industrierausstellungsgebäude erhalten je nach der Ausdehnung, dem Zwecke und der Dauer der Ausstellung eine sehr verschiedenartige Ausgestaltung.

Für dauernde Ausstellungen sind monumentale Bauten von Stein, Eisen und Glas, für vorübergehende aber solche aus Holz oder Eisen und Glas zur Ausführung zu bringen. Erstere finden am besten im Mittelpunkt des Verkehrs einer Stadt in fest beschränktem Rahmen ihren Platz. Jene der zweiten Art, besonders solche für internationale oder Weltausstellungen, bedürfen ein weites Gelände und sind deshalb außerhalb der Städte, jedoch in der Nähe von Eisenbahnen und durch Lokalbahnen erreichbar, wenn tunlich in parkartigen Anlagen, anzuordnen.

Bei größerer Ausdehnung genügt ein einziges Gebäude nicht; es sind vielmehr mehrere Gebäude, nach den verschiedenen Gebieten der Industrie und sonstigen Zwecken getrennt, so anzuordnen, daß eine übersichtliche Vergleichung der Leistungen möglichst erleichtert und durch gedeckte Gänge u. dergl. eine geeignete Verbindung hergestellt wird. Es empfiehlt sich, die Erzeugnisse der Gewerbe und Fabriken, der Kleinkunst u. s. w. in einem großen Hauptgebäude zu vereinigen, die Maschinen aber gemeinsam in einem getrennten langen Gebäude aufzustellen,

in welchem die Kraftübertragung am einfachsten stattfinden kann. In konstruktiver Hinsicht führt die Bedingung einer gleichmäßigen guten Beleuchtung zur Anwendung zusammenhängender, durch Oberlicht zu erleuchtender Räume, welche mit oder ohne Galerien einen weiten einheitlichen Flächenraum bedecken. Bei verhältnismäßig geringeren Baukosten, leichter Zugänglichkeit und bequemer Verchiebbarkeit des zuzumessenden Raumes haften diesem System jedoch schwere Mängel an. Der Mittelraum bietet keine Wandflächen; solche müssen vielmehr nach Bedarf eingestellt werden, wodurch die Uebersichtlichkeit Not leidet. Noch schwerwiegender ist der Mangel an Erweiterungsfähigkeit des Raumes, die nur durch Ausbauten oder Galerien herbeizuführen ist; die ersten sind unschön, die letzteren unbequem und daher wenig besucht. Als geeigneter erweist sich daher der Bau von aneinander gereihten Hallen, bestehend aus einer basilikalischen Haupthalle mit fenkrecht oder radial anstoßenden Seitenhallen und dazwischen liegenden Höfen (zuerst am Weltausstellungsgebäude zu Wien 1873). Dies System (Fischgrätensystem) vereinigt mit großer Uebersichtlichkeit und klarer Raumverteilung die beste Beleuchtungsart durch hohes Seitenlicht. Es bietet weite und hohe Seitenwände zur Aufstellung oder den Vorteil der Ausbildung von feilichen Kabinetten oder Kojen zu geschlossenen Einzelräumen und hiermit ein erwünschtes Mittel zur intimeren Behandlung der Ausstellungsgegenstände. — Als nachteilig treten die bedeutenderen Herstellungskosten auf, wenn nicht Sorge getragen ist, daß eine Wiederverwendung des Gebäudes ermöglicht werden kann. Von diesem Gesichtspunkte ausgehend, haben die Ingenieure Pröhl und Scharowsky das Gebäude der Hygieneausstellung in Berlin 1883 [7] konstruiert; dasselbe besteht aus gleichgroßen quadratischen zusammensetzbaren Teilen, welche zur Bildung eines Lang- oder Tiefbaues dienen können. Zur Erhöhung der Gesamtwirkung ist es vorteilhaft, einen Hauptmittelraum zu schaffen, welcher den Hauptzugang bildet und für feiliche Vereinigung sowie zur Aufstellung besonderer Glanzstücke der Aussteller dient. An Nebenräumen sind erforderlich: Seitenzugänge, Kassenräume, Garderoben mit Aborten an geeigneten Plätzen, Kisten- und Verpackungsräume u. dergl.

Die erste große Ausstellungshalle in London 1851 [10], welche, in Eisen und Glas konstruiert, die Nachbildung eines großen Gewächshauses zu Chatsworth [1] zeigte, hatte neben feiner großen Wirkung manche Mängel. Das noch heute bestehende Ausstellungsgebäude in München 1854 [3] bildete in konstruktiver Hinsicht wesentliche Fortschritte, welchen in rascher Folge die stets sich steigenden Ausstellungen zu London 1862 [3], Paris 1867 [8], Wien 1873 [3], Philadelphia 1876 [5] u. f. w. jeweils neue hinzufügten, so daß die Eisentechnik hierdurch mächtig entwickelt und gefördert wurde, während die Anwendung von Holz für ähnliche Zwecke durch die großen Brände von Berlin und Sydney in Abnahme kam und nur für räumlich kleinere Bauten noch beibehalten wurde.

Die innere Ausschmückung des Gebäudes kann, neben dem Glanz der Ausstellung selbst, meist als nebenfächlich betrachtet werden.

Die Literatur über diese Gebäudeart ist eine überaus zahlreiche, indem die Fachzeitschriften Deutschlands, Englands und Frankreichs sämtliche Ausführungen mehr oder minder eingehend veröffentlicht haben. Anzuführen sind: [1] Baukunde des Architekten, Berlin 1881, Bd. 2, S. 602. — [2] Handbuch der Architektur, 4. Teil, 6. Halbbd., S. 472 (mit weiterer Literaturangabe). — [3] Förster, L., Allgem. Bauztg., Wien 1840 ff. — [4] Zeitschr. f. Bauwesen, Berlin 1855 ff. — [5] Deutsche Bauztg., Berlin 1876 ff. — [6] Zentralbl. d. Bauverwalt. 1881 ff. — [7] Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1883. — [8] Revue générale d'architecture, Paris 1855 f. — [9] Croquis d'architecture, Intime Club, Paris 1867—71 ff. — [10] The Builder, London, Bd. 8—37 ff. — [11] Building news.

Industriebahnen, auch Fabrikbahnen (f. d.) genannt, voll- oder schmalspurige Gleise zum Anschluß von gewerblichen Anlagen aller Art an benachbarte Bahnhöfe. Solche Bahnen dienen ausschließlich oder doch vorwiegend dem Verkehr der betreffenden Anlagen. Wenn sie zugleich dem öffentlichen Verkehr dienen, so würden sie in Preußen als Kleinbahnen (f. d.) gelten, was jedoch die gleichzeitige Bezeichnung als Industriebahn nicht ausschließen würde. *Goering.*

Infiltration, das Eindringen von Mineralösungen in feine Hohlräume, Spalten, Klüfte, Haarrisse, Blasen, Drusen u. f. w. von Gesteinen und der Abfatz des Minerals aus der Lösung in diesen Hohlräumen. Durch Infiltration entstanden zahlreiche Mineralien, Erze auf Klüften, Dendriten, Achatmandeln u. f. w. *Leppa.*

Infiltration des Waffers, die mit einer oberflächlichen Ablagerung der Suspensionen verknüpfte Verfickerung des Waffers in den Boden (vgl. Bodenphysik, Bd. 2, S. 115, III).

Zur Feststellung des relativen Verhältnisses der Sickerwassermengen zu den auf eine bestimmte Bodenoberfläche gelangenden Niederschlagsmengen (Infiltrationszahl) dienen die in ca. 1 m unter Bodenoberfläche versenkten Infiltrationsmesser, welche in ähnlicher Weise wie die Regenmesser die auf die Flächeneinheit verfickernde Wassermenge beobachten lassen. Näheres in der in Bd. 2, S. 127 unter [3] Bd. 10, S. 321, Bd. 11, S. 1, [53], S. 97, [54], S. 215, [55], S. 137 und [60]—[67] angegebenen Literatur. — Vgl. a. Lueger, O., Die Wasserverföhrung der Städte, Darmstadt 1895, S. 200 ff.

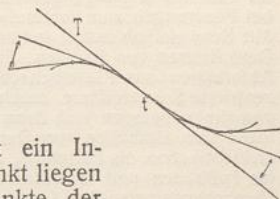
Infiltrationsgebiet, die in den meisten Fällen von dem Niederschlagsgebiete im gewöhnlichen Sinne verschiedene Fläche, von welcher die in den Untergrund verfickernden Waffer nach einer Quelle (Grundwasserströmung) ablaufen.

Vgl. Lueger, O., Die Wasserverföhrung der Städte, Darmstadt 1895, S. 207.

Infinitesimalrechnung, Rechnung mit ∞ großen und ∞ kleinen Größen; f. Differentialgleichungen, Differentialrechnung, Integralrechnung, Variationsrechnung.

Inflexion, f. Licht.

Inflexionspunkt, Inflexionstangente. — Bewegt sich eine gerade Linie nach einem gegebenen Gesetze, so liegen die Schnittpunkte von aufeinander folgenden Lagen der beweglichen Geraden auf einer Kurve. Hält die Gerade in ihrer Bewegung einen Augenblick inne und ändert hierauf die Bewegungsrichtung, so heißt diejenige Lage *T* der beweglichen Geraden (f. die Figur), von welcher aus die Richtungsänderung in der Bewegung stattgefunden hatte, eine stationäre oder Wende- bzw. Inflexionstangente der Kurve. Der Berührungspunkt *t* der Inflexionstangente mit der Kurve heißt ein Inflexions- oder Wendepunkt der Kurve. Im Inflexionspunkt liegen drei aufeinander folgende, d. h. unendlich nahe Punkte der Kurve auf der Inflexionstangente; daher stellt diese letztere zugleich den Krümmungskreis der Kurve im Inflexionspunkte dar. Der Krümmungshalbmesser ist demnach für diesen Punkt der Kurve unendlich groß.



Vonderlinn.

Inflexionspunkte, f. Balken, durchlaufende, Bd. 2, S. 511.

Influenz (statische Induktion, verteilende Fernwirkung), die Bildung magnetischer bzw. elektrischer Ladungen durch scheinbare Fernwirkung gegebener Ladungen auf magnetisierbare Körper bzw. elektrische Konduktoren (f. Magnetismus und Elektrizität).

Ein Stück weichen Eisens wird in der Nähe eines Magnetpols zum Magnet. Zwei sich berührende Metallkugeln laden sich bei Annäherung einer Ladung, die nähere ungleichnamig, die fernere gleichnamig. Nach ihrer Trennung und Entfernung von der primitiven Ladung enthält die eine freie positive, die andre freie negative Ladung. Um die Erscheinungen der Influenz mit dem Coulombschen Gesetz der Anziehung ungleichnamiger und der Abstoßung gleichnamiger Ladungen in Einklang zu bringen, hat man die Annahme gemacht, daß der neutrale Körper mit unbegrenzt großen Mengen sich bindender positiver und negativer Ladungen erfüllt sei, deren Trennung durch die bei der Annäherung und Entfernung gegen und von der primitiven Ladung verrichtete Arbeit bewirkt wird. Die Stärke der magnetischen Influenzwirkung ist der Magnetisierungszahl (f. Magnetismus) des magnetisierten Körpers und der Stärke des magnetischen Feldes proportional. Die elektrische Influenz wirkt auch auf Isolatoren, die, entsprechend ihrer Dielektrizitätskonstante (f. d.), in einen Zustand elektrischer Spannung versetzt werden.

Aug. Schmidt.

Influenz, f. Elektrizität, Bd. 3, S. 402.

Influenzflächen, -linien, f. Einflußlinien, Grenzwerte.

Influenzmaschine, f. Elektrifiziermaschine, Bd. 3, S. 399.

Influenzpunkte, f. Einflußlinien, Grenzwerte.

Infusorienerde (Infusorienmehl, Bergmehl, Kieselgur, Kiesel-mehl, Diatomeenpelit), bald lockere, staubartige, bald festere, kreideähnliche Massen, bald ganz lose, mehrlartige Anhäufungen bildendes Material, zerreiblich, von kreideweiß, grauweiß bis lichtbrauner Farbe, matt, aus Kieselpanzern von Diatomeen, namentlich von Gallionella und Navicula gebildet. Kieselsäure und Wasser finden sich bei derselben in sehr veränderlichem Verhältnis, meist mit beigemengter Tonerde und Eisenoxyd; sie bildet Lager von zuweilen nicht unbedeutender Mächtigkeit.

Vorkommen: bei Oberohe im Amt Ebersdorf am Südrande der Lüneburger Heide; auf der Nordseite des Hochsimmers unweit des Laacher Sees; bei Franzensbad in Böhmen; in der Stärke von 6–8 m bei Altenfchlur und Steinfurth im Vogelsgebirge; ein Teil des Bodens, auf welchem Berlin steht, ist 4–5 m unter Tag aus einem 1½–30 m mächtigen Lager eines schlammigen Tones, zu zwei Dritteln seiner Masse aus fossilen Gallionellen zusammengesetzt; in Zastreba in Ungarn ist ein 5 m mächtiges Lager von Kieselgur. Ähnlich bei Castel del Piano unweit Santa Fiora in Toskana, bei Drepenäre in Schweden unter einer Lage verwitterten Mooses, ferner zu Kymmenegard. In der eocänen Tertiärformation von Richmond (Virginia) lagert nach Rogers eine stellenweise 10 m mächtige Schicht von gelber, tonähnlicher, aber gänzlich aus Diatomeenpanzern bestehender Kieselgur; in dem Flußbette des Fall River, eines Armes des oberen Columbiaflusses in Oregon, entdeckte Fremont das mächtigste aller bis jetzt bekannten Kieselgurlager. In Rußland hat man erst vor kurzem sehr bedeutende Lager dieses Materials gefunden.

Zur Infusorienerde gehört auch das weiße, pulverförmige Material, welches in Algier zu Ceyffat, unfern Pontgibaud, und Randan in Frankreich vorkommt und als Randanit

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

bezeichnet wird. Nach Ehrenberg bilden sich jährlich 18000 Kubikfuß von kieseligen Organismen in dem Hafen zu Wismar; ähnliche Anhäufungen gehen in den amerikanischen Häfen vor sich.

Infusorienerde ist in hohem Grade absorptionsfähig (sie nimmt im Durchschnitt das fünffache Gewicht an Wasser auf), außerordentlich leicht, ein sehr schlechter Wärmeleiter, gegen die meisten chemischen Einflüsse unempfindlich und unverbrennbar. Sie wird verwendet zur Herstellung poröser, feuerfester Steine, als Filtriermaterial, zu Schleifsteinen, zur Fabrikation von Wasserglas, zum Auffangen von Flüssigkeiten, um gewisse Materialien (wie Häute) auszutrocknen, zum Trockenhalten der Gebäude und zur Beseitigung des Holzschwammes; sie ermöglicht durch ihr enormes Auffaugungsvermögen das Nitroglycerin in feste Form zu bringen, auch kann sie bei Feuerungen zum kontinuierlichen Auffangen flüssigen Brennmaterials, wie Petroleum, dienen. Mit Schwefelkohlenstoff getränkt, dient sie zum Schutze der Reben gegen die Phylloxera; zum Desinfizieren von Räumen, Fahrzeugen aller Art, Waren und lebenden wie toten Tieren, zum Aborbieren aus Klosettchächten aufsteigender Gase wurde sie von Frank empfohlen. Konzentrierte Schwefelsäure, rauchende Schwefelsäure und viele andre ätzende Flüssigkeiten können von ihr aufgefogen und dann gefahrlos transportiert werden. Sie wird ferner als Wärmeschutzmasse zum Umhüllen von Dampfrohrleitungen, Zylindern, Kesseln benutzt, dient in der Siegelackfabrikation als Füllmittel, zum Scheiden und Klären von schmutzigen Fetten, als Füllmaterial für Fußböden und Hohlräume in Gebäuden, als Putzmittel, Modellierton und Formsand, als Verpackungsmaterial u. f. w. Andés.

Ingenieurwesen, jene Abteilung des Bauwesens (f. d.), welche die Gebiete Berg- und Hüttenwesen, Elektrotechnik, Maschinenbau, Kriegstechnik und Marinebauten sowie Eisenbahn-, Straßen- und Wasserbau umfaßt. Bauingenieure, Maschineningenieure, Bergingenieure und Militäringenieure teilen sich in die vorkommenden Aufgaben in der Regel so, daß sie entweder die Ausführung selbst in die Hand nehmen oder die ausführenden Unternehmer überwachern.

In das Gebiet der Bauingenieure gehört die Herstellung von Straßen, Brücken, Meliorationen, Flußregulierungen, Stauanlagen, Städtekanalisationen, Wasserverförgungen, Schiffahrtskanälen, Seebauten, insbesondere aber Eisenbahnen aller Art, der städtische Tiefbau u. f. w. Die Tätigkeit der Maschineningenieure erstreckt sich auf den Bau von Dampfmaschinen, Dampfkesseln, Motoren aller Art, Fabrikeinrichtungen, Werkzeuge und Werkzeugmaschinen, Hebezeuge, Schiffe u. f. w. sowie auf die Elektrotechnik; bei letzterer unterscheidet man Schwachstromtechnik (Anlage von Telegraphen, Telephonen, Signaleinrichtungen u. f. w.) und Starkstromtechnik (Anlagen für elektrische Kraftübertragungen, elektrische Beleuchtung, Eisenbahnbetrieb, Metallabscheidung u. f. w.). Die Heranbildung der im höheren Staatsdienst verwendeten Ingenieure beider Richtungen erfolgt in Deutschland auf den technischen Hochschulen in Aachen, Berlin, Braunschweig, Danzig, Darmstadt, Dresden, Hannover, Karlsruhe, München, Stuttgart (Brünn, Graz, Prag, Wien und Zürich haben ebenfalls deutsche Unterrichtssprache). Nicht im Staatsdienst tätige, mit gleicher Vorbildung ausgestattete Techniker und solche von besonderen Fachschulen und Baugewerkschulen beteiligen sich bei privaten Arbeiten der genannten Art oder als Unternehmer. Die Bergingenieure entfalten ihre Tätigkeit in dem Betriebe der Bergwerke und in der Auswertung und ersten Verarbeitung der gewonnenen Metalle; sie werden in Deutschland teils an technischen Hochschulen, teils an den Bergakademien Berlin, Freiberg i. S. und Clausthal ausgebildet und erhalten ihr Hilfspersonal aus den Bergschulen (f. Bd. 1, S. 700). Die Aufgabe des Ingenieurkorps beim Militär besteht, abgesehen von Uebungen im Frieden, im fortifikatorisch-technischen Dienst: Zerstören und Herstellen von Brücken, Wegen, Eisenbahnen, Feldbefestigungen u. f. w. Die Ueberwachung der Artilleriewerkstätten, der Gewehrfabrikation, Festungsbauten, der Herstellung von Luftschiffen u. f. w. ist ebenfalls hierher gehörig. Vorgebildet werden die Militäringenieure in Deutschland auf den Artillerie- und Ingenieurschulen in Charlottenburg und München.

Im allgemeinen hat die Vielseitigkeit der Aufgaben die Folge gehabt, daß mehr und mehr eine Trennung des Ingenieurwesens nach Spezialitäten eintritt. Lueger.

Inglefield-Anker, f. Anker, Bd. 1, S. 210.

Ingot (englisch), Bezeichnung für Flußeisen- und Flußstahlblöcke nach ihrer Herstellung durch Eingießen und Erstarrenlassen in Kokillen (f. d.) und vor ihrer Weiterverarbeitung. Die deutsche Bezeichnung ist Block, für Ingots, die zur Herstellung von Blechen und Panzerplatten bestimmt sind, Bramme.

Ingrainfarben, f. Entwicklungsfarben, Bd. 3, S. 470.

Inhalt, f. Flächenberechnung, Komplanation, Kubatur, Quadratur.
Initialzündungen, die Einleitung der chemischen Umsetzung von Geschosstreibmitteln und Sprengstoffen durch spezielle Zündmittel.

Schwarzpulver, diesem analog zusammengesetzte Mischungen und Knallquecksilber als solches oder in Gemengen mit andern Körpern zersetzen sich schon durch Berührung mit brennenden oder glühenden Körpern, während andre Stoffe sprengkräftige Zündung erfordern, deren Wirkung teils durch hohe Temperatur, teils als Folge einer die Detonation begleitenden Molekularerschütterung erklärt wird. Zu ersterer Art Initialzündungen gehören die Stoppine, die Halmzündung, die Schnurzündung und elektrische Zündung, zu letzterer die Sprengkapsel und das Zündhütchen, jedoch werden für Geschosstreibmittel und Sprengstoffe auch Kombinationen beider verwendet. Die Entzündung der Geschosstreibmittel erfolgte nach Bekanntwerden des Schießpulvers durch glühende Kohle oder Lunte, nach Erfindung

des Steinschlosses vermittelt Funken, hervorgebracht durch Schlag von Eisen auf Feuerstein, jetzt allgemein durch Perkussion — Detonation von Knallpräparaten (Fulminaten) durch Stoß oder Schlag; nur für die Entzündung von Geschützpulver finden oft Friktionszünder Verwendung. Nach Beschreibung der allgemeiner gebräuchlichen Initialzündungen sei im Anschluß an dieselben der Granatzünder erwähnt.

Die **Stoppine**, ein durch Schwarzpulverbrei gezogener und hierauf schwach getrockneter Wollfaden, wird heute nur noch in der Feuerwerkerei zur Entzündung der Brände benutzt.

Der **Halmzünder** ist ein mit feinkörnigem Schwarzpulver gefüllter, unbeschädigter Strohhalbm.

Die **Schnurzündung** wird durch schnellbrennende und detonierende Zündschnüre bewirkt. Sicherheitszündschnüre, Bickford'sche Schnur, sind Schnüre aus Hanf- oder Jute-fäden, in denen eine Mehlpulverseele in ununterbrochenem Faden eingewirkt ist und nach Entzündung das Feuer langsam fortleitet. Die Schnur brennt pro Minute etwa 0,6 m ab. Die Zündschnur wird bei Sprengungen in einer bestimmten Länge verwendet, so daß nach erfolgtem Anzünden dem Arbeitspersonal genügend Zeit geboten ist, Deckung zu suchen, ehe die beabsichtigte Explosion des Sprengstoffes stattfindet. Für Zündungen in feuchtem Boden sind die Schnüre geteert und bei Verwendung unter Wasser mit einer dichten Guttaperchahülle umgeben, oft noch in Bleirohr eingezogen. Schnellbrennende und detonierende Zündschnüre gebraucht man in der Kriegstechnik für momentane Feuerleitung als Ersatz elektrischer Zündung. Die Momentzündschnur besteht aus einem Baumwollfaden, welcher durch einen Brei von Mehlpulver oder von chlorsaurem Kali und Bleiessigsäure, statt letzteren auch Schwefelantimon, gezogen, hierauf mit loser Umspinnung versehen und zum Schutze gegen Feuchtigkeit wie Bickford'sche Schnur behandelt ist. Erstere brennt mit einer Geschwindigkeit von ca. 150 m, letztere von ca. 65 m pro Sekunde ab. Momentzündschnüre mit chloraurer Kalimischung erfordern sorgfältigste Behandlung, da sie durch Schlag, auch schon beim Abschneiden, detonieren können. In Frankreich hat man 1879 detonierende Schnüre — *cordeaux détonants*, tubes détonants — dargestellt, indem man feingemahlene Schießbaumwolle in Bleirohre von 12 mm lichter Weite einfüllte, die Rohre an den Enden verschloß und systematisch auszog, bis die Seele einen Durchmesser von 4 mm erreichte. Angezündet verläßt diese Schnur sehr bald; wird sie dagegen durch ein Zündhütchen zur Detonation gebracht, so liefert sie eine Explosionsgeschwindigkeit von ca. 4000 m pro Sekunde. Oberst Ph. Heß in Oesterreich fertigte, von diesen *cordeaux détonants* ausgehend, eine Momentzündschnur an, indem er einen Baumwollfaden durch Knallquecksilberbrei zog und wie Bickford'sche Schnur umspann. Durch ein Zündhütchen detonierte, lieferte diese Schnur eine Explosionsgeschwindigkeit von 5000 m pro Sekunde.

Elektrische Zündung. Die Zündsicherheit von Schüssen wird bei der Bickford'schen Schnur beeinträchtigt, wenn durch Beschädigung derselben eine Unterbrechung ihrer Pulverseele stattgefunden hat. Man erhält Verlager von Schüssen und darf dann erst nach Verlauf längerer Zeit den Sprengort betreten, da die Schnüre oft langsam fortglimmen und endlich doch zünden. Auch können verschiedene Schüsse nicht gleichzeitig, sondern nur nacheinander abgefeuert werden, weshalb ihre Wirkung geringer ist als bei gut kombinierten, gleichzeitig explodierenden Ladungen. Die Anwendung elektrischer Zünder beseitigt genannte Nachteile; dem Arbeitspersonal wird volle Sicherheit geboten, es wird gleichzeitiges Abfeuern der Ladungen verschiedener Bohrlöcher ermöglicht und infolge so vermehrter Sprengwirkung eine ca. 25prozentige Ersparnis an Bohrarbeit und Sprengstoff erreicht. Elektrische Zünder wirken entweder durch Glüh- oder Funkenzündung und bestehen aus zwei isolierten Kupferdrähten nebst Umhüllung — dem elektrischen Zündsatz —, der Sprengkapsel und der Abdichtung. Beim Glühzünder sind die freien, nicht isolierten Enden der Kupferdrähte in dem elektrischen Zündsatz durch eine Brücke aus dünnem Platindraht verbunden; beim Funkenzünder liegen sie sich in geringem Abstände gegenüber. Sobald der Platindraht durch Schließen eines Stromkreises zum Glühen gebracht wird oder zwischen den beiden Drahtenden ein elektrischer Funke überspringt, entzündet sich der elektrische Satz, welcher die Flamme auf die Sprengkapsel überträgt und letztere zur Detonation bringt. Der elektrische Zündsatz besteht meist aus einer Mischung von chlorsaurem Kali und Schwefelantimon. Vgl. Bohr- und Sprengarbeit, Bd. 2, S. 219.

