

~~Zu 167 588~~

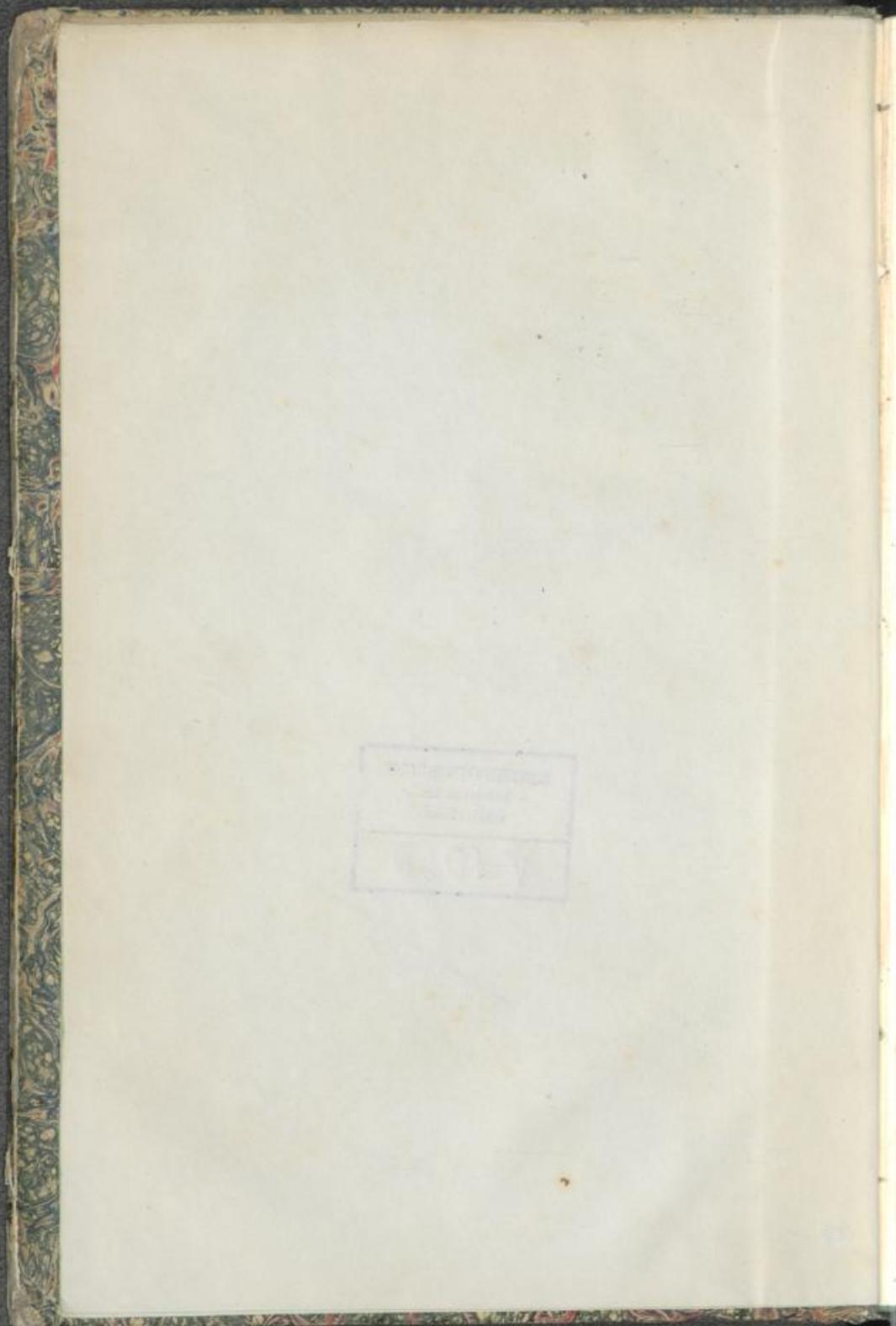
Dv 335/2

UNIVERSITÄT DÜSSELDORF  
CHEMIE UND PHYSIK

UNIVERSITÄTSBIBLIOTHEK  
- Medizinische Abt. -  
DÜSSELDORF  
V 1060

*8615*





**HANDWÖRTERBUCH**  
DER  
**CHEMIE UND PHYSIK.**

VON

E. F. AUGUST, F. W. BARENTIN, W. BEETZ, G. BISCHOF,  
W. H. DOVE, W. HANKEL, L. F. KEMTZ, K. F. KLEDEN,  
W. MAHLMANN, R. F. MARCHAND, F. MINDING, F. W. G. RADICKE,  
J. A. W. REBER, L. F. W. A. SEEBECK.

— D O O S —  
ZWEITER BAND.

**F—K.**

—  
BERLIN.

VERLEGT VON M. SIMION.

1845.

HANDBUCH

CHEMIE UND PHYSIK

VON  
A. A. W. KUNDT, F. W. A. BRUNNEN  
A. A. W. KUNDT, F. W. A. BRUNNEN  
A. A. W. KUNDT, F. W. A. BRUNNEN  
A. A. W. KUNDT, F. W. A. BRUNNEN

ZWEITER BAND

F-R

BERLIN

VERLAG VON F. W. A. BRUNNEN

1852



**Färbekunst.** Was die Färbekunst bezweckt, braucht hier nicht auseinander gesetzt zu werden, nur die chemischen Grundsätze, nach denen sie verfährt. Viele Farben haften von selbst an den Zeugen, diese nennt Bancroft substantive, andere, welche noch eines Befestigungsmittels bedürfen, nennt er adjective. Diese Befestigungsmittel heissen Beizen. Das vorzüglichste der Art ist Alaun, der jedoch oft mit weinsaurer oder essigsaurer Thonerde versetzt wird. Andere Beizmittel werden nur für einzelne Farben angewendet. Diese Beizen machen zugleich die Farbe ächter und dauerhafter. Gemeinlich rechnet man zu den Beizen auch diejenigen Stoffe, welche zur Auflösung oder Veränderung der Pigmente benutzt werden. Die zur Aufnahme des Farbstoffes bestimmten Zeuge müssen zuvor gut gereinigt und ausserdem gebleicht worden sein, damit weder die Aufnahme des Pigmentes durch andere Stoffe verhindert, noch das aufgenommene von diesen in der Farbe modificirt werde. Farben von unorganischem Ursprunge hat die Färbekunst nur sehr wenige. Die wichtigsten sind Chromgelb und Berlinerblau. Vergl. Pigmente.

M.

**Färberröthe,** siehe Krapp.

**Fäulniss** nennt man die Zersetzung der organischen Stoffe bei der gewöhnlichen Temperatur und der Einwirkung der atmosphärischen Luft, bei welchen sich übelriechende Gasarten, namentlich Ammoniak, Schwefel-Wasserstoffgas, Phosphor-Wasserstoffgas u. s. w. entwickeln. Wasser und Kohlensäure finden sich gleichfalls stets unter den Produkten der Fäulniss. Als Rückstand erhält man je nach dem ursprünglichen Körper verschiedene Verbindungen, welche zum Theil unter den Namen Dammerde, Humus, begriffen wurden. Die Fäulniss ist ein besonderer Fall des allgemeinen chemischen Processes der Gährung (s. d. Art.), und wird aus diesem Grunde auch wohl die faulige Gährung genannt. Nur organische Körper sind der Fäulniss fähig, und wenn z. B. das Wasser faul ist, so sind es nur die darin aufgelösten und aufgeschwemmten organischen Verbindungen. M.

**Fäulnisswidrige Mittel,** Antiseptica. Die Mittel, welche man anwendet, um organische Stoffe vor der Fäulniss zu schützen, werden Antiseptica genannt. Sie müssen zum Theil die Fäulniss aufheben und unterbrechen, zum Theil sogar nicht eintreten lassen. Da eine wesentliche Bedingung zur Fäulniss eine bestimmte Temperatur ist, so finden wir, dass bei einer sehr niedrigen, oder sehr ho-

hen Temperatur, keine Fäulniß eintritt. Die Leiche des Fürsten Mentchikow, der von Peter dem Grossen nach Sibirien verbannt worden war, wurde 92 Jahre nach seinem Tode völlig erhalten, mit der ganzen Bekleidung noch angetroffen. (Erman, Pogg. Annal. XXVIII. S. 632.). Ein noch überraschenderes Beispiel von der conservirenden Eigenschaft der Kälte haben wir in der Erhaltung des Mammouth's, welches Pallas noch mit sämmtlichen Weichtheilen in Sibirien eingefroren fand. Diese Eigenschaft benutzt man bekanntlich, im Sommer das Fleisch gegen Fäulniß zu schützen. Jedoch auch die höhere Temperatur hindert den Eintritt der Fäulniß, und namentlich, wenn sie 100° C. erreicht, oder gar übersteigt. Selbst Stoffe, welche nur eine Zeit lang dieser Temperatur ausgesetzt gewesen sind, verlieren dadurch zuweilen die Fähigkeit, sich jetzt von selbst zu zersetzen. Diess hängt jedoch wesentlich mit der zweiten nothwendigen Bedingung des Eintritts der Fäulniß zusammen, nämlich mit der Gegenwart des Wassers. Vollkommene trockene organische Substanzen gehen nicht in Fäulniß über; daher man Leichen, welche ausgedörft sind, aufbewahren kann, ohne dass sie sich zersetzen. Anatomische Präparate von den Weichtheilen pflegt man zu backen, und dann mit einem Firniß zu überziehen, welcher die Aufnahme des Wassers vollständig verhindert, und dadurch die Gegenstände vor der Zersetzung bewahrt. In tropischen Gegenden, Aegypten, Arabien u. s. w. werden die Leichen in den durch die Sonne 40—60° heissen Sand gelegt, und nach mehreren Tagen wieder hervorgezogen. Sie sind dann so ausgedörft, dass sie keine Feuchtigkeit mehr enthalten, und diese auch aus der Luft schwer wieder aufnehmen.

Die berühmten Gewölbe, in denen die Leichen unverwest sich erhalten, verdanken diese Eigenschaft gleichfalls einer sehr trockenen Atmosphäre, und besonders einem fortwährenden Luftzuge, welcher die Feuchtigkeit mit sich fortführt.

Ein ebenfalls der Fäulniß nöthiges Agens ist der Sauerstoff. Wird daher die atmosphärische Luft völlig abgehalten, so tritt keine Fäulniß ein. Dies ist z. B. der Fall, bei der Aufbewahrung von Speisen, welche man in Fett einschmilzt, der Conservation der Eier, welche man in Kalkwasser legt, und dann Jahre lang wie frisch aufbewahren kann. Das Kalkwasser nimmt gar keinen, oder wenig Sauerstoff aus der atmosphärischen Luft auf, und bedeckt sich ausserdem mit einer Kruste von kohlensaurem Kalk, welcher den Zutritt der Luft noch vollständiger abhält. Ebenso beruht die Appert'sche Methode der Aufbewahrung gekochter Speisen darauf. (S. d. Art.) Häufig kommt es vor, dass, wenn der Sauerstoff auch nur in kleiner Quantität hinzugetreten ist, und dadurch die Fäulniß eingeleitet hat, diese fortschreitet, auch wenn der Sauerstoff später abgehalten wird. (Vgl. Gährung).

Auf der Abhaltung des Sauerstoffes beruht auch die Aufbewahrung des Fleisches, welche Sweeny angewendet hat. Ausgekochtes Wasser wurde mit etwas Eisenfeilspähen vermischt, das Fleisch hineingelegt, und Oel darauf gegossen. Nach sieben Wochen war das Fleisch völlig frisch. Leuch's wendete statt dessen Schwefelpulver und ungekochtes Wasser an, und zwar gleichfalls mit gutem Erfolge. Man muss jedoch nicht allein den Sauerstoff abhalten, sondern auch

den, welcher in dem Stoffe enthalten ist, herausschaffen, was am besten durch Kochen geschieht. Fleisch, ganz frisches Blut, (Güntz), Milch (M.) und andere Stoffe zersetzen sich nach einiger Zeit, wenn sie über Quecksilber ohne Luft aufbewahrt werden, nur durch die in ihnen enthaltene Luft.

Nicht immer ist man im Stande, diese Vorsichtsmassregeln anzuwenden, und dann muss man zu anderen Schutzmitteln greifen. Unter den wirksamsten antiseptischen Stoffen zeichnet sich besonders die Kohle aus. Diese Eigenschaft der Kohle, die Fäulniss von organischen Verbindungen abzuhalten, ist schon seit langer Zeit bekannt. Ob sie ebenso, wie die Fähigkeit, Gase zu absorbiren und Farbestoffe aufzunehmen, von der mechanischen Struktur der Kohle abhängt, und mit der chemischen Natur derselben nichts gemein hat, ist nicht entschieden. Es scheint jedoch fast, als ob die chemische Beschaffenheit des Stoffes hier nicht ohne Einfluss sei, da auch der Graphit in einigen Fällen eine ähnliche Wirkung auszuüben vermag. Jedenfalls ist jedoch namentlich die mechanische feine Vertheilung hier von besonderer Wirksamkeit. Wird faules Wasser mit Kohlenpulver anhaltend geschüttelt, so giebt es an dasselbe alle übelriechende und schmeckende Stoffe ab, und kann dann wieder genossen werden. Jedoch verhindert die Kohle auch den Eintritt der Fäulniss, und dies ist noch viel wichtiger. Das Wasser, welches in Fäulniss übergehen kann, in Folge darin aufgelöster oder aufgeschwemmter organischer Stoffe, welche allein nur der Fäulniss unterworfen sind, wird vor der Fäulniss geschützt, wenn es sich in verkohlten Gefässen befindet. Berthollet machte daher den Vorschlag, Wasserfässer, welche auf langen Seereisen benutzt werden, inwendig stark zu verkohlen; Kruisenstern wendete dies Mittel mit grossem Vortheil an. Man kann durch Einpacken in Kohlenpulver sehr lange Zeit Fleisch und andere Nahrungsmittel aufbewahren, ohne dass man nöthig hätte, den Zutritt der Luft völlig abzuhalten; geschieht dies, so ist der Erfolg ein noch sicherer. Hier tritt die Fäulniss nicht ein, da ein jedes faulende Theilchen sogleich von der Kohle aufgenommen werden würde. Auch pflegt man aus demselben Grunde Pfähle, welche in die Erde eingegraben werden, unten stark zu verkohlen, um die, durch die Gegenwart der feuchten Luft in der Erde, herbeigeführte Fäulniss zu verhindern; an Pfählen, die im Wasser stehen, muss namentlich die Stelle stark verkohlt sein, welche sich an der Gränze der Luft und des Wassers befindet.