Sprengkapseln sind an einem Ende geschlossene Röhrchen aus Kupfer oder andern Material, in welche Knallsatz eingepreßt ist. Auch werden sie in Abweichungen von der Zylinderform hergestellt. Ihre Füllung besteht aus einem Gemisch von Knallquecksilber und chlorsaurem Kali oder Salpeter u. s. w., oft unter Zusatz geringer Mengen einer Gummilösung (s. Sprengstoffe). Die Mischung wird gekörnt, vermittelt Lademaschine in die Kapseln eingefüllt und unter Druck fest gepreßt. Die im Handel befindlichen Sprengkapseln haben einen Durchmesser von 6–7 mm und eine Höhe von 16–50 mm, entsprechend einer Knallsatzfüllung von 0,3–2 g. Knallquecksilber ist sehr empfindlich gegen Feuchtigkeit, und schon bei einem Wassergehalte von 2–3% ist die Zuverlässigkeit hinsichtlich Detonation in Frage gestellt. Die Empfindlichkeit des Knallsatzes gegen Feuchtigkeit wird durch Komprimierung vermindert, deren Grad jedoch genau geregelt sein muß, da unter hohem Drucke Knallquecksilber die Entzündlichkeit einbüßt. Oft ist der Zündsatz der Sprengkapsel zum Schutze gegen Wasseranziehung mit einem dünnen Ueberzug von Lack, Celluloid und andern Stoffen versehen. Die Sprengkapsel wird als Initialzündung für Schießwolle, Dynamit, Roburit und andre Sprengstoffe verwendet, in möglichst innigen Kontakt mit dem zu explodierenden Sprengstoff gebracht und ihre Detonation vermittelt Zündschnur oder elektrischer Zündung eingeleitet. In letzter Zeit werden Kapseln mit Trinitrotoluol oder Tetranitromethylanilin, genannt Tetryl, mit bestem Erfolg verwendet. Die Füllung beträgt 0,3–0,9 g dieser Stoffe und eine im Boden gelochte Knallquecksilberkapsel mit 0,2–0,8 g Knallsatz ist umgekehrt aufgedrückt, so daß der Boden dieses Innenhütchens nach der Oeffnung der Sprengkapsel zu gerichtet ist.

Zündhütchen dienen meist als Initialzündung der Geschoßtreibmittel in Patronen für Handfeuerwaffen und Geschütze; es sind kleine aus Messing- oder Kupferblech gefaltete Näpfehen, auf deren Boden unter eingepreßter Metallfolie sich ein Zündsatz aus Knallquecksilber und andern Substanzen, wie Mehlpulver, Kalichlorat, Schwefelantimon, Schwefel, Kalifalpete u. dergl., befindet; manchmal, wenn auch selten, werden Mischungen, frei von Knallquecksilber, hergestellt. Zusätze sollen die Zersetzung des Knallquecksilbers verlangsamen, längere Stichflamme erzeugen und die Wirkung des Satzes auf das zu entzündende Geschoßtreibmittel nachhaltiger machen. Je nach dem beabsichtigten Zweck wird man z. B. für Schwarzpulver eine Zündung von langer Dauer, für das rauchlose Pulver dagegen einen kräftigen, in kurzer Zeit erfolgenden Schlag beabsichtigen. Das Mischen des Zündsatzes, das Laden und Pressen in die Hütchen nimmt man entweder auf nassem oder trockenem Wege vor. Die Zündhütchen werden fast allgemein am Boden der Patronenhülse angebracht, und es befindet sich zu diesem Zwecke in der Mitte des Hülsenbodens die Zündglocke mit dem Amboß und den Zündöffnungen. Das in die Zündglocke eingepreßte Zündhütchen wird durch den Schlagbolzen des Gewehr- bzw. Geschützschloßes gegen den Amboß getrieben und zur Explosion gebracht, welche durch die Zündöffnungen auf die Pulverladung der Patronen einwirkt.

Amorces bestehen aus zwei aufeinander geklebten Papierblättchen, zwischen denen sich Zündmasse, ein Gemisch von Kaliumchlorat, rotem Phosphor und Gummi, befindet. Sie dienen als Munition für Kinderpistolen, bisweilen auch als Zündmittel.

Die **Schlagröhre** (Friktionszünder) verwendet man als Initialzündung für Geschützpulver, sofern dieses in Kartuschen geladen ist. Sie besteht aus einem Metallröhrchen, in welches ein Messingdraht eingeführt ist. An dem äußeren Teil endet der Draht in eine Oefse, an dem im Rohr befindlichen Teile in eine gerauhte Fläche, den sogenannten Reiber, welcher von einem Zündsatz (einer Mischung von Kaliumchlorat, Schwefelantimon, Glaspulver und Gummiarabikum als Bindemittel) umgeben ist. Die Schlagröhre wird in das Zündloch des Geschützes eingesetzt und der Reiber herausgerissen. Der gerauhte Teil entzündet durch die Reibung den ihn umgebenden Satz, dieser die Schwarzpulverladung, welche auf das Geschützpulver wirkt.

Die **Friktionszündschraube**, der Schlagröhre analog konstruiert, ist außerhalb mit einem Schraubengewinde versehen und wird in den Zündlochlöffeln des Geschützes eingeschraubt. — Elektrische Schlagröhre dienen zum gleichzeitigen Abfeuern mehrerer Geschütze. — Sicherheitsschlagröhre werden zum Schutze der Bedienungsmannschaften angewendet und mit Bickford'scher Schnur entzündet.

Geschoßzünder sollen die Sprengladung der Granaten und Schrapnells in einem bestimmten Punkte der Flugbahn entzünden und sind in der Spitze des Geschosses, dem Mundloche desselben, angebracht. Hartgußgranaten der Marine- und Küstengeschütze haben weder Zünder noch Mundloch, da ihre Sprengladung durch den heftigen Stoß gegen den Panzer zur Explosion gebracht wird. Die Geschoßzünder müssen so konstruiert sein, daß sie dem Stoße der Pulvergase widerstehen und rechtzeitig funktionieren. Man unterscheidet Aufschlagzünder, Brennzünder und Kombinationen beider Arten, die Doppelzünder. Aufschlagzünder treten in Wirkung, wenn das Geschoß sein Ziel erreicht. Im Zünder befindet sich ein Bolzen, welcher bei plötzlicher Verringerung der Geschoßgeschwindigkeit infolge der Trägheit nach vorn fliegt, mit seiner Spitze in den Knallsatz eines Zündhütchens sticht, letzteres detoniert und die Sprengladung des Geschosses entzündet. Während des Ladens und Abfeuerns des Geschützes sind Nadelbolzen und Zündhütchen durch einen Vorstecker getrennt, welcher jedoch infolge Zentrifugalkraft aus dem Zünder herausgeschleudert wird, sobald das Geschoß die Geschützöffnung verlassen hat. Brennzünder, auch Zeitzünder genannt, enthalten verdichteten Pulveratz in Säulen-, jetzt meist in Ringform. Beim Abfeuern des Schusses wird ein Nadelbolzen gegen ein Zündhütchen geschleudert und der Pulveratz entzündet. Der Satzring ist drehbar und kann durch eine Meter- oder Sekundenteilung so eingestellt werden, daß nach bestimmter Flugzeit bzw. Entfernung des Geschosses das Feuer eine Schlagladung und diese eine Sprengladung entzündet. Doppelzünder werden je nach Bedarf als Aufschlagzünder oder Zeitzünder verwendet und sind so eingerichtet, daß, falls der Brennzünder verlagert, der Aufschlagzünder noch in Funktion tritt. Sie sind jetzt vielfach im Gebrauch; die deutsche Feldartillerie führt ausschließlich Doppelzünder. Soll das Geschoß nicht beim Aufschlag, sondern erst nach erfolgtem Eindringen in das Ziel zerpringen, so wird im Aufschlagzünder ein Verzögerungssatz, eine verdichtete Kornpulverficht von bestimmter Brenndauer, eingeschaltet, die nach 0,25 Sekunden verbrannt ist und dann erst die Explosion der Granate bewirkt.

Literatur: Upmann und v. Meyer, Das Schießpulver, die Explosivkörper und die Feuerwerkerei, Braunschweig 1874; Mahler und Eschenbacher, Die Sprengtechnik im Dienste der Ziviltechnik mit ihren wesentlichen Hilfsmitteln: Dynamite, Zeit- und elektrische Zündung, Bohrmaschinen und Bohrwerkzeuge, Wien 1882; Zickler, Elektrische Minenzündung, Braunschweig 1888; Plach, Franz, Die gepreßte Schießwolle, Pola 1891; Häußermann, Sprengstoffe und Zündwaren, Uebersicht über die bis zum 26. Juni 1896 ausgegebenen deutschen Patentschriften in Klasse 78, Stuttgart 1894; Guttman, Die Industrie der Explosivstoffe, Braunschweig 1895; Wille, Waffenlehre, Berlin 1905. Seyffert.

Injektor, f. Strahlapparate, Pumpen.

Inkandeszenz, helles Erglügen, heißt der Zustand eines Körpers, wenn dieser in der Emission weißen Lichtes begriffen ist (f. Emission).

Unter den Mitteln, durch welche Körper in diesen Zustand versetzt werden, ist der elektrische Strom besonders hervorzuheben; seine Glühwirkung folgt einerseits dem Jouleschen Gesetz, nach welchem die vom Strom in einem Leiter entwickelte Wärme dem Quadrat der Stromstärke und dem Widerstand proportional ist; andererseits aber dem Gesetz der Wärme-

kapazität, nach welchem die Temperaturerhöhung der Größe der erwärmten Masse und der spezifischen Wärme umgekehrt, der Wärmemenge direkt proportional ist. *Aug. Schmidt.*

Inkastein, f. Schwefelkies.

Inklination, magnetische, **Inklinatorium**, f. Magnetismus.

Inkommenfurabel heißen zwei geometrische Größen, wenn sie kein gemeinschaftliches Maß besitzen, d. h. wenn sie nicht beide ganze Vielfache einer dritten Größe sind. Beispiel: Durchmesser und Umfang eines Kreises.

Inkrustation, in der Mineralogie die Umhüllung eines Körpers durch eine aus einer Minerallösung ausgeschiedene Masse, z. B. die Umhüllung von abgestorbenen Tier- und Pflanzenresten oder Mineralien durch Kalksinter, der aus Quellen abgeschieden wird. *Leppla.*

Inkrustation, die insbesondere bei kalkhaltigem Wasser vorkommende Bildung einer Kruste an Rohrwandungen oder Kanälen.

Inkrustation, in der Porzellanfabrikation und Feintöpferei die Verzierung des Porzellans durch eingelegte, anders gefärbte Massen; f. Tonwaren.

Inkrustationen (Bronces incrustés), Verzierungen in Gold und Silber auf massivem Kupfer- oder Bronzegegenstand ausgeführt.

Der Auftrag des Metalles wird durch galvanischen Niederschlag bewirkt. Auf den in seiner äußeren Form fertig hergerichteten Gegenstand wird die Zeichnung in Wasserfarben, deren Körper aus Bleiweiß besteht, aufgetragen und die nicht damit bedeckten Teile der Oberfläche dann mit einem Firnis überzogen. Hierauf kommt der Gegenstand in verdünnte Salpetersäure, worin sich zunächst die Farbe löst und dann eine Ätzung des Metalles erfolgt, die man bis zu einer gewissen Tiefe vorschreiten läßt. Nach beendeter Ätzung wäscht man den Gegenstand in viel Wasser ab und bringt ihn sofort in ein Silberbad (oder Goldbad), in welchem durch die Wirkung des elektrischen Stromes die entblößten Stellen sich wieder mit Metall ausfüllen. Man entfernt nunmehr den Firnis vollständig und schleift die ganze Oberfläche glatt, so daß das gefüllte Ornament mit dem übrigen Körper, ohne überzustehen oder vertieft zu liegen, in einer Ebene verläuft. Die Konturen sind ziemlich scharf. Durch die nun folgende Bronzierung der Oberfläche wird der Ton des Goldes oder Silbers nicht geändert. Eine besonders schöne Wirkung wird noch dadurch erzielt, daß einzelne Teile der Körperfläche zwischen den Silberornamenten schwarz bronziert werden. Auf einem kupfernen Gefäß finden sich dann drei Töne, weiß und schwarz als Zeichnung und das angenehme Braunrot des Kupferoxyduls als Grund. Teflin du Motay stellt die mit Inkrustationen zu versehenden Stellen nicht allein durch Ätzung, sondern auch durch Prägen oder Pressung her. In diesem Falle können die Metalle, welche die Zeichnung vorstellen, vor oder nach der Pressung niedergeschlagen werden. Findet der Niederschlag vor dem Pressen statt, so müssen die beim Prägen verwendeten Stempel in ihrem Relief der größeren oder geringeren niedergeschlagenen Dicke der Metallschicht entsprechen. *Andés.*

Innenbau, f. Ausbau.

Innenbeplankung, die innere Plankenlage eines mit doppelter Holzhaut versehenen Stahlschiffes; Kompositbau, f. Schiffbau.

Innenfeuerung, f. Dampfkessel und Feuerungsanlagen.

Innenfront, innere Seite einer Umfassungsmauer.

Innenleitung, f. Leitungen, elektrische.

Innenmauer, f. Scheidewand.

Innenpolmaschine, f. Dynamomaschine, Bd. 3, S. 187.

Innenseite, innere Ansicht eines Bauteils, z. B. einer Saalwand, eines Treppenhauses, einer Toreinfahrt u. dergl.

Innenweite (lichte Weite), Angabe des inneren Maßes bei hohlen Gegenständen.

Innere Arbeit eines Körpers wird in der Wärmetheorie (f. d.) häufig nach Zeuner diejenige Energie U (f. Energie) pro Gewichtseinheit, oder auch im ganzen, genannt [4], S. 42, [8], S. 23, [10], S. 38, welche der Körper bei beliebig gewähltem Koordinatensystem außer der etwaigen lebendigen Kraft N in Hinsicht der letzteren besitzt, wonach $E = N + U$ die ganze Energie in Hinsicht jenes Koordinatensystems darstellt. Meist wird das Koordinatensystem so gewählt, daß $N = 0$ und $E = U$, während andernfalls U auch als innere Energie (Thomson, Clausius u. f. w.) im Gegensatz zur äußeren Energie N bezeichnet wird. Gewöhnlich werden nur Körper untersucht, für welche von äußeren Kräften (f. d. und Äußere Arbeit) nur ein auf die Oberfläche gleichmäßig verteilter Normaldruck von p pro Flächeneinheit (spezifischer Druck) in Betracht kommt, und dieser zusammen mit dem Volumen v der Gewichtseinheit (spezifisches Volumen) die innere Arbeit der letzteren bestimmen, so daß

$U = F(p, v)$. Spezielle Ausdrücke der Funktion F f. unter Gase, Dampf, gefättigter und überhitzter.

Da man sich den Zustand eines Körpers durch diejenigen Größen charakterisiert denkt, welche als Unabhängigvariable die Energie U bestimmen, so ist U nur vom augenblicklichen Zustand des Körpers abhängig, beispielsweise unter den soeben erwähnten Beschränkungen von den augenblicklichen Werten von p, v . Die innere Arbeit U verhält sich in dieser Hinsicht wesentlich anders wie die äußere Arbeit L , da für irgend eine Zustandsänderung die Änderung der inneren Arbeit nur vom Anfangszustand und Endzustand, die äußere Arbeit aber auch vom Gesetz des Uebergangs zwischen beiden abhängt (vgl. Äußere Arbeit). Zustandsänderungen, während welcher die innere Arbeit konstant bleibt, heißen nach Cazin isodynamische Zustandsänderungen. Bei Gasen, welche dem Boyle-Gay-Lussacschen Gesetze folgen (f. d.), stimmen dieselben mit den isothermischen Zustandsänderungen überein. — Im Gegensatz zu dem bis jetzt besprochenen Begriffe der inneren Arbeit, nach welchem dieser neben der äußeren Arbeit bequeme Ausdruck im Sinne von Arbeitsäquivalent (Energie) aufzufassen ist, bezeichnete Clausius [3], S. 29, als innere Arbeit denjenigen Teil von U , der wirklich zur Arbeit im Innern des Körpers (zur Ueberwindung von Kräften, mit welchen die Atome aufeinander wirken, d. h. zur Erzeugung von potentieller Energie) verwendet wird, während der andre Teil als Energie von anderer Form (unter den gewöhnlichen Beschränkungen der Wärmetheorie als Wärme) im Körper bleibt.

Literatur: [1] Grashof, Theoretische Maschinenlehre I, Leipzig 1875, S. 58. — [2] Rühlmann, Handbuch der mechanischen Wärmetheorie I, Braunschweig 1876, S. 735. — [3] Clausius, Die mechanische Wärmetheorie I, Braunschweig 1887, S. 33. — [4] Lippmann, Cours de Thermodynamique, Paris 1889, S. 42. — [5] Poincaré, Thermodynamik, deutsch von Jäger u. Gumlich, Berlin 1893, S. 39, 47. — [6] Kirchhoff, Vorlesungen über die Theorie der Wärme, Leipzig 1894, S. 52, 62. — [7] Planck, Vorlesungen über Thermodynamik, Leipzig 1897, S. 35, 39. — [8] Zeuner, Technische Thermodynamik I, Leipzig 1900, S. 21. — [9] Helmholtz, Vorlesungen über die Theorie der Wärme, Leipzig 1903, S. 178. — [10] Weyrauch, Grundriß der Wärmetheorie I, Stuttgart 1905, S. 26, 33, 36, 38, 65, 152.

Weyrauch.

Innere Energie, f. Energie, Innere Arbeit, Wärmetheorie.

Innere Gesteinstemperatur, f. Geothermik.

Innere Kräfte, f. Äußere Kräfte, Materielles System, Träger, Elastizitätslehre (allgemeine) u. f. w.

Innere lebendige Kraft, f. Lebendige Kraft.

Innere Richtung, bei der trigonometrischen Punktbestimmung eine Richtung, die auf einem Neupunkte nach einem andern, durch seine Koordinaten gegebenen Punkte beobachtet wird. S. Richtung und Triangulierung.

Inneres Arbeitsvermögen, f. Innere Arbeit, Wärmetheorie.

Inneres Produkt, f. Geometrischer Kalkül.

Inoxydieren, Inoxydation, Verfahren zur Umwandlung der Oberflächen-schichten von Eisengegenständen in rostschützendes Eisenoxydoxydul (Magnet-eisen), f. Rostschutzmittel.

Die Oxydation (einfache Oxydation oder Höheroxydation mit nachfolgender teilweiser Reduktion) kann mit Metalloxyden oder mit sauerstoffhaltigen Gasen erfolgen. Nach dem gebräuchlichsten Verfahren von Bower und Barff werden die zu oxydierenden Gegenstände auf einem Schlitten in einen etwa 1,5 m breiten, 1 m hohen und 4 m langen Ofen geschoben und mittels Generatorgasen auf Rotglut erhitzt. Hierauf schließt man die zur Verbrennung der Gase notwendige Luftzufuhr und die Verbindung mit dem Schornstein ab und läßt die unverbrannten Gase auf die im Ofen befindlichen Gegenstände einwirken. Dieser Vorgang wird mehrere Male (durchschnittlich etwa viermal) wiederholt. Bei der Inoxydation von schmiedbarem Eisen, die bei niedrigerer Temperatur (eben beginnende Rotglut) vorgenommen werden muß und mit Schwierigkeiten verknüpft ist, wird zur Beförderung der Inoxydation überhitzter Wasserdampf angewendet [1], [2]. — Nach dem Verfahren von Bertrand erfolgt die Inoxydation durch Glühen der mit einer 0,1–0,2 mm starken Bronzeschicht überzogenen Gegenstände in einer Temperatur von etwa 1000°. Der Bronzeüberzug wird durch Eintauchen der Gegenstände in eine Kupfer- und Zinnfälsung erzielt [2]. — Bei der Herstellung von Glanzblechen wird die Inoxydation durch Rostenlassen und Reduktion der Rostschicht durch Holzkohlenstaub in Rotglut bewirkt [3].

Literatur: [1] Zeitschr. des Vereins deutsch. Ingen. 1880, S. 239, 1881, S. 451, 1884, S. 507; Dingers Polyt. Journal, Bd. 224, S. 551; 225, S. 107; 230, S. 507; 236, S. 301; 237, S. 332; 242, S. 44; 245, S. 292; 250, S. 54; 254, S. 161. „Stahl und Eisen“ 1884, S. 98, 1904, S. 1443, Annalen für Gewerbe und Bauwesen 1901, S. 161. — [2] Messerschmitt, A., Die Technik in der Eisengießerei, Essen 1904. — [3] Wedding, H., Die Darstellung des schmiedbaren Eisens, Braunschweig 1875, S. 855.

A. Widmaier.

Insatzhärtung, f. Einsetzen.

Inschrift, an monumentalen Werken, soll unverwischbar, klar und deutlich leserlich sowie an passenden Orten angebracht sein.

Diese Grundsätze pflegten im Altertum nicht immer berücksichtigt zu werden; so finden wir in Assyrien die Inschriften in barbarischer Weise quer durch die Skulpturen gelegt, auch

Griechenland pflegte die Inschriften in einer Weise zu behandeln, daß sie der Schönheit des Monuments Eintrag taten. Aegypten verstand es schon weit besser, die Inschriften so anzuordnen, daß sie als Flächendekoration dienten, aber erst im römischen Stile wurde die Inschrift ein Schmuck und zu großer Wirkung gebracht. Das frühe Mittelalter behielt die großen römischen Buchstaben bei; seit der Mitte des 10. Jahrhunderts kamen die gotischen Majuskeln vor, die namentlich im 13. Jahrhundert vollkommen ausgebildet erscheinen und bald in die neugotischen Minuskeln übergehen. Vom 16. Jahrhundert an ist ein gemischtes Auftreten verschiedener Formen zu verzeichnen, das mit der Annahme der römischen Buchstaben, die auch in moderner Zeit meist angewendet werden, endete.

Weinbrenner.

Infelt, f. Talg.

Infolation, f. v. w. Sonnenbestrahlung, f. Geothermik.

Infallation, f. Leitungen, elektrische. Ausführung von Leitungen und zugehörigen Einrichtungen für Elektrizität, Gas, Wasser, Zentralheizung u. f. w. im Innern von Gebäuden.

Infallationsmethoden, f. Leitungen, elektrische.

Intaglie, f. Edelsteinschleiferei.

Intagliodruck, neues, von J. Löwy in Wien ausgeübtes Verfahren zur Herstellung von Heliogravüren mittels Schnellpreßendrucks.

Die gewöhnlichen, unter Verwendung von Aquatintakorn erzeugten Heliogravüreplatten (f. Heliogravüre) eignen sich nur zum Drucke auf Handpressen (f. Kupferdruckmaschinen). Da Tiefdruckformen zuerst mit der Druckfarbe überladen und sodann vom Farbstoffüberschusse durch „Wischen“ befreit werden müssen, stellen sich beim Schnellpreßentiefdrucke bedeutende Schwierigkeiten ein, wenn das Wischen durch maschinelle Einrichtungen besorgt werden soll (f. Kupferdruckmaschinen). Dies ist um so mehr kompliziert, als durch das manuelle Wischen in erheblicher Weise auf das Endresultat korrigierend eingewirkt werden kann (f. Kupferstecherkunst). Bei gewöhnlichen Heliogravüreplatten hat man es nun mit Vertiefungen zu tun, welche sich auch über größere Flächen gleichmäßig erstrecken. Das abstreifende elastische Kissen, Messer u. f. w. wischt infolgedessen teils zu kräftig, teils zu schwach. Deshalb ist es notwendig, in der Druckplatte Zwischenelemente zu schaffen, die, in gleichem Niveau liegend, dem Messer oder Kissen eine korrekte Führung während des Wischens zuteil werden lassen. Man erreicht dies durch Verwendung eines Rasters (ähnlich wie bei der Autotypie, f. d.), wodurch eine den Tonwerten entsprechende Zerteilung durch Punkte oder Striche, welche im ursprünglichen Oberflächenniveau liegen, bewirkt wird. Dies ist beim Intagliodruck, ferner beim Mezzotintodruck von F. Bruckmann in München, Rembrandt-Intaglioprozeß und andern Rasterheliogravüerverfahren der Fall.

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

A. W. Unger.

Intarsia, f. Kunstgewerbe.

Integrale, f. Integralrechnung.

Integralkurve, f. Schiffsberechnung.

Integralrechnung ist die umgekehrte Operation der Differentialrechnung. Eine Funktion $F(x)$ ist Integral der Funktion $f(x)$ und wird mit $\int f(x) dx$ bezeichnet, wenn $\frac{dF(x)}{dx} = f(x)$ ist; $f(x)$ heißt Integrand.

A. Unbestimmte Integrale.

Weil die Ableitung einer Konstanten Null ist, so ist jedes Integral nur bis auf eine additive Konstante (die sogenannte willkürliche Konstante) bestimmt: es ist $\int f(x) dx = F(x) + C$.

a) **Grundregeln der Integralrechnung.** Es ist $\int a f(x) dx = a \int f(x) dx$, ferner $\int [f(x) \pm \varphi(x)] dx = \int f(x) dx \pm \int \varphi(x) dx$.

b) **Fundamentalformeln.** $\int x^n dx = \frac{x^{n+1}}{n+1}$, wenn $n \neq -1$; $\int \frac{dx}{x} = \ln x$;

$\int ax dx = \frac{ax^2}{2}$; $\int ex dx = ex$; $\int \sin x dx = -\cos x$; $\int \cos x dx = \sin x$;

$\int \frac{dx}{\cos^2 x} = \tan x$; $\int \frac{dx}{\sin^2 x} = -\cot x$; $\int \frac{\sin x dx}{\cos^2 x} = \frac{1}{\cos x}$; $\int \frac{\cos x dx}{\sin^2 x} = -\frac{1}{\sin x}$;

$\int \frac{dx}{\sqrt{1-x^2}} = \arcsin x$; $\int \frac{dx}{1+x^2} = \arctan x$; $\int \frac{dx}{x\sqrt{x^2-1}} = \operatorname{arcsec} x$.

c) **Allgemeine Hilfsmittel und Reduktionsformeln der Integralrechnung.**

a) Einführung neuer Veränderlichen, z. B.

$\int \frac{dx}{x+a}$ gibt mit $x = z - a$: $\int \frac{dz}{z} = \ln z = \ln(x+a)$.

So ergeben sich die Formeln:

$\int \tan x dx = \ln \sec x$; $\int \cot x dx = \ln \sin x$; $\int \frac{dx}{\sin x} = \ln \tan \frac{x}{2}$; $\int \frac{dx}{\cos x} = \ln \tan \left(\frac{x}{2} + \frac{\pi}{4} \right)$.

β) **Teilweise Integration.** Es ist $\int u dv = uv - \int v du$. Beispiel $\int \ln x dx$: $u = \ln x$; $dv = dx$; $du = \frac{dx}{x}$; $v = x$; also $\int \ln x dx = x \cdot \ln x - \int x \cdot \frac{dx}{x} = x(\ln x - 1)$. Ebenso erhält man

$$\int \arcsin x \, dx = x \arcsin x + \sqrt{1-x^2}; \quad \int \arctan x \, dx = x \arctan x - \frac{1}{2} \ln(1+x^2);$$

$$\int \sin^2 x \, dx = \frac{x}{2} - \frac{1}{4} \sin x \cos x; \quad \int \cos^2 x \, dx = \frac{x}{2} + \frac{1}{4} \sin x \cos x.$$

γ . Einige häufiger vorkommende Integralformeln.

$$\int \frac{dx}{\sqrt{a^2-x^2}} = \arcsin \frac{x}{a}; \quad \int \frac{x \, dx}{\sqrt{a^2 \pm x^2}} = \pm \frac{1}{a^2} \sqrt{a^2 \pm x^2};$$

$$\int \sqrt{a^2 x^2 \pm a^2} \, dx = \frac{1}{2} \left(x \sqrt{a^2 x^2 \pm a^2} \pm \frac{a^2}{x} \ln(\sqrt{a^2 x^2 \pm a^2} + ax) \right);$$

$$\int \frac{x^2 \, dx}{\sqrt{a^2 x^2 \pm a^2}} = \frac{1}{2a^2} \left(x \sqrt{a^2 x^2 \pm a^2} \mp \frac{a^2}{x} \ln(\sqrt{a^2 x^2 \pm a^2} + ax) \right);$$

$$\int \frac{dx}{\sqrt{a^2 x^2 \pm a^2}} = \frac{1}{a} \ln(\sqrt{a^2 x^2 \pm a^2} + ax); \quad \int \frac{dx}{\sqrt{a^2 \pm a^2 x^2}} = \frac{x}{a^2 \sqrt{a^2 \pm a^2 x^2}};$$

$$\int \frac{dx}{\sqrt{a^2 x^2 - a^2}} = \frac{-x}{a^2 \sqrt{a^2 x^2 - a^2}}; \quad \int \frac{x \, dx}{\sqrt{a^2 x^2 \pm a^2}} = \frac{1}{a^2 \sqrt{a^2 x^2 \pm a^2}};$$

$$\int \frac{x \, dx}{\sqrt{a^2 - a^2 x^2}} = \frac{1}{a^2 \sqrt{a^2 - a^2 x^2}}; \quad \int \sqrt{a^2 - a^2 x^2} \, dx = \frac{1}{2} \left(x \sqrt{a^2 - a^2 x^2} + \frac{a^2}{x} \arcsin \frac{ax}{a} \right);$$

$$\int \frac{x^2 \, dx}{\sqrt{a^2 - a^2 x^2}} = -\frac{1}{2a^2} \left(x \sqrt{a^2 - a^2 x^2} - \frac{a^2}{x} \arcsin \frac{ax}{a} \right); \quad \int \frac{dx}{\sqrt{a^2 - a^2 x^2}} = \frac{1}{a} \arcsin \frac{ax}{a};$$

$$\int \frac{dx}{a^2 + a^2 x^2} = \frac{1}{a} \arctan \frac{ax}{a}; \quad \int \frac{dx}{x \sqrt{a^2 x^2 - a^2}} = \frac{1}{a} \operatorname{arcsec} \frac{ax}{a}.$$

δ) Integration durch Reihenentwicklung, wenn andere Hilfsmittel verfügen.

d) Integration rationaler Funktionen. Eine rational gebrochene Funktion muß in Partialbrüche zerlegt werden. Ist zu berechnen $\int \frac{f(x)}{F(x)} \, dx$ und ist a eine Wurzel von $F(x)=0$,

so ist der zugehörige Partialbruch $\frac{A}{x-a}$, wo $A = \frac{f(a)}{F'(a)}$. Hat $F(x)=0$ zwei komplex konjugierte Wurzeln, so bleiben die zugehörigen Partialbrüche vereinigt: $\int \frac{(ax+a) \, dx}{\gamma x^2 + 2cx + C}$. Im Nenner wird durch die Substitution $y = \sqrt{\gamma} x + \frac{c}{\sqrt{\gamma}}$ die Summe zweier Quadrate hergestellt:

$$\int \frac{(a'y + a') \, dy}{y^2 + C'^2} = \frac{a'}{2} \ln(y^2 + C'^2) + \frac{a'}{C'} \arctan \frac{y}{C'}.$$

Ist a eine r -fache Wurzel von $F(x)=0$, so lautet die Partialbruchzerlegung $\frac{A}{x-a} + \frac{A_1}{(x-a)^2} + \frac{A_2}{(x-a)^3} + \dots + \frac{A_{r-1}}{(x-a)^r}$.

e) Integration irrationaler Funktionen.

α) Eine Wurzel aus einem linearen Ausdruck $\sqrt[n]{x+a}$ ist unter dem Integralzeichen vorhanden. Der Integrand wird durch die Substitution $y = \sqrt[n]{x+a}$ rational gemacht.

β) Der Integrand ist eine rationale Funktion von x und R , wo $R = \sqrt{\gamma x^2 + 2cx + C}$, so daß also zu berechnen $\int \frac{f_1(x) + R \cdot \varphi_1(x)}{F_1(x) + R \cdot \Phi_1(x)} \, dx$, weil R^2 in x rational ist ($f_1, \varphi_1, F_1, \Phi_1$ sind rationale ganze Funktionen von x). Man macht den Nenner rational:

$$\int \frac{(f_1 + R \cdot \varphi_1)(F_1 - R \cdot \Phi_1)}{F_1^2 - R^2 \Phi_1^2} \, dx = \int \frac{f_2 + R \cdot \varphi_2}{F(x)} \, dx.$$

Der erste Teil dieses Integrals ist rational; im zweiten Teil bringt man R wieder in den Nenner: $\int \frac{R^2 \varphi_2}{F R} \, dx = \int \frac{\varphi(x) \, dx}{F(x) \cdot R}$. Die Funktion $\frac{\varphi(x)}{F(x)}$ wird zerlegt in eine ganze rationale Funktion $f(x)$ und eine Summe S von Partialbrüchen.

¹⁾ In dem Integral $\int \frac{f(x)}{R} \, dx$ wird der Ausdruck unter dem Wurzelzeichen durch eine lineare Substitution auf die Summe oder Differenz zweier Quadrate gebracht. Ist γ positiv, so setzt man $y = \sqrt{\gamma} x + \frac{c}{\sqrt{\gamma}}$, ist γ negativ, $y = \frac{c}{\sqrt{-\gamma}} - \sqrt{-\gamma} x$. Dann wird das Integral: $\int \frac{\Phi(y) \, dy}{\sqrt{\gamma_1 y^2 + C_1}}$, und wenn man in $\Phi(y)$ die geraden und ungeraden Potenzen von y trennt, geht daselbe über in $\int \frac{y \Psi(y^2) \, dy}{\sqrt{\gamma_1 y^2 + C_1}} + \int \frac{X(y^2) \, dy}{\sqrt{\gamma_1 y^2 + C_1}}$. Das erste Integral wird durch $z = y^2$

rational. Die Glieder des zweiten haben die Form: $\int \frac{y^{2m} \, dy}{\sqrt{\gamma_1 y^2 + C_1}}$, und reduzieren sich vermittels der Formel:

$$\int \frac{y^{2r} \, dy}{\sqrt{\gamma_1 y^2 + C_1}} = \frac{1}{2r\gamma_1} y^{2r-1} \sqrt{\gamma_1 y^2 + C_1} - \frac{2r-1}{2r} \frac{C_1}{\gamma_1} \int \frac{y^{2r-2} \, dy}{\sqrt{\gamma_1 y^2 + C_1}}$$

auf das Integral $\int \frac{dy}{\sqrt{\gamma_1 y^2 + C_2}}$ (f. oben $A c \gamma$).

Man kann auch für das Integral $\int \frac{X(y^2) \, dy}{\sqrt{\gamma_1 y^2 + C_1}}$, wo X vom n ten Grade ist, den Wert

anschreiben: $\sqrt{\gamma_1 y^2 + C_1} (A_3 + A_1 x + \dots + A_{n-1} x^{n-1}) + B \int \frac{dy}{\sqrt{\gamma_1 y^2 + C_1}}$ und erhält durch Ableiten des Integrals und seines Wertes und Koeffizientenvergleichung $n+1$ Gleichungen für die unbestimmten Koeffizienten $A_0, A_1, \dots, A_{n-1}, B$.

2) Ein Partialbruch von S liefert ein Integral $\int \frac{dx}{(x-a)R}$. Durch die Substitution $y = \frac{1}{x-a}$ kommt man auf einen Integranden, in dessen Nenner nur eine Quadratwurzel steht, also auf den Fall $A e \beta 1$ zurück. Ebenso verfährt man auch, wenn $F(x) = 0$ eine mehrfache Wurzel hat und daher ein Integral $\int \frac{dx}{(x-a)^r R}$ vorliegt. Hat $F(x) = 0$ zwei komplex-konjugierte Wurzeln, so vereinigt man die betreffenden Partialbrüche und erhält

$$\int \frac{(u x + a) dx}{(\beta x^2 + 2 b x + B) \sqrt{\gamma x^2 + 2 c x + C}}.$$

Man setzt nun $x = \frac{M \xi + N}{\xi + 1}$ und bestimmt M und N so, daß im Nenner unter dem Wurzelzeichen und außerhalb desselben die Glieder mit ξ wegfallen. Das Integral wird damit:

$$a_1 \int \frac{\xi d\xi}{(\beta_1 \xi^2 + B_1) \sqrt{\gamma_1 \xi^2 + C_1}} + a_2 \int \frac{d\xi}{(\beta_1 \xi^2 + B_1) \sqrt{\gamma_1 \xi^2 + C_1}}.$$

Im ersten Integral hat man schließlich $\sqrt{\gamma_1 \xi^2 + C_1} = \xi$, im zweiten $\sqrt{\gamma_1 \xi^2 + C_1} = \frac{\xi}{\xi}$ zu setzen, um sie rational zu machen.

3) Zwei Quadratwurzeln je aus einem linearen Ausdruck kommen auf den Fall β zurück.

4) Eine Quadratwurzel aus einem Ausdruck dritten oder vierten Grads führt auf elliptische Integrale (f. d.); eine Ausnahme bilden jedoch die sogenannten pseudoelliptischen Integrale, bei welchen man mit algebraischen, logarithmischen und cyclometrischen Funktionen auskommt,

z. B. $\int \frac{x dx}{\sqrt{(1-x^2)(1-k^2 x^2)}}$ kommt mit $x^2 = \xi$ auf den Fall A, e, β zurück.

f) **Transzendente Integrale.** Beispiele von solchen sind

$$\int e^{ax} \cos bx dx = e^{ax} \frac{a \cos bx + b \sin bx}{a^2 + b^2};$$

$$\int e^{ax} \sin bx dx = e^{ax} \frac{a \sin bx - b \cos bx}{a^2 + b^2}; \quad \int \frac{dx}{\sin x \cos x} = l \operatorname{tg} x;$$

$$\int \sin^m x dx = -\frac{\cos x}{m} \left(\sin^{m-1} x + \frac{m-1}{m-2} \sin^{m-3} x + \frac{(m-1)(m-3)}{(m-2)(m-4)} \sin^{m-5} x + \dots \right).$$

Das letzte Glied ist entweder $\frac{(m-1)(m-3)\dots 5 \cdot 3}{(m-2)(m-4)\dots 4 \cdot 2} \frac{x}{m}$ oder $\frac{(m-1)(m-3)\dots 4 \cdot 2}{(m-2)(m-4)\dots 3 \cdot 1}$, je nachdem m gerade oder ungerade.

Viele Integrale von trigonometrischen Funktionen können durch die Substitution $t = \operatorname{tg} \frac{x}{2}$

rational gemacht werden. Es ist alsdann nämlich $\cos x = \frac{1-t^2}{1+t^2}$; $\sin x = \frac{2t}{1+t^2}$; $\operatorname{tg} t = \frac{2t}{1-t^2}$
 $dx = \frac{2 dt}{1+t^2}$.

g) **Mehrfache Integrale.** Eine Funktion von zwei Veränderlichen kann der Reihe nach nach x und nach y integriert werden, wobei im ersten Fall y , im zweiten x als Konstante behandelt wird. Die Reihenfolge dieser Integrationen ist übrigens vertauschbar:

$$\iint f(x, y) dx dy = \iint f(x, y) dy dx.$$

Auf diese Weise entstehen Doppel- und mehrfache Integrale.

B. Bestimmte Integrale.

Die willkürliche Konstante eines Integrals $\int f(x) dx = F(x) + C$ läßt sich dadurch bestimmen, daß das Integral für einen bestimmten Wert a von x den gegebenen Wert $F(a)$ haben soll. Dann wird $\int f(x) dx = F(x) - F(a)$. Dieser Wert ist von x und von a abhängig. Das Integral heißt alsdann ein bestimmtes Integral und wird mit $\int_a^x f(x) dx$ bezeichnet; a heißt

untere, x obere Grenze desselben. Dabei kann auch x einen bestimmten Wert b annehmen $\int_a^b f(x) dx$. Der Wert desselben ist nur von den Grenzen a und b , nicht aber von der Wahl des Integrationsbuchstabens x abhängig. Vertauschung der Grenzen bedingt Aenderung des Vorzeichens; $\int_a^b f(x) dx = -\int_b^a f(x) dx$. Durch Differentiation nach der oberen Grenze ergibt

$$\frac{\partial}{\partial x} \int_a^x f(x) dx$$

sich $\frac{\partial}{\partial x} \int_a^x f(x) dx = f(x)$, also der Integrand. Auch bestimmte Integrale mit unendlich großen Grenzen und solche, deren Integrand an den Grenzen unstetig wird, können endliche Werte besitzen. Auf Unstetigkeitsstellen des Integranden zwischen den Grenzen muß Rücksicht genommen werden. Näheres f. [1], S. 91–94.

In vielen Fällen lassen sich bestimmte Integrale zwischen gewissen Grenzen in geschlossener Form (d. h. durch bekannte Funktionen) darstellen, während dies bei dem betreffenden

unbestimmten Integral nicht möglich ist. Als Hauptmethode dient hierzu die Differentiation und Integration bekannter Integrale nach einer von den Grenzen unabhängigen, im Integranden vorkommenden Konstanten (Parameter). Denn wenn $\int_a^b f(x, \alpha) dx = F(\alpha)$, so ist auch $\int_a^b \frac{\partial f(x, \alpha)}{\partial \alpha} dx = F'(\alpha)$ und $\int_a^b \left\{ \int_g^h f(x, \alpha) d\alpha \right\} dx = \int_g^h F(\alpha) d\alpha$. Doch darf in bestimmten Doppelintegralen die Reihenfolge der Integrationen nur umgekehrt werden, wenn die Grenzen konstant sind.

Beispiele von häufiger vorkommenden bestimmten Integralen sind:

$$\int_0^\infty e^{-ax} dx = \frac{1}{a}; \quad \int_0^\infty \frac{x^{p-1} dx}{1+x} = \frac{\pi}{\sin p\pi}; \quad \int_0^\infty e^{-ax} x^n dx = \frac{1 \cdot 2 \cdot 3 \dots n}{a^{n+1}};$$

$$\int_0^\infty \frac{e^{-ax} - e^{-bx}}{x} dx = l \frac{b}{a}; \quad \int_0^\infty e^{-ax} \cos bx dx = \frac{a}{a^2 + b^2}; \quad \int_0^\infty e^{-ax} \sin bx dx = \frac{b}{a^2 + b^2};$$

Ferner wenn $a > b$: $\int_0^\infty \frac{\sin ax \cos bx dx}{x} = \frac{\pi}{2}$ und $\int_0^\infty \frac{\cos ax \sin bx dx}{x} = 0$.

Weiter ist: $\int_0^\infty \frac{\cos ax dx}{1+x^2} = \frac{\pi}{2} e^{-a}$; $\int_0^\infty e^{-ax^2} dx = \frac{\sqrt{\pi}}{\sqrt{a}}$; $\int_0^\infty \frac{1-x^{h-1}-x^{g-1}}{lx} dx = l \frac{h}{g}$;

$$\int_0^\infty \frac{x \sin bx}{k^2 + x^2} dx = \pm \frac{\pi}{2} e^{-bk}; \quad \int_0^\infty \left\{ \frac{l(1+x^2)}{x^2} \right\}^2 dx = \frac{4}{3} \pi (1-l^2);$$

$$\int_0^{\frac{\pi}{2}} l(\alpha^2 \cos^2 x + \beta^2 \sin^2 x) dx = \pi l \frac{\alpha + \beta}{2}; \quad \int_0^\infty \frac{\sin x}{x} dx = \frac{\pi}{2};$$

$$\int_0^\infty \frac{e^{-ax} \sin bx}{x} dx = \arctg \frac{b}{a}.$$

Bestimmte Integrale mit komplexen Veränderlichen f. Funktionentheorie.

C. Neue Funktionen.

Einige Integrale, welche nicht auf bekannte Funktionen führen und daher neue Funktionen definieren, sind mit besonderen Namen belegt worden:

a) Integrale mit veränderlichen oberen Grenzen:

z. B. der Integrallogarithmus $li(x) = \int_0^x \frac{dx}{l x}$; das Exponentialintegral $Ei(x) = \int_0^x \frac{e^{-x}}{x} dx$;

das Sinusintegral $Si(x) = \int_0^x \frac{\sin x}{x} dx$; das Cosinusintegral $Ci(x) = \int_0^x \frac{\cos x}{x} dx$.

b) Bestimmte Integrale mit konstanten Grenzen, welche Funktionen eines im Integranden auftretenden Parameters sind: z. B. die Beta-, Gamma-, Kugel-, Zylinderfunktionen, die Fourier'schen Integrale.

D. Anwendungen der Integralrechnung.

Flächenbestimmung (f. Quadratur) bei den ebenen Kurven Bogenmessung (f. Rektifikation) bei den ebenen und räumlichen Kurven, Inhaltsbestimmung (f. Kubatur) und Oberflächenmessung (f. Komplanation) bei den Flächen; ferner Bestimmung von Schwerpunkten, Massen- und Trägheitsmomenten, Potentialen u. f. w. in der Mechanik und mathematischen Physik.

Literatur: Von den angeführten Werken sind [1] und [2] besonders zum Studium zu empfehlen; [5], [6] und [15] behandeln die bestimmten Integrale; [7] ist ein empfehlenswertes kleines Repetitionsbuch; [8]–[10] sind Übungsbücher. Die geometrischen Anwendungen behandelt [11], die naturwissenschaftlichen [12], die technischen [13]. — [1] Serret, Lehrbuch der Differential- und Integralrechnung, deutsch von Harnack, 2. Aufl., Bd. 2, Leipzig 1899. — [2] Stegemann-Kiepert, Grundriß der Differential- und Integralrechnung, II. Integralrechnung, 9. Aufl., Hannover 1903. — [3] Picard, Traité d'analyse, Bd. 1, Paris 1904. — [4] Meyer, G. F., Vorlesungen über die Theorie der bestimmten Integrale, Leipzig 1871. — [5] Bierens de Haan, Exposé de la théorie des intégrales définies, Amsterdam 1862. — [6] Kronecker, Vorlesungen über die Theorie der einfachen und vielfachen bestimmten Integrale, herausg. v. Netto, Leipzig 1894. — [7] Deter, Repetitorium der Differential- und Integralrechnung, 4. Aufl., Berlin 1899. — [8] Dölp, H., Aufgaben zur Differential- und Integralrechnung, 10. Aufl., Gießen 1903. — [9] Schlömilch, O., Übungsbuch zum Studium der höheren Analysis, 4. Aufl., Bd. 2, Leipzig 1900. — [10] Sohneke, Aufgaben aus der Differential- und Integralrechnung, 6. Aufl., Jena 1905–06. — [11] Joachimsthal, Anwendung der Differential- und Integralrechnung auf die allgemeine Theorie der Flächen und der Linien doppelter Krümmung, herausg. von Natani, Leipzig 1890. — [12] Fuhrmann, A., Naturwissenschaftliche Anwendungen der Integralrechnung, 2. Aufl., Berlin 1903. — [13] Derf., Bauwissenschaftliche Anwendungen der Integralrechnung, Berlin 1903. — [14] Meyer, F. W., Integralrechnung, Leipzig 1905. — [15] Lejeune-Dirichlet, Vorlesungen über die Lehre von den einfachen u. mehrfachen bestimmten Integralen, Braunschweig 1904. *Wölffling.*

Integral-schrauben, f. Mikrometerschrauben.

Integraltafeln, eine Sammlung von Integralformeln. Empfehlenswerte sind:

[1] Schlömilch, Übungsbuch zum Studium der höheren Analysis, 2. Teil, 3. Aufl., Leipzig 1882. — [2] Für unbestimmte Integrale Minding, F., Sammlung von Integraltafeln, Berlin 1849. —

[3] (Für bestimmte Integrale), Bierens de Haan, *Tables d'intégrales définies*, Amsterdam 1858 bis 1867. — [4] Kiepert, *Tabelle der wichtigsten Formeln aus der Integralrechnung*, Hannover 1903. — [5] Petit Bois, G., *Tafeln unbestimmter Integrale*, Leipzig 1906. *Wölffling.*

Integrgraph, ein Instrument, welches zur mechanischen Ausführung der Integrationen dient, zu einer gezeichneten Kurve $y=f(x)$ die zugehörige Integralkurve $Y=\int f(x)dx+C$ zeichnet und den Inhalt gezeichneter Flächenumrisse mißt.

Um das kinematische Prinzip abzuleiten, auf welchem der Integrgraph beruht, nehmen wir an, es sei in Fig. 1 in bezug auf die rechtwinkligen Koordinatenachsen OX , OY die durch eine Gleichung $y=f(x)$ gegebene Kurve k gezeichnet; ferner sei in bezug auf die rechtwinkligen Koordinatenachsen ΩX , $\Omega Y'$ für eine angenommene Längeneinheit FD die zugehörige Integralkurve ω , deren Gleichung, weil wir jene Konstante $C=0$ annehmen, $Y=\int f(x)dx$ ist. Die Abszisse OD , die Ordinate DP und das Stück OP der vom Koordinatenanfang O ausgehenden Kurve k begrenzen ein Flächenstück ODP . Die zu der Abszisse $\Omega D=\Omega O=D=x$ gehörende Ordinate $\Omega \Pi=Y$ der Integralkurve ω , die von dem Koordinatenanfang Ω ausgeht, stellt den Inhalt dieses Flächenstücks im Quadratmaß der angenommenen Längeneinheit FD dar. Bezeichnen wir den Winkel DFP mit θ , und differenzieren wir die Gleichung der Integralkurve, so folgt $\frac{dY}{dx}=f(x)=y=DP=\operatorname{tg} \theta$. Demnach bildet die Tangente $\Pi \tau$ in Punkt Π an der Integralkurve ω mit der Abszissenachse ΩX den Winkel θ , und es ist diese Tangente parallel FP .