Ein stärkeres Antisepticum als die Kohle, ist durch seine chemische Eigenschaft das Chlor. Die Desinfection durch das Chlor ist eine ganz ähnliche Wirkung, wie die Zerstörung der Farbe und des Riechstoffs durch diesen Körper, und dieselbe wird, wenn gleich nicht in so kräftiger Weise, durch andere Stoffe ebenfalls hervorgebracht. Guyton de Morveau wendete 1769 die Chlorwasserstoffsäure zu diesem Zwecke in einer Kirche zu Dijon an, in welcher ein entsetzlicher Leichengeruch herrschte. Später benutzte Smith mit ähnlicher Wirkung die Salpetersäure, bis endlich das Chlor sich dazu am wirksamsten zeigte. Die Einwirkung des Chlors in dieser Beziehung ist von seiner grossen Verwandtschaft zu dem Wasserstoff, welcher in den organischen Verbindungen sich befindet, abhängig. Das Chlor ent-

zieht dem organischen Stoffe den Wasserstoff und tritt dafür in die zerlegte organische Verbindung ein. Oft wird dabei Stickstoff ausgeschieden, wie bei der Zersetzung des Ammoniaks durch Chlor (vgl. Art. Substitution). Die durch die Fäulniss gebildeten Verbindungen werden nun durch das Chlor leichter zersetzt, als die noch unveränderten, daher man die Fäulniss nicht nur durch schwache Einwirkung des Chlors aufheben, sondern selbst das Eintreten derselben hindern kann, ohne die Verbindung selbst wesentlich zu verändern.

Selten jedoch wird sich das Chlor völlig ohne Nachtheil dort anwenden lassen, wo es durchaus darauf ankommt, die Substanz selbst ganz unverändert zu erhalten, z. B. bei Speisen. Auch die chlorigsaurigen Salze, Chlorkalk u. a. m. finden dort nicht Anwendung, obwohl sie sonst als Antiseptica mit Vortheil zu benutzen sind.

Ausser den genannten Stoffen finden besonders Anwendung die Salze, zum Theil die der Alkalien, zum Theil die der Metalloxyde. Unter jenen ist es besonders das Kochsalz und der Salpeter, welche benutzt werden, namentlich zur Aufbewahrung des Fleisches. Die Wirkung, welche die Salze ausüben, besteht oft darin, dass die thierische Substanz sich mit ihnen chemisch verbindet, und die neue Verbindung nicht mehr die Eigenschaft besitzt, in Fäulniss überzugehen, oder wenigstens viel schwieriger die Zersetzung erleidet. Ein solches ähnliches Beispiel bietet die Verbindung des Collagens mit der Gerbsäure dar, welche beide für sich sehr leicht zersetzt werden, vereinigt jedoch das Leder bilden, welches der Fäulniss nicht mehr unterworfen ist. Oft indessen ist die Wirkung eine durchaus andere, und dies ist bei dem Kochsalz und dem Salpeter der Fall. Vielleicht wirken diese durch Wasserentziehung; indem ihre Auflösung selbst dem feuchten Fleisch so viel Wasser entziehen, dass es nicht zu der Fäulniss hinreichende Mengen an Wasser enthält. Dies scheint jedoch nicht der Grund zu sein, denn das eingesalzene Fleisch ist noch zu feucht, als dass diese Erklärung völlig passen sollte. Es scheint vielmehr, dass durch die Salzlösung eine Contraction der Fasern und der Gefässe bewirkt werde, welche den Zutritt der atmosphärischen Luft zu den unteren Stellen des Fleisches hindert. Man sieht auch, dass das Salz zu einer bestimmten Tiefe nur eindringt, und im Innern gleichfalls keine Fäulniss Statt findet. Der Zucker wirkt auf eine ganz ähnliche Weise, und man kann ein Gemenge aus allen dreien oder zweien Substanzen anwenden; bei Gemüse, z. B. Schooten, pflegt man den Zucker zu benutzen. Unter den Verbindungen der eigentlichen Metalle zeichnet sich das Quecksilberchlorid, und das schwefelsaure und essigsäure Eisenoxyd aus, letzteres namentlich aus Holzessig bereitet. Man kann bei Leichen, anatomischen Präparaten u. s. w., namentlich den Sublimat dazu anwenden, vorzüglich, wenn man ihn in die Adern des Cadavers einspritzt. Gannal's Methode der Einbalsamung. Auch die arsenige Säure besitzt diese antiseptische Eigenschaft, und kann daher zum Einbalsamiren gebraucht werden; woher denn auch mit Arsenik vergiftete Personen lange Zeit im Grabe zusammengeschrumpft aber nicht verweset liegen. Die Boucherie'sche Methode, Holz durch Holzessig, in dem Eisenoxyd aufgelöst ist, zu conserviren, mag von beiden Substanzen abhängen. Vgl. Journ. f. prakt. Ch. XXI. 445. Um Fleisch-

speisen lange Zeit zu conserviren, hat Gannal besonders das Chloraluminium empfohlen, welches sehr anwendbar sein soll. Um einen ganzen Ochsen zu injiciren, braucht man höchstens 2 Kilogramme des Salzes mit 12 Liter Wasser vermischt. Ueber das Verfahren s. Journ. f. prakt. Ch. XXIII. 305. Vgl. auch Hales in Wiegand nat. Magie. Bd. 17. S. 206.

Sehr allgemein findet der Alkohol in manchen Fällen Anwendung, und namentlich dort, wo die Substanz nicht als Nahrungsmittel benutzt werden soll. Aber auch hier wird er zur Conservirung von Früchten u. a. m. angewendet. Bekannt ist sein Gebrauch bei Aufbewahrung anatomischer Präparate, damit diese durch Wasserentziehung nicht zu sehr zusammenschrumpfen, muss der Alkohol verdünnt sein, 50%. Dennoch entfärbt er meistens die gefärbten Theile, und verleiht ihnen dadurch ein unnatürliches lederartiges Ansehen. Durch Zusatz von Kochsalz soll dies zwar vermindert werden (Hünefeld), jedoch wird eine Veränderung nicht zu umgehen sein. Am wenigsten tritt dieselbe ein, wenn man Kreosot, oder den dasselbe enthaltenden Holzessig anwendet. Das Kreosotwasser eignet sich besonders zur Aufbewahrung anatomischer Präparate, macht sich jedoch durch seinen unangenehmen Geruch sehr wenig beliebt. Diese Substanz ist es auch, welche man zum Einbalsamiren anwenden kann, und vielleicht schon von den Aegyptiern angewendet worden ist. Vergl. den Artikel: Einbalsamiren. M.

**Fagin.** Eine in den Bucheneckern befindliche narkotische Substanz, deren Eigenschaften sie aber nicht eben als bestimmte chemische Verbindung characterisiren. M.

**Fahlerz.** Die zu dieser Mineralgattung gehörigen Abänderungen krystallisiren gleichgliedrig vorherrschend tetraëdrisch, oft mit vielen anderen Flächen combinirt, seltener das Granatoëder; ausser krystallisirt auch derb und eingesprengt. Unvollkommen spaltbar, spröde, metallisch glänzend, von stahlgrauer bis eisenschwarzer Farbe. Härte zwischen Kalk- und Flussspath, spec. Gew. 4,5—5,2. Vor dem Lüthrohr verknistert F. mehr oder minder unter Entwicklung von Antimondämpfen, schwefliger Säure, bisweilen auch Arsenikrauch. Gepulvert wird es von Salpetersäure aufgelöst. Es entwickeln sich dabei rothe Dämpfe von salpetriger Säure, die Auflösung nimmt eine bräunlichgrüne Farbe an, und Schwefel, Antimonoxyd oder arsenige Säure scheiden sich ab. Die wichtigsten chemischen Untersuchungen über die Fahlerze rühren von H. Rose her (Pogg. Ann. XV. 455. 576), welcher zeigte, dass sie natürliche Schwefelsalze sind, worin die Schwefelverbindungen des Eisens, Zinks, Kupfers und Silbers die Basen, die des Antimons und Arsens die Säure ausmachen. Die

dafür aufgestellte Formel ist  $\left. \begin{matrix} \text{Fe}^+ \\ \text{Zn}^+ \end{matrix} \right\} \left\{ \begin{matrix} \text{Sb}'' \\ \text{As}''' \end{matrix} + 2 \text{Cu}_4 \right\} \left\{ \begin{matrix} \text{Sb}'' \\ \text{As}''' \end{matrix} \right.$ . In dieser

Formel ist zunächst auffallend das Schwefelsilber als isomorph mit dem anders zusammengesetzten Schwefelkupfer zu finden, allein H. Rose hat a. a. O. so wie später G. Rose (Pogg. Ann. XXVIII. 427)

es sehr wahrscheinlich gemacht, dass man das Atomgewicht des Silbers halb so gross zu nehmen habe, als gegenwärtig geschieht, und folglich  $\dot{A}g$  geschrieben werden müsse. (Vergl. Atom u. Isomorphie.) Bezeichnet man nun die basischen Schwefelmetalle mit 1 At. Radical durch  $\dot{R}$ , die mit 2 At. Radical durch  $\ddot{R}$  und die elektronegativen durch  $\overset{''}{R}$ , so erhalten die Fahlerze die übersichtlichere Zusammensetzungsweise  $\dot{R}_2 \ddot{R} + 2 \overset{''}{R}_2 \overset{''}{R}$ . Vergl. Berzelius Ansicht über diese Formel im Jahresb. X. 171.

Nach dem Vorwalten des einen oder anderen der genannten Bestandtheile ändern die physikalischen Eigenschaften etwas ab, woraus folgende Varietäten entstanden sind: a) Antimonfahlerz, auch Schwarz-, Schwarzgiltig-, Kupferfahlerz, ist eisenschwarz, spec. Gew. 5,1. Der Arsenikgehalt gering oder ganz fehlend, die Kupfermenge oft überwiegend, bis zu 38 Proc. b) Weissgiltigerz, Graugiltigerz, bleigrau, spec. Gew. 5,1, reich an Silber, bis zu 31 Proc. in dem von Freiberg, Arsenik meist fehlend. c) Arsenikfahlerz lichtet Fahlerz, stahl bis bleigrau, spec. Gew. 4,8 und darunter, enthält viel Arsenik bis zu 10 Proc. (Rose) und alle übrigen aufgeführten Bestandtheile.

Die Fahlerze kommen auf Gängen vor zu Freiberg, Klausthal, Schwatz, Wolfach in Baden, Kapnik in Ungarn, Dillenburg in Nassau, im Siegenschen, Elsass u. a. a. O. Man verschmilzt sie auf Silber und Kupfer. B.

**Fahleder** oder Schmalleder; Kalbfelle, welche in Lohbrühen durch die Schnellgerberei gegerbt werden, und meist zu Stiefleder u. a. m. bestimmt sind. M.

**Fahluner Brillanten** werden aus einer Legirung, aus 19 Th. Blei und 29 Th. Zinn bestehend, verfertigt. Diese Legirung schmilzt leicht, und wenn man zu der Zeit, wo sie sich dem Erstarrungsmoment nähert, eine facettirt geschliffene oder polirte Glasoberfläche darauf drückt, so nimmt sie deren Form an und hat nach dem Erkalten einen lebhaften Glanz, der sich an der Luft nicht verändert, aber beim Berühren leidet. Drückt man vertieft und in Brillantform geschliffene Gläser darauf, so gewährt der Abdruck den Anblick geschliffener Steine. Berzelius hat durch Eintauchen von Brenngläsern oder Retorten vortreffliche Brennspiegel erhalten. B.

**Fahlunit** oder Triklasit, ein in den Gruben zu Fahlun im Chloritschiefer eingewachsenes Mineral von schwarzer, schwarzbrauner und dunkelgrauer, ins Grüne sich ziehender Farbe, schwach wachsartig glänzend, von Härte des Feldspaths oder wenig darunter. Spec. Gew. 2,68—2,79. Derb, eingesprengt oder in rhombischen Säulen von  $109^\circ 28'$ , gewöhnlich mit abgerundeten Kanten. Es ist nach Trolle-Wachtmeister's Analyse  $\frac{1}{3}$  kiesels. Oxyd (Talkerde, Mangan- und Eisenoxydul, Kali und Natron) mit  $\frac{1}{3}$  kiesels. Thonerde

und Wasser: (Mg, Mn, Fe, K, Na)<sup>4</sup> Si<sup>2</sup> + 3 (Al + Fe) Si + 6H. Pogg. Ann. XIII. 70.

Der sogenannte harte F. ist Dichroit.

B.

**Fall.** Der Fall der Körper ist eine Folge der allgemeinen Gravitation, (s. d.) vermöge deren die Erde auf die an ihrer Oberfläche befindlichen Körper eine Anziehung ausübt, welche zwar mit der Lage des angezogenen Punktes veränderlich ist, jedoch innerhalb eines verhältnissmässig kleinen Raumes an der Erdoberfläche als constant angesehen werden kann. Begnügt man sich mit den einfachsten Voraussetzungen, so ist die mathematische Theorie des freien Falles gegeben durch die Gleichung:  $\frac{d^2x}{dt^2} = g$ , in welcher  $g$  eine constante nach der verticalen Richtung  $x$  wirkende Kraft bezeichnet, woraus sich die Formeln  $\frac{dx}{dt} = gt$ ,  $x = \frac{1}{2} gt^2$  ergeben, nach welchen die

Geschwindigkeit eines frei fallenden Körpers der Zeit, der durchlaufene Weg dem Quadrate der Zeit proportional ist. Hierin bestehen die von Galilei um 1602 entdeckten Gesetze des Falles. Für eine genauere Theorie kommt es darauf an, die Abweichung von der Verticalen zu bestimmen, welche bei dem Falle von etwas beträchtlichen Höhen eintritt; man sieht leicht ein, dass ein in grösserer Höhe über der Erdoberfläche scheinbar ruhender Körper durch die Umdrehung der Erde eine grössere Geschwindigkeit besitzt, vermöge welcher er, herabfallend, dem unter ihm befindlichen Lothpunkt um etwas nach Osten voreilen muss. Ferner aber ist zu erwägen, dass in der Theorie des Falles nicht sowohl die absolute, als die scheinbare Bewegung des fallenden Körpers gegen die sich drehende Erde gesucht wird.

Es sei  $z$  die Drehungs-Axe der Erde,  $x$  und  $y$  zwei darauf senkrechte im Raume feste,  $u$  und  $v$  zwei ebenfalls auf  $z$  senkrechte in der Ebene  $xy$  mit der constanten Winkelgeschwindigkeit  $\beta$  der Erde sich drehende Coordinaten-Axen. Da  $\beta t$  und  $\frac{z}{2} + \beta t$  die Winkel sind, welche die Axen  $u$  und  $v$  zur Zeit  $t$  mit  $x$  einschliessen, so hat man für irgend einen Punkt:

$$u = x \cos \beta t + y \sin \beta t, v = -x \sin \beta t + y \cos \beta t.$$

Um sogleich die Bewegung auf einer vorgeschriebenen mit der Erde sich drehenden Bahn ebenfalls zu umfassen, seien  $L = f(u, v, z) = 0$  und  $M = F(u, v, z) = 0$  die Gleichungen dieser Bahn; so hat man nach den Grundsätzen der Mechanik für die Bewegung eines Körpers auf dieser Bahn folgende Gleichungen:

$$\begin{aligned} \frac{d^2x}{dt^2} &= X + \lambda \frac{dL}{dx} + \mu \frac{dM}{dx} \\ \frac{d^2y}{dt^2} &= Y + \lambda \frac{dL}{dy} + \mu \frac{dM}{dy} \\ \frac{d^2z}{dt^2} &= Z + \lambda \frac{dL}{dz} + \mu \frac{dM}{dz} \end{aligned} \quad A.$$

wo  $X, Y, Z$  die Componenten der beschleunigenden Kraft nach  $x, y, z$  bedeuten. Aus den Werthen für  $u$  und  $v$  folgt durch zweimaliges Differentiiren:

$$\begin{aligned} \cos \beta t. dx + \sin \beta t. dy &= du - \beta v dt \\ - \sin \beta t. dx + \cos \beta t. dy &= dv + \beta u dt \\ \cos \beta t. d^2x + \sin \beta t. d^2y &= d^2u - 2\beta dv dt - \beta^2 u. dt^2 \\ - \sin \beta t. d^2x + \cos \beta t. d^2y &= d^2v + 2\beta du dt - \beta^2 v. dt^2 \end{aligned}$$

Setzt man in  $L = f(u, v, z) = 0$  für  $u$  und  $v$  ihre Werthe in  $x$  und  $y$ , so ergiebt sich:

$$\begin{aligned} \frac{dL}{dx} &= \frac{dL}{du} \cos \beta t - \frac{dL}{dv} \sin \beta t, \quad \frac{dL}{dy} = \frac{dL}{du} \sin \beta t + \frac{dL}{dv} \cos \beta t \\ \text{daher: } \frac{dL}{du} &= \frac{dL}{dx} \cos \beta t + \frac{dL}{dy} \sin \beta t, \quad \frac{dL}{dv} = -\frac{dL}{dx} \sin \beta t + \frac{dL}{dy} \cos \beta t. \end{aligned}$$

Man setze noch

$$X \cos \beta t + Y \sin \beta t = U, \quad -X \sin \beta t + Y \cos \beta t = V$$

so sind  $U, V$  die nach  $u, v$  wirkenden Componenten der beschleunigenden Kraft. Multiplicirt man die erste der Gleichungen A. mit  $\cos \beta t$ , die zweite mit  $\sin \beta t$ , hierauf die erste mit  $-\sin \beta t$ , die zweite mit  $\cos \beta t$ , und addirt jedesmal die Produkte, so kommt:

$$\begin{aligned} \frac{d^2u}{dt^2} &= 2\beta \frac{dv}{dt} + \beta^2 u + U + \lambda \frac{dL}{du} + \mu \frac{dM}{du} \\ \frac{d^2v}{dt^2} &= -2\beta \frac{du}{dt} + \beta^2 v + V + \lambda \frac{dL}{dv} + \mu \frac{dM}{dv} \quad B. \\ \frac{d^2z}{dt^2} &= Z + \lambda \frac{dL}{dz} + \mu \frac{dM}{dz}. \end{aligned}$$

Dies sind die Gleichungen zur Bestimmung einer Bewegung auf einer Bahn, welche sich mit unveränderlicher Winkelgeschwindigkeit  $\beta$  um die Axe  $z$  dreht. Multiplicirt man diese Gleichungen nach der Reihe mit  $du, dv, dz$ , addirt die Produkte, setzt  $du^2 + dv^2 + dz^2 = ds^2$  und dividirt durch  $ds$ , so kommt:

$$\frac{d^2s}{dt^2} = (U + \beta^2 u) \frac{du}{ds} + (V + \beta^2 v) \frac{dv}{ds} + Z \frac{dz}{ds} \quad C.$$

d. h. die Beschleunigung in der Bahn ist gleich der tangentialen Componente der beschleunigenden und der aus der Drehung an jeder Stelle der Bahn entspringenden Schwungkraft, oder sie ist gleich der tangentialen Componente der Resultante beider Kräfte. Dieses gilt auch für die freie Bewegung, für welche in den obigen Gleichungen nur die Coefficienten  $\lambda$  und  $\mu$  gleich Null zu setzen sind.

Es sei  $G$  die Anziehung der Erde, welche nach einem Punkte der Erd-Axe gerichtet sein wird, der zum Anfange der Coordinaten genommen werde, so erhält man für die Fallbewegung:  $U = -\frac{Gu}{\rho}$ ,

$V = -\frac{Gv}{\rho}$ ,  $Z = -\frac{Gz}{\rho}$ , wo  $\rho^2 = u^2 + v^2 + z^2$  ist. Für den freien Fall gelten daher folgende Gleichungen:

$$\begin{aligned} \frac{d^2u}{dt^2} &= 2\beta \frac{dv}{dt} + \beta^2 u - \frac{Gu}{\rho}, \quad \frac{d^2z}{dt^2} = -\frac{Gz}{\rho}, \\ \frac{d^2v}{dt^2} &= -2\beta \frac{du}{dt} + \beta^2 v - \frac{Gv}{\rho}. \end{aligned}$$

Um diese Gleichungen angenähert zu integriren, setze man die darin vorkommende Grösse  $\rho$ , d. i. die Entfernung des angezogenen Punktes vom Mittelpunkte der Anziehung, welche sich verhältnissmässig nur sehr wenig ändert, constant =  $a$ ; betrachte auch den Werth von  $G$  als constant. Ist ferner für den Anfang des Falles, d. h.

für  $t=0$ ,  $u = a \cos \varphi$ ,  $v = 0$ ,  $z = a \sin \varphi$ , so giebt der Werth von  $v$  die östliche Abweichung an, welche jedenfalls sehr klein ist; daher auch die scheinbare östliche Geschwindigkeit, nämlich  $\frac{dv}{dt}$ , sehr klein ist. Vernachlässigt man, da  $a$  sehr gross und  $\beta$  sehr klein ist, die Produkte  $2\beta \frac{dv}{dt}$ ,  $\beta^2 v$ ,  $\frac{Gv}{a}$ , so erhält man:

$$\frac{d^2u}{dt^2} = - \left( \frac{G}{a} - \beta^2 \right) u, \quad \frac{d^2z}{dt^2} = - \frac{Gz}{a}, \quad \frac{d^2v}{dt^2} = - 2\beta \frac{dv}{dt}$$

Hieraus folgt da für  $t=0$  die scheinbaren Geschwindigkeiten nach  $u$ ,  $v$ ,  $z$  Null sind:

$$u = a \cos \varphi \cdot \cos \sqrt{\frac{G}{a} - \beta^2} \cdot t, \quad z = a \sin \varphi \cdot \cos \sqrt{\frac{G}{a}} \cdot t$$

$$\frac{du}{dt} = - a \cos \varphi \cdot \sqrt{\frac{G}{a} - \beta^2} \cdot \sin \sqrt{\frac{G}{a} - \beta^2} \cdot t, \quad \frac{dz}{dt} =$$

$$- a \sin \varphi \cdot \sqrt{\frac{G}{a}} \cdot \sin \sqrt{\frac{G}{a}} \cdot t \text{ oder wenn man die höheren Po}$$

tenzen von  $\sqrt{\frac{G}{a} - \beta^2} \cdot t$  und  $\sqrt{\frac{G}{a}} \cdot t$  vernachlässigt:

$$\frac{du}{dt} = - (G - a\beta^2) \cos \varphi \cdot t, \quad \frac{dz}{dt} = - G \sin \varphi \cdot t.$$

Daher ist  $\frac{d^2v}{dt^2} = 2(G - a\beta^2) \beta \cos \varphi \cdot t$ , also  $\frac{dv}{dt} = (G - a\beta^2) \beta \cos \varphi \cdot t^2$

und folglich die östliche Voreilung  $v = \frac{1}{2} (G - a\beta^2) \beta \cos \varphi \cdot t^2$ . Bezeichnet  $g$  die Resultante von Anziehung und Schwungkraft im Anfangspunkte des Falles, und  $\lambda$  ihre Neigung gegen  $u$ , so ist  $g \cos \lambda = (G - a\beta^2) \cos \varphi$ ,  $g \sin \lambda = G \sin \varphi$ ; folglich  $ds^2 = du^2 + dv^2 + dz^2 = g^2 t^2 dt^2$ , wenn  $dv^2$  vernachlässigt wird; also  $ds = g t dt$ ,  $s = \frac{1}{2} g t^2$  der durchlaufene Weg. Setzt man ferner  $\frac{dz}{du} = tg \lambda'$ , so findet

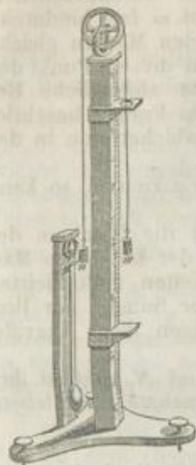
man  $tg \lambda' = \frac{G \cos \varphi}{G - a\beta^2} = tg \lambda$ , also  $\lambda' = \lambda$ , d. h. die südliche Abweichung des Falles von der durch  $\lambda$  bestimmten Richtung des Lothes ist, in den Grenzen der vorliegenden Annäherung, Null. Die östliche Abweichung lässt sich auch ausdrücken durch  $v = \frac{1}{2} \beta \cos \varphi \cdot s t$ , wenn für  $\frac{1}{2} (G - a\beta^2) t^2$  der nahe gleiche Werth  $s$  gesetzt wird.

Die von Benzenberg angestellten Fallversuche haben eine der Theorie entsprechende östliche Abweichung ergeben; sie betrug in Hamburg 4 Linien bei einer Fallhöhe von 235 par. Fuss, im Kohlen-schachte am Schlebusch in der Grafschaft Mark 4,6 Linien bei der Fallhöhe von 262'. Bei den im Jahre 1831 bei Freiberg angestellten Fallversuchen fand man auf eine Fallhöhe von 158½ Meter die östliche Abweichung = 28,396 Millimeter. Vergl. Versuche über das Gesetz des Falles u. s. w. von Benzenberg, Dortmund 1804. Fallversuche über die Umdrehung der Erde von Reich, Freiberg 1832.

Zur Berechnung des Falles auf vorgeschriebener Bahn dient die Gleichung C., nach welcher die Beschleunigung in der Bahn gleich der tangentialen Componente der Resultante von Anziehung und Schwung-

kraft ist. Sieht man diese Resultante ( $=g$ ) als constant an, ist  $i$  der Winkel, der ihre Richtung mit der Tangent der Bahn einschliesst, so erhält man hieraus  $\frac{d^2s}{dt^2} = -g \cos i$ . Beispiele für den Fall auf vorgeschriebenen Bahnen findet man in den Lehrbüchern der Mechanik; vgl. auch Pendel. Eine in Lehrbüchern seltner berücksichtigte Art des Falles ist das Herabrollen einer Kugel auf einer schiefen Ebene, bei welchem die Reibung in Betracht kommt. Es sei  $v$  die Geschwindigkeit, mit welcher der Mittelpunkt der Kugel auf der schiefen Ebene herabgeht,  $p$  die Winkelgeschwindigkeit, mit welcher die Kugel sich bei dieser Bewegung um ihre horizontale Axe dreht,  $f$  die Reibung, welche der Richtung  $v$  parallel am Berührungspunkte aufwärts wirkt, endlich  $h$  der Halbmesser der Kugel, und  $i$  die Neigung der schiefen Ebene, so erhält man zur Bestimmung von  $v$  und  $p$  folgende Gleichungen:  $\frac{dv}{dt} = g \sin i - f$ ;  $\frac{2}{3}h \frac{dp}{dt} = f$ . Nämlich auf den Schwerpunkt wirkt als beschleunigende Kraft  $g \sin i - f$ ; ferner aber strebt die Reibung mit dem Momente  $fh$  die Kugel um ihren Schwerpunkt zu drehen; das Trägheitsmoment der Kugel ist aber  $=\frac{2}{5}h^2$ , wenn ihre Masse zur Abkürzung  $=1$  gesetzt wird; dieses multiplicirt mit der Beschleunigung der Winkelgeschwindigkeit, nämlich  $\frac{dp}{dt}$ , muss dem Momente der Reibung gleich sein, also  $\frac{2}{5}h^2 \frac{dp}{dt} = fh$ ; woraus die zweite Gleichung folgt. Wenn nun die Kugel auf der Ebene rollt, so ist die Geschwindigkeit ihres Berührungspunktes, welche durch  $v - hp$  ausgedrückt werden muss, gleich Null, also  $v - hp = 0$ ; folglich  $\frac{dv}{dt} - h \frac{dp}{dt} = 0$ , und mithin nach obigen Gleichungen:  $g \sin i - f = \frac{2}{5}f$ , oder  $f = \frac{5}{7}g \sin i$ . Bezeichnet man den Reibungscoefficienten mit  $\mu$ , und bemerkt, dass  $g \cos i$  der Druck der Kugel auf die schiefe Ebene ist, so ist  $\mu g \cos i$  die Reibung, welche die Kugel auf der schiefen Ebene gleitend erleiden würde. Beim Rollen ist aber  $f = \frac{5}{7}g \sin i$ , und dieser Werth ist nur dann zulässig, d. h. die Kugel kann nur dann auf der schiefen Ebene herabrollen, wenn  $\frac{5}{7}g \sin i < \mu g \cos i$ , also wenn  $\operatorname{tg} i < \frac{7}{5}\mu$  ist. Hat die Ebene eine stärkere Neigung, so reicht die Reibung nicht mehr hin, das Rollen zu bewirken, oder die Geschwindigkeit des Berührungspunktes fortwährend  $= 0$  zu erhalten, und die Kugel muss auf der Ebene gleiten. Für die rollende Kugel folgt aus den obigen Gleichungen  $\frac{dv}{dt} = \frac{2}{7}g \sin i$ , also  $v = \frac{2}{7}g \sin i \cdot t$ , wenn für  $t=0$ ,  $v=0$  war; die herabrollende Kugel nimmt also nur  $\frac{2}{7}$  von der Geschwindigkeit an, welche die Schwere auf der schiefen Ebene ohne Reibung ihr ertheilen würde. Vgl. Ide Mechanik fester Körper, Bd. II. S. 342, und Handbuch der theoret. Mechanik, von Minding, S. 344. Mdg.

**Fallmaschine**, Atwood'sche. Ueber eine leichte Rolle, welche sich um eine horizontale Axe dreht, ist ein dünner Faden gelegt, an dessen Enden sich die Gewichte  $m$  und  $n$  befinden. Sind



diese Gewichte gleich schwer, so halten sie einander das Gleichgewicht. Wird aber zu dem einen Gewicht ( $m$ ) mehr zugelegt, als nöthig ist, um die Reibung der Rolle zu überwinden, so fällt dasselbe längs der in der Figur angedeuteten vertikalen Scale herunter, und die beweglichen Schieber dienen zur Bestimmung des durchlaufenen Weges, während durch das nebenstehende Pendel die zu dieser Bewegung verwandte Zeit gemessen wird, indem dasselbe entweder einen an eine Glocke schlagenden Hammer in Bewegung setzt, oder auf irgend eine andere Weise bei jedem Hin- und jedem Hergang einen Ton von sich gibt. Bei einigen Maschinen ist der Hammer mit einer Arretirung der Rolle so verbunden, dass derselbe in dem nämlichen Augenblick zum ersten Male an die Glocke schlägt, in welchem die Arretirung gelöst wird. Um die Reibung der Rolle zu vermindern, liess man früher die Axe derselben auf Frictionsrollen laufen. Vorzüglicher aber ist eine Einrichtung des Mechanikus Oertling in

Berlin, nach welcher die Enden der Axe kegelförmig zugespitzt werden und in Hohlkegeln laufen, welche sie nur in einem Punct berühren.