Ein Integrgraph, der durch einen Schreibstift im Punkt Π die Integralkurve ω beschreiben soll, wenn ein Stift im Punkt P auf der Kurve k geführt wird, muß so eingerichtet sein, daß bei der Bewegung des Punktes P auf der Kurve k der Abstand DP der beiden auf der Abszissenachse senkrechten Geraden DP , $\Omega \Pi$ sowie die Einheitsstrecke DF konstant bleibt und daß ferner der in der Geraden $\Omega \Pi$ bleibende Punkt Π sich immer in der Richtung bewegt, die parallel zu der veränderlichen Geraden FP ist. In Fig. 2 ist ein Integrgraph

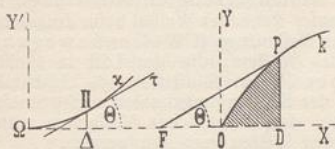


Fig. 1.

schematisch gezeichnet, durch dessen praktische Ausführung diese Bedingungen erfüllt werden. Ein Rahmen $R_1 R_2 R_3 R_4$ mit den vier geriffelten Walzen $w_1 w_2 w_3 w_4$ bewegt sich als Wagen auf der horizontalen Zeichnungsebene in der Richtung der Abszissenachse OX und trägt den Zapfen F , durch den die angenommene Längeneinheit FD' bestimmt ist; auf der Rahmenseite $R_2 R_3$ gleitet eine Hülse H , die einen Zapfen P' und einen mit einem Führungsstift P versehenen Arm trägt. Eine um den Zapfen F drehbare Schiene s ist mit einem Längsschlitz versehen, in welchem der Zapfen P' gleitet, und auf dieser Schiene s befindet sich eine bewegliche Hülse h , die zwei gleiche, zur Schiene s senkrechte Arme ha , hb besitzt. Ferner gleitet auf der Rahmenseite $R_1 R_4$ eine Hülse J mit einem Arm $J\Pi$, der im Π einen Schreibstift und in Π' eine vertikale Achse trägt. Diese vertikale Achse ist mit einem gleicharmigen Hebel $\gamma \Pi' \delta$ fest verbunden und trägt unten in einer Zarge die zu $\gamma \delta$ parallele Achse einer scharfrandigen Integrierrolle ϕ . Diese Integrierrolle berührt die Zeichnungsebene unter dem Punkt Π' . Es ist $\gamma \delta$ gleich und parallel ab , und jenes Glied ahb ist durch zwei gleich lange parallele Stangen $a\delta$, $\beta \gamma$ mit dem gleicharmigen Hebel gelenkig verbunden, so daß $a\beta \gamma \delta$ ein Gelenkparallelogramm bilden. Wird nun der Stift P auf der gezeichneten Kurve k geführt, so bewegt sich der Wagen in der Richtung OX , die Hülse H gleitet auf $R_2 R_3$ und die Zapfenmitte P' bewegt sich auf einer zu k kongruenten Kurve, die gegen k in der Richtung XO parallel verschoben ist. Demnach bildet die Schiene Fs mit OX jenen Winkel θ , weil die Strecke FD' gleich der Längeneinheit und $D'P'=DP=y$ ist. Durch das Gelenkparallelogramm $a\beta \gamma \delta$ wird die Achse der Integrierrolle ϕ senkrecht zur Schiene Fs und die Integrierrolle ϕ parallel zu dieser Schiene gestellt. Der Berührungspunkt der scharfrandigen Integrierrolle ϕ auf der Zeichnungsebene, resp. der Punkt Π' , durchläuft, während der Führungsstift P auf der Kurve k bewegt wird, die entsprechende Integralkurve, und der Schreibstift Π zeichnet die Integralkurve ω , welche gegen die vom Punkte Π' beschriebene in der Richtung $X\Omega$ um die Strecke $\Pi' \Pi$ parallel verschoben ist; denn die Hülse J gleitet auf dem bewegten Wagen längs $R_1 R_4$ und die Integrierrolle ϕ bewegt sich, vermittelt des Gelenkparallelogrammes $a\beta \gamma \delta$, in der zu FP' parallelen veränderlichen Richtung. Die Integrgraphen wurden zuerst von Abdank-Abakanowicz in verschiedenen Gestaltungen angegeben [1].

Bei der von G. Coradi in Zürich ausgeführten praktischen Anordnung des in Fig. 2 schematisch gezeichneten Integrgraphen ist zur Verminderung der Reibung die Hülse J durch ein

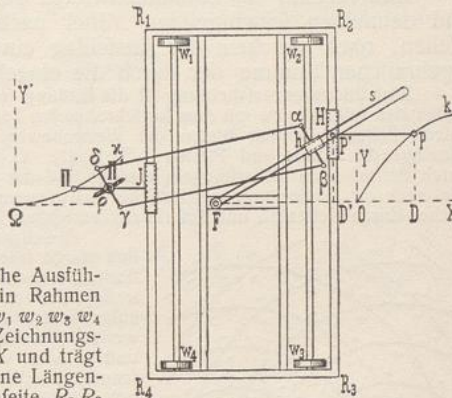


Fig. 2.

auf zwei Rollen in einer Rille längs R_1, R_2 bewegliches Glied ersetzt; ferner ist R_1, R_2 mit einer Teilung versehen, auf der die Verschiebung des Gliedes J bzw. der Inhalt einer mit dem Stift P umfahrenen Fläche abgelesen werden kann; der Zapfen F ist auf einer Querleiste, die eine Teilung trägt, verschiebbar, um eventuell die Längeneinheit verschieden zu wählen.

Literatur: [1] Abdank-Abakanowicz, Br., Les Integraphes, Paris 1886; ferner „Die Integraphen“, deutsch bearbeitet von E. Bitterli, Leipzig 1889.

Integrierender Faktor, f. Differentialgleichungen, Bd. 2, S. 759.

Intensität. Die Intensität gerichteter (geometrischer) Größen, wie Verschiebungen, Geschwindigkeiten, Beschleunigungen, Kräfte u. f. w., ist der von der Richtung unabhängige Teil derselben, z. B. die Länge der Verschiebung, die Größe der Geschwindigkeit u. f. w.

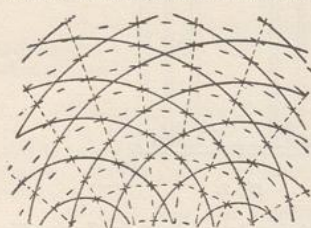
Intensität einer Kraft ist die Stärke der Kraft im Gegensatz zur Richtung derselben. Sie ist proportional dem Produkt aus der bewegten Masse und der Größe der ihr erteilten Beschleunigung. Die Intensität einer Momentankraft (Stoßkraft, Impuls) ist dem Produkt aus Masse und Größe der ihr erteilten Geschwindigkeit oder Geschwindigkeitsänderung proportional.

Absolutes Maß der Intensität einer Kraft (oder Momentankraft) ist ihr Verhältnis zur Intensität jener Kraft, die der Masse von 1 cbcm Wasser die Beschleunigung (oder Geschwindigkeit) von 1 cm in 1 Sekunde erteilt. Die Einheit des technischen Kräftemaßes ist das Gewicht von 1 kg; dementsprechend ist die Masse eines Körpers im technischen Maßsystem gleich seinem Gewicht dividiert durch die Beschleunigung g der Schwerkraft.

Intercolumnium, der Zwischenraum zwischen zwei Säulen im Lichten gemessen.

Interferenz, das Zusammenwirken verschiedener Wellenbewegungen in ein und demselben schwingenden Mittel nach dem Gesetz der Superposition der Wellen, nach welchem der Ausschlag eines schwingenden Punktes gleich der algebraischen Summe der durch die einzelnen Wellen erzeugten Ausschläge ist.

Eine Interferenzerscheinung ist die Bildung sogenannter stehender Wellen beim Zusammentreffen des reflektierten mit dem fortschreitenden Teil eines Wellenzugs (f. Wellenbewegung). Solche stehende Wellen bieten die Wellenbewegung des Wassers, die der Luft in Pfeifen, schwingenden Saiten und Platten (f. Schall). O. Wiener [4] hat selbst stehende Lichtwellen durch Reflexion an Silberspiegeln erzeugt und die Lage der Schwingungsknoten nachgewiesen, wie auch die Wellenlängen elektrischer Schwingungen bei den Hertzischen Versuchen mittels solcher durch Reflexion und Interferenz erzeugten stehenden Wellen gemessen werden.



Gleichgerichtete Wellenzüge gleicher Länge werden sich durch Interferenz zu einer fortschreitenden Welle verstärken, wenn sie mit gleichen Schwingungsphasen zusammentreffen, sich schwächen oder vernichten bei entgegengesetzten zusammentreffenden Phasen. Das zeigen Versuche mit Schallwellen innerhalb in ungleiche Äste sich verzweigenden und wieder vereinigenden Röhren. Sich schief durchschneidende Wellenzüge erzeugen ebenfalls stehende Wellen mit Schwingungsknoten und Schwingungsbäuchen. Zwei gleichzeitig ins Wasser geworfene Steine bilden an der Oberfläche zwei Systeme von Kreiswellen, durch deren Interferenz (vgl. die Figur) sich zwei orthogonale Systeme von Ellipsen

und Hyperbeln als Knotenlinien ausbilden, durch welche die Wasseroberfläche in stehend auf- und abschwankende Maschen mit je entgegengesetzten Phasen benachbarter Vierecke geteilt wird.

In ähnlicher Weise erzeugen bei dem Interferenzversuch Fresnel die von zwei parallelen Lichtspalten ausgehenden Lichtwellen ein System divergierender hyperbolischer Knotenebenen, die bei genügender Entfernung von den Lichtquellen so weit auseinander treten, daß ihre Entfernung mit der Lupe gemessen werden kann (f. Fresnels Spiegelversuch; weiteres in [1]—[3]).

Die Farben dünner Blättchen durchsichtiger Substanzen sind Interferenzerscheinungen. Das an der vorderen und hinteren Fläche eines dünnen Blättchens reflektierte weiße Licht, welches parallel einfallende Strahlen erzeugt, bildet nach der Reflexion zwei interferierende Wellensysteme, deren eines gegen das andre um einen Phasenunterschied verspätet ist, dessen Betrag vom Einfallswinkel, von der Blättchendicke, von dem Brechungsvermögen des Blättchens und besonders von der Wellenlänge λ abhängt. Bei unendlich dünnen Blättchen beträgt er doch noch $\frac{1}{2}\lambda$, weil bei einer der beiden Reflexionen eine Phasenumkehr stattfindet. Blättchen, deren Dicke unter $\frac{1}{2}\lambda$ liegt, erscheinen daher im reflektierten homogenen Lichte schwarz (im durchgehenden hell), an keilförmigen Blättchen mit wachsender Dicke leicht zu beobachten, zuerst hell, wenn die ganze Wegdifferenz der zwei Systeme von Wellen $\frac{1}{2}\lambda$ beträgt, dann dunkel bei der Wegdifferenz λ u. f. w. Da der Abstand der hellen und dunkeln Streifen des Keils von λ abhängt, so decken sich die durch verschiedene Wellenlängen weißen Lichtes gebildeten Streifen nur an der Kante des Keils und verbinden sich zu um so mannigfaltiger gemischtem Licht, je dicker die betrachtete Stelle des Keils ist. Man erkennt so, daß nur dünne Blättchen farbig erscheinen und die Farben um so gefättigter sind, je dünner die Blättchen. Newton hat sich in sehr einfacher Weise ein keilförmiges Blättchen gebildet, indem er eine schwach

konvexe Linse auf eine ebene Glasplatte legte. Die zwischen beiden Gläsern enthaltene Luftschicht bildet ein von dem Berührungspunkte aus zuerst langsam, dann rascher sich verdickendes Blättchen, welches die Newtonschen Farbenringe zeigt. Beobachtungen bei homogenem Licht lassen aus dem Radius und der Ordnungszahl eines Rings und dem Krümmungsradius der Linse die Lichtwellenlänge berechnen. Ueber weitere Interferenzerscheinungen f. Licht, Zirkularpolarisation, über Schallwelleninterferenz f. [5]

Literatur: [1] Arago, Remarques sur l'influence mutuelle etc., Ann. de chim. et de phys., 2. Aufl., Bd. 1, S. 133, 1816. — [2] Quincke, G., Ueber die verschiedenen Methoden, Lichtstrahlen interferieren zu lassen, Poggend. Ann., Bd. 132, S. 29, 1867. — [3] Weber, H. F., Die wahre Theorie der Fresnelschen Interferenzerscheinungen, Wiedem. Ann., Bd. 8, S. 407, 1879. — [4] Wiener, O., Stehende Lichtwellen und Schwingungsrichtung des polarisierten Lichts, Wiedem. Ann., Bd. 40, S. 103, 1890. — [5] Frick-Lehmann, Physikalische Technik, 7. Aufl., Braunschweig 1905, I, S. 1500.

Aug. Schmidt.

Interferenzmechanismus, ein Mechanismus, durch welchen vermittelt zweier schwingenden Bewegungen eine geradlinig schwingende Bewegung erzeugt wird. Da das Zusammenwirken zweier Wellen Interferenz genannt wird, so hat Redtenbacher [1] diese Benennung auch auf diesen Mechanismus angewendet.

In Fig. 1 ist ein Interferenzmechanismus schematisch dargestellt. Zwei ineinander greifende Zahnräder $\Phi\varphi$, $\Lambda\lambda$, welche sich um die festen Achsen Φ , Λ drehen, sind bezw. mit den Kurbeln ΦF , ΛL versehen. In einer festen Hülse m befindet sich eine bewegliche Stange Cc , mit welcher ein um die bewegliche Achse C schwingender zweiarmer Hebel AB verbunden ist; und ferner ist dieser Hebel durch die Schubstangen AF , BL bezw. mit den Kurbeln ΦF , ΛL gelenkig verbunden. Durch die Drehung der Zahnräder werden die Punkte A , B in kurvenförmig schwingende Bewegungen versetzt, und diese Bewegungen erzeugen interferierend eine geradlinig schwingende Bewegung des Punktes C . Diese resultierende Bewegung ist bedingt durch das Uebersetzungsverhältnis der beiden Zahnräder und der Stellung der Kurbeln zueinander. In der durch Fig. 1 gegebenen Anordnung, bei welcher das Uebersetzungsverhältnis der Zahnräder $\Phi\varphi$, $\Lambda\lambda$ gleich 1:2 ist, wurde der Interferenzmechanismus von Hummel bei der Fünffarbenperrotine angewendet [2].

In andrer Gestaltung ist der Interferenzmechanismus in Fig. 2 schematisch dargestellt. Die Uebersetzung der Drehung von dem einen Zahnrade $\Phi\varphi$ auf das andre Zahnrad $\Lambda\lambda$ wird durch ein Doppelrad $\delta\delta$, dessen feste Achse δ ist, bewirkt. Der Kurbelzapfen F gleitet in einer Querschleife der Stange Aa , die sich in der festen Hülse f bewegt, und ebenso gleitet der Kurbelzapfen L in einer Querschleife der Stange Bb , die sich in der festen Hülse b bewegt. Die Zapfen A , B dieser Stangen gleiten in den Schleifen einer um die bewegliche Achse C schwingenden Stange h , deren Achse C sich auf der in der festen Hülse m verschiebbaren Stange c befindet. Durch diese Anordnung wird eine geradlinig schwingende Bewegung des Punktes C bewirkt, und ein in C angebrachter Schreibstift zeichnet auf einem senkrecht zur Stange c proportional der Raddrehung bewegten Kartontreifen eine Wellenlinie. Diese Wellenlinie wird demnach durch Interferenz zweier anderen Wellenlinien erzeugt [3], welche der Punkt C beschreiben würde, wenn derselbe einerseits bei ruhendem B durch A , andererseits bei ruhendem A durch B allein bewegt wird.

Literatur: [1] Redtenbacher, Die Bewegungsmechanismen, Mannheim 1857, S. 13. — [2] Herrmann, Aus der Maschinenhalle der Wiener Weltausstellung, Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing., Bd. 18, S. 609, 1874. — [3] Burmeister, Lehrbuch der Kinematik, Leipzig 1888, Bd. 1, S. 541. Burmeister.

Interglazialzeit, f. Diluvium.

Internationale Erdmessung, f. Erde, Bd. 3, S. 484.

Internationaler Eisenbahntransport, f. Eisenbahnverkehr, Zentralamt für den Internationalen Eisenbahntransport.

Internationaler Wagenverband, f. Eisenbahnbetrieb X.

Internationales Uebereinkommen über den Eisenbahnfrachtverkehr, f. Eisenbahnbetrieb II., Eisenbahnverkehr I., III.; über die technische Einheit, f. Eisenbahnbetrieb II.; über zollfichere Einrichtung der Eisenbahnwagen f. Eisenbahnbetrieb II., Eisenbahnwagen.

Interner Verkehr, im Eisenbahnwesen, f. Eisenbahnverkehr.

Interpolation, die Berechnung von Zwischenwerten einer Funktion, wenn für eine endliche Anzahl von Werten des Arguments die zugehörigen Funktionswerte gegeben sind.

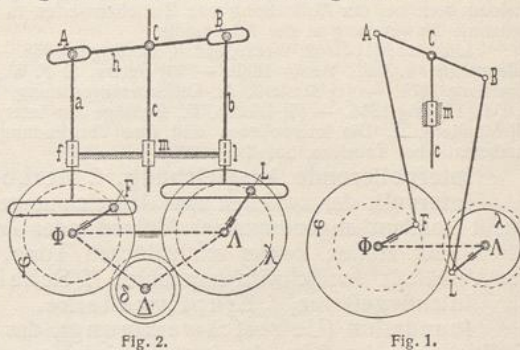


Fig. 2.

Fig. 1.

Bilden die zu den $m+1$ gegebenen Funktionswerten $u_0 u_1 \dots u_m$ gehörigen Argumente $x_0 x_1 \dots x_m$ eine arithmetische Reihe, so daß $x_n = x_0 + nd$ ist, so bildet man von der Reihe $u_0 u_1 \dots u_m$ die Differenzreihen und bedient sich der Newtonschen Interpolationsformel $u_n = u_0 + \binom{n}{1} \Delta u_0 + \binom{n}{2} \Delta^2 u_0 + \dots + \Delta^n u_0$. Diese Formel liefert genau die gegebenen Funktionswerte für $n=1 \dots m$; sie liefert genähert die Funktionswerte für andre Werte von n . Für gebrochene und negative n geht sie in eine unendliche Reihe über: $u_n = u_0 + \binom{n}{1} \Delta u_0 + \dots$ in infinitum. Die Binomialkoeffizienten werden in dieser Reihe (zumal für gebrochene n) als Interpolationskoeffizienten bezeichnet. Werte von solchen sind in [3] berechnet. In anderer Bezeichnung macht man nach dem Vorgang von Encke [2] von dieser Reihe in der Astronomie Gebrauch, wobei man den Ausgangspunkt der Differenzen in die Mitte der gegebenen Funktionswerte verlegt. Bilden die Argumente $x_0 \dots x_m$ keine arithmetische Reihe, so bedient man sich zur Interpolation der Lagrange'schen Formel:

$$u = f(x) = u_0 \frac{(x-x_1)(x-x_2)\dots(x-x_m)}{(x_0-x_1)(x_0-x_2)\dots(x_0-x_m)} + u_1 \frac{(x-x_0)(x-x_2)\dots(x_1-x_m)}{(x_1-x_0)(x_1-x_2)\dots(x_1-x_m)} + \dots + u_m \frac{(x-x_0)(x-x_1)\dots(x_{m-1}-x_m)}{(x_m-x_0)(x_m-x_1)\dots(x_m-x_{m-1})}.$$

Auch diese Reihe liefert die Funktionswerte genau für die Argumente $x_0 x_1 \dots x_m$; für andre Argumente ist der Fehler am kleinsten, je näher der Wert u in der Mitte der gegebenen $u_0 \dots u_m$ liegt. Sind ferner $x_0 \dots x_m$ die Wurzeln einer Gleichung $(m+1)$ Grades $F(x)=0$, so kann man auch schreiben:

$$f(x) = \frac{u_0}{F(x_0)} \frac{F(x)}{x-x_0} + \frac{u_1}{F(x_1)} \frac{F(x)}{x-x_1} + \dots + \frac{u_m}{F(x_m)} \frac{F(x)}{x-x_m}.$$

Soll die Funktion $f(x)$ als periodische Reihe dargestellt werden, so hat man

$$f(x) = u + u_0 \frac{\sin \frac{1}{2}(x-x_1) \sin \frac{1}{2}(x-x_2) \dots \sin \frac{1}{2}(x-x_m)}{\sin \frac{1}{2}(x_0-x_1) \sin \frac{1}{2}(x_0-x_2) \dots \sin \frac{1}{2}(x_0-x_m)} + \dots$$

zu setzen. Die Interpolation dient zur Berechnung von Logarithmen- und andern Tafeln, im kleinen auch bei der Aufführung von Zwischenwerten in solchen Tafeln. Ferner findet sie ausgedehnte Anwendung in der Astronomie.

Literatur: [1] Gauß, Werke, Bd. 3, Göttingen 1866. — [2] Brünnow, Lehrb. der sphärischen Astronomie, 4. Aufl., Berlin 1880. — [3] Peters, C. F. W., Astronomische Tafeln und Formeln, Hamburg 1871. — [4] Markoff, A., Differenzenrechnung, deutsch von Friefendorff und Primm, 1. Teil, Leipzig 1896. — [5] Diefel, F., Beiträge zur Interpolationsrechnung, Göttingen 1890. — [6] Mauderli, S., Die Interpolation und ihre Verwendung bei der Benutzung und Herstellung mathematischer Tabellen, Solothurn 1906. Wölffing.

Interpolierende Ausgleichung, f. Methode der kleinsten Quadrate.

Intervall, der zwischen zwei Aufzeichnungen oder Beobachtungen liegende (meist konstant angenommene) Abstand oder Zeitraum; in der Musik das Verhältnis der Höhen zweier musikalischen Töne, mathematisch gemessen durch das Verhältnis der Schwingungszahlen (f. Schall). Aug. Schmidt.

Intrusivgesteine, f. Eruptivgesteine.

Inundation (Ueberschwemmung), das Uebertreten von Wasser aus den Flüssen über die Ufer der letzteren infolge von Hochwasserständen oder Eisverletzungen, Dammbrüchen, Treibzeuganhäufungen vor Brücken u. f. w.

Die Inundation ist entweder eine durch besondere Katastrophen eintretende unerwünschte, sofern die Flüsse durch Regulierung so gestaltet sind, daß ihr Bett und das mit Dämmen abgeschlossene Vorland die größten Hochwasser aufzunehmen vermögen, also ein Schutz des angrenzenden Binnenlandes beabsichtigt war, oder eine erwünschte, wenn die Schutzdämme nur für den normalen Sommerhochwasserstand erbaut wurden, dagegen die Winterhochwasser zu Schlammablagerungen über dem jenseits der Dämme liegenden Talboden behufs Melioration deselben (Bd. 1, S. 763, Bd. 3, S. 464; vgl. a. Kolmation) Verwendung finden sollen.

Inundationsbrücken, f. v. w. Flutbrücken (f. d.).

Inundationsgebiet, die Fläche, auf welcher die Ueberschwemmung ausgebreitet erscheint; auch der am Flußufer sich hinziehende Bodenstreifen, das Vorland, welches von einem Dämme, Deiche (f. d.) begrenzt wird und dem Hochwasser ein größeres Abflußgebiet zu gewähren hat.

Inundationsgrenze (Ueberschwemmungsgrenze), die Linie, bis zu welcher sich die Ueberschwemmung ausdehnt.

Invalidenhaus, ein vom Staate nach Art der Kasernen errichtetes Gebäude zur Unterkunft von alten gedienten Kriegern und solchen, welche durch Wunden und Strapazen erwerbsunfähig geworden sind.

In der baulichen Anordnung zählt es zu den Gebäuden der Altersverforgung (f. Hospital). Doch ist bei sonstiger Einfachheit ein glänzender Mittelpunkt zu schaffen, wie Waffenmuseum, Ruhmeshalle, Kirche mit Gruftanlage u. dergl. Schon im Altertume sorgte der Staat für die Krieger, welche dem Vaterlande ihre Gefundheit geopfert hatten. Im Mittelalter dienten hierfür die Klöster oder die geistlichen Ritterorden. Seit Einführung der stehenden Heere erhalten die Invaliden Gnadengeschenke und Aufnahme in besonderen Gebäuden. Ludwig XIV. erbaute zu

Paris das große Invalidenhotel [1]; es folgten Preußen und Oesterreich; England für seine Matrosen u. f. w. In neuester Zeit huldigt man einem Systeme der Unterbringung in Familienwohnungen, ähnlich wie bei den Waisenkindern; eine Art der Verforgung, welche als besser und behaglicher für die Pfleglinge erkannt ist.

Literatur: [1] L'Hôtel Royal des Invalides à Paris, par H. Manfart. — [2] Klafen, L., Grundrißvorbilder. — [3] Baukunde des Architekten, Bd. 2, Berlin 1884, S. 456. Weinbrenner.

Invalidenversicherung, Teil der Arbeiterversicherung (Bd. 1, S. 275), durch Gesetz vom 22. Juni 1889 (in revidierter Fassung als Invalidenversicherungsgesetz vom 13. Juli 1899 [2] erlassen) im Deutschen Reiche eingeführt, bezweckt Sicherstellung der Arbeiter gegen die nachteiligen wirtschaftlichen Folgen der Invalidität und des hohen Alters durch Gewährung einer Invaliden- oder Altersrente.