Abstrahirt man von dem Widerstand der Luft, der Masse des Fadens, der Masse und der Reibung der Rolle, so lässt sich das Gesetz der Bewegung der Gewichte leicht in folgender Weise herleiten.

Es sei  $M$  die Masse in  $m$  und  $N$  die Masse in  $n$ , so ist, wenn  $g$  die auf die Einheit der Masse wirkende Schwere bezeichnet, die auf beide Massen wirkende bewegende Kraft

$$Mg - Ng,$$

also die auf die Einheit der Masse bezogene bewegende Kraft

$$\frac{M - N}{M + N} g,$$

und somit der von den Massen ohne anfängliche Geschwindigkeit in der Zeit  $t$  durchlaufene Weg

$$\frac{1}{2} \frac{M - N}{M + N} g t^2$$

Die Bewegung ist daher eine gleichförmig beschleunigte, und es gelten für dieselbe überhaupt die Gesetze des freien Falls, zu deren empirischer Nachweisung die Maschine von ihrem Erfinder Atwood bestimmt ist.

Wir heben unter den verschiedenen Versuchen, welche mit der Fallmaschine angestellt werden können, denjenigen heraus, durch welchen sich die Geschwindigkeit in einem beliebigen Punct der Fallhöhe bestimmen lässt. Man bringe das Gewicht  $m$  mit dem Gewicht  $n$  und der Reibung der Rolle genau ins Gleichgewicht. Alsdann beschwere man das Gewicht  $m$  durch einen seitwärts überragenden Körper. Lässt man nun in irgend einem Punct der

Fallhöhe das herüberragende Gewicht durch einen durchbrochenen Schieber auffangen, während das frühere Gewicht  $m$  frei hindurchgeht, so bewegen sich die nicht mehr beschwerten Massen gleichförmig fort mit der Geschwindigkeit, welche sie in diesem Punkt der Fallhöhe erlangt hatten. Waren die Massen ohne anfängliche Geschwindigkeit, so wird jedesmal der bis zu jenem Punkte beschriebene Fallraum halb so gross sein, als derjenige, welcher nun in der nämlichen Zeit zurückgelegt wird.

Will man die Masse der Rolle mit in Rechnung ziehen, so kann man wie folgt verfahren.

Nach dem Satz der lebendigen Kräfte ist die Zunahme der lebendigen Kräfte (d. h. die Summe der Produkte der bewegten Massen in die mit den Zunahmen der Geschwindigkeiten multiplicirten Geschwindigkeiten) in jedem Zeitelement gleich der Summe der Produkte der bewegenden Kräfte in die Fortrückungen ihrer Angriffspunkte nach den Richtungen dieser Kräfte.

Sind die Massen in  $m$  und  $n$  respective  $M$  und  $N$ , und ist ihre gemeinschaftliche Geschwindigkeit  $p$ , so ist die Zunahme ihrer lebendigen Kräfte

$$Mp dp + Np dp.$$

Bezeichnet man ferner den Radius der Rolle (die Entfernung des um die Rolle gelegten Fadens von der Drehungsaxe) durch  $\varrho$ , so wird jedes in der Entfernung  $r$  von der Drehungsaxe befindliche Differential der Masse der Rolle ( $dm$ ) sich mit der Geschwindigkeit  $\frac{r p}{\varrho}$  bewegen, und die Zunahme dieser Geschwindigkeit ist  $\frac{r dp}{\varrho}$ . Also ist

die Zunahme der lebendigen Kraft jedes Elements der Rolle  $= \frac{r^2 p dp dm}{\varrho^2}$  mithin die Zunahme der lebendigen Kraft der ganzen Rolle

$$\int \frac{r^2 p dp dm}{\varrho^2},$$

oder, da sich die Integration nur auf die Masse der Rolle bezieht

$$\frac{p dp}{\varrho^2} \int r^2 dm.$$

Die bewegenden Kräfte sind dagegen  $Mg$  in  $m$  und  $Ng$  in  $n$ , und die Fortrückung ihrer Angriffspunkte während der Zeit  $dt$  nach der Richtung der Schwere genommen  $p dt$  in  $m$  und  $-p dt$  in  $n$ , so dass die Summe der Produkte der bewegenden Kräfte in die Fortrückungen ihrer Angriffspunkte ist

$$(M - N) g p dt.$$

Dieser Ausdruck der Zunahme der lebendigen Kräfte gleich gesetzt gibt, indem man den gemeinschaftlichen Faktor  $p$  weglässt,

$$M dp + N dp + \frac{dp}{\varrho^2} \int r^2 dm = (M - N) g dt,$$

oder, nach der Integration, wenn die anfängliche Geschwindigkeit Null ist,

$$p = \frac{M - N}{M + N + \frac{1}{\varrho^2} \int r^2 dm} g t,$$

und, wenn  $u$  den Fallraum bezeichnet,

$$u = \frac{1}{2} \frac{M - N}{M + N + \frac{1}{g^2} \int r^2 dm} g t^2,$$

so dass auch unter Berücksichtigung der Masse der Rolle die Gesetze der Bewegung dieselben sind, wie beim freien Fall.

Das Integral  $\int r^2 dm$  wird das Trägheitsmoment der Rolle genannt, und kann, wenn die Dimensionen und die specifischen Gewichte der einzelnen Theile der Rolle genau bekannt sind, durch Rechnung, oder sonst durch Versuche gefunden werden. Bei zwei Versuchen mit verschiedenen Gewichten würde man schon zwei Gleichungen erhalten, aus welchen sich  $\frac{1}{g^2} \int r^2 dm$  eliminiren liesse.

Sind daher  $M$  und  $N$  bekannt, so kann die Fallmaschine dazu benutzt werden,  $g$  mit einiger Annäherung zu bestimmen. Indessen sind zu diesem Zweck die Pendelversuche bei weitem geeigneter, da sie auf eine ungleich längere Zeit ausgedehnt werden können, oder vielmehr bei diesen die Beobachtung der Zeit eines Falls ohne neue Beobachtungsfehler sehr oft wiederholt werden kann.

Ueber die Spannung des Fadens, so wie die Berücksichtigung der an dem Gesetz der Bewegung übrigens nichts ändernden Reibung sehe man „Rad an der Welle“, von welchem die Fallmaschine nur ein besonderer Fall ist.

Hinsichtlich der Bedeutung des  $g$  verweisen wir auf die in dem Artikel „Fall“ von dem Verfasser desselben gegebenen Entwicklungen, nach welchen die relative Bewegung eines Körpers gegen die sich drehende Erde als absolute Bewegung betrachtet werden kann, wenn zu den auf den Körper wirkenden beschleunigenden Kräften noch die aus der Umdrehung der Erde für jeden besonderen Ort des sich bewegenden Körpers hervorgehende Schwungkraft und ausserdem ein von der relativen Bewegung des Körpers und der Umdrehungsgeschwindigkeit der Erde abhängiges Glied hinzu gerechnet wird. Hiernach würde also das  $g$  streng genommen als die Mittelkraft dreier mit dem Ort und der Bewegung der Körper veränderlichen Kräfte, der Anziehung der Erdmasse, der Schwungkraft und der so eben angedeuteten dritten Kraft betrachtet werden müssen. Da jedoch diese dritte Kraft wegen der geringen Winkelgeschwindigkeit der Erde sehr klein ist und ohnehin, wenn die relative Geschwindigkeit des Körpers gleich Null ist, verschwindet, ferner bei geringer Ortsveränderung des Körpers die Variationen der Anziehung der Erde und der Schwungkraft nur sehr unbedeutend sind, so kann in der vorliegenden Aufgabe das  $g$  der Mittelkraft aus der Anziehung der Erde und der Schwungkraft gleich gesetzt und als constant angenommen werden.

Diese letztere Mittelkraft bedingt genau den Druck eines ruhenden Körpers auf seine horizontale Unterlage, also sein Gewicht, und wurde daher in dem Vorstehenden durch den Ausdruck Schwere bezeichnet. (Siehe das Nähere in dem Artikel „Schwere“.)

Atwood in Hall's new royal encyclopedia, Art. Mechanics. Eine specielle Beschreibung der Fallmaschine findet man in Pouillet's Lehrbuch der Physik, frei bearbeitet von Joh. Müller, Braunschweig 1842, S. 43.

Rr.

**Fallschirm**, franz. und engl. parachute, nennt man einen Apparat, der grosse Aehnlichkeit mit einem gewöhnlichen Regenschirm, nur weit grössere Dimensionen besitzt, und dessen sich die Luftschiffer bedienen, um sich langsam und ohne Gefahr aus den höheren Regionen der Atmosphäre herabzulassen. Die grossen Gefahren, welche aus einem zu schnellen Sinken des Ballons wegen des heftigen Stosses gegen die Erde oder aus einer Beschädigung desselben hervorgehen, führten auf seine Erfindung. Die erste Idee scheint aus Ost-Asien zu stammen, wo sich Gaukler mittelst Schirme von grösseren Höhen herabstürzten, und P. Loubère berichtet schon von dem Vergnügen, welches der Beherrscher von Siam und sein Hof an den erstaunlichen Sprüngen eines Menschen fanden, der an seinem Gürtel zwei Schirme befestigt hatte. Die ersten Versuche in Europa, Thiere und Menschen damit fallen zu lassen, wurden im November 1783 vom Prof. Le Normand zu Montpellier angestellt und von Montgolfier nachgeahmt. Blanchard construirte bald darauf einen Fallschirm und war der Erste, der diesen Apparat mit einem Luftballon verband. Er liess damit zu Ende des Augusts 1785 einen Hund auf einer Luftfahrt aus beträchtlicher Höhe fallen, und dieser erreichte wohlbehalten den Boden. Seitdem haben mehrere Aëronauten Abänderungen und Vervollkommnungen in Form und Handhabung ausgeführt, unter denen namentlich Garnerin's Apparat (Gilbert's Annal. d. Physik. XVI. S. 14.) zu erwähnen ist. Dieser bestand aus weissem Cannevas, hatte die Gestalt eines halbkugelförmigen Schirms von 25—30 Fuss im Durchmesser und an der Spitze ein rundes Stück Holz von 10" Dicke, in dessen Mitte ein Loch war, um die Schnüre zur Befestigung des Zeuges aufzunehmen. 4½ Fuss unter der Spitze befand sich ein hölzerner Reifen von 8 Fuss Durchmesser, der so mit Schnüren an die Leinwand geknüpft war, dass beim Steigen des Ballons der Schirm den Reifen wie ein Vorhang umgab. Unten war die Gondel für den Aëronauten (4 F. hoch und 2½ F. weit) aufgehängt. Garnerin liess sich öfter mit diesem Schirm herab: wenn das Strick, welches den Schirm am Netze des Ballons befestigte, gelöst wurde, öffnete sich der Fallschirm und fiel einige Secunden mit beschleunigter Geschwindigkeit; er gerieth dann, indem er sich wegen des Widerstandes der Luft langsamer senkte, in grosse, pendelarartige Schwankungen, welche theils von den Bewegungen der Luft, theils von der Lage und Entfernung des Schwerpunkts des Fallschirms gegen den Punkt herrührten, in welchem man die Wirkung des Luftwiderstandes vereinigt denken kann. Diese Schwankungen waren zuweilen so stark, dass die Gondel in eine nahe horizontale Lage kam, was nicht ohne Gefahr ist und nicht wenig zu der Aufregung beitragen mag, welche man häufig bei der Niederkunft an den Aëronauten beobachtet. — Es versteht sich wohl von selbst, dass der Apparat unter übrigens gleichen Umständen, wie Dimensionen und Dauerhaftigkeit, um so zweckmässiger ist, je leichter er ist.

Die Theorie des Fallschirms gründet sich auf die Lehre vom Widerstande, den die atmosphärische Luft fallenden Körpern entgegensetzt. Da der Fallschirm sich erst einige Secunden nach dem Abschneiden vom Ballon völlig entfaltet, so muss er anfänglich mit

beschleunigter Geschwindigkeit und schnell fallen, bis diese so gross geworden, dass der der ganzen Fläche entgegen wirkende Widerstand der Schwere des Apparats und des Menschen gleichkommt. Dies Gleichgewicht kann indessen erst nach mehrmals beschleunigter und dann wieder verzögerter Bewegung eintreten. Wäre die untere Fläche des Fallschirms eben, so würde diese Endgeschwindigkeit theoretisch gleich der eines Körpers sein, welcher durch eine Luftsäule von gleichem Querschnitt und gleichem Gewicht wie der Apparat herabfiel. Da aber eine cylindrische Luftsäule von 1 Fuss Höhe und 1 Fuss Durchmesser unter gewöhnlichen Umständen  $\frac{1}{17}$  Pfd. Avoirdupois wiegt, so giebt  $\frac{1}{17}$  vom Quadrat des Schirmdurchmessers die Zahl von Pfunden, welche eine gleiche Luftsäule bei 1' Höhe wiegt, und daraus folgt die ganze Höhe einer gleich schweren Luftsäule, indem man mit jenem Quotienten in das Gewicht des ganzen Apparats dividirt. Die Endgeschwindigkeit, d. h. die, mit welcher der Fallschirm auf den Boden trifft, findet man aber, indem man aus dieser Zahl die Quadratwurzel zieht und mit 8 multiplicirt. Ist z. B. der Durchmesser 25', so würde  $\frac{25^2}{17} = 36 \frac{13}{17}$  u. das Gesamtgewicht des Fallschirms sein müssen, wenn der Stoss auf den Boden dem gleich sein sollte, welchen man beim Fall von 1' Höhe erhielte; und wüge der Apparat 4mal so viel ( $147 \frac{1}{17}$  Pfd.), so würde der Stoss dem bei einem Sprunge von 4 Fuss Höhe gleich kommen, welchen ein Mensch noch recht gut ohne Beschädigung wagen kann. Die Fallgeschwindigkeit des Apparats wäre in diesem Falle  $8\sqrt{4} = 16$  F. in der Secunde.

Der Widerstand der Luft ist jedoch grösser, als die Theorie annimmt; auch wird derselbe dadurch vermehrt, dass die concave Form des Schirms eine Anhäufung des elastischen Fluidums bewirkt. Legt man Hutton's Versuche über den Widerstand der Mittel (Hutton's Dict. 44. u. Tracts of math. and phys: subj. III) der Berechnung zu Grunde, bezeichnet man den Durchmesser des Fallschirms mit  $a$  und mit  $b$  das totale Gewicht desselben, so ist in runden Zahlen die Endgeschwindigkeit  $= \frac{26}{a} \sqrt{b}$  engl. Fuss in der Secunde, und die Höhe, von welcher herab ein Körper fallen muss, um mit gleicher Stärke am Boden anzulangen,  $= \left(\frac{13}{4a}\right)^2 \times b$  oder ganz nahe  $\frac{10,5}{a^2} \times b$ . Hätte ein Schirm z. B. 30' Durchmesser bei einem Gewicht von 196 Pfd., so wäre  $\frac{26}{30} \sqrt{196} = 12,1$  Fuss die Geschwindigkeit und  $\left(\frac{13}{120}\right)^2 \times 196 = 2,3$  Fuss die Höhe, bei der ein frei fallender Körper denselben Stoss erhalten würde.

Mit zunehmender Dichtigkeit des Mittels wächst aber auch der Widerstand gegen einen darin fallenden Körper; daher muss die Geschwindigkeit des Fallschirms in den höheren Regionen der Atmosphäre grösser sein, als die in grösserer Nähe am Boden. Setzen wir das Verhältniss der Dichtigkeiten am Meeresspiegel und in einer gegebenen Höhe  $= n : m$ , so wird in dieser Höhe die Geschwindig-

keit =  $\frac{26}{a} \sqrt{\frac{m}{n}} \cdot b$ , oder sie ist gleich der eines von einer Höhe von  $\frac{10,5}{a^2} \cdot \frac{m}{n} \cdot b$  Fuss frei herabfallenden Körpers. Diese Endgeschwindigkeit, wovon die Stärke des Stosses auf den Boden abhängt, ist vorzugsweise zu beachten.

Die Anwendung des Fallschirms ist im Allgemeinen auf das Herablassen der Luftschiffer oder von Thieren aus grösseren Höhen beschränkt geblieben. Vielleicht würden sie auch eine grössere Bedeutung für die Wissenschaft erlangen, wenn man sich der Aërostaten mit selbstregistrirenden Instrumenten bediente, um über die Meteorologie der obren Regionen einigen Aufschluss zu erhalten.

Die Literatur s. unter dem Artikel: Luftschiffahrt. W. Mn.

**Falsett** s. Stimme.

**Faradayin.** Nemmt Himly eines der flüchtigsten Produkte der Destillation des Kaoutchouks, welches den grössten Theil des Destillats ausmacht. Es siedet schon bei + 33° C. Sp. Gew. 0,65; ist farblos, unter starker Kälteentwicklung flüchtig, wirkt weder auf Kalium noch Natrium, löst Schwefel, Phosphor und namentlich Kaoutchouk auf; verbindet sich mit Chlor und Chlorwasserstoffsäure, wird von Schwefelsäure unter Bildung schwefliger Säure und einer braunen Substanz in der Hitze zersetzt. Vergleiche den Artikel: Kaoutchouk und Himly's Schrift: De Caoutchouk ejusque Destillationis siccae productis. 1835. M

**Farbe.** Die Ansichten, welche über den Ursprung der Farben bis zu der Zeit, in welcher die Newton'sche Theorie die herrschende wurde, aufgestellt worden sind, hat Goethe in dem 2ten Theil seiner Farbenlehre in grosser Vollständigkeit zusammengestellt. Da dieselben jetzt nur noch von historischem Interesse sind, so verweisen wir den Leser, der sich über dieselben unterrichten will, auf dieses Werk, und beschränken uns auf die Goethe'sche Erklärung und auf die Erklärung nach der Emanations- und Wellentheorie.

Die Goethe'sche Ansicht ist kurz folgende:

Farbe entsteht da, wo Dunkles (das Dunkel als etwas positiv Wirkendes angesehen) durch Helles, oder Helles durch Dunkles hindurchscheint. Das Dunkle, durch ein helles Medium angesehen, erscheint blau, und dieses Blau geht beim Trüber-Werden des Zwischenmediums allmählig in's Violette über. Das Helle, durch ein trübes Mittel angesehen, erscheint roth und geht durch das Orange in's Gelb über, wenn die Trübe des Zwischenmediums abnimmt. Das Grün tritt alsdann als Mischfarbe auf.

Jene Entstehungsweise des Gelb und Roth gründet Goethe vorzugsweise auf die Bemerkung, dass das Licht helleuchtender Flammen, wie das des brennenden Phosphors im Sauerstoffgase, so wie das Licht der Sonne und Gestirne bei heiterem Himmel weiss erscheine, während dasselbe, durch Milchglas, Rauch u. s. w. hindurchgesehen, eine rothe Färbung zeige; und hieraus erklärt er dann unter andern die Erscheinung der Morgen- und Abendröthe, den

gelblichen und röthlichen Glanz der Sonne in der Nähe des Horizonts, wenn die unteren Luftschichten mit Dünsten angefüllt sind, das röthliche Licht der Sonne Heerrauch, und einige andere Phänomene. Wie sich z. B. hiermit die Erfahrung vereinigen lässt, dass die Sonne in grösserer Höhe über dem Horizont durch leichte Wolken silberweiss statt roth erscheint, bleibt unerklärt. Zur Begründung der Entstehungsweise des Blau wird namentlich die Farbe des heiteren Himmels angeführt, als Folge des Durchscheinens des dunkeln Himmelsraums durch die vom Tageslicht erhellten Dünste, und die tiefere Sättigung der Himmelsbläue auf hohen Bergen.

Die Zahl der auf diesem Wege erklärbaren Erscheinungen ist sehr gering, und gewiss nicht grösser als die Zahl derer, welche mit der zum Grunde liegenden Ansicht in directem Widerspruche stehen. (Ausgeführtere Widerlegungen findet man unter andern im Gehler'schen Wörterbuch unter dem Artikel: Farbe, in Mollweide's Prüfung der Farbenlehre von Goethe, Halle 1810, und in dem Moser'schen Aufsatz über Goethe's Farbenlehre in den Abhandlungen der Königsberger deutschen Gesellschaft.) Zu den relativ vollständiger von Goethe erklärten Erscheinungen gehört die der prismatischen Farben, deren Entstehung wie folgt angegeben wird.

Gegenstände, durch ein mehr oder weniger dichtes Mittel gesehen, erscheinen nicht an derselben Stelle, an welcher sie sich nach den Regeln der Perspective befinden sollten. Ist die Brechung (d. h. die Verrückung des Gesehenen durch Zwischentritt eines andern Mittels) mit Farbenzerstreuung verbunden, so trennt sich ein Nebenbild von dem Hauptbilde, und beide werden in ungleichem Maasse verrückt. Ist das Gesehene ein begrenztes Object, so schieben sich die Ränder des Nebenbildes und Hauptbildes übereinander, und ist das brechende Medium von Prismenform, so sind beide Bilder nahe von derselben Grösse und es erscheint da, wo der Rand des Nebenbildes über den Rand des Hauptbildes hinausragt, und also Dunkel durch Hell gesehen wird, das Blau; auf der gegenüberstehenden Seite erscheint der Rand des Hauptbildes, verdeckt durch die vorgeschobene (dunkle) Grenze des Nebenbildes, gelb. — Eine helle Scheibe auf dunklem Grunde zeigt, durch eine Convexlinse betrachtet, einen blauen Rand, weil durch die Vergrösserung die Grenzen der Scheibe scheinbar sich ausdehnen und über das Dunkle fort-ragen; durch eine Concavlinse dagegen, welche das Bild der Scheibe verkleinert, wird dem entsprechend ein gelber Rand sichtbar. Woher die Verrückungen und woher die Nebenbilder kommen, wird durchaus nicht erklärt.

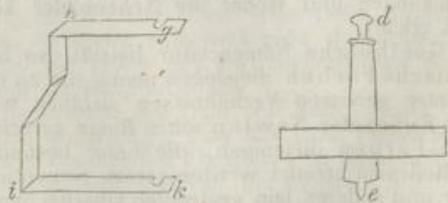
Was die Goethe'sche Nomenclatur betrifft, so bemerke man, dass er epoptische Farben diejenigen nennt, die an der Oberfläche der Körper unter gewissen Verhältnissen sichtbar werden (wozu namentlich die Farben der Newton'schen Ringe gerechnet werden); katoptrische Farben diejenigen, die unter besonderen Verhältnissen durch Reflexion erzeugt werden (wozu namentlich die Farben am Perlemutter und anderen fein gestreiften Oberflächen gezählt werden); paroptische Farben diejenigen, die man um sehr enge Oeffnungen im dunklen Zimmer sieht (die Beugungsfarben im directen und gebrochenen Licht); physiologische Farben diejenigen,

die von besonderen Zuständen des Auges abhängen (s. den Artikel: Physiologische Farben).

**Farbenursprung nach der Emanationstheorie.** Nach der Emanationstheorie, in welcher man das Licht aus feinen Theilchen bestehend denkt, die von dem leuchtenden Körper ausgesendet werden, sind die Lichttheilchen je nach der Farbe von verschiedener Natur, vermöge deren die Theilchen der brechbareren Farben stärker von den brechenden Mitteln angezogen oder abgestossen, und demnach bei der Brechung stärker abgelenkt werden.

**Farbenursprung nach der Wellentheorie.** In der Wellentheorie, nach welcher das Licht durch Schwingungen in einer den Weltraum erfüllenden, ätherischen, feinen Flüssigkeit erzeugt wird, lässt man die von der brechbareren Farbe erregten Schwingungen schneller geschehen, als von der weniger brechbaren, so dass der Eindruck der Farbe von der Geschwindigkeit der Netzhaut-Vibrationen abhängt, welche durch die Aether-Vibrationen hervorgerufen werden. Man sehe das Nähere hierüber unter dem Artikel: Wellentheorie. R.

**Farbenkreisel** nennt man Kreisel, durch welche aufgelegte kreisförmige Scheiben, die in verschieden gefärbte Sektoren getheilt sind, in eine rotirende Bewegung gesetzt werden. Ist die kreisende Bewegung sehr rasch, so vermischen sich die Farbeneindrücke mit einander, und die Scheibe erscheint einfarbig. Ihr Zweck ist, aus der Mischungsfarbe die Zusammensetzung des weissen Lichts aus farbigem zu zeigen. Denselben Namen führt eine Vorrichtung, welche Busolt zur Erzeugung eines schönen Farbenspiels erfand. Der Unterschied zwischen dieser Vorrichtung und der eben erwähnten besteht darin, dass hier farbige Pappstreifen diametral auf die Axe des rotirenden Kreisels gesteckt werden, mit denen, indem man ihnen jede beliebige Stellung gegeneinander geben kann, der mannigfachste Farbenwechsel sich hervorbringen lässt. Den Grund des Farnebildes liefert eine weisse oder einfarbige Kreisscheibe, welche man vorher, und zwar (wie die Farbenflügel selbst) während des Rotirens sanft über die Axe herabfallen lässt, zu welchem Behuf Scheiben und Flügel mit kreisförmigen Oeffnungen in ihrer Mitte versehen sind. Der Kreisel selbst besteht nach Busolt's Vorschrift aus einer dicken, etwa 5 Pfd. schweren Scheibe aus Zink und Blei, mit einer hölzernen Axe, die sich unten in einen Stift *e* aus unge-

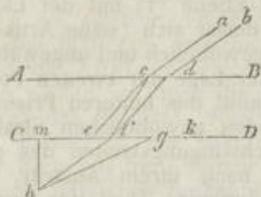


härtetem Stahl mit abgerundeter Spitze, oben in einen Ring und Knopf von Messing endigt. Die kreisende Bewegung wird durch Abziehen einer auf die Holzaxe gewickelten Schnur aus freier Hand

hervorgebracht, nachdem man den Kreisel mit seiner Spitze auf einen Teller gestellt, und die Verengungen der Axe bei  $d$  und  $e$  in die Ausschnitte eines Bügels  $ghik$  eingelegt hat. Dieser Bügel selbst wird durch eine an den Tisch geschraubte Schraubenzwinde festgehalten. R.

**Farbenringe.** Die Farbenbilder, welche durch Lichtinterferenz erzeugt werden, haben das Eigenthümliche, meistens eine Periodicität in der Farbenfolge zu zeigen. Sie unterscheiden sich theils durch die Folge, in der sich die Farben an einander reihen, theils durch die Form, welche die gleichgefärbten Streifen bilden. Ist diese Form eine geschlossene, so nennt man sie gewöhnlich Farbenringe. — Die Beugungsfiguren und die Newton'schen Ringe, die hierher zu rechnen wären, sind in den Artikeln: Beugung und Newton'sche Ringe behandelt; es bleiben daher hier vorzugsweise die Interferenz-Erscheinungen, welche durch doppelte Brechung erzeugt werden, zu betrachten, wobei wir die künstliche Schranke, dass die Figuren Ringform haben, unberücksichtigt lassen.

Um sich deutlich zu machen, wie die doppelte Brechung zu Interferenzen führen kann, denke man sich  $AB$  und  $CD$  als parallele Grenzflächen eines Stückes doppelbrechenden Krystals,  $ac$  als einen einfallenden Lichtstrahl, der eine gewöhnliche Brechung, etwa nach  $cf$ , und eine ungewöhnliche Brechung nach  $ce$  hin erleide. Nimmt man alsdann  $fd \pm ec$ , und  $db \pm ca$ , so wird  $df$  die Richtung des zu einem Einfallsstrahl  $bd$  gehörigen ungewöhnlich gebrochenen Strahls. Da ferner wegen der Paralleli-



lät von  $AB$  und  $CD$  die austretenden Strahlen den einfallenden parallel sind, so fallen die Strahlen  $cf$  und  $df$  nach ihrem Austritt zusammen und verfolgen die Richtung  $fh$ . Sind nun  $ac$  und  $bd$  Strahlen, die von einem und demselben Lichtpunkt herkommen, und ist  $dp$  senkrecht auf  $ca$ , so sind die Aethertheilchen in  $d$  und  $p$ , da diese Punkte von der Lichtquelle dieselbe Entfernung haben, stets in derselben Phase. Ist ferner  $v$  die Geschwindigkeit des Lichts in den Strahlen  $ac$  und  $bd$ ,  $s'$  die Geschwindigkeit des Strahls  $cf$ , und  $s''$  die des Strahls  $df$ , so gebraucht die Bewegung im Strahl  $ac$ , um von  $p$  nach  $f$  zu kommen, die Zeit  $\frac{cp}{v} + \frac{cf}{s'}$ , und die Bewegung im

Strahl  $bd$ , um von  $d$  nach  $f$  zu kommen, die Zeit  $\frac{df}{s''}$ . Sie kommen also im Allgemeinen in verschiedenen Zeiten, also auch in verschiedenen Phasen in  $f$  an. Die Strahlen  $acfh$  und  $bdfh$  würden also, nachdem sie in  $f$  den Krystall verlassen haben, interferiren, wenn sie sowohl beim Eintritt als beim Austritt einerlei Polarisations-Ebene hätten. Beim Austritt sind indess der gewöhnliche und ungewöhnliche Strahl auf einander senkrecht polarisirt, sie setzen sich daher zu circular oder elliptisch polarisirtem Licht zusammen, und man muss, wenn man eine Interferenz bewirken will, die Polarisations-Ebenen bei den Strahlen nach einer gemeinsamen Richtung hin ab-

lenken. Die Polarisirung des Einfallslights kann man dadurch herstellen, dass man dasselbe vor dem Eintritt in den Krystall durch einen Turmalin oder ein Nicol'sches Prisma hindurchgehen oder von einem Polarisationspiegel reflectiren lässt, und durch dieselben Mittel führt man die beiden senkrecht auf einander polarisirten austretenden Strahlen auf einerlei Polarisations-Ebene zurück. Wir wollen im Folgenden voraussetzen, dass beides durch Nicol'sche Prismen geschehe, und zwar wollen wir das Prisma, durch welches das einfallende Licht geleitet wird, das vordere, das andere Prisma das hintere nennen. Ferner mögen die Polarisations Ebenen der aus dem vorderen und hinteren Prisma tretenden Strahlen resp. die erste und zweite Polarisations-Ebene heißen.