Versicherungspflichtig sind alle über 16 Jahre alten Lohnarbeiter in sämtlichen Berufszweigen, einschließlich der Lehrlinge und Dienftboten; ferner Betriebsbeamte, Handlungsgehilfen und -lehrlinge, Angestellte, Lehrer und Erzieher, deren Jahresarbeitsverdienst 2000 \mathcal{M} . nicht übersteigt. Durch Bundesratsbeschluß ist die gesetzlich zugelassene Ausdehnung der Versicherungspflicht auf die Hausgewerbetreibenden der Tabakfabrikation und einen großen Teil der Textilindustrie erfolgt. Für gewisse Fälle finden Befreiungen und Ausnahmen vom Versicherungszwange statt; auch freiwillige Selbst- oder Weiterversicherung kann unter Umständen eintreten; 1906 waren etwa 14 000 000 Personen versichert [1].

Die Invalidenrente wird im Falle der Invalidität, d. h. wenn die Erwerbsfähigkeit des Versicherten durch Krankheit oder Gebrechen dauernd auf weniger als ein Drittel derjenigen eines Normalarbeiters derselben Art herabgesetzt ist, nach Vollendung einer Wartezeit gewährt; sie besteht aus einem Grundbetrag, der nach fünf Lohnklassen (Jahresarbeitsverdienst bis zu 350 \mathcal{M} , 350—550 \mathcal{M} , 550—850 \mathcal{M} , 850—1150 \mathcal{M} . und über 1150 \mathcal{M}) abgestuft jährlich 60, 70, 80, 90 und 100 \mathcal{M} . beträgt; ferner aus einem Reichszufuß von 50 \mathcal{M} . und einem nach der Zahl der Wochen, für welche der Versicherte Beiträge aufzuweisen hat, sich steigernden Betrag (3, 6, 8, 10 und 12 \mathcal{G} . in den fünf Lohnklassen für jede einzelne Beitragswoche). Die Rente wird als „Krankenrente“ im Anschluß an die Leistungen der Krankenversicherung (s. d.) auch an nicht dauernd Erwerbsunfähige gezahlt, wenn sie länger als ein halbes Jahr invalide sind. Ohne Rücksicht auf das Vorhandensein von Erwerbsunfähigkeit erhält jeder Versicherte, der das 70. Lebensjahr vollendet und für mindestens 1200 Wochen Beiträge aufzuweisen hat, eine jährliche Altersrente, die aus dem Reichszufuß von 50 \mathcal{M} . und einem nach den fünf Lohnklassen abgestuften Betrag von 60, 90, 120, 150 und 180 \mathcal{M} . besteht. In gewissen Fällen, z. B. bei Verheiratung weiblicher Versicherter, besteht Anspruch auf Rückerstattung eines Teils der geleisteten Beiträge. Die Zahl der Anfang 1906 laufenden Invalidenrenten betrug 780 762, der Krankenrenten 20141 und der Altersrenten 134 080; die Gesamtsumme der Entschädigungen betrug 1905 etwa 160 000 000 \mathcal{M} . [1].

Die Aufbringung der Mittel erfolgt, abgesehen vom Reichszufuß, auf dem Wege der Kapitaldeckung durch feste, nach den genannten fünf Lohnklassen abgestufte Beiträge (gegenwärtig wöchentlich 14, 20, 24, 30 und 36 \mathcal{G}), die in der Regel durch Einkleben und Entwerten von Marken in eine Quittungskarte entrichtet werden, vereinzelt auch durch Einziehen der Beiträge durch örtliche Hebestellen, Krankenkassen oder Gemeindebehörden. Arbeitgeber und Arbeitnehmer haben diese Beträge je zur Hälfte zu leisten; ausnahmsweise, z. B. bei der freiwilligen Versicherung, trägt der Arbeitnehmer die ganze Last. Im Jahre 1905 betrug die Gesamteinnahme aus Beiträgen 161 000 000 \mathcal{M} . Die Durchführung der Versicherung geschieht durch 31 territoriale Versicherungsanstalten und 9 besondere Kasseneinrichtungen, letztere für die Großbetriebe der Eisenbahn- und Bergbauverwaltungen. Die Aufsicht erfolgt durch das Reichsversicherungsamt und die Landesversicherungsämter, welche auch die letzte Instanz in Streitfällen zwischen den Versicherten und den Vorständen der Versicherungsanstalten bilden. Segensreiche Wirksamkeit entfalten viele der genannten Versicherungsträger auf dem Gebiete der Krankheitsverhütung und Krankheitsheilung. [3] und [4]. Von 1891 bis 1905 sind mehr als 70 000 000 \mathcal{M} . für Heilbehandlungszwecke, 365 000 000 \mathcal{M} . in Form von Kapitalanlagen für den Bau von Kranken-, Genesungshäusern, Volksheilstätten, Volksbädern, Arbeiterwohnungen und andern der Hebung der Volksgesundheit dienenden Anlagen hergegeben worden [1].

Literatur: [1] Amtliche Nachrichten des Reichsversicherungsamts 1889—1906, Berlin. — [2] Ikenbart, W., und Spielhagen, W., Das Invalidenversicherungsgesetz vom 13. Juli 1899, 2. Aufl., Berlin 1903. — [3] Statistik der Ursachen der Erwerbsunfähigkeit, Beihefte zu [1], 1898 u. 1903. — [4] Statistik der Heilbehandlung der Versicherten, Beihefte zu [1], 1902, 1903, 1905, 1906. K. Hartmann.

Invariantentheorie, die Lehre von den Eigenschaften der algebraischen Formen (s. Form), insbesondere von den durch lineare Transformation (s. Transformation) nicht zerstörbaren. Geht eine Form f durch lineare Transformation der Veränderlichen in F über, so heißt Invariante eine solche Funktion der Koeffizienten von f , die bei Ersetzung dieser Koeffizienten durch diejenigen von F sich nur um einen konstanten Faktor, nämlich um die μ te Potenz der Transformationsdeterminante ändert; μ heißt das Gewicht der Invariante. Kommen in einer Invariante auch die Veränderlichen vor, so heißt dieselbe Kovariante.

Beispiel: Zu den Formen $f_0 = a_{11}x_1^2 + 2a_{12}x_1x_2 + a_{22}x_2^2$ und $f_1 = a_{11}'x_1^2 + 2a_{12}'x_1x_2 + a_{22}'x_2^2$ gehören die Invarianten $A_{00} = a_{11}a_{22} - a_{12}^2$; $A_{01} = a_{11}a_{22}' - 2a_{12}a_{12}' + a_{22}a_{11}'$; $A_{11} = a_{11}'a_{22}' - a_{12}'^2$ und die Kovariante $B_{01} = (a_{11}a_{12}' - a_{12}a_{11}')x_1^2 + (a_{11}a_{22}' - a_{22}a_{11}')x_1x_2 + (a_{12}a_{22}' - a_{22}a_{12}')x_2^2$.

Geometrische Deutung. Die binären Formen stellen, gleich Null gesetzt, Gleichungen von Punktsystemen auf einer Geraden dar (z. B. sind $f_0 = 0$ und $f_1 = 0$ Punktpaare). Der linearen Transformation entspricht die projektivische Verwandtschaft (oder auch die Aenderung des projektivischen Koordinatensystems). Durch Nullsetzen der Invarianten erhält man Bedingungen für projektivische Eigenschaften der Punktsysteme, durch Nullsetzen der Kovarianten Gleichungen von solchen Punktsystemen, die in bezug auf die gegebenen projektivischen Eigenschaften besitzen. $A_{00} = 0$ ist die Bedingung, daß die zwei Punkte $f_0 = 0$ zusammenfallen, $A_{01} = 0$ die Bedingung, daß die beiden Paare $f_0 = 0$ und $f_1 = 0$ sich harmonisch trennen; $B_{01} = 0$ ist die Gleichung eines Punktpaars, das zu beiden Paaren harmonisch liegt, oder das Doppelpunktpaar der von beiden bestimmten Involution. Die Formen werden symbolisch als Potenzen von linearen Formen $a_1 x_1 + a_2 x_2 = a_x$ aufgefaßt; alsdann sind die Invarianten Produkte oder ganze rationale Funktionen von Klammerfaktoren vom Typus $(a_1 a_2' - a_2 a_1') = (a a')$, während bei den Kovarianten noch Linearfaktoren vom Typus a_x hinzutreten. Ist eine Invariante von höherem Grad in den Koeffizienten einer Form, so muß sie mittels des Aronhold'schen Prozesses auf eine solche zurückgeführt werden, die linear von mehreren Formen abhängt (z. B. 2 A_{00} auf A_{01}). Im symbolischen Ausdruck einer solchen Form treten dann mehrere Symbole auf, die sich auf dieselbe Form beziehen und durch Buchstaben unterschieden werden (a, b, c, \dots), während Symbole von verschiedenen Formen durch Striche unterschieden werden (a, a', a'', \dots). Symbolisch ist $f_0 = a_x^2$; $f_1 = a_x'^2$; $A_{00} = (a b)^2$; $A_{01} = (a a')^2$; $A_{11} = (a' b')^2$; $B_{01} = (a a') a_x a_x'$. Die symbolische Bezeichnung und Rechnung (mittels Identitäten) dient zur Vereinfachung der Rechnungsarbeit, die zur Ermittlung der Eigenschaften und gegenseitigen Beziehungen der Invarianten erforderlich ist.

Unter den Prozessen, die zur Bildung von Invarianten führen, ist zu nennen der Faltungsprozeß, der in der Verwandlung zweier Linearfaktoren $a_x a_x'$ in einen Klammerfaktor $(a a')$ besteht $[(a a') a_x a_x'; (a a')^3]$. Durch Faltungen von Produkten von Formen oder Kovarianten entstehen Ueberschiebungen. Die erste Ueberschiebung zweier Formen heißt Funktionaldeterminante derselben, die zweite einer Form über sich selbst Hesse'sche Form. Zwei Formen n ter Ordnung, deren n te Ueberschiebung Null ist, heißen apolar. Der Polarenprozeß besteht in der teilweisen Einführung neuer Veränderlicher in die Linearfaktoren; aus a_x^2 wird so $a_x^2 a_y$; $a_x a_y^2$; $a_x a_y a_z$. Eine Invariante irgend welcher Form f, f', f'', \dots , die sich bei Ersetzung dieser durch lineare Kombination derselben $\lambda f + \lambda' f' + \lambda'' f'' + \dots$ nur um einen konstanten Faktor ändert, heißt Kombinate. Zu denselben gehören die Resultanten (s. d.); mit diesen stehen ferner die Diskriminanten (s. d.) in Beziehung.

Ist i eine Invariante der Form n -Ordnung $a_0 x^n + a_1 x^{n-1} + \dots + a_n$, so genügt sie den vier Differentialgleichungen:

$$0 = a_0 \frac{\partial i}{\partial a_1} + 2a_1 \frac{\partial i}{\partial a_2} + \dots + na_{n-1} \frac{\partial i}{\partial a_n}; \quad 0 = na_1 \frac{\partial i}{\partial a_0} + (n-1)a_2 \frac{\partial i}{\partial a_1} + \dots + a_n \frac{\partial i}{\partial a_{n-1}};$$

$$a_1 \frac{\partial i}{\partial a_1} + 2a_2 \frac{\partial i}{\partial a_2} + \dots + na_n \frac{\partial i}{\partial a_n} = \mu i; \quad na_0 \frac{\partial i}{\partial a_0} + (n-1)a_1 \frac{\partial i}{\partial a_1} + \dots + a_{n-1} \frac{\partial i}{\partial a_{n-1}} = \mu i.$$

Reziprozitätsgesetz: Eine Form n -Ordnung besitzt ebenso viele unabhängige Invarianten vom Grad g in ihren Koeffizienten, wie eine Form g -Ordnung solche vom Grad n in den Koeffizienten. Die Gesamtheit aller derjenigen zu einer Form f gehörigen Invarianten und Kovarianten, von denen keine sich als rationale ganze Funktion der übrigen ausdrücken läßt, heißt das vollständige Formensystem von f . Eine Form $(2n-1)$ -Ordnung läßt sich immer in kanonischer Form, d. h. als Summe der $(2n-1)$ ten Potenzen von n linearen Formen (den Faktoren der Kanonizante) darstellen, während bei einer Form $2n$ ter Ordnung eine Invariante, die Katakletikante, verschwinden muß, damit erstere als Summe der $2n$ ten Potenzen von n linearen Formen darstellbar ist. Bei der sogenannten typischen Darstellung der Formen, Invarianten und Kovarianten werden die Veränderlichen nicht allgemein angenommen, sondern sie stehen bereits in einer gewissen Beziehung zur gegebenen Form. Bei einer Form fünfter Ordnung können z. B. zwei Kovarianten erster Ordnung als Veränderliche dienen.

Die tertiären Formen werden symbolisch als Potenzen linearer Formen $a_x = a_1 x_1 + a_2 x_2 + a_3 x_3$ aufgefaßt. Als dann bauen sich die Invarianten aus Klammerfaktoren vom Typus

$$\begin{vmatrix} a_1 & a_2 & a_3 \\ a_1' & a_2' & a_3' \\ a_1'' & a_2'' & a_3'' \end{vmatrix} = (a a' a'') \text{ auf; bei den Kovarianten kommen noch Linearfaktoren } a_x \text{ hinzu. Gleich}$$

Null gesetzt, geben die ternären Formen Gleichungen von algebraischen Kurven (als Punktgebilde), die Invarianten projektivische Eigenschaften derselben; die Kovarianten liefern Kurven mit projektivischen Eigenschaften in bezug auf die gegebenen.

Als Kontravarianten bezeichnet man solche Invarianten, in welchen Linienkoordinaten, d. h. Determinanten von zwei Veränderlichenreihen: $u_1 : u_2 : u_3 = \begin{vmatrix} x_1 & x_2 & x_3 \\ y_1 & y_2 & y_3 \end{vmatrix}$, vorkommen (ist z. B.

$a_{11} x_1^2 + \dots = 0$ ein Kegelschnitt in Punktkoordinaten, so liefert die Kontravariante $(a_{22} a_{33} - a_{23}^2) u_1^2 + \dots = 0$ denselben Kegelschnitt in Linienkoordinaten). Zwischenformen sind Invarianten mit Veränderlichen beider Kategorien; sie liefern, gleich Null gesetzt, projektivische Verwandtschaften zwischen Punkten, Geraden und Kurven in der Ebene. Die Invariantentheorie der quaternären Formen liefert die projektivischen Eigenschaften der Flächen im Raum.

Literatur: Von den genannten Werken dient [1] zur Einführung; [2] und [3] sind besonders zum Studium zu empfehlen; [7] ist für Vorgerücktere bestimmt; [8] bietet eine Vorbereitung für geometrische Anwendungen, die in [2] am meisten berücksichtigt sind. — [1] Klempt, Lehrbuch zur Einführung in die moderne Algebra, Leipzig 1880. — [2] Clebsch, A., Vorlesungen über Geometrie, herausgegeben von Lindemann, Leipzig 1876, Bd. 1, 2. Abteilung. — [3] Derf., Theorie der binären algebraischen Formen, Leipzig 1871. — [4] Gordan, P., Vorlesungen über Invarianten-

theorie, herausgegeben von Kerchenfleiner, Bd. 2, Binäre Formen, Leipzig 1887. — [5] Salmon, G., Vorlesungen über die Algebra der linearen Transformationen, deutsch von Fiedler, Leipzig 1877, 2. Aufl. — [6] Faà di Bruno, Einleitung in die Theorie der binären Formen, deutsch von Th. Walter, Leipzig 1881. — [7] Study, E., Methoden zur Theorie der ternären Formen, Leipzig 1889. — [8] Muth, P., Grundlagen f. d. geometr. Anwendung der Invariantentheorie, Leipzig 1895. *Wölffing.*

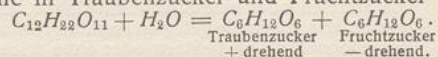
Inversion, in der Mathematik, das Auftreten eines höheren Elements vor einem niederen (also eine Umkehrung der natürlichen Reihenfolge beider) in einer Permutation, z. B. $acbd$ statt $abcd$. *Wölffing.*

Inversion, in der Chemie, f. Invertzucker.

Invertin ist das in Wasser lösliche ungeformte Ferment oder Enzym (f. Fermente), welches im Hefepilz entsteht und seinen Namen von seiner Fähigkeit hat, den Rohrzucker zu „invertieren“, d. h. in gleich molekulare Mengen Trauben- und Fruchtzucker, den sogenannten Invertzucker (f. d.), umzuwandeln.

Das Invertin ist also für die geistige Gärung ebenso wichtig wie die Diastase (f. d.) und spielt beim Zucker dieselbe Rolle wie jene bei der Stärke, indem es den durch Hefe nicht unmittelbar gärfähigen Zucker unter Wasseraufnahme in zwei Zuckerarten spaltet (hydrolysiert), welche nunmehr durch Hefe zu Alkohol vergoren werden können (f. a. Gärung). Es ist ein weißes Pulver, welches mit Wasser eine beim Schütteln schäumende klare Lösung liefert. Kocht man mit Salzsäure, so entsteht Mannose. Das Invertin wird durch 6stündiges Erhitzen von lufttrockener gepulverter Preßhefe auf $100-105^{\circ}\text{C}$, Ausziehen der Masse mit Wasser und Ausfällen des klaren wässrigen Auszuges mit dem 5–6fachen Volumen Alkohol dargestellt. *Bujard.*

Invertzucker. Rohrzucker $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ wird bei der Einwirkung von verdünnten Säuren oder durch das Enzym des Hefepilzes, das Invertin (f. d.), unter Wasseraufnahme in Traubenzucker und Fruchtzucker gespalten:



Rohrzucker und Traubenzucker drehen die Ebene des polarisierten Lichtes nach rechts, Fruchtzucker dagegen nach links, und zwar stärker als die gleich molekulare Menge Traubenzucker sie nach rechts dreht. Infolgedessen wird durch die Spaltung die vorher rechtsdrehende Rohrzuckerlösung in eine linksdrehende Zuckerlösung umgewandelt. Diese unter Wasseraufnahme erfolgende Spaltung wird Hydrolyse und speziell Inversion genannt, wenn gleichzeitig damit die Drehung optisch aktiver Substanzen in die entgegengesetzte umgewandelt wird. Der rechtsdrehende Rohrzucker wird also durch verdünnte Säuren oder Invertin invertiert, und das resultierende linksdrehende gleich molekulare Gemenge von Trauben- und Fruchtzucker heißt Invertzucker. Der Invertzucker ist durch Hefe vergärbar (f. a. Kohlehydrate und Zucker).

Involution ist allgemein die Anordnung der Punkte einer Punktreihe (der Strahlen, Ebenen, Kurven u. f. w. eines Büschels) in Systeme von je n Punkten derart, daß jeder Punkt nur zu einem System gehört. Die Punktinvolutionen werden auf Geraden durch Kurven- oder Flächenbüschel ausge schnitten. Sie heißen höhere Involutionen, wenn $n > 2$ ist. *Wölffing.*

Werden zwei projektive Punktreihen so aufeinander gelegt, daß die nicht entsprechenden Endpunkte entsprechend gleicher Strecken, z. B. ab und cd (Fig. 1), zur Deckung gelangen, so entsteht hierdurch auf der Geraden ein Punktsystem: eine Involution von Punkten, eine involutorische Punktreihe oder ein involutorisches gerades Gebilde genannt.

Dem unendlich fernen Punkte des Trägers der Involution entspricht ein bestimmter Punkt, der Mittelpunkt der Involution. Die entsprechenden Endpunkte entsprechend gleicher Strecken bilden je ein zusammengehöriges oder konjugiertes Punktpaar der Involution. Man bezeichnet zusammengehörige Punkte zweckmäßig mit den gleichen Buchstaben und versteht den einen Buchstaben mit einem Index, z. B. aa_1 , bb_1 u. f. w. (Fig. 2). Durch zwei konjugierte Punktpaare ist die Involution vollständig bestimmt. Es gibt eine ungleichlaufende oder hyperbolische und eine gleichlaufende oder elliptische Involution; im ersten Falle ist die durch ein konjugiertes Punktpaar gebildete Strecke durch die übrigen Punktpaare nicht getrennt, im letzteren Falle findet eine solche Trennung statt; eine hyperbolische Involution besitzt stets zwei Doppelpunkte, bei einer elliptischen Involution sind Doppelpunkte nicht vorhanden.

Für eine Involution von Punkten gilt für jedes konjugierte Punktpaar aa_1 , bb_1 u. f. w., wenn m den Mittelpunkt der Involution bezeichnet, die Beziehung: $ma \cdot ma_1 = mb \cdot mb_1 = \text{const} = k^2$. Für den Fall des Vorhandenseins von Doppelpunkten g und h erhält man $ma \cdot ma_1 = mg \cdot mg_1 = mh \cdot mh_1 = mh^2 = k^2$, woraus folgt, daß die Doppelpunkte mit jedem konjugierten Punktpaar der Involution je vier harmonische Punkte bilden. Es unterliegt keiner Schwierigkeit, beliebig viele Punktpaare einer Involution zu konstruieren, sobald zwei Punktpaare derselben gegeben sind. Legt man nämlich durch die Punkte aa_1 bzw. bb_1 (Fig. 3) zwei Kreise, die sich in den Punkten o und p schneiden, so liefert jeder weitere durch o und p gehende Kreis auf dem Träger der Involution ein konjugiertes Punktpaar derselben, denn es findet ja die Beziehung statt:

$$ma \cdot ma_1 = mb \cdot mb_1 = mc \cdot mc_1 = \text{const} = m^2 q^2.$$

Liegen die Punkte o und p auf derselben Seite von A , so liegt der Punkt m auf der Verlängerung von op und unter den Kreisen von op sind zwei Kreise vorhanden, welche A in den Punkten g und h , den Doppelpunkten der Involution, berühren. Ihr Abstand von m ist gleich der Strecke $m q$. Liegen aber die Punkte o und p auf verschiedenen Seiten von A , so sind keine den Träger

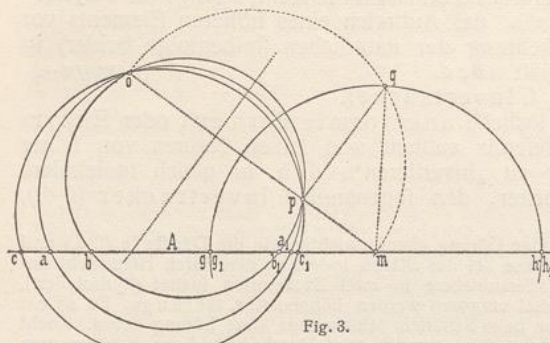


Fig. 3.

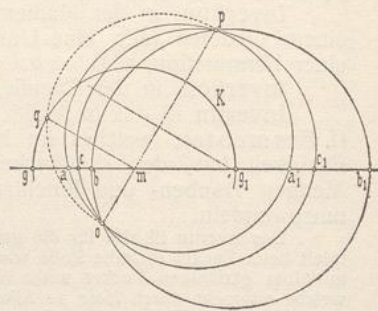


Fig. 4.

berührenden Kreise durch o und p und demnach auch keine Doppelpunkte der Involution möglich; dagegen gibt es ein konjugiertes Punktpaar $g g_1$, das symmetrisch zum Mittelpunkt m liegt und von dem Kreise K (Fig. 4) auf dem Träger der Involution ausgeschnitten wird. — Verbindet man die Punkte einer Involution mit einem beliebigen außerhalb des Trägers der Involution

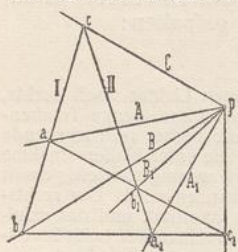


Fig. 6.

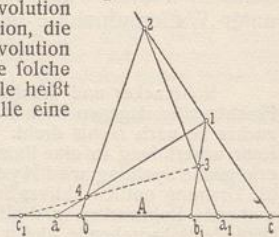


Fig. 5.