Die Intensität des interferirten Lichts hängt nun (siehe Artikel: Interferenz) nicht nur von dem Phasenverhältniss ab, also von den Zeiten, welche die Bewegungen in den beiden Strahlen gebrauchen, um resp. von  $p$  und  $d$  nach dem Austrittspunkt aus dem hinteren Prisma (oder da sie von  $f$  bis dahin gleich schnell fortgehen, um nach  $f$ ) zu kommen, sondern auch von den Intensitäten, welche die concurrirenden Strahlen beim Austritt aus dem zweiten Prisma haben. Diese letzten Intensitäten ändern sich aber bei einerlei Krystallstellung und einerlei Lage der Einfallsebene 1) mit der Lage der ersten Polarisations-Ebene, weil mit dieser sich (siehe Artikel: Brechung und Intensität) die Intensität des gewöhnlich und ungewöhnlich gebrochenen Strahls ändert, 2) mit der Lage der zweiten Polarisations-Ebene. Denn bildet der Hauptschnitt des hinteren Prismas mit der Polarisations-Ebene des austretenden gewöhnlichen Strahls den Winkel  $\alpha$ , und sind  $O$  und  $E$  die Schwingungsweiten des gewöhnlichen und ungewöhnlichen Strahls nach ihrem Austritt, so werden, da sich durch das Prisma nur derjenige Theil der Bewegung fortpflanzt, welcher dem Hauptschnitt parallel ist, die Schwingungsweiten resp.  $O \cos \alpha$  und  $E \sin \alpha$ , mithin von  $\alpha$  abhängig. Jede Drehung des vorderen oder hinteren Prismas muss folglich im Allgemeinen eine Intensitätsänderung zur Folge haben.

Denken wir nun auf  $AB$  in allen möglichen Richtungen einfarbige Strahlen fallen, von denen die unter sich parallelen (wie  $ac$  und  $bd$ ) von demselben Lichtpunkt kommen, so werden sich unter diesen parallelen Strahlen stets solche finden, die aus denselben Ursachen, wie  $ac$  und  $bd$  nach dem Austritt aus  $CD$  in gemeinsamen Richtungen fortgehen. Wählen wir unter diesen austretenden Doppelstrahlen diejenigen aus, welche ein in  $h$  befindliches Auge treffen, so wird (wenn zwischen  $h$  und  $CD$  ein hinteres Prisma gestellt ist) in deren Richtungen das Gesichtsfeld von interferirtem Licht erhellt erscheinen, und zwar jeder Punct desselben mit im Allgemeinen verschiedener Intensität, weil den verschiedenen Doppelstrahlen verschiedene Phasenverhältnisse und verschiedene Verhältnisse der Schwingungsweiten entsprechen.

Bedenkt man überdies, dass die Intensität des interferirten Lichts sich mit der Wellenlänge ändert, so sieht man, dass bei weissem Licht jede Farbe mit anderer Intensitätsvertheilung das Gesichtsfeld erhellen muss, dass also in jedem Puncte das Mischungsverhältniss der Farben im Allgemeinen anders sein, folglich eine Farbenfigur

entstehen wird. Je dünner aber der Krystall ist, desto weniger werden sich die Phasenverhältnisse von Punct zu Punct ändern, und desto mehr wird sich das Gesichtsfeld einer vollkommenen Einfarbigkeit nähern.

Bringt man statt eines einzigen Krystallscheibchens mehrere zwischen die beiden Prismen, so bilden sich gleichfalls Interferenzfiguren, deren Entstehung sich auf dieselbe Weise verfolgen lässt. Die einfachsten und am meisten angewendeten Combinationen dieser Art sind die Verbindungen eines Krystalls, der für sich allein schon eine Farbenfigur geben würde mit einem oder zwei sehr dünnen Glimmerblättchen, von denen im letzten Fall das eine vor, das andere hinter dem Hauptkrystall angebracht wird. Wählt man die Dicke eines solchen Blättchens so, dass die mittleren (gelben) Strahlen bei senkrechtem Einfall nach dem Austritt nur um eine Viertel Undulation von einander abweichen, dass sich also diese Strahlen circular polarisiren, so unterscheiden sich auch die übrigen (elliptisch polarisirten) Farbenstrahlen wenig von circular polarisirtem Licht, und man nennt dann das Blättchen kreisförmig polarisirend, im entgegengesetzten Fall elliptisch polarisirend. Je nachdem man zwischen dem Krystall und dem vorderen Prisma ein circular oder elliptisch polarisirendes Blättchen setzt oder nicht, sagt man, die Polarisation sei circular, elliptisch oder linear; und je nachdem man ein solches Blättchen zwischen Krystall und hinterem Prisma setzt, sagt man, die Analyse sei circular, elliptisch oder linear. Wie die Prismen wollen wir auch die Blättchen im Folgenden nach ihrer Stellung durch das Prädicat „vorderes“ und „hinteres“ unterscheiden.

Betrachten wir jetzt etwas näher die Art, wie man die Form der Farbenfiguren, so wie die Intensität und Farbenmischung in jedem Punkte derselben berechnet, und zwar zunächst unter Voraussetzung linearer Polarisation und Analyse.

Man bemerke, dass das, was im Artikel Interferenz  $z + z_1$  und  $z + z_2$  genannt ist, wenn man  $v$  zur Einheit nimmt, hier resp.  $\frac{df}{s''}$  und  $cp + \frac{cf}{s'}$  ist, so dass, wenn man  $\frac{df}{s''} = z$  setzt,  $z_1 = 0$  und  $z_2 = cp + \frac{cf}{s'} - \frac{df}{s''}$  wird, und die Intensität  $M^2$  des interferirten Lichts nach Formel (3) im Artikel: Interferenz sich ausdrücken lässt durch:

$$M^2 = [A_1 + A_2 \cos \frac{2\pi z_2}{l}]^2 + A_2^2 \sin^2 \frac{2\pi z_2}{l}$$

Bestimmt man nun, nach den Formeln des Artikels Brechung, die Schwingungsweiten  $O$  und  $E$  der aus dem Krystall tretenden Strahlen, und berücksichtigt man, dass dann  $A_2 = O \cos \alpha$  und  $A_1 = E \sin \alpha$  ist, so findet man, wenn man die Winkel zwischen der ersten und zweiten Polarisations-Ebene einerseits und der Einfallsebene andererseits resp.  $\varphi$ ,  $\varphi'$ ,  $\varepsilon$  nennt, näherungsweise für kleine Einfallswinkel

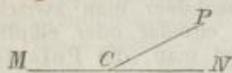
$$(1) M^2 = \cos^2(\varphi - \varphi') - \sin 2(\varphi - \varepsilon) \sin 2(\varphi' - \varepsilon) \sin^2 \pi z_2.$$

Als Werth von  $z_2$  erhält man, wenn man für  $cp$ ,  $cf$ ,  $df$  die gehörigen Werthe und für  $s'$  und  $s''$  die Geschwindigkeiten der gewöhnlichen und ungewöhnlichen Strahlen setzt (man vergl. Raddicke's Optik I. S. 410),

$$(2) z_2 = \frac{d}{t} \left( \frac{\cos i'}{o} - \frac{\cos i''}{e} \right),$$

wo  $d$  die Dicke des Krystalls,  $t$  die Undulationsdauer,  $o$  und  $e$  die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des gewöhnlich und ungewöhnlich gebrochenen ebenen Wellensystems, und  $i'$  und  $i''$  die Brechungswinkel derselben vorstellen. Die Werthe von  $z_2$ ,  $o$  und  $e$  ergeben sich für jeden gegebenen Fall aus der Lage der optischen Axen.

Man sieht also, dass die Intensität in allen denjenigen Punkten des Farbenfeldes dieselbe und  $= \cos^2(\varphi' - \varphi)$  ist, für welche das zweite Glied in (1) verschwindet, d. h. so oft a)  $z - \varphi = \frac{1}{2}m\pi$ , b)  $z - \varphi' = \frac{1}{2}m\pi$ , c)  $z_2 = m$  ist, wo unter  $m$  die Null und jede ganze Zahl zu denken ist. Diese Punkte bilden drei Systeme von Curven. Die beiden ersten, deren Gleichungen (a) und (b) sind, hängen, wie man sieht, nicht von der Farbe ab, und erscheinen daher im weissen Licht weiss oder dunkel, je nachdem  $\varphi' - \varphi > 90^\circ$  oder  $= 90^\circ$  ist. Das dritte Curvensystem dagegen, dessen Gleichung  $z_2 = m$  ist, ändert sich, da  $z_2$  eine Function von  $t$  ist, mit der Farbe. Denkt man



nun die Ebene  $MPN$  als die Ebene, auf welcher man das Farbenfeld projectirt erblickt, und das Auge in  $O$  senkrecht über  $C$ , so dass  $C$  die Mitte des Feldes ist, und wählt  $OC$  zur Einheit; denkt man ferner  $MN$  als den Durchschnitt einer festen durch das Einfallslot  $OC$  gehenden Ebene, so ist jeder Punkt  $P$  des Feldes bestimmt durch den Radius Vector  $CP = \tan i$ , und den Winkel  $PCN = \omega$ . Man erhält folglich die Polargleichungen der Curvensysteme, wenn man in den Gleichungen (a, b, c) für  $\varphi$ ,  $\varphi'$ ,  $z$  ihre Werthe, in  $i$  und  $\omega$  ausgedrückt, setzt.

Löst man die Gleichung  $z_2 = m$  nach  $i$  auf, so dass man

$$(3) i = f(\omega, t, m)$$

erhält, und giebt man dem  $t$  einen bestimmten Werth  $t_1$ , so liefert diese Gleichung, wenn die erste Polarisations-Ebene der zweiten parallel, also  $\varphi = \varphi'$ , mithin  $M^2 = 1$  ist, die Curven, in denen die zugehörige Farbe ihre grösste Helligkeit hat, und  $f(\omega, t_1, m + 1) - f(\omega, t_1, m)$  ist die Entfernung je zwei auf einander folgender Curven, d. i. die sogenannte Ringbreite.

Steht die erste Polarisations-Ebene auf der zweiten senkrecht, ist also  $M^2 = 0$ , so liefert dieselbe Gleichung die Curven, in denen die Farbe völlig verschwindet. Die Minima bei dieser Stellung der Polarisations-Ebenen fallen also auf die Maxima der vorigen Stellung.

Setzt man den Werth von  $i$  aus  $i = f(\omega, t, m)$  in (1), gibt aber dem  $t$  nach und nach alle den übrigen Farben zukommende Werthe, so erhält man die Intensität, welche diese anderen Farben in den Curven haben, in welchen die Farbe  $t$ , ihr Maximum hat, und mithin die Mischungsfarbe in diesen Curven. Verfährt man, wie mit  $t$ , so mit den anderen Werthen von  $t$ , so bekommt man die Mischungsfarbe für diejenigen Curven, in denen jede der andern Farben für sich resp. im Maximum oder Minimum ist.

Die Gleichung (3) bestimmt also in beiden Fällen die Form der gleichfarbigen Linien, die nur durch die weissen oder dunklen Curven (a und b) unterbrochen werden.

Da die Gleichung (1) für  $\varphi - \varphi' = 0$  und  $\varphi - \varphi' = 90^\circ$  resp. übergeht in

(4)  $M_1^2 = 1 - \sin^2 2(\varphi - \varepsilon) \sin^2 \pi z_2$ , (5)  $M_2^2 = \sin^2 2(\varphi - \varepsilon) \sin^2 \pi z_2$ ,  
so wird man, da  $M_1^2 + M_2^2 = 1$  ist, wenn man das Farbenfeld der ersten Stellung auf das der zweiten deckt, in allen Punkten Licht erhalten, in welchen die Farben ebenso gemischt sind, wie ein Einfallslight. Ist dieses daher weiss gewesen, so müssen die Farben beider Bilder einander complementär sein.

Ist endlich  $\varphi - \varphi'$  weder  $0^\circ$  noch  $90^\circ$ , so ist für  $z_2 = m$  die Intensität zwar noch constant und gleich  $\cos^2(\varphi' - \varphi)$ , aber nun weder ein Maximum noch ein Minimum, vielmehr hängt solches von den Werthen von  $\varphi - \varepsilon$  und  $\varphi' - \varepsilon$  ab. Da ferner  $M^2$  (wie man aus (1) sieht) sehr rasche Aenderungen erleiden kann, wenn  $\sin 2(\varphi - \varepsilon)$  oder  $\sin 2(\varphi' - \varepsilon)$  aus dem Positiven ins Negative übergeht, also gerade da, wo die Ringe von den Curven (a) und (b) unterbrochen werden, so wird die Intensität und resp. die Farbe der Ringe an den Durchgangsstellen durch diese Curven mehr oder weniger plötzlichen Aenderungen unterworfen sein.

Aus der Form der Gleichung (2) geht überdies hervor, dass eine um so grössere Aenderung von  $i$  dazu gehört, um  $z_2$  von  $m$  auf  $m + 1$  zu bringen, je kleiner  $d$  ist; die Ringe werden also um so breiter, je dünner der Krystall ist, und übersteigt  $d$  einen gewissen Werth, so treten die Ringe so nahe zusammen, dass die sich nicht mehr unterscheiden lassen. Es taugen daher dicke Krystalle nicht zur Erzeugung dieser Art Erscheinungen. Das Umgekehrte tritt bei einer Aenderung von  $t$  ein: die Ringe werden daher um so breiter, je kleiner  $t$ , d. h. je brechbarer die Farbe ist. Deswegen haben die ersten Ringe ihr Roth immer nach Innen gekehrt.

An die Stelle von (1) und (2) treten zusammengesetztere Formeln, wenn Glimmerblättchen eingeschaltet worden sind.

Als Beispiel einer Durchführung mögen folgende zwei Fälle dienen.

1) Der Krystall sei einaxig, und senkrecht gegen die opt. Axe geschnitten. Da die Formel (1) überhaupt nur für kleine Einfallswinkel gilt, so wollen wir alle Glieder vernachlässigen, die in Bezug auf ihre Kleinheit von höherer Ordnung als  $i^2$  ist. Es ist alsdann (die Bezeichnung aus dem Art. Brechung beibehaltend)  $\cos i' = \cos i'' = 1$

$$-\frac{1}{2} \mu^2 \sin^2 i, \quad \frac{1}{0} = \frac{1}{\mu}, \quad \frac{1}{0} = \frac{1}{\mu} + \frac{\mu^2 - \pi^2}{2\mu} \sin^2 i, \quad \text{mithin}$$

$$z_2 = \frac{d}{t} \frac{\pi^2 - \mu^2}{2\mu} \sin^2 i$$

die Gleichung (3) wird daher

$$i^2 = \frac{2\mu t}{d(\pi^2 - \mu^2)},$$

mithin sind die isochromatischen Curven Kreise, und die Ringbreite

$$\text{ist } \sqrt{\frac{2\mu t}{d(\pi^2 - \mu^2)}} (\sqrt{m+1} - \sqrt{m}).$$

Ueberdies wird für  $i = 0$  auch  $z_2 = 0$  unabhängig von  $t$ , also ist die Mitte im weissen Licht dunkel oder weiss, je nachdem  $\varphi - \varphi' = 90^\circ$  ist oder nicht.

Ferner ist hier, da die Polarisations-Ebene der gewöhnlichen Strahlen

durch die optische Axe geht, also mit der Einfallsebene zusammenfällt,  $\alpha = 0$ , und somit sind die unterbrechenden Curven ( $a$  und  $b$ )

$$\varphi = 0, \varphi = \frac{1}{2}\pi, \varphi' = 0, \varphi' = \frac{1}{2}\pi.$$

Nimmt man zur Axe der Polarcordinaten den Durchschnitt der ersten Einfallsebene mit dem Farbenfeld, so sind die Gleichungen dieser 4 Curven

$$\omega = 0, \omega = \frac{1}{2}\pi, \omega = \varphi' - \varphi, \omega' = \varphi' - \varphi + \frac{1}{2}\pi,$$

welches, da  $\varphi' - \varphi$  constant ist, 4 gerade durch die Mitte des Gesichtsfeldes gehende Linien von der Intensität  $\cos^2(\varphi' - \varphi)$  sind, die paarweise auf einander senkrecht stehen. Die Farbenänderung der Ringe an den Durchgangspunkten durch diese Linien, werden um so merklicher, je mehr sich  $\varphi' - \varphi$  von  $0^\circ$  oder  $90^\circ$  entfernt, am merklichsten, wenn  $\varphi' - \varphi = \frac{1}{2}\pi$  ist, in welchem Fall die Farbe der Ringe dort in die complementäre überspringt.

Ist  $\varphi' - \varphi = 0$  oder  $= \frac{1}{2}\pi$ , so fallen jene unterbrechenden Linien paarweise zusammen, und bilden daher in jenem Falle ein weisses, in diesem ein dunkles Kreuz, dessen Arme sich zu Büscheln ausdehnen, da die Helligkeit, wie man aus den Formeln (4) und (5) sieht, zu beiden Seiten derselben sehr langsam respective wächst oder abnimmt. (Für  $\varphi' - \varphi = \frac{1}{2}\pi$  ist z. B. bei  $\varphi = 5^\circ$  das Helligkeits-Maximum nur 0,03015).

Die Figuren haben somit folgendes Aussehen.



2) Der Krystall sei zweiaxig, und senkrecht gegen die Halbirungslinie des spitzen Winkels der optischen Axen geschnitten.

Nehmen wir wieder  $i^2$  als die kleinste zu beachtende Grösse an, und setzen einen sehr spitzen Axenwinkel voraus, so wird (s. Art. Brechung).

$$\sin i = \sin i' = v \sin i, \text{ also } \cos i' = \cos i'' = 1 - \frac{1}{2}v^2 \sin^2 i,$$

$\frac{1}{0} = [u^2 + (\pi^2 - \mu^2) \sin^2 \frac{1}{2}(u - u')]^{\frac{1}{2}} = \frac{1}{u} - \frac{1}{2} \frac{\pi^2 - \mu^2}{\mu^2} \sin^2 \frac{1}{2}(u - u')$

und da dem Obigen gemäss  $u = \omega$  und  $u' = \omega'$  zu betrachten ist,

$$\frac{1}{e} = \frac{1}{u} - \frac{1}{2} \frac{\pi^2 - \mu^2}{\mu^2} \sin^2 \frac{1}{2}(u - u'),$$

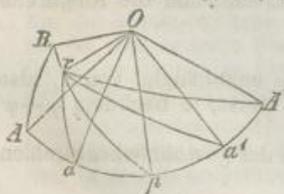
mithin

$$x_2 = \frac{d}{t} \left(1 - \frac{1}{2}v^2 \sin^2 i\right) \frac{\pi^2 \mu^2}{2\mu^2} \sin u \sin u',$$

oder da  $u$  und  $i$  von derselben Ordnung der Grösse sind,

$$x_2 = \frac{d}{t} \frac{\pi^2 \mu^2}{2\mu^2} u \cdot u'.$$

Seien ferner  $op$ ,  $oa$ ,  $oa'$ ,  $or$  resp. die Richtungen der Axe  $\pi$  (oder des Einfallslotes), der beiden optischen Axen und des gewöhnlichen gebrochenen Strahls, so dass  $ap = a'p = u$ ,  $ra = u$ ,  $ra' = u'$ ,  $pr = i'$  wird.  $OR$  sei die Richtung, welche der Strahl  $or$  nach seinem Austritt annimmt, und  $oA$ ,  $oA'$  die Richtungen derjenigen Strahlen bei ihrem Austritt, welche im Krystall die Richtungen  $oa$  und  $oa'$



hatten, so dass  $pA$  und  $pA'$  die Winkel sind, um welche ihre Austrittspunkte von der Mitte  $p$  des Gesichtsfeldes entfernt sind. Alsdann ist  $\sin pA = \frac{\sin i}{v}$ ,  $\sin pA' = \sin pA' = \frac{\sin u}{v}$ , also  $\sin AR = \frac{\sin u}{v}$ ,  $\sin A'R = \frac{\sin u}{v}$ .

Bezeichnet man  $AR$  und  $A'R$  resp. durch  $U$  und  $U'$ , so findet sich  $z_2 = \frac{dv^2}{t} \frac{\pi^2 \mu^2}{2\mu^3} UU'$ , und für die Gleichung (3) lässt sich folgende

$$(6) \quad UU' = \frac{mt}{d} \frac{2\mu^3}{v^2(\pi^2 \mu^2)}$$

nehmen, wo sich  $U$  und  $U'$ , d. h. die Entfernungen jeglichen Punktes von  $A$  und  $A'$ , als Coordinaten betrachten lassen.

Das Gesetz der isochromatischen Curven ist also das Constantsein des Productes der beiden Coordinaten  $U$  und  $U'$ . Die Form dieser Curven, unter dem Namen Lemniskaten bekannt, ist folgende:



Was die Gleichungen (a und b) der unterbrechenden Curven betrifft, so findet zwischen dem Einfallswinkel  $i$  und dem Winkel  $\varepsilon$  unter der Bedingung, dass  $i$  und  $n$  sehr klein sind, folgende Relation statt:

$$i^2 = \frac{u^2}{v^2} \frac{\sin 2r}{\sin 2\varepsilon},$$

wo  $r$  den Winkel zwischen der Polarisations-Ebene des gewöhnlichen Strahls und der Ebene der optischen Axen bezeichnet. Verbindet man

hiermit die Gleichungen (a und b), und setzt für  $\frac{n}{v}$  (das obige  $pA$ ), d. h.

für die Entfernung des Lemniskatenpols von der Mitte, das Zeichen  $n'$ , so erhält man für die Curvensysteme, insofern

$\sin 2\varepsilon = \sin(m\pi - 2\varphi)$  und  $\sin 2\varepsilon = \sin(m\pi - 2\varphi')$  wird

$$i^2 = \pm n'^2 \frac{\sin 2r}{\sin 2\varphi}, \quad i^2 = \pm n'^2 \frac{\sin 2r}{\sin 2\varphi}'$$

Nehmen wir  $i$  als Radius Vektor, und als feste Axe eine durch die Mitte gehende Gerade, welche für die erste Gleichung einen Winkel von  $45^\circ$  mit der ersten Polarisations-Ebene bildet, und für die zweite Gleichung diejenigen Grade, welche gegen die zweite Polarisations-Ebene  $45^\circ$  geneigt ist, so wird, wenn der Polarisationswinkel in diesen Fällen  $\omega$  und  $\omega'$  genannt wird, wegen  $\varphi = \omega - 45^\circ$ ,  $\varphi' = \omega' - 45^\circ$ :

$$i^2 = \pm n'^2 \frac{\sin 2r}{\cos 2\omega}, \quad i^2 = \pm n'^2 \frac{\sin 2r}{\cos 2\omega}'$$

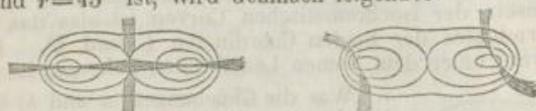
wo  $r$ , als unabhängig von der Lage der Einfallsebene, constant ist.

Diese Gleichungen gehören gleichseitigen Hyperbeln an, deren Hauptaxe den Werth  $n' \sqrt{\sin 2r}$  hat, und  $45^\circ$  im ersten System gegen die erste, im zweiten System gegen die zweite Polarisations-Ebene geneigt ist, so dass die Richtung dieser Polarisations-Ebene zugleich die Richtung der einen Asymptote ist.

Jede der beiden Gleichungen giebt trotz der beiden Vorzeichen nur eine Hyperbel, weil der negative Werth imaginäre  $i$  liefert. Es ist also das Farbenfeld von zwei Hyperbeln durchschnitten, die in eine einzige zusammenfallen, wenn  $\varphi = \varphi'$  oder  $\varphi = \varphi' + 90^\circ$  ist. Für  $\varphi = \varphi'$  sind die Hyperbeln weiss, weil für sie  $M^2 = 1$  wird, und die zugehörigen Lemniskaten der Gleichung (6) sind dann durchgängig von gröss-

ter Helle; für  $\varphi = \varphi' + 90^\circ$  (bei gekreuzten Polarisations-Ebenen) werden die Hyperbeln, so wie die Lemniskaten der Gleichung (6), weil für beide  $M^2 = 0$  wird, durchgängig dunkel; ihre Zwischenwerthe von  $\varphi - \varphi'$  werden beide Hyperbeln weiss und von der Intensität  $\cos^2(\varphi - \varphi')$ , und die Intensität in den Lemniskaten ändert sich plötzlich beim Durchgang durch die Hyperbelarme analog der Erscheinung in einaxigen Krystallen. Für  $r = 90^\circ$  gehen die Hyperbeln in zwei sich senkrecht kreuzende durch die Mitte gehende Geraden über, von denen die eine in der Ebene der optischen Axen liegt.

Das Ansehen für den Fall, dass  $\varphi - \varphi' = 90^\circ$ , und dabei resp.  $r = 90^\circ$  und  $r = 45^\circ$  ist, wird demnach folgendes:



Die Asymptoten der Hyperbeln geben hier die Lage der ersten und zweiten Polarisations-Ebene zu erkennen. Ueberdies dehnen sich die Hyperbelzweige, wie bei den einaxigen Krystallen die Kreuzesarme, und zwar aus demselben Grunde, zu sich verbreiternden Büscheln aus.

Was die Ringfiguren für andere Lagen der Ein- und Austrittsfläche des Krystalls gegen die Axen betrifft, so genüge Folgendes:

Ist der Krystall einaxig, und sind die Ein- und Austrittsfläche  $45^\circ$  gegen die optische Axe geneigt, so sind die isochromatischen Curven in der Nähe der Mitte gerade Linien, die auf dem Hauptschnitt senkrecht stehen.

Sind die Grenzflächen in einaxigen Krystallen parallel der optischen Axe, so sind die isochromatischen Curven der zwei Systeme fast gleichseitige Hyperbeln, deren Scheitel in den Hauptschnitten liegen. Die Mitte ist stets gefärbt, und ihre Farbe hängt von der Dicke des Krystalls ab. Die Bedingungen ( $a$  und  $b$ ) führen nicht auf unterbrechende, Curven, sondern auf eine Fläche, welche überall die Intensität  $\cos^2(\varphi - \varphi')$  hat, und sie werden nur erfüllt, wenn die erste oder zweite Polarisations-Ebene mit einem der Hauptschnitte zusammenfällt, so dass in dieser Stellung die Farben verschwinden und das ganze Gesichtsfeld weiss oder dunkel ist, je nachdem  $\varphi - \varphi' > 90^\circ$  oder  $= 90^\circ$  ist.

Sind die Krystallscheiben sehr dünn, so werden die Farbenringe so breit, dass das ganze Gesichtsfeld in der Farbe des Centrums, also einfarbig erscheint. Stehen daher z. B. die beiden Polarisations-Ebenen auf einander senkrecht, und dreht man das Scheibchen in seiner Ebene, so tritt bei jeder Umdrehung viermal eine Verdunklung ein, nämlich in den Stellungen, welche den Bedingungen ( $a$  und  $b$ ) entsprechen; dagegen wird die Färbung am intensivsten in den mittleren Zwischenstellungen, d. h. wenn der Hauptschnitt mit den Polarisations-Ebenen einen Winkel von  $45^\circ$  bildet. Dreht man alsdann die zweite Polarisations-Ebene, so ändert sich die Färbung, bis sie nach einer Vierteldrehung (wo  $\varphi - \varphi' = 0^\circ$  wird) die Complementarfarbe zeigt.

Von den Veränderungen, welche die Farbenfiguren dadurch erleiden; dass man behufs circularer oder elliptischer Polarisation und Analyse Glimmerblättchen einschaltet, gilt allgemein, dass bei einerlei Lage des Blättchens die Erscheinung dieselbe ist, mag dasselbe vorn oder hinten eingeschaltet sein, sofern man nur die Lagen der Pola-

risations Ebenen mit einander vertauscht. Bei circularer Polarisation (oder Analyse) besteht die Aenderung der Hauptfigur einaxiger Krystalle mit einfachem Kreuz darin, dass die Ringe in zwei sich gegenüberstehenden Quadranten um  $\frac{1}{4}$  Ringbreite sich vorschieben, in den anderen beiden Quadranten um eben so viel zurücktreten, und dass an die Stelle des büschelarmigen Kreuzes ein schmales mattweisses Kreuz tritt, dessen Arme parallel und senkrecht gegen die zweite Polarisationsebene lagen. Bei einer Drehung des Blättchens um  $90^\circ$  treten die Ringe vor, welche vorher zurückgetreten waren, und die vorgeschoben gewesenen treten zurück. Ist sowohl die Polarisation als die Analyse circular, so erscheinen die Ringe vollständig und ohne unterbrechendes Kreuz, es mag  $\varphi - \varphi' = 0$  oder  $= 90^\circ$  sein.

Bei der elliptischen Polarisation sieht man ein ähnliches Vor- und Zurücktreten der Ringtheile, wie bei der circularen, nur dass dasselbe geringer als eine Viertel-Ringbreite ist.

Die Modification der Lemniskatenfigur ist ganz analog, die schmalen matten Unterbrechungs-Curven sind dabei von Hyperbelform.