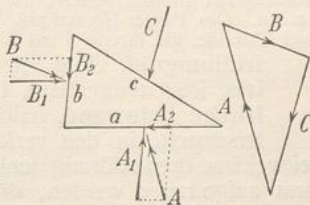
gewählten Punkte, so entsteht eine Involution von Strahlen oder eine Strahleninvolution, die je nach der zugrunde gelegten Punktinvolution zwei Doppelfstrahlen besitzen oder ohne solche Doppelfstrahlen sein kann; im ersten Falle heißt sie eine hyperbolische, im zweiten Falle eine elliptische Strahleninvolution. Der genannte Punkt außerhalb des Trägers kann so gewählt werden, daß a) im Falle der elliptischen Involution die konjugierten Strahlen aufeinander senkrecht stehen; b) im Fall der hyperbolischen Involution die Doppelfstrahlen aufeinander senkrecht stehen und den

Winkel bzw. Außenwinkel je zweier konjugierten halbieren. Sowohl für eine Punkt- wie für eine Strahleninvolution läßt sich in einfacher Weise linear zu einem gegebenen Punkte bzw. Strahle der konjugierte Punkt bzw. Strahl konstruieren, wenn die Involution durch zwei konjugierte Elementenpaare gegeben ist. Bei der Punktinvolution beruht die Konstruktion auf dem Satze, daß die drei Paar Gegenseiten eines vollständigen Viereckes von irgend einer Geraden nach Punktpaaren einer Involution getroffen werden; bei der Strahleninvolution liegt der Satz zugrunde, daß die Verbindungslinien eines beliebigen Punktes mit den Gegenecken eines vollständigen Viereckes drei Strahlenpaare einer Involution liefern. Es ergeben sich folgende lineare Konstruktionen: Ist c (Fig. 5) ein Punkt einer Punktinvolution aa_1, bb_1 , so zieht man durch c eine willkürliche Gerade, wählt auf ihr die Punkte 1 und 2 beliebig und verbindet diese mit den gegebenen Punktpaaren aa_1 und bb_1 . Die Verbindungslinie 1 b_1 und 2 a_1 , ebenso 1 a und 2 b liefern die Punkte 3 und 4 so, daß die Linie 3 4 den dem Punkte c konjugierten Punkt c_1 auf A ausschneidet. Ist entsprechend C (Fig. 6) ein Strahl der Strahleninvolution AA_1, BB_1 , so wählt man auf C einen beliebigen Punkt c und zieht durch ihn die Strahlen I und II, welche die Strahlenpaare AA_1 und BB_1 in den Punkten aa_1 und bb_1 so treffen, daß die Verbindungslinien ab_1 und a_1b sich in einem Punkte c_1 schneiden, durch welchen der dem Strahle C konjugierte Strahl C_1 der Involution hindurchgeht. Jeder Kegelschnittbüschel, ebenso jeder Flächenbüschel II. Ordnung erzeugt auf jeder Geraden eine Involution.

Vonderlinn.

Involution der Schnitt- und Krafrichtungen. Wird ein fester Körper von äußeren Kräften in Anspruch genommen, so entstehen im Innern des Körpers Spannungen und auf jede im Innern des Körpers gedachte Schnittfläche wirkt eine Kraft von bestimmter Richtung und Größe. Ist die Schnittfläche unendlich klein, so läßt sich stets annehmen, die auf sie einwirkende Spannung sei gleichförmig verteilt und ihre Mittelkraft gehe durch den Schwerpunkt der Fläche. Die auf die Flächeneinheit treffende Spannung wird häufig „spezifische Spannung“ genannt. Im allgemeinen führt die Untersuchung dieser inneren Kräfte zu einer räumlichen Aufgabe; sind jedoch parallele Schnittflächen vorhanden, auf die keine oder bloß normale Kräfte einwirken, so läßt sich die Aufgabe auf die Ebene beschränken. In diesem Falle ergibt sich folgendes: Es seien ABC die Kräfte, die auf ein unendlich kleines, dreieckiges Element abc einwirken, und $A_1 A_2 B_1 B_2$ die Kräfte, die man erhält, wenn man A und B parallel zu a und b zerlegt. Da von den fünf Kräften drei durch die Mitte von c gehen, so muß auch die Mittelkraft der zwei übrigen durch diesen Punkt gehen. Folglich verhält sich $A_2 : B_2 = a : b$. Stehen a und b aufeinander senkrecht, so sind $A_2 : a$ und $B_2 : b$ die in a und b wirkenden spezifischen

Schubspannungen; folglich: die in zwei aufeinander senkrechten Schnitten wirkenden spezifischen Schubspannungen sind einander gleich. Wird $A_2 = 0$, so verschwindet auch B_2 ; folglich: läuft A parallel zu b , so läuft auch B parallel zu a ; die Schnittrichtungen a und b sind einander vertauschbar zugewiesen (konjugierte Richtungen). — Hält man die Seite a fest und läßt b sich verlängern, so daß die Seite c sich um ihren rechten Endpunkt dreht, so bleibt im Kräfte-dreieck A fest und die Kraft C dreht sich um ihren unteren Endpunkt. Da hierbei die Kraft B der Länge b proportional bleibt, so projizieren die Seite c und die Kraft C ähnliche Punkte-reihen. Schnitt- und Krafrichtung sind also zueinander projektivisch und — da sie einander vertauschbar zugewiesen sind — zugleich involutorisch. Da jedes involutorische Strahlenbüschel zwei rechtwinklig aufeinander stehende Strahlen (Hauptstrahlen) besitzt, so folgt, daß es stets zwei aufeinander senkrechte Schnitte gibt, auf welche nur senkrechte (Zug- oder Druck-) Spannungen wirken (Hauptschnitte, Hauptspannungen). Hat die Involution keine reellen Doppelpunkte (elliptische Involution), so wird der Stoff in allen Schnitten in gleichem Sinne, entweder auf Zug oder auf Druck, in Anspruch genommen; Schnitte, welche nur scherend in Anspruch genommen werden, gibt es nicht. Hat die Involution reelle Doppelpunkte (hyperbolische Involution), so sind die beiden Hauptspannungen ungleichen Zeichens und die Doppelpunkte trennen die Schnitte, in denen der Stoff auf Zug in Anspruch genommen wird, von denjenigen, in welchen er auf Druck beansprucht wird; Schnitte in der Richtung der Doppelpunkte werden nur scherend in Anspruch genommen. — Analoge Sätze ergeben sich, wenn man die Betrachtung auf den Raum überträgt.



Literatur: Winkler, Die Lehre von der Elastizität und Festigkeit, Prag 1867–68; Culmann, Die graphische Statik, 2. Aufl., Zürich 1875; Ritter, W., Anwendungen der graphischen Statik, 1. Teil, Zürich 1888. Mörsch.

Inwieken, f. Moorkultur.

Ionen, Ionisation, f. Dissoziation und Elektrolyse.

Ionentheorie. Säuren, Basen, Salze sind sogenannte Elektrolyte, das sind solche Verbindungen, die durch den galvanischen Strom die Moleküle spalten und in elektropositive und in elektronegative Teilchen zerlegt werden. Diese Teilchen nennt man Ionen.

Ob eine solche Spaltung vollkommen ist oder teilweise erfolgt, hängt unter anderem von der Konzentration der Lösung ab. Die Ionentheorie (oder auch Dissoziationstheorie) lehrt auf Grund von osmotischen Versuchen und der Leitfähigkeit der Elektrolyte, daß auch schon in wässrigen Lösungen obiger chemischer Verbindungen eine solche Spaltung stattfindet. Die elektropositiven Teilchen nennt man die Kationen, die elektronegativen die Anionen. Chlorwasserstoff in sehr verdünnter wässriger Lösung zerfällt z. B. in positive H -Ionen und in negative Cl -Ionen, $NaOH$ in Na - und OH -Ionen, Chlornatrium in Na - und Cl -Ionen. Je mehr eine Säure oder Base in wässriger Lösung dissoziiert, desto stärker ist die betreffende Base oder Säure. Die Dissoziationstheorie ermöglicht eine andre Definition für Basen und Säuren zu geben als die bekannte. Die Säuren sind hiernach solche Körper, welche in wässriger Lösung H -Ionen liefern, Basen solche, welche OH -Ionen liefern, und die Reaktionen zwischen Säuren, Basen und Salzen in wässriger Lösung sind fast immer Reaktionen zwischen ihren Ionen. Zum Beispiel eine Lösung, welche freie H -Ionen (d. i. eine Säure) enthält, gibt mit einer Lösung mit freien OH -Ionen eine Salzlösung, wie es folgende Formel zeigt: $H \cdot Cl + NaOH = Na \cdot Cl + H \cdot OH$. Die positiven Ionen bezeichnet man mit dem $+$, die negativen mit dem $-$ -Zeichen, aber auch, wie in obiger Formel angegeben, mit einem Punkt bzw. mit einem Strich. Weiteres f. unter Dissoziation. Bujard.

Ionische Bauweise entstand in den reichen griechischen Kolonien Kleinasiens unter dem Einfluß der hochentwickelten Kultur Assyriens.

Die durch reichen Schmuck und schlanke Verhältnisse sich auszeichnende Formbehandlung fand ihren glänzendsten Ausdruck in den großen und berühmten Tempeln zu Samos, Ephesos und Milet, von wo aus sie später auch in Griechenland und Rom als ionische Ordnung Aufnahme und Verbreitung fand. Vgl. Säulenordnung.

Literatur: Handbuch der Architektur, II. Teil, Bd. 1. Baukunst der Griechen von J. Durm, Darmstadt 1881, wo weitere Literaturquellen angegeben sind. Weinbrenner.

Ipfer Tiegel, f. Tonwaren.

Ir, in der Chemie Zeichen für Iridium.

Irdenwaren, eine in vielen Gegenden übliche Bezeichnung für aus Ton hergestellte gewöhnliche Koch- und Speisegeschirre; f. Tonwaren.

Iridium, ein dem Platin nahestehendes, stets größere oder geringere Mengen deselben enthaltendes Metall.

Kristallisiert regulär. Silberweiß, gelblich angelaufen. Uneben und hakig brechend, wenig dehnbar. Metallglänzend. Härte 6–7; spez. Gew. 21,57–23,46. Sehr schwer schmelzbar und vor dem Lötrohr unveränderlich. In Säuren scheinbar unlöslich. Schmilzt indeffen mit Salpeter zusammen. Wird meist mit Platin zusammen gefunden (Ural, Brasilien). Selten und daher untergeordnete Verwendung in der Porzellanmalerei zu grauen und schwarzen Farben,

häufiger zur Herstellung von Spitzen goldener Schreibfedern, von Ziehplatten zum Drahtziehen, als Schneiden für feine Wagen, zu Nadeln der Aerzte u. f. w.

Literatur: Dudley, Eisenztg. 1889, Nr. 16 u. 17.

Leppla.

Iridium *Ir* (Atomgew. 192,5, spez. Gew. 22,4), graues, hartes Metall der Platingruppe; Schmelzpunkt höher als der des Platins, ca. 2500° C.

Es findet sich in Begleitung mit den übrigen Platinmetallen als seltenstes Element dieser Gruppe stets gediegen. Die Platingerätschaften für chemische Zwecke werden mit kleinen Prozentsätzen Iridium legiert, um sie noch widerstandsfähiger gegen chemische Einflüsse zu machen. Das Pariser Normalmaß besteht aus 90% Platin und 10% Iridium. Iridium bildet zwei Chloride, die ihrerseits mit Alkalichloriden Doppelsalze geben.

Bujard.

Iridiumgold, Gold mit 0,1% Iridium.

Iris, Regenbogenhaut, f. Auge; in der Mineralogie, f. Quarz.

Irische Leinwand, halbbaumwollene Leinwand.

Irisdruck, in den verschiedenen graphischen Techniken geübte Methode, bei welcher streifenförmig mehrere Farben nebeneinander zugleich auf die Druckform aufgetragen werden, die an den Berührungsstellen allmählich ineinander verlaufen. Dadurch wird mit einem Abdrucke ein mehrfarbiges Bild erhalten.

Der Irisdruck wird zur Wiedergabe von farbigen Spektren, dann bei Reproduktionen landschaftlicher Sujets benutzt, um z. B. die Farben des Himmels, eines Waldes in der Mitte und eines Sees im Vordergrund anzudeuten; ferner bei Banknotenuntergründen zur Erschwerung des Fälschens (vgl. Orloffdruck), als Unterlage bei verschiedenen photographischen Kopierprozessen, und schließlich bei Reklamedruckorten, die damit ein regenbogenartiges Farbengepränge erhalten. — Häufig dienen besondere Einrichtungen zur Erleichterung beim Durchführen des Irisdrucks, wie teilbare Farbwalzen (sogenannte Irisreiber), Regulierbarkeit der axialen Verschiebung der Farbehauptzylinder u. f. w.

A. W. Unger.

Irisglas, zuerst 1872 durch Zahn in Ungarn hergestelltes durchsichtiges, gefärbtes oder ungefärbtes, in Regenbogenfarben schimmerndes Glas. Man erhält dasselbe durch Ueberfangen von gewöhnlichem Glas mit einer dünnen Schicht von goldhaltigem Wismutfluß.

Irisieren, eine farbige Lichterscheinung, zumeist bei durchsichtigen und leicht spaltenden Mineralien, kommt dadurch zustande, daß weißes Licht durch das Vorhandensein von mit Luft erfüllten Haarrissen und feinen Spalten zwischen dünnen Lamellen des Minerals zur Interferenz gebracht wird. Es entstehen konzentrische, regenbogenfarbige Zonen.

Leppla.

Irisierende Metalloberflächen. Regenbogenfarben auf Metall werden auf galvanischem Wege hergestellt, indem man den zu färbenden Gegenstand mit dem positiven Pol einer galvanischen Batterie verbindet, in eine Lösung von Bleioxydnatron taucht und als Anode einen Platindraht benutzt. Die eingetauchten Gegenstände überziehen sich sofort mit den verschiedenartigsten Farben, die von der mehr oder weniger dicken Schicht des sich niederlagenden Bleioxyds herrühren. Statt Bleilösung kann auch eine Lösung von Eisenoxydulammoniak angewendet werden.

Andés.

Irisöl oder Veilchenwurzelöl, das durch Dampfdestillation aus dem Rhizom von *Iris florentina* L. gewonnene ätherische Oel, ist bei gewöhnlicher Temperatur von ziemlich fester, butter- oder wachsartiger Konsistenz und besteht aus einem starren, geruchlosen Körper, Mynitinsäure, und einem flüssigen, veilchenartig riechenden Oel, *Iron* ($C_{13}H_{20}O$). Es findet Verwendung in der Parfümerie.

Literatur: Gildemeister u. Hoffmann, Die ätherischen Oele, Berlin 1899.

Deite.

Irispapier, ein in der Buntpapierfabrikation erzeugtes, mit verschiedenfarbigen parallelen, auch gewellten Streifen bedecktes und daher eine dem Irisieren ähnliche Wirkung hervorbringendes Papier; f. Buntpapierforten, Bd. 2, S. 403.

Kraft.

Iron bricks, bis zur Sinterung gebrannte Ziegelsteine oder Tonplatten, die aus einem eisenreichen, rotbrennenden Ton hergestellt sind. Durch Anwendung eines reduzierenden Feuers kurz vor Schluß des Brandes erhalten die Iron bricks auf den Außenseiten, seltener auch im Innern, eine dunkelbraune bis blauschwarze Farbe (f. Pflasterklinker).

K. Dümmler.

Iron wood, f. Nutzhölzer.

Irradiation, eine optische Täuschung, durch welche helle Bilder auf dunkeln Grunde größer erscheinen als sie sind.

Eine in gleichgroße schwarze und weiße Quadrate eingeteilte Fläche läßt letztere über erstere etwas übergreifend erscheinen. Die Ursache ist eine Ausdehnung des Netzhautreizes

über den Umfang des auf ihr entworfenen Bildes hinaus. Die Irradiation wirkt besonders störend bei der Beobachtung der Planetenvorübergänge vor der Sonne; sie erschwert die Feststellung der Kontaktzeiten.

Aug. Schmidt.

Irrational, Bezeichnung für mehrdeutige algebraische Funktionen.

Irreduktibel, f. Mathematik.

Irrenhaus (Irrenanstalt), Gebäude zu geordneter Irrenpflege, bei welchen zweierlei Arten zu unterscheiden sind: 1. zur Genesung heilbarer Kranken; 2. zu dauernder Unterbringung und angemessener Beschäftigung Unheilbarer. Diefem Zweck wird um so mehr entsprochen werden, je weniger die Anstalt durch Anlage und Bauart die Freiheit der Bewegung beschränkt, durch ihre Einrichtung dem Kranken das Gefühl der persönlichen Freiheit beläßt und dadurch dessen Los möglichst erträglich gestaltet.

Es findet eine Trennung nach den Geschlechtern sowie nach dem Grade des Irrefeins nach Stand und Bildungsstufe des Kranken statt. Hiernach ergeben sich folgende Krankenabteilungen: a) Ruhige und Halbruhige, b) Unruhige, c) Unreinliche, d) Gelähmte, e) Epileptische, f) körperlich Leidende, g) Arbeitende. Nach der Statistik kommen von jedem Geschlecht auf 100 Kranke:

	Männer:	Frauen:
a) Ruhige, alte und kranke	15	20
arbeitsunfähige	35	30
b) Unruhige	20	23
c) Unreinliche	10	10
d) Epileptische	12	9
e) mit besonderer Ueberwachung	8	8

Hiervon sind 10% tobftüchtig, 5% vorübergehend krank, 25% epileptisch, blödsinnig, gelähmt.

Die allgemeine Anordnung sowie die technischen und konstruktiven Einrichtungen sind solchen der Krankenhäuser (f. d.) ähnlich. Die Gebäudeanlagen haben dieselben Wandlungen erfahren wie letztere, von geschlossenen Klosterbauten welche hierfür vielfach nutzbar gemacht wurden, bis zu den Einzelbauten in Block- oder Pavillonform, der Cottageform oder der Arbeiterkolonie. Die größeren neuen Anstalten bestehen aus mehr oder weniger nahe zusammengelegten oder verbundenen Einzelgebäuden, welche die in der Mitte liegenden Verwaltungs- und Wirtschaftsgebäude umgeben.

Die Lage der Anstalt muß sorgfältig gewählt, gesund und hochgelegen sein, tunlichst in mäßiger Entfernung einer größeren Stadt oder einer Bahnstation. Die Größe der Anstalt gehe nicht über 4—600 Kranke (auf 1000 Einwohner werde 1 Kranker berechnet). An Flächengehalt des Geländes für 100 Kranke = 5—9 ha. An Baufläche für 1 Kranken 35—50 qm.

Die Krankenabteilungen zerfallen in: 1. Wohn- und Speisezimmer im Erdgeschoß mit direktem Ausgang nach Hof oder Garten; 2. Schlafräume im oberen Stockwerk. Große breite Gänge dienen zu Aufenthalt und Bewegung bei schlechtem Wetter. Vergitterte Tobzellen sind nicht erwünscht. Es genügen heitere Zimmer von wohlnlichem Eindruck, mit glatten Wänden, ohne alles Mobiliar, Fenster mit zolldicken Gläsern in eisernem Rahmen, feste Türen, nach außen aufschlagend. Für Unreinliche erfordern die Abtrittanlagen besondere Sorgfalt; sie sind mit Entleerung und Entlüftung von außen her zu versehen. Die allgemeinen Bäder (nahe der Waschküche) enthalten auf 100 Kranke eine Badewanne, daneben Ruhezimmer u. f. w. Den arbeitenden Kranken ist Beschäftigung im Handwerk, am besten im Freien oder in luftigen Räumen, im Feld- oder Gartenbau zuzuweisen. — Um die Gebäude, Höfe und Spaziergärten ist eine Abschlußmauer zu errichten, jedoch als Ahnmauer (f. d.), um den Kranken die Aussicht ins Freie nicht zu entziehen.

Literatur: [1] Baukunde des Architekten, Berlin 1884, Bd. 2, S. 424 ff. — [2] Handbuch der Architektur, Darmstadt, 4. Teil, 5. Halbbd., S. 1 ff. mit zahlreichen Literaturangaben. — [3] Zeitschr. für Bauwesen, Berlin, Jahrg. 54, 69 ff. — [4] Deutsche Bauztg., Jahrg. 78, 81, 82 ff. — [5] Klafen, L., Grundrißvorbilder.

Weinbrenner.

Irrgang, Irrweg oder Labyrinth (f. d.), ein Bauwerk mit verschlungenen Gängen, so daß ein Uneingeweihter sich schwer herausfindet.

Ifanomalen, Linien, die auf der Erdoberfläche die Orte mit gleicher thermischer Anomalie verbinden, womit man nach Dove insbesondere den Unterschied zwischen der Temperatur eines Ortes und der mittleren Temperatur seines Breitenkreises bezeichnet.

Sie geben ein sehr anschauliches Bild von dem Einfluß, den Wasser und Land auf die ungleiche Verteilung der Wärme auf der Erdoberfläche ausüben — Jahres- und Monatsifanomalen. Die ersten Ifanomalenkarten konstruierte Dove [1], spätere, auf den Doveschen Zahlen im wesentlichen basiert, Teifferenc de Bort (1878). Neuere, auf neues Beobachtungsmaterial gestützte Karten veröffentlichten Spitaler [2] unter Zugrundlegung des Atlas der Meteorologie von Hann und Batcheler [3] unter Benutzung der Isothermen von Buchan im Report on atmospheric circulation. Die Ifanomalen stimmen in ihrem Verlauf nahe überein mit dem der Isobaren nach den Untersuchungen von Teifferenc de Bort [4] und Wild [5] (1882).

Literatur: [1] Dove, Die Verbreitung der Wärme auf der Oberfläche der Erde, dargestellt durch Isothermen und Ifanomalen, Berlin 1852. — [2] Spitaler, Ueber die Temperaturanomalien auf der Erdoberfläche, Petermanns geographische Mitteilungen 1887; Ueber die Temperaturanomalien auf der Erdoberfläche im Januar und Juli, ebend. 1889. — [3] Batcheler, A new

series of isanomalous temperature charts, based on Buchan's isothermal charts, American meteorological Journal 1894. — [4] Teifferenc de Bort, Etude sur la distribution relative des températures et des pressions moyennes, Annales du Bureau central mét. de France, Mét. gén., année 1879, Paris 1879. — [5] Wild, Ueber die Beziehungen zwischen Isobaren und Isanomalien, Bulletin de l'Acad. des sciences de St. Pétersbourg, Bd. 11. Großmann.

Isenit, f. v. w. Hornblende-Andesit, f. Andesit.

Isentropische Zustandsänderung, f. Adiabatische Zustandsänderung, Entropie, Gase, Dampf, gefättigter und überhitzter.

Iserin, f. v. w. Titaneisenerz (f. d.).

Isobaren, Linien, die auf der Erdoberfläche die Orte mit gleichem auf 0° und Meeresniveau reduzierten Luftdrucke verbinden.

Während den Jahres- und Monatsisobaren entsprechende Mittelwerte zugrunde liegen, geben die Isobaren der heutigen Wetterkarten die im Einzelfall statthabende Luftdruckverteilung, durch die Wind und Wetter bedingt sind und die, im Zusammenhang mit der jüngst vorangegangenen, die Grundlage für die moderne Wetterprognose abgibt. In Europa werden den Isobaren der synoptischen Wetterkarten neuerdings meist auch auf Normalhöhe in 45° Breite reduzierte Luftdruckwerte zugrunde gelegt. — Für die Klimatologie besitzen die Jahres- und Monatsisobaren eine hervorragende Bedeutung, indem sie implizite die Richtung und Herkunft der Winde und damit die Temperaturverhältnisse zur Darstellung bringen, bezw. beurteilen lassen. Bezüglich des Verhältnisses der Isobaren zu den Temperaturisomalien vgl. Isanomalien. — Die ersten Isobarenkarten für die Erde wurden von Buchan [1] 1859 konstruiert, für das Jahr und die zwölf Monate; spätere lieferten Woeikoff [2], Hann [3] und aus neuerer Zeit wieder Buchan [4]; von den für einzelne Gebiete bearbeiteten Isobarenkarten seien zumal die von Hann [5] für Mittel- und Südeuropa bearbeiteten Isobarenkarten hervorgehoben. — Eine Klassifikation der Isobaren nach sieben Grundformen schlug Abercromby [6] vor.

Literatur: [1] Buchan, A., The mean pressure of the atmosphere and the prevailing winds over the globe for the month and for the year, Trans. R. Soc. Edinburgh, Bd. XXV, 1859. — [2] Woeikoff, Die Klimate der Erde, Jena 1887. — [3] Berghaus' Physikalischer Atlas, Abt. 3, Atlas der Meteorologie, bearbeitet von Hann, Gotha 1887. — [4] Buchan, Report of the scientific results of the voyage of H. M. S. Challenger, Bd. II, Teil V, Report on atmospheric circulation, 1889. — [5] Hann, J., Die Verteilung des Luftdruckes über Mittel- und Südeuropa, Wien 1887. — [6] Abercromby, Weather, a popular exposition of the nature of weather changes from day to day, London 1887, S. 25. Großmann.

Ifobronten, f. Gewitter.

Ifochimenen, Linien, die auf der Erdoberfläche die Orte gleicher mittlerer Wintertemperatur verbinden.

Ifochinolin, f. Teer und Chinolin.

Ifochoren heißen die Kurven, welche die Abhängigkeit des Druckes einer gegebenen Menge eines Gases oder einer Flüssigkeit von der Temperatur bei konstantem Volumen angeben.

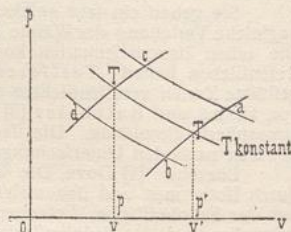
Ramfay und Young fanden im Einklang mit den Forderungen der Theorie von van der Waals, daß der Druck fast immer der Temperatur proportional ansteigt, d. h. daß die Ifochoren gerade Linien sind. Streng ist dies Gesetz jedoch nicht. Aus den Messungen von Young und Amagat berechnet Reinganum, daß bei den stark polymerisierenden Substanzen, bei denen die Abweichungen am größten sind, die Ifochoren mit der Temperatur stärker ansteigende Linien sind, als dem Gesetz der geraden Linie entsprechen würde, was sich durch die Abnahme der Polymerisation mit zunehmender Temperatur erklärt; daß ferner die normalen Körper nur in einem bestimmten Gebiet in der Nähe des kritischen Volumens daselbe Verhalten zeigen, daß bei ihnen aber sonst die Ifochoren schwächer mit der Temperatur ansteigen, als das Gesetz der geraden Linie verlangt.

Literatur: Nernst, Theoretische Chemie, 4. Aufl., Stuttgart 1903; Reinganum, M., Dissertation, Göttingen 1899. (Nernst) F. Krüger.

Ifochronismus (Gleichzeitigkeit), annähernde Eigenschaft der Schwingungen eines Pendels; die Schwingungszeit ist unabhängig von der Größe des Auschlages, ebenso verhalten sich die Schwingungen elastischer Körper. Genau ifochron schwingt theoretisch das Cykloidenpendel. Aug. Schmidt.

Ifodiabatische Zustandsänderungen werden in der Wärmetheorie mitunter nach Rankine [1] zwei oder mehrere Zustandsänderungen genannt, für welche bei gleicher Temperatur t die spezifische Wärme $c = \frac{dQ}{dt}$ (Verhältnis der Wärmezufuhr dQ zur Temperaturänderung dt) den gleichen Wert hat.

Für Gase, welche dem Boyle-Gay-Lussacschen Gesetze folgen (f. d.) hat man isodiabatische Uebergänge ab und cd (f. die Figur), wenn für je zwei dem gleichen t entsprechende Zustände p, v und p', v' (p, p' spezifische Drücke, v, v' spezifische



Volumen), die Beziehung besteht: $p = a p'$, $v' = a v$, unter a eine beliebige Konstante verstanden. Es gehören hierher z. B. Uebergänge nach Gesetzen von der Form $p v^m = C$ bei gleichem konstanten m und verschiedenen konstanten C , das heißt polytropische Zustandsänderungen (s. d.), also auch Uebergänge bei konstantem Druck, konstantem Volumen, isothermische und adiabatische Zustandsänderungen. Die isodiabatischen Zustandsänderungen spielen besonders bei den Regeneratoren (s. d.) von Heißluftmaschinen eine Rolle.

Literatur: [1] Rankine, A manual of the steam engine and other prime movers, London 1854, S. 345. — [2] Reitlinger, Ueber Kreisprozesse mit zwei isothermischen Kurven, Zeitschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1873, S. 245. — [3] Zeuner, Technische Thermodynamik I, Leipzig 1900, S. 299. — [4] Weyrauch, Grundriß der Wärmetheorie I, Stuttgart 1905, S. 105, 191, 194. — S. auch Regeneratoren der Wärme. *Weyrauch.*

Isodimorphie, die Erscheinung, daß zwei verschiedene Substanzen in je zwei kristallisierten Modifikationen vorkommen, die paarweise isomorph sind.

Häufig sind beide Modifikationen in freiem Zustande nicht bekannt, sondern man kennt eine nur in Gestalt der isomorphen Beimengung; die im Ueberschuß in dem Mischkristall vorhandene Substanz zwingt dann gewissermaßen der andern ihre Kristallart auf. Ein Beispiel für Isodimorphie bilden die Sulfate des Magnesiums und Eisens ($MgSO_4 + 7H_2O$, $FeSO_4 + 7H_2O$); sie vermögen, obwohl das erstere nur rhombisch, das letztere monoklin kristallisiert, sowohl rhombische wie monokline Mischkristalle zu bilden, jedoch nur von beschränkter Mischbarkeit. Die Mischkristalle mit höherem Mg -Salzgehalt sind rhombisch, die mit größerem Fe -Salzgehalt monoklin.

Literatur: Nernst, W., Theoretische Chemie, 4. Aufl., Stuttgart 1903.

F. Krüger.

Isodom, ein Mauerwerk, das seiner ganzen Dicke nach aus vollen Quadern hergestellt ist.

Isodynamen, s. Magnetismus.

Isodynamische Zustandsänderung, s. Innere Arbeit.

Isogothermen, s. v. w. Geisothermen, s. Geothermik.

Isogonen, s. Magnetismus.

Isohyeten, Linien, die auf der Erdoberfläche die Orte gleicher Niederschlagshöhe verbinden und somit die Verteilung der Niederschläge auf den Regenkarten zur Darstellung bringen, sei es für die Monate, Jahreszeiten, das Jahr, oder auch solche Niederschläge in ihrer räumlichen Verteilung darstellen, die eine einzelne atmosphärische Erscheinung im Gefolge hatte. Wegen der großen Veränderlichkeit der Niederschläge erfordert die Konstruktion der Isohyeten zur genauen Darstellung der monatlichen und jährlichen Verteilung der Niederschläge langjährige Beobachtungen und verlangt, daß diese möglichst durchweg während des gleichen Zeitraums stattgefunden haben (vgl. Niederschläge). *Großmann.*

Isohypsen, s. v. w. Höhenkurven (Horizontalkurven); s. Höhenkurvenpläne.

Isoklinale, s. Lagerung.

Isoklinen, s. Magnetismus.

Isolation, s. Isolator und Leitungen, elektrische.

Isolationswiderstand, der Widerstand, den die Isolation (s. Isolator und Leitungen, elektrische) einer elektrischen Leitung dem schädlichen Abfließen des Stromes in die Unterlage (Erdschluß) oder in die andre Leitung entgegensetzt.

Erfordert sich ein solcher Erdschluß nur auf eine Stelle der positiven oder negativen Leitung allein, so ist er zwar zunächst ohne wesentliche Bedeutung; es tritt jedoch sofort ein Stromverlust ein, sobald auch die Isolation einer zweiten Stelle derselben Leitung oder der andern Leitung nachläßt. Aus diesem Grunde muß jede im Betriebe befindliche elektrische Leitung von Zeit zu Zeit in den Betriebspausen einer Isolationsprüfung nach den üblichen Widerstandsmessmethoden unterworfen werden [3], [4], während beim Betriebe selbst ein sogenannter Erdschlußanzeiger, welcher sich gewöhnlich dauernd am Schaltbrett befindet, die auftretenden Isolationsfehler angibt. Das Prinzip desselben ist folgendes: Zwei Glühlampen a und b (Fig. 1), welche die Betriebsspannung besitzen, sind hintereinander zwischen die positive und negative Hauptleitung geschaltet, während ein Punkt zwischen ihnen mit der Erde (Gas- oder Wasserrohr) durch den Draht c verbunden ist. Auf diese Weise brennt jede Lampe nur mit der halben ihr zukommenden Spannung, d. h. ihr Faden leuchtet nur dunkelrot, und erst, wenn durch einen Erdschluß in einer der Leitungen, z. B. in der positiven, eine Verbindung d mit dem Leiter c hergestellt ist, wird die eine Lampe, in diesem Falle b , heller brennen als die andre, weil ihr der Strom jetzt auch über d und c zufließt. Aus der Helligkeitsdifferenz kann man ungefähr auf die Größe des Erdschlusses schließen. Eine andre Methode zur Nachweisung des Erdschlusses mit nur einer Glühlampe zeigt Fig. 2. Die Glühlampe a ist durch den Draht c wieder mit der Erde in Verbindung, während sie mittels der Kurbel k an die Punkte e und f der beiden Haupt-

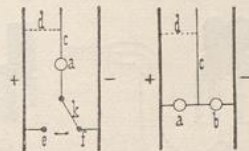


Fig. 2.

Fig. 1.

leitungen angelegt werden kann. Ist kein Erdschluß vorhanden, so bleibt die Lampe *a* beim Anlegen der Kurbel an *e* oder *f* dunkel; kommt sie jedoch hierbei, z. B. durch Anlegen der Kurbel an die negative Leitung (*f*), zum Brennen, so wird dadurch angezeigt, daß die positive Leitung einen Erdschluß *d* besitzt, der dann sofort aufgefucht und abgestellt werden muß. Verwendet man an Stelle der Glühlampe ein Galvanometer, so kann auch sofort die Größe des noch vorhandenen Isolationswiderstandes bestimmt werden.

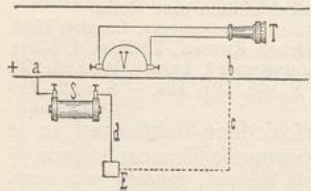


Fig. 3.

ist, mit der flachen Seite an der fehlerhaften Leitung entlang, so tönt das Telefon auf der Strecke *a, b*, da der in *a, b* verlaufende Induktionsstrom induzierend auf die Spulenwindungen wirkt, schweigt aber sofort beim Ueberschreiten der fehlerhaften Stelle *b*, da weiterhin in *b, e* kein Induktionsstrom mehr fließt. Für Zentralstationen hat man mit Hilfe der Prüfdrähte (f. Leitungen, elektrische), selbsttätige Meldungsvorrichtungen von Isolationsfehlern eingerichtet [5].

Bezüglich der Größe des Isolationswiderstandes hat der „Verband deutscher Elektrotechniker“ folgende Bestimmungen erlassen [1]. Bei Niederspannungsanlagen, das sind solche, bei denen die Spannung zwischen einem Leiter und Erde 250 Volt nicht überschreitet, soll der Isolationszustand derart fein, daß der Stromverlust auf jeder Teilstrecke ein Milliampère nicht überschreitet. Der Isolationswert einer solchen Leitungstrecke muß hiernach wenigstens betragen: 1000 Ohm multipliziert mit der Voltzahl der Betriebsspannung, z. B. 220 000 Ohm für 220 Volt Betriebsspannung. Der Isolationswiderstand von Freileitungen muß bei feuchtem Wetter mindestens 20 000 Ohm für das Kilometer einfacher Länge betragen. — Bei Hochspannungsanlagen, das sind solche, bei denen die Spannung zwischen einer Leitung und Erde mehr als 250 Volt beträgt, soll der Isolationszustand derart fein, daß jede Teilstrecke (z. B. zwischen zwei Sicherungen) bei 250 Volt mindestens 250 000 Ohm, bei 500 Volt mindestens 375 000 Ohm, bei 1000 Volt mindestens 480 000 Ohm hat. Von 1000 Volt ab soll der Widerstand mindestens 500 Ohm für das Volt betragen. Bei Hochspannungsfreileitungen werden bei feuchtem Wetter mindestens 80 Ohm für das Volt und den Kilometer einfacher Länge verlangt, im ganzen jedoch höchstens $1\frac{1}{2}$ Millionen Ohm.

Literatur: [1] Sicherheitsvorschriften des Verbandes deutscher Elektrotechniker, Berlin 1903. — [2] Heim, Beleuchtungsanlagen, Leipzig 1903. — [3] Holz, Schule des Elektrotechnikers, Leipzig 1903. — [4] Grawinkel u. Strecker, Hilfsbuch für die Elektrotechnik, Berlin 1900. — [5] Elektrotechnische Zeitschrift, Berlin 1893.

Holst.

Isolator, ein Körper, welcher die Elektrizität nicht bzw. nur ganz schlecht leitet (f. a. Dielektrikum, Bd. 2, S. 750, und Elektrizität, Bd. 3, S. 400).

In der Elektrotechnik, besonders bei elektrischen Leitungen, um sie gegen Stromverluste zu schützen, angewendet. Zu diesem Zwecke umwickelt man die Leitungsdrähte mit Seide, Baumwolle oder Zwirn und tränkt zuweilen diese Materialien, um sie widerstandsfähiger zu machen und ihre Isolierfähigkeit zu erhöhen, mit Schellack, Paraffin, Wachs, Asphalt u. dergl. oder umhüllt sie mit einer bzw. mehreren Schichten Guttapercha. Für besondere Zwecke schützt man diese Isolierungen noch durch Bleimäntel oder Eisendrahtarmierungen. — Frei durch die Luft oder durch genügend weite Kanäle gehende Leitungen bleiben der Billigkeit wegen blank und ihre Isolierung wird durch geeignete Befestigung an Porzellankörpern, welche gemäß ihrer Bestimmung kurz den Namen Isolatoren führen, bewirkt.

Fig. 1 zeigt einen Isolator (sogenannte Doppelglocke) aus Hartfeuerporzellan, wie er bei der Anlage von Telegraphen- und Telefonleitungen üblich ist, Fig. 2 einen solchen zur Führung von starken rechteckigen Kupferleitungen in unterirdischen Zementkanälen (angewendet bei dem Elektrizitätswerk zu Königsberg i. Pr.). — Für hohe Spannungen (über 1000 Volt) genügt diese

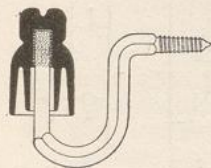


Fig. 1.



Fig. 2.

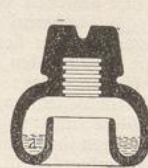


Fig. 3.

Isolation nicht, weil über die mit der Zeit unfauber werdende Oberfläche der Porzellanglocken hinweg ein Teil des Stromes vom Drahte durch die feuchte Stange bzw. Unterlage zur Erde abgeleitet wird, und man wendet dann besser sogenannte Oelisolatoren (Fig. 3) an. Dieselben enthalten im Innern bei *a* eine oder mehrere Rinnen, welche mit Oel, einem sehr schlechten Leiter, gefüllt sind, durch den die Stromableitung zu der den Isolator tragenden Eisenstütze und somit zur Erde verhindert wird. Mit dem Namen Abspannisolator bezeichnet man die Isolatoren, an denen die beiden Enden einer Leitung befestigt sind. Wegen des meist erheblichen Gewichtes des ausgespannten Leitungsdrahtes ist das Abspanngestänge, welches die Endisolatoren trägt, entsprechend zu verankern. Weitere Angaben über Isolierung, Installation u. f. w. findet man unter Leitungen, elektrische.

Holst.

Isolierlacke, in der Elektrotechnik vielfach verwendete Lösungen von Harzen

in verschiedenen Flüssigkeiten, farblos oder gefärbt (meist aber schwarz) zum Ueberziehen von Leitungsdrähten und verschiedenen Isolationsstücken; sie müssen absolut widerstandsfähig gegen Feuchtigkeit sein und der elektrische Funke darf nur bei sehr hoher Spannung durchschlagen.

Andés.

Izoliermaterialien für Schiffe und Schiffsmaschinen, zur Umhüllung der wärmeleitenden Leitungen verwendete schlechte Wärmeleiter, um die Lüftung der Schiffsräume ausgiebiger durchführen zu können.

Im besonderen brachte bei den Panzerdeckschiffen, bei denen das Deck die unteren Schiffsräume gleichsam unter eiserner Glocke abschließt, die hohe Temperatur der Schiffsräume Unzuträglichkeiten mit sich, so daß man sich, namentlich um die Wärme in den Munitionsräumen herabzumindern, schließlich veranlaßt sah, künstliche Kühlanlagen einzubauen und auch die wichtigsten Räume durch Isolierungen abzuschließen. Nach Versuchen der Firma Riedinger in Augsburg haben sich für die verschiedenen Isoliermaterialien nachstehende Vergleichszahlen ergeben [1]:

	Vergleichszahl des Wärme- durchgangswerts	Schicht- dicke mm	Gewicht pro qm kg	Kosten pro qm M.
Asbestmasse	46	140	175,0	14,0
Kieselgur-Rippenplatten	35	100	27,0	5,2
Kunststoffstein	26	80	16,0	4,5
Kieselgur	23	70	17,2	0,26
Moortorfstein	22	65	10,0	3,0
Verkieselter Kork	20	60	24,0	3,4
Blätterholzkohle	17	50	9,5	—
Schlackenwolle	16	45	11,0	1,3
Filz	16	45	13,0	32,0
Infusoritkork	16	45	11,8	2,4
Korkmehl	14	40	4,0	0,2
Seidenzopfdecken	14	40	7,0	16,0
Gepreßter Kork	13	40	6,5	3,4
Filz mit Papierzwischenlage	10	30	9,0	21,0

Da die Isolierstoffe widerstandsfähig gegen Feuchtigkeit und Hitze, leicht und billig zu bearbeiten, gegen Ungeziefer zu schützen sowie schließlich spezifisch leicht und nicht zu teuer sein müssen, so ist der Verwendungsbereich derselben sehr verschieden. Für Bekleidung der Dampfzylinder verwendet man vorwiegend Kieselgur, Filz und Asbest mit äußerem Blechmantel von 1–2 mm Dicke. Die Dampfrohre werden zur Vermeidung von Wärmeverlusten mit Kieselgur, Asbestschnur, Korkstein oder Filz umhüllt und dann mit Segeltuch benäht, auch mit Messingdrahtgaze oder Eisenblech bekleidet. Zur Kesselbekleidung verwendet man bei Zylinderkesseln Kieselgur und Korkstein mit Blechmantel für den oberen Teil und Asbestmatten oder Filz für das untere Drittel. Bei den Wasserrohrkesseln ist das eiserne Gehäuse doppelwandig mit Asbest dazwischen und einer Lage Isoliermaterial außen darauf. Zur Isolierung von Schiffswänden, Munitionskammern, Schornsteinschächten u. f. w. kommen meist feste Isoliermaterialien zur Verwendung, und haben sich gepreßte Korktafeln recht praktisch und dauerhaft erwiesen. — Vgl. a. die Art. Isolator und Isolierschichten.

Literatur: [1] Isolationsstoffe und Kühlräume auf Kriegsschiffen, Zeitschr. des Ver. deutsch. Ing. 1902, S. 1366.

T. Schwarz.

Izolierrohr (sogenanntes Bergmannrohr), f. Leitungen, elektrische.

Izolierschichten, 1. Einlagen im Mauerwerk aus einem für Wasser oder Feuchtigkeit undurchlässigen Stoff, um hierdurch das Aufsteigen der Erdfeuchtigkeit, welche durch Wasserdruck von der Bergseite oder durch hohen Grundwasserstand verursacht sein und durch die Kapillarität der Mauersteine sich allmählich in das Stockmauerwerk hinaufziehen kann, zu verhindern. Die tauglichen Stoffe sind Asphalt und Teer, Metall und Glas. In einfachen Fällen kann schon eine in Zement ausgeführte Rollschicht besonders hart gebrannter Backsteine genügen; ebenso ist eine Lage von Rohglas oder von Bleiplatten, welche durch Kohlenstaub gegen Oxydation durch Kalkmörtel zu schützen sind, hierzu geeignet. Am meisten empfiehlt sich eine heiß aufgetragene, 10 mm starke Schicht von Asphalt oder Teer oder auch eine Lage von Asphalt-pappe, welche in besonderen Fabriken angefertigt und nach Maß geliefert wird. Diese Schicht wird über den Grundmauern oder in der Höhe des Sockels, jedenfalls unter dem Fußboden des Erdgeschosses angeordnet. — 2. Stehende Isolierschichten wie z. B. zur Trennung der Abtrittgruben vom Hauptbau, können in ca. 30 cm starker Lehm- oder Zementlage bestehen; in andern Fällen kann Asphalt, Zement, Metallblech zur Anwendung kommen. — 3. Zur Isolierung von Leitungsröhren für Dampf, Wasser oder zur Heizung dienen schlechte Wärmeleiter, wie Hanf, Werg, Asbest, Korkmasse u. dergl. (vgl. Isoliermaterialien für Schiffe und Schiffsmaschinen), teils zum Anstreichen oder in

getrockneter Form. 4. Zur Ifolierung gegen Maschinengeräusche und Erschütterungen werden in Ifolierpappe eingehüllte Korkfundamentunterlagen verwendet, aus imprägnierten Korkstreifen in eisernen Rahmen zusammengefügt (vgl. Prospekt von E. Zorn-Groß-Lichterfelde).

Weinbrenner.

Ifolierseidenpapier, f. Papierforten.

Ifolierte Schiene, f. Stellwerke.

Ifolierung, f. Leitungen, elektrische, Eisenbahnen, elektrische.

Ifolierungsmauer, eine von der Hauptmauer in einem gewissen Abstand stehende Mauer, welche den Zweck hat, die Einflüsse der Feuchtigkeit, den Schall von Musik oder von Werkstättengeräusch abzuhalten, ein Entweichen von Wärme oder aber eine Uebertragung von Erschütterungen zu verhindern. Bei gut bindendem Mörtel kann diese Mauer schon in hochkantig gestellten Backsteinen oder in einer Stärke von $\frac{1}{2}$ Stein genügen.

Weinbrenner.

Ifomaltose, eine zu den Saccharobiosen gehörige Zuckerart $C_{12}H_{22}O_{11}$, welche mit dem Malzzucker isomer ist und aus Traubenzucker durch Einwirkung von Salzsäure [1] sowie beim Maischprozeß [2] entsteht (f. Kohlehydrate).

Literatur: [1] Fischer, E., Berichte der Deutschen chemischen Ges., 23, S. 3688. — [2] Lintner, C. J., und Düll, G., Zeitschr. f. angewandte Chemie, Jahrg. 1892, S. 263—268.

Ifomerie, chemische, im weiteren Sinne die Erscheinung, daß Körper von gleicher prozentualer Zusammensetzung verschiedene physikalische und chemische Eigenschaften aufweisen, und zwar nicht nur im festen Aggregatzustande, wo verschiedene Aneinanderlagerung von im übrigen gleichen Molekülen das verschiedene Verhalten bedingen kann (Allotropie [f. d.], Polymorphie oder physikalische Ifomerie), sondern in allen Aggregatzuständen, so daß die Verschiedenheit der Eigenschaften auf der verschiedenen Anordnung der Atome im Molekül beruht.

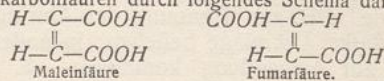
Man unterscheidet zwischen Polymerie und Ifomerie im engeren Sinne oder Metamerie. Polymer sind zwei Körper von gleichprozentualer Zusammensetzung, aber verschiedenem Molekulargewicht. So sind Cyanäure und Knalläure, welcher historisch wichtige Ifomeriefall 1824 von Liebig und Wöhler entdeckt wurde, ferner sämtliche Kohlenwasserstoffe, z. B. die Gruppe C_nH_{2n} , untereinander polymer, ebenso z. B. die Stoffe Formaldehyd CH_2O , Essigsäure $C_2H_4O_2$, Milchsäure $C_3H_6O_3$, Traubenzucker $C_6H_{12}O_6$. — Metamer oder isomer im engeren Sinne sind Körper von gleicher Zusammensetzung und gleichem Molekulargewicht; so kommt z. B. die Formel $C_4H_8O_2$ folgenden Isomeren zu:

Buttersäure	$CH_3CH_2CH_2COOH$	Propionsäuremethylester	$CH_3CH_2COOCH_3$
Ifobuttersäure	CH_3CHCH_2COOH	Essigsäureäthylester	$CH_3COOC_2H_5$
	Ameisensäurepropylester		$HCOOC_3H_7$

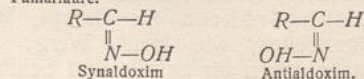
Durch Anlagerung zweier Alkylgruppen an das Benzol erhält man drei Isomere, je nachdem dieselben in der Ortho-, Meta- oder Parastellung zueinander stehen; durch Substituierung eines oder mehrerer Wasserstoffatome durch Halogene in diesen Isomeren läßt sich eine sehr große Anzahl isomerer Verbindungen bilden.

a) **Optische Ifomerie**. Zu besonders interessanten Ifomeriefällen hat die Entwicklung der Stereochemie (f. d.) geführt, welche die räumliche Anordnung der Atome im Molekül betrachtet. Man unterscheidet hier: Aus der absoluten Gleichwertigkeit der vier Kohlenstoffvalenzen und z. B. dem Fehlen der Ifomerie bei Methylchlorid und ähnlichen Verbindungen läßt sich schließen, daß die Valenzen des Kohlenstoffs nicht in einer Ebene liegen, sondern alle gleich weit voneinander entfernt sind wie die Achsen eines gleichseitigen Tetraeders. Daraus folgt aber die Existenz einer Ifomerie bei denjenigen Kohlenstoffverbindungen, bei denen die vier Kohlenstoffvalenzen durch vier verschiedene Radikale gesättigt sind (asymmetrisches Kohlenstoffatom). Le Bel und van't Hoff sprachen 1874 die jetzt allgemein angenommene Ansicht aus, daß die rechts und links optisch aktiven Substanzen diesem Ifomeriefall entsprechen. Die übrigen physikalischen und chemischen Eigenschaften sind gleich, abgesehen von der Kristallform, deren eine oft das Spiegelbild der andern ist. Die optische Ifomerie ist also derjenige Fall, bei dem die Isomeren die denkbar geringsten Verschiedenheiten aufweisen.

b) **Geometrische Ifomerie**. Wenn zwei Kohlenstoffatome eine doppelte Bindung eingehen, was man stereochemisch als die Aneinanderlagerung der beiden Tetraeder mit einer Kante auffassen kann, so müssen die vier freien Valenzen in einer Ebene liegen. Führt man in das Äthylen anstatt des Wasserstoffs zwei andre Radikale ein, und zwar je eins an ein Kohlenstoffatom des Äthylens, so ist ein neuer stereochemischer Ifomeriefall vorherzusehen, der sich z. B. für die Äthylendikarbonsäuren durch folgendes Schema darstellen läßt:

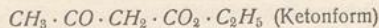


Ein ähnlicher Ifomeriefall findet sich bei der Doppelbindung zwischen Stickstoff und Kohlenstoff wieder, wie aus folgendem Schema sofort verständlich ist:

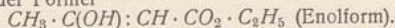


Der Unterschied der optischen Isomerie und der geometrischen Isomerie von der gewöhnlichen, auf einer verschiedenen Art der Bindung der Atome im Molekül beruhenden läßt sich auch kurz so ausdrücken, daß bei der geometrischen und optischen Isomerie (sogenannte Stereoisomeren) nur die Konfiguration, nicht auch die Konstitution oder Struktur der Moleküle verschieden ist. Man bezeichnet die gewöhnliche Isomerie daher auch häufig als Strukturisomerie.

c) **Räumliche Isomerie** oder **Tautomerie** (auch **Desmotropie**) heißt die Erscheinung, daß gewisse Stoffe je nach der Substanz, mit der sie zusammengebracht werden, im Sinne zweier verschiedener Konstitutionsformeln reagieren. So reagiert z. B. der Acetessigester einmal entsprechend der Formel



und andererseits im Sinne der Formel



Mit Hilfe physikalischer Methoden, und zwar der Beobachtung der magnetischen Drehung (W. Perkin) und des Brechungsindex (Brühl), ließ sich nachweisen, daß diese Stoffe (Acetyldibenzoylmethan, Tribenzoylmethan, Mesityloxydoxaläther, Formylphenylessigester, Diacetyl- und Dibenzoylbernsteinsäureester) nicht chemisch gleichartig sind, sondern aus Gemischen der beiden möglichen Isomeren bestehen, die sich jedoch so schnell ineinander umwandeln, daß sie für gewöhnlich chemisch nicht trennbar sind; für diese Auffassung spricht ferner sehr die Tatsache, daß die erwärmt gewesenen Stoffe die ihnen bei niedriger Temperatur zukommende Dichte und magnetische Drehung erst nach Stunden resp. Tagen wieder annehmen. Schließlich ist es Claissen und W. Wislicenus gelungen, auch rein chemische Gründe für die obige Auffassung der Tautomerie beizubringen: Sie stellten bei mehreren Stoffen beide Formen für sich her, die sich aber in flüssigem Zustande gegenseitig umwandeln in ein Gemenge beider Isomeren, deren Konzentrationsverhältnis von der Temperatur und bei Anwendung eines Lösungsmittels von dessen Natur abhängt. Auch ließen sich die Forderungen der Theorie durch quantitative Untersuchungen dieser Gleichgewichte bestätigen, besonders wurde der gleiche Zustand erreicht, wenn man von der einen oder der andern reineren Form ausging. Daß gerade bei den Kohlenstoffverbindungen die Isomeriefälle so häufig sind, hat seinen Grund vorwiegend in der sogenannten Trägheit der Kohlenstoffbindung und der dadurch bedingten Langsamkeit der Reaktionen, wo solche ins Spiel treten. Dadurch wird es erst möglich, daß bei der gleichen Temperatur Isomere beständig sind und daß nicht die labilere Form sofort in die stabilere sich umwandelt. Erhöhung der Temperatur verringert die Trägheit der Kohlenstoffbindung, und man beobachtet demgemäß häufig, daß bei höherer Temperatur die Umwandlung des instabileren Isomers in die stabilere Form von selbst sich vollzieht. Häufig kommt es hier zur Ausbildung eines Gleichgewichtszustandes, d. h. man erhält ein Gemisch von beiden Isomeren. Höchst wahrscheinlich ist z. B. die Blausäure bei gewöhnlicher Temperatur als ein Gemisch der beiden Formen: $\text{H}-\text{C}\equiv\text{N}$ und $\text{H}-\text{N}\equiv\text{C}$ aufzufassen, die sich deshalb voneinander nicht isolieren lassen, weil nach Entfernung einer Komponente sofort der frühere Gleichgewichtszustand sich wiederherstellt. Ebenso wahrscheinlich ist bei anorganischen Verbindungen die Tautomerie die Regel und sind daher auf diesem Gebiete so wenig Isomeriefälle bekannt.

Literatur: Nernst, Theoretische Chemie, 4. Aufl., Stuttgart 1903; Ostwald, Verwandtschaftslehre, Leipzig 1896—1902; van't Hoff, Lagerung der Atome im Raum, 2. Aufl., Braunschweig 1894; Hantzsch, Grundriß der Stereochemie, Breslau 1893; über Tautomerie vgl. besonders: Schaum, Die Arten der Isomerie, Habilitationsschrift, Marburg 1897. (Nernst) F. Krüger.

Isometrische Projektion, f. Axonometrie.

Isomorphe Gemische, zwei zu einem homogenen Mischkristall vereinigte kristallisierte Stoffe.

Um einen solchen Mischkristall zu erhalten, verfährt man am besten so, daß man aus einer großen Menge Lösung nur eine geringe Menge Mischkristalle sich abscheiden läßt. Unter diesen Bedingungen bleibt die Zusammensetzung der Lösung und demgemäß die dadurch bedingte Zusammensetzung der Mischkristalle so gut wie ungeändert. Bisweilen können zwei Substanzen Mischkristalle in allen Verhältnissen bilden, wie z. B. $\text{ZnSO}_4 + 7\text{H}_2\text{O}$ und $\text{MgSO}_4 + 7\text{H}_2\text{O}$; häufig aber sind nur Mischkristalle darstellbar, die entweder die eine oder die andre Komponente in großem Ueberschuß enthalten, wie z. B. $\text{BaCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ und $\text{SrCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$. Im ersten Falle verhalten sich die beiden Substanzen, wie z. B. Wasser und Alkohol, die ja in jedem Verhältnis mischbar sind, im zweiten, wie z. B. Äther und Wasser, die sich nur beschränkt lösen. In manchen Fällen existiert ein singulärer Punkt in der Mischungsreihe, indem die beiden Substanzen zu einem Doppelsalz zusammenzukristallisieren imstande sind. Wenn man als Kriterium einer isomorphen Mischung die Möglichkeit einer stetigen Aenderung der Zusammensetzung innerhalb engerer oder weiterer Grenzen versteht, so ist das Doppelsalz also nicht als isomorphe Mischung zu bezeichnen. Bei der Vereinigung zweier Kristalle zu einem Mischkristall beobachtet man im allgemeinen weder eine Kontraktion noch eine Dilatation. Dies trifft jedoch nicht zu bei den sogenannten isodimorphen Mischungen, d. h. Mischkristallen, deren Komponenten für sich in verschiedener Kristallform auftreten; doch besitzt wahrscheinlich in isodimorphen Mischungen jedes Salz ein von seinem gewöhnlichen mehr oder weniger verschiedenes spezifisches Volumen analog den dimorphen Modifikationen eines Stoffes. In thermodynamischer Hinsicht ergeben sich für Mischkristalle ganz die analogen Folgerungen wie für flüssige Gemische.

Literatur: Arzruni, A., Beziehungen zwischen Kristallform und chemischer Zusammensetzung, Braunschweig 1893 (im 1. Band von Graham-Ottos Lehrbuch der Chemie); Nernst, Theoretische Chemie, 4. Aufl., Stuttgart 1903. (Nernst) F. Krüger.

Isomorphie, die Fähigkeit gewisser Elemente, sich in chemischen Verbindungen im Verhältnis ihrer Atomgewichte zu ersetzen, ohne daß damit eine

bedeutende Aenderung der Kristallform verbunden ist, indem die Symmetrieeigenschaften völlig, die geometrischen Konstanten angenähert dieselben bleiben.

Umgekehrt kann man aus den Mengenverhältnissen, in denen ein Element ein andres in den so charakterisierten isomorphen Verbindungen zu ersetzen imstande ist, auf das Verhältnis der Atomgewichte schließen, worauf E. Mitscherlich 1820 zuerst hinwies. Die Benutzung der Isomorphie zur Atomgewichtsbestimmung kann zwar nur von sekundärem Werte sein, weil die Isomorphie weder Regel ist noch bei stattfindender Isomorphie obiger Satz unzweifelhafte Gültigkeit besitzt; aber sie hat doch häufig auf andern Wege gewonnene Resultate stützen können, und es ist bisher noch kein sicheres Beispiel aufgefunden, wo die Vertretung eines Elementes durch ein andres in einer mit den angenommenen Atomgewichten unverträglichen Weise erfolgt ist. Außer den obenerwähnten Merkmalen der Isomorphie hat man noch die Fähigkeit gegenfeitiger Ueberwachung, die jedoch als Kennzeichen der Isomorphie von zweifelhaftem Werte zu sein scheint, vor allem aber die Fähigkeit, Mischkristalle (f. Isomorphe Gemische) zu bilden, bezeichnend als Kriterien angeprochen.

Isomorphe Reihen.

I. $H(?)$, K , Rb , Cs , NH_4 , Tl ; Na , Li ; Ag . Beispiel: Tl_2SO_4 , $(NH_4)_2SO_4$, Rb_2SO_4 , K_2SO_4 , Cs_2SO_4 , $KHSO_4$, NH_4HSO_4 und Ag_2SO_4 , Na_2SO_4 .

II. Be , Zn , Cd , Mg , Mn , Fe , Os , Ru , Ni , Pd , Co , Pt , Cu , Ca . Beispiel: $CoPtCl_6 \cdot 6H_2O$ u. f. w.

III. Ca , Sr , Ba , Pb . Beispiel: $CaCO_3$, $SrCO_3$, $BaCO_3$, $PbCO_3$.

IV. La , Ce , Di , Er , Y . Beispiel: $Di_2(SO_4)_3 \cdot 8H_2O$ u. f. w.

V. Al , Fe , Cr , Co , Mn , Ir , Rh , Ga , In , Ti . Beispiel: Cr_2O_3 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , Ti_2O_3 .

VI. Cu , Hg , Pb , Ag , Au .

VII. Si , Ti , Ge , Zr , Sn , Pb , Th , Mo , Mn , U , Ru , Rh , Ir , Os , Pd , Pt , Te . Beispiel: K_2PtCl_4 , K_2PdCl_4 .

VIII. N , P , V , As , Sb , Bi . Beispiel: As_2S_3 , Sb_2S_3 , Bi_2S_3 .

IX. Nb , Ta .

X. S , Se , Cr , Mn , Mo , W ; $Te(?)$, As , Sb .

XI. F , Cl , Br , J ; Mn ; Cy .

Nicht unterzubringen sind die Elemente B , Sc , C , O .

Literatur: Arzruni, A., Beziehungen zwischen Kristallform und chemischer Zusammensetzung, Braunschweig 1893; in Bd. 1 von Graham-Otto, Lehrbuch der Chemie; Nernst, Theoretische Chemie, 5. Aufl., Stuttgart 1906.

(Nernst) F. Krüger.

Isonephren, Linien, die auf der Erdoberfläche Orte gleicher mittlerer monatlicher oder jährlicher Bewölkung verbinden. Die erste Karte der Jahresisonephren von Europa lieferte Renou [1], eine Karte der Jahresisonephren von Mitteleuropa Elfert [2], eine Karte der Sommerisonephren des Atlantischen Ozeans Teifferenc de Bort [3]; vgl. Bewölkung.

Literatur: [1] Renou, De la nébulosité du ciel en Europe in La Nature 1880, S. 180. — [2] Elfert, Die Bewölkungsverhältnisse von Mitteleuropa, Inaug.-Dissert., Halle 1885. — [3] Teifferenc de Bort, Ifobares, vents et isonèphes d'été sur l'Atlantique in Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'académie des sciences, Bd. 102, 1886.

Großmann.

Isooperimetrisch, solche Aufgaben der Variationsrechnung (f. d.), bei denen ein Integral einen größten oder kleinsten Wert bekommen, während ein andres Integral konstant bleiben soll (sogenannte relative Maxima und Minima).

Beispiel: Gefucht die Kurve, die bei konstanter Länge den größten Flächeninhalt umschließt. Lösung: der Kreis. Zu jeder derartigen Maximumaufgabe gehört auch eine Minimumaufgabe; der Kreis ist z. B. auch diejenige Kurve, die bei gegebenem Inhalt der umschlossenen Fläche die kleinste Länge besitzt.

Wölffing.

Isoplethe, f. Graphische Tafel.

Isoipurpurfäure (Pikrocyaninfäure, Phenylpurpurfäure) $C_8H_5N_5O_6$, im freien Zustande nicht bekannt.

Man erhält das Kaliumsalz, wenn man die heiße Lösung von 1 Teil Pikrinfäure in 9 Teilen Wasser in eine auf 60° erwärmte Lösung von 2 Teilen Cyankalium in 4 Teilen Wasser einträgt. Braune, grün schimmernde Kristallblättchen, die in Wasser und Alkohol löslich sind, durch Reibung, beim Uebergießen mit konzentrierter Schwefelsäure und bei 215° explodieren. Durch Einwirkung von Salmiak erhält man aus dem Kaliumsalz das isopurpurfäure Ammonium, das früher zum Braunrotfärben von Wolle und Seide diente (Granatbraun, Grenat soluble). Die Farbe ist ziemlich lichteht.

R. Möhlau.

Iforachien, auf den Karten der Meeresteile verzeichnete Linien, welche die Orte gleichzeitigen Eintritts von Ebbe und Flut (f. d.) verbinden.

Isosmotische Lösungen heißen Lösungen gleichen osmotischen Druckes.

Nach der von van 't Hoff auf Lösungen übertragenen Regel von Avogadro enthalten solche Lösungen bei gleicher Temperatur gleichviel Moleküle in der Volumeinheit. Da Lösungen gleichen Gefrierpunkts und gleichen Siedepunkts gleichen osmotischen Druck besitzen, so sind solche Lösungen auch isosmotisch. Isosmotische Lösungen kann man nach Tammann in folgender Weise auffuchen: Fügt man zu einer Kupferfulfatlösung einen Tropfen Ferrocyankaliumlösung, so umgibt der Tropfen sich mit einer Niederschlagsmembran, die sich durch Wasser-

ein- oder -austritt ausdehnt oder zusammenzieht, je nachdem der osmotische Druck innen oder außen größer ist; die entstehende Konzentrationsdifferenz wird mit einem Schlierenapparat beobachtet. Durch die Membran nicht hindurchwandernde Substanzen lassen sich auf Gleichheit ihres osmotischen Druckes untersuchen, indem man sie zu der Kupferfulfat- bzw. Ferrocyankaliumlösung zusetzt.

Literatur: Nernst, Theoretische Chemie, 4. Aufl., Stuttgart 1903.

(Nernst) F. Krüger.

Isotheren, Linien, welche auf der Erdoberfläche die Orte mit gleicher mittlerer Sommertemperatur verbinden.

Großmann.

Isothermen, Linien gleicher Temperatur auf der Erdoberfläche; verbinden als Monats- und Jahresisothermen die Orte gleicher mittlerer, meist auf das Meeresniveau reduzierter Temperatur der Monate und des Jahres.

Sie werden zu Zwecken der Wetterprognose an den für diese errichteten meteorologischen Zentralstellen täglich für zwei bis drei Termine entworfen und zum Teil in den täglichen Wetterberichten veröffentlicht. — Die erste Isothermenkarte der Erde konstruierte A. v. Humboldt (1817), spätere besitzen wir von Dove, Woeikof [1], Hann [2], Buchan [3] u. a. Außerdem wurden zahlreiche Isothermenkarten für kleinere Gebiete entworfen; vgl. a. [4].

Literatur: [1] Woeikof, Die Klimate der Erde, Jena 1887. — [2] Atlas der Meteorologie, 3. Abt. von Berghaus' Physikal. Atlas, Gotha 1887. — [3] Buchan, Report of the scientific results of the voyage of H. M. S. Challenger, London 1889. — [4] Meinardus, Die Entwicklung der Karte der Jahresisothermen von A. v. Humboldt bis auf H. W. Dove, Humboldt-Centenarschrift der Gesellschaft für Erdkunde, Berlin 1899; Perlewitz, Versuch einer Darstellung der Isothermen des Deutschen Reiches für Jahr, Januar und Juli, Stuttgart 1902; Trabert, Isothermen von Oesterreich, Denkschr. d. mathem.-naturwissensch. Kl. d. Akademie d. W., Bd. 73, 1901; Hann, Lehrbuch der Meteorologie, 2. Aufl., Leipzig 1905.

Großmann.

Isothermische Zustandsänderung wird in der Wärmetheorie (f. d.) eine Zustandsänderung genannt, bei welcher die Temperatur keine Aenderung erleidet. Bei Gasen, welche dem Boyle-Gay-Lussacschen Gesetz folgen (f. d.), entspricht einer isothermischen Zustandsänderung das Boyle'sche Gesetz (f. d.), während bei gesättigten Dämpfen mit der Temperatur auch der Druck konstant bleibt. Der in der Wärmetheorie besonders wichtige Carnot'sche Kreisprozeß (f. Kreisprozeß) besteht aus zwei isothermischen und zwei adiabatischen Zustandsänderungen (f. d.). Auch sonst kommen isothermische Zustandsänderungen bei wärmetheoretischen Untersuchungen sehr häufig vor. Vgl. in betreff derselben Gase, Dampf, gesättigter und überhitzter.

Weyrauch.

Isotrope Körper, f. Elastizität.

Itabirit, ein sehr eisenreicher Eisenglimmerschiefer, der aus Eisenglanz, Magnetit und Quarzkörnern besteht. Das Gestein bildet sehr mächtige, geschichtete Ablagerungen bei Sabara in Brasilien, dann bei Sutton in Kanada und in Nordland (Norwegen), hier in der kambrischen Formation. Der brasilianische Itabirit enthält vielfach Gold und wird auf dieses hin ausgebeutet.

Itakolumit, f. v. w. Gelenkquarz (f. d.).

Italienische Erde, f. Grüne Erde.

Italienisches Dach, eine Nachbildung der antiken Deckungsweise, über welche wir durch die Reste der Marmordächer genauen Anhalt haben [1]. Die Dachneigung ist eine sehr flache, ca. 25°.

Auf einer Lattung, welche von Traufe zum First ansteigt, liegen 1. Plättchen (pianelli), 39 cm lang, 19 cm breit, 2 cm dick, welche an den Stoßfugen zusammengeschliffen und in Mörtel gebettet werden. Auf diesen 2. Deckziegel (tegole) Fig. 1 mit seitlich aufstehendem Rande; die horizontale Ueberdeckung beträgt 10 cm. Die Ränder werden überdeckt durch 3. Holzziegel (imbrice, canali) Fig. 2, welche von der Traufe zum First sich ziehen. Das Aussehen des Daches ist ein elegantes und schönes. Die weitere Ausbildung der antiken Deckweise an den Stoßfugen (Fig. 3 und 4) führte zur neuesten Ziegeldachung, dem Falzziegel-dach (f. Falzziegel).

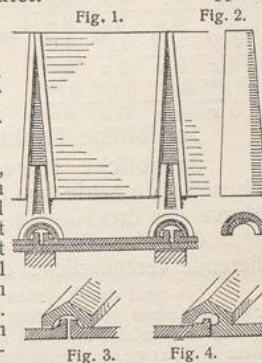
Literatur: [1] Handb. d. Architektur, II. Teil, Bd. 1: Baukunst der Griechen von J. Durm, Darmstadt 1881, Bd. 2: Baukunst der Römer von J. Durm, Darmstadt 1885.

Weinbrenner.

Itineraraufnahme, f. Routenaufnahme.

Ives-Druck, eine von dem Amerikaner Fred. E. Ives erfundene photo-mechanische Reproduktionsmethode zur Herstellung von Buchdruckklischees oder lithographischen Druckformen.

Von einem gewöhnlichen Halbtonnegativ wird mittels des Pigmentdrucks (f. d.) ein Gelatinerelief oder unter Verwendung eines Diapositivs vom Leimbilde ein Gips- oder Wachs-



abklatsch hergestellt und mit einer aus elastischer Masse gefertigten, mit fetter Farbe eingeschwärzten Linien- oder Punktform bedruckt. Da die druckenden Elemente der letzteren eine um so stärkere Pressung erleiden, je dicker das Relief ist, sind schließlich die den Schatten entsprechenden Erhöhungen mit den breitesten Strichen oder größten Punkten bedeckt, die, an den schwächeren Stellen dünner werdend, in den Vertiefungen die ursprüngliche Feinheit aufweisen. Mittels Umdruckpapiers (f. d.) überträgt man das so gewonnene Druckbild auf Metallplatten oder Steine zur Hochätzung (f. d.) oder für lithographischen Druck. Die Resultate der Methode sind weit schlechter als die z. B. durch Autotypie (f. d.) gewonnenen.

A. W. Unger.

Ivoiritdruck, Verfahren von Ed. Sieger in Wien zur Nachahmung von Holz- und Beinintarsia.

Es besteht in dem lithographischen Bedrucken einer geeigneten Papierforte, worauf wiederholt eine Lösung von mehreren Harzen in Kollodium aufgetragen und jedesmal nach dem Trocknen die Schicht geschliffen wird. Man erhält schließlich sehr hübsche, kunstgewerblich gut verwendbare Elfenbeinimitationen. Ein andres Verfahren, Eburneum-Photographie benannt, beruht darauf, daß Kollodiumpositive (abgezogene Häutchen) auf Platten, die aus 10 Teilen Gelatine, 40 Teilen Wasser, 1 Teil Glycerin und 2 Teilen Zinkoxyd verfertigt sind, aufgequ coastet werden. — Ivoiritypien werden auch gewöhnliche, mit Laifarben übermalte Silberbilder genannt.

A. W. Unger.

Ixensparren (Kehlsparren), f. Dachstuhl, Bd. 2, S. 513.

J

Artikel, die unter J(ot) vermißt werden, f. unter I.

J, in der Chemie Abkürzungszeichen für Jod.

Jacarandaholz, f. Nutzhölzer.

Jacht, kleiner Küstenfahrer mit einem Mast oder einem Großmast und einem kleinen Treibermast im Gegensatz zu einem Sportsegelfahrzeug; Yacht f. Segelschiffstypen.

T. Schwarz.

Jackstag, eiserne Stage aus Rundeisen, die auf der Raa in ihrer ganzen Länge mittels Augbolzen befestigt sind und zum Anschlagen der Segel dienen.

Jacobische Fläche von vier Flächen $f(x, y, z, \omega) = 0$; $f' = 0$; $f'' = 0$; $f''' = 0$ (wo ω homogenisierende Veränderliche ist) hat die Gleichung:

$$\begin{vmatrix} \frac{\partial f}{\partial x} & \frac{\partial f}{\partial y} & \frac{\partial f}{\partial z} & \frac{\partial f}{\partial \omega} \\ \frac{\partial f'}{\partial x} & \frac{\partial f'}{\partial y} & \frac{\partial f'}{\partial z} & \frac{\partial f'}{\partial \omega} \\ \frac{\partial f''}{\partial x} & \frac{\partial f''}{\partial y} & \frac{\partial f''}{\partial z} & \frac{\partial f''}{\partial \omega} \\ \frac{\partial f'''}{\partial x} & \frac{\partial f'''}{\partial y} & \frac{\partial f'''}{\partial z} & \frac{\partial f'''}{\partial \omega} \end{vmatrix} = 0$$

und ist der Ort der Punkte, deren Polarebenen in bezug auf alle vier Flächen durch einen Punkt gehen. Die Jacobische Fläche von vier Kugeln ist deren Orthogonalkugel, d. h. eine Kugel, welche alle vier Kugeln unter rechtem Winkel schneidet.

Literatur: Salmon, G., Analytische Geometrie des Raumes, deutsch von Fiedler, 1. Teil, 3. Aufl., Leipzig 1879, S. 314.

Wölffing.

Jacobische Funktionen, f. Thetafunktionen.

Jacobische Kurve. I. In der ebenen Geometrie hat die Jacobische Kurve der drei Kurven $f(x, y, \omega) = 0$; $f' = 0$; $f'' = 0$ (wo ω homogenisierende Veränderliche) die Gleichung:

$$\begin{vmatrix} \frac{\partial f}{\partial x} & \frac{\partial f}{\partial y} & \frac{\partial f}{\partial \omega} \\ \frac{\partial f'}{\partial x} & \frac{\partial f'}{\partial y} & \frac{\partial f'}{\partial \omega} \\ \frac{\partial f''}{\partial x} & \frac{\partial f''}{\partial y} & \frac{\partial f''}{\partial \omega} \end{vmatrix} = 0$$

und ist der Ort eines Punktes, dessen Polargraden in bezug auf die drei Kurven durch einen Punkt gehen.

Sie geht durch jeden gemeinsamen Punkt der drei Kurven und berührt dieselben, wenn zwei derselben von gleicher Ordnung sind, die dritte. Sind die Ordnungen aller drei Kurven gleich und ersetzt man die letzteren durch solche, welche dem durch sie bestimmten Kurvennetz (f. Kurven) angehören, so bleibt die Jacobische Kurve unverändert; sie gehört daher dem ganzen Netz zu. Besteht das Netz $\lambda f + \mu f' + \gamma f'' = 0$ aus den Polaren sämtlicher Punkte der Ebene in bezug auf eine Kurve $F = 0$, so geht die Jacobische Kurve des Netzes in die Hesse'sche Kurve von $F = 0$ über [1]—[3].

II. In der Raumgeometrie hat die Jacobische Kurve von drei Flächen $f(x, y, z, \omega) = 0$; $f' = 0$; $f'' = 0$ die Gleichungen:

$$\begin{vmatrix} \frac{\partial f}{\partial x} & \frac{\partial f}{\partial y} & \frac{\partial f}{\partial z} & \frac{\partial f}{\partial \omega} \\ \frac{\partial f'}{\partial x} & \frac{\partial f'}{\partial y} & \frac{\partial f'}{\partial z} & \frac{\partial f'}{\partial \omega} \\ \frac{\partial f''}{\partial x} & \frac{\partial f''}{\partial y} & \frac{\partial f''}{\partial z} & \frac{\partial f''}{\partial \omega} \end{vmatrix} = 0$$

und ist der Ort der Punkte, deren Polarebenen in bezug auf alle drei Flächen je durch eine Gerade gehen [4].