Die Farbenringe, welche der Bergkrystall in senkrecht gegen die optische Axe geschnittenen Scheiben zeigt, weichen in Folge der demselben eigenthümlichen Art der doppelten Brechung wesentlich von denen der übrigen einaxigen Krystallen ab. Airy hat auch sie der Rechnung unterworfen und ist zu Resultaten gelangt, welche die Erscheinungen sehr treu darstellen. Er ging von der durch Fresnel aufgefundenen Thatsache aus, dass die in der Richtung der Axe fortschreitenden Strahlen aus zwei mit ungleicher Geschwindigkeit sich fortpflanzenden bestehen, von denen der eine rechts, der andere links circular polarisirt ist, und stellte folgende Voraussetzungen der Rechnung unter: Die nicht mit der optischen Axe zusammenfallenden Strahlen sind elliptisch polarisirt; die Ungleichheit der Ellipsenaxen wächst rasch mit der Neigung gegen die optische Axe, so dass sie bald sehr nahe linear polarisirt sind; die grosse Axe der Ellipse der gewöhnlichen Strahlen liegt im Hauptschnitt, die der ungewöhnlichen Strahlen senkrecht gegen den Hauptschnitt; die Ellipsenaxen sind in den beiderlei Strahlen bei gleicher Neigung gegen die Axen dieselben.

Für  $z$ , findet er alsdann den Ausdruck  $\frac{a d}{l} \left( \frac{\pi^2 - \mu^2}{2 \mu} \sin^2 i + \frac{h}{l \pi} \right)$ ,

wo  $a$  die Fortpflanzungs-Geschwindigkeit des Lichts im umgebenden Mittel,  $l$  die Wellenlänge und  $h$  eine Constante vorstellt.

Die Resultate sind vornehmlich folgende:

Bei linearer Polarisation und Analyse in dem Fall, dass die beiden Polarisationsebenen aufeinander senkrecht stehen, ist die Mitte nie wie bei den gewöhnlichen Krystallen dunkel, und von dem unterbrechenden dunklen Kreuz finden sich nur Spuren in grösserer Entfernung von der Mitte.

Die Ursache beider Abweichungen lässt sich folgendermassen deutlich machen. Der Grund der dunklen Mitte in den gewöhnlichen Krystallen liegt in der einfachen Brechung des Lichts in der Richtung der optischen Axe, welche bewirkt, dass dasselbe durch die Brechung seine Polarisationsebene nicht ändert, der Effekt also derselbe ist, als ob das Medium ein einfach brechendes wäre. Aus dem Bergkrystall treten nun zwar die in der Axe hindurchgehenden Strahlen ebenfalls

linear heraus, aber in Folge der erwähnten doppelten Brechung mit geänderter Polarisations-Ebene (s. Artikel: Kreisförmige Polarisation). Der Winkel zwischen der Polarisations-Ebene der einfallenden und austretenden Strahlen hängt nicht bloss von der Dicke, sondern auch von der Farbe ab, und zwar ist dieser Winkel nach Biot direkt der Dicke, und indirekt dem Quadrat der Wellenlänge proportional.

Will man daher das Licht verschwinden machen, so muss man die zweite Polarisations-Ebene senkrecht gegen die geänderte Polarisations-Ebene stellen, und da letztere für jede Farbe eine andere Lage hat, so lässt sich nicht mehr als eine Farbe zum Verschwinden bringen, und es muss daher die Mitte der Figur im weissen Licht unter allen Umständen gefärbt erscheinen.

Von den Armen des dunklen Kreuzes der gewöhnlichen Figur entsteht der Arm, welcher der ersten Parallel-Ebene parallel ist, dadurch, dass das in diese Ebene einfallende Licht nur gewöhnlich gebrochen wird, nach der Einfall-Ebene polarisirt bleibt, und daher von dem hinteren Nicol'schen Prisma am Durchgang gehindert wird; der zweite Arm entsteht dadurch, dass, wenn die Einfall-Ebene senkrecht auf der ersten Polarisations-Ebene steht, nur eine ungewöhnliche Brechung eintritt, und dieses ungewöhnlich gebrochene Licht gleichfalls nach der Einfall-Ebene polarisirt bleibt. Da nun beim Bergkrystall das austretende Licht elliptisch polarisirt ist, so kann die der kleinen Ellipsen-Axe parallele Componente durch das analysirende Prisma noch hindurchgehen, und es tritt erst in grösserer Entfernung von der Mitte, wo diese kleine Axe sehr klein ausfällt, eine auffallende Intensitätsabnahme ein.

2) Ist die erste Polarisations-Ebene der zweiten parallel, so ist das Bild dem vorigen complementar gefärbt. 3) Sind beide Polarisations-Ebenen schief gegen einander geneigt, so hören die Ringe auf, vollkommen kreisförmig zu sein, indem sie sich nach den Richtungen hin, welche die Winkel zwischen den Polarisations-Ebenen halbiren, ausbiegen, und dadurch eine quadratähnliche Form annehmen. Die Farbe der Mitte innerhalb des ersten Ringes hat die Gestalt eines dieser Ringform entsprechenden kurzarmigen Kreuzes.

4) Bei circularer Polarisation wird die Mitte weiss und die isochromatischen Curven, sind wie die folgende Figur zeigt, zwei in einander gewundene Spiralen, die nach rechts oder links sich winden, je nachdem der Krystall die Polarisations-Ebene der die Axe durchwandernden Strahlen nach rechts oder links dreht, und welche ähnliche Ausbiegungen haben, wie die zuletzt beschriebene Figur.

Die Verbindungslinie der Ausgangspunkte der Spiralen dreht sich um  $90^\circ$ , wenn man das Blättchen um  $90^\circ$  dreht.

Bei circularer Analyse ist die Figur dieselbe, wie die vorige nach einer Drehung des Blättchens um  $90^\circ$ .

5) Legt man zwei gleich dicke Bergkrystallscheiben über einander, von denen die eine die Polarisations-Ebene der Strahlen in der Axe rechts, die andere links dreht, so hat die Figur bei linearer Polarisation und Analyse, wenn die erste Polarisations Ebene auf der zweiten senkrecht steht, folgende Form





Ein dunkler Mittelfleck ist von kreisförmigen Ringen umgeben, durch die sich vier in einander gewundene quadratartig ausgebogene Spiralen ziehen. Die Durchschnittpunkte der Kreise und Spiralen liegen in den beiden Polarisations-Ebenen.

Farbenerscheinungen, die durch künstlich erregte doppelte Brechung erzeugt werden.

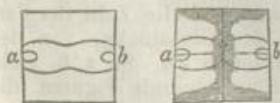
Die Elasticitätsänderungen, welche ein Körper erleidet, wenn er ungleichmässig erhitzt wird oder einen Druck erfährt, der nicht von allen Seiten her gleich ist, treten auch in ihrem Verhalten gegen das Licht hervor. Die auf sie fallenden Strahlen werden doppelt gebrochen, und beide gebrochene Strahlen sind senkrecht auf einander polarisirt; aber die Gesetze dieser doppelten Brechung weichen in Folge der nach andern Gesetzen sich richtenden Elasticitätsverhältnisse, von denen der Krystalle wesentlich ab. Dass durch Druck doppelte Brechung erregt werden kann, hat Fresnel direkt nachgewiesen, indem er zur Verstärkung der Divergenz das Licht hinter einander durch 4 Glasprismen  $a, a, a, a$  gehen liess, die gemeinschaftlich in

einen Schraubstock von den Seiten  $c$  und  $d$  zusammengepresst wurden, nachdem er zwischen ihnen kürzere (also nicht mitgepresste) Prismen  $bbbb$  einschaltete, um die Farbenzerstreuung zu hindern. Die bei  $e$  einfallenden Strahlen treten bei  $d$  in zwei gespalten heraus, und verhielten sich wie bei einaxigen Krystallen, deren Axe der Compressions-Axe parallel ist.

Dasselbe bewies auf demselben Wege Guérand für die durch ungleiche Temperatur erzeugten Elasticitätsdifferenzen, indem er an die Stelle von  $aaaa$  4 Prismen aus einem schnell gekühlten Glasstück setzte. Die austretenden Strahlen verhielten sich wie bei negativ einaxigen Krystallen.

Unter den Fällen, in denen solche Elasticitätsdifferenzen Farbenfiguren hervorrufen, mögen folgende herausgehoben werden.

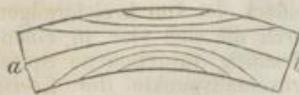
Ein rechtwinklig parallelepipedisches Glasstück, in zwei gegenüberliegenden Punkten  $a$  und  $b$  gepresst, giebt, wenn die beiden Polarisations-Ebenen auf einander senkrecht stehen, je nachdem die erste Polarisations-Ebene parallel mit  $ab$  oder  $45^\circ$  gegen  $ab$  geneigt ist, folgende Figuren.



Die Aehnlichkeit der Ringe mit den Lemniskaten kommt sicher daher, dass bei dieser Art des Druckes die stärksten Elasticitätsdifferenzen in drei auf einander senkrechten Richtungen hervortreten.

Die Zahl der farbigen Ringe hängt von der Stärke des Drucks (von der Grösse der Elasticitätsdifferenzen) ab. Bei schwachem Druck fallen die ringförmigen Theile ganz fort, so dass z. B. bei der ersten Figur zuletzt nur ein dunkles Kreuz auf einfarbigem Grunde übrig bleibt.

Ein gebogener Glasstreif zeigt auf seiner schmalen Seite, wo die Polarisations-Ebenen auf einander senkrecht stehen, folgende Figur,



$ab$  parallel ist.

wo  $ab$  als die Richtung, in welcher weder Ausdehnung noch Zusammendrückung stattfindet, dunkel erscheint, sobald die eine Polarisations-Ebene mit



Wird ein parallelepipedisches Glasstück von der Form  $abcd$  mit der Seite  $ab$  auf ein eben so langes erhitztes Metallstück gelegt, so bleibt dasselbe nur in den Richtungen  $eo$ ,  $ei$ ,  $in$ ,  $no$ ,  $ec$ ,  $od$ ,  $ai$ ,  $nb$  in unveränderter Ausdehnung, das Mittelfeld und die beiden seitlichen Randfelder werden in horizontaler Richtung zusammengedrückt, in vertikaler Richtung ausgedehnt, während das obere und untere Randfeld in vertikaler Richtung zusammengedrückt, in horizontaler Richtung ausgedehnt wird.

Da die Elasticitäts-Maxima und Minima den Kanten parallel sind, so kann keine doppelte Brechung, also auch keine Figur entstehen, wenn die beiden Polarisations-Ebenen gegen dieselben senkrecht stehen. Die doppelte Brechung ist dagegen am stärksten, wenn die Polarisations-Ebenen Winkel von  $45^\circ$  mit den Kanten bilden. Die Erscheinung ist dann die der obigen Figur. Die erwähnten unveränderten Linien bleiben dunkel, und ihnen parallel treten Farbenstreifen auf, die sich mit der Temperatur-Differenz vermehren und von den dunklen Linien aus zu höheren Ordnungen hinaufsteigen. Fängt die Temperatur sich über die ganze Masse gleichförmig zu verbreiten an, so verringert sich wieder die Streifenzahl, und die Farben verschwinden gänzlich; bei einer darauf folgenden Erkaltung tritt allmählig in Folge einer hervortretenden entgegengesetzten Spannung, die Erscheinung wieder auf, wobei aber die vorher ausgedehnten Theile comprimirt sind, und umgekehrt.

Cylindrische Glasstücke mit kreisförmiger Basis, die z. B. durch Tauchen in siedendes Oel gleichmässig erhitzt sind und vom Rande aus ringsum durch einen guten Wärmeleiter erkaltet werden, zeigen genau die Ringerscheinungen einaxiger Krystalle, die senkrecht gegen die Axe geschnitten sind; bei elliptischer Basis zeigen sie Lemniskaten.

Viel zusammengesetzter ist die Erscheinung in eckigen Glasstücken, die nach einer Erhitzung bis zum Weichwerden schnell abgekühlt worden sind, und dadurch bleibende Elasticitätsdifferenzen angenommen haben. Die Form der Zeichnung und die Zahl der Farbenabwechslungen hängt von der Form des Glasstücks, von der Schnelligkeit der Abkühlung und den Dimensionen ab. So z. B. giebt ein ziemlich stark gekühltes quadratisches Glas folgende Figuren: die erste Figur, wenn die beiden Polarisations-Ebenen mit den Seiten den Winkel  $0^\circ$  und  $90^\circ$  bilden, die zweite, wenn diese Winkel  $45^\circ$  betragen. An den Ecken ist die Figur am ausgebildetsten, weil dort die Abkühlung am schnellsten erfolgt, die Spannung also am grössten bleibt.



Rechteckige Glasstücke geben ähnliche Figuren, wie bei der oben

betrachteten einseitigen Erhitzung, nur dass die Eckfarben weiter ausgebildet sind.

Die zahlreichen von Brewster angestellten Beobachtungen über die Figuren in Ringen von künstlicher doppelter Brechung findet man in den Phil. Trans. 1816, und eine Reihe der merkwürdigsten derselben zusammengestellt in Radicke, Optik I. 395. R.

**Farbstoffe**, siehe Pigmente.

**Farbige Schatten.** Fällt von zwei verschiedenen Seiten Licht auf einen undurchsichtigen Körper, so wirft derselbe zwei Schatten; ist dabei das eine Licht farbig, das andere weiss oder wenigstens von matterer Farbe, so hat der vom ersten Licht erleuchtete Schatten die Farbe dieses Lichts, der andere Schatten dagegen dessen Complementarfarbe. Betrachtet man den letzten Schatten einzeln durch eine innen schwarz gefärbte Röhre, nachdem man eine Zeitlang das Auge geschlossen hat, um den Eindruck der lebhafteren Farbe zu verwischen, so erscheint er in der Farbe des zweiten Lichts, welches ihn erleuchtet. Die complementäre Farbe war also nicht objektiv, sondern subjectiv gewesen, und wurde durch den Contrast mit der anderen intensiveren daneben sichtbaren Farbe hervorgerufen. Dies bestätigt sich auch dadurch, dass, wenn man beide Schatten kurz zuvor gleichzeitig betrachtet hat, der complementäre Schatten seine subjective Farbe behält, wenn auch das ihn erleuchtende Licht durch ein anderes farbiges ersetzt wird.

Am schönsten fallen die Farben aus; wenn man, wie Fechner es gethan, das Licht durch zwei Oeffnungen im Fensterladen dringen lässt, welche durch farbige Gläser verschlossen und durch Schieber so weit verengt werden können, bis das Intensitäts-Verhältniss beider Lichter die Farben am brillantesten erscheinen lässt. Am bekanntesten sind die blauen und gelblichen Schatten bei der gleichzeitigen Einwirkung des Kerzen- und Mondlichts. Während die Kerze der Mondlichtschatten gelblich erleuchtet, und der Kerzenlichtschatten complementär blau wird, erscheint umgekehrt der von der Kerze erleuchtete Schatten subjectiv blau, wenn man das schwache Mondlicht durch das intensive Licht des brennenden Phosphors ersetzt.

Man kann auch zur Darstellung der farbigen Schatten, wie Dove gethan, ein hellfarbiges Glas auf eine Metallplatte legen, und auf jenes durch einen Stab vom Tageslicht einen Schatten werfen lassen. Der Schatten auf der oberen Fläche des Glases, erleuchtet durch das von der Rückseite desselben reflektirte Licht, hat dann die Farbe des Glases, diejenige Stelle der oberen Fläche dagegen, durch welche man den auf die Rückseite geworfenen Schatten sieht, und welche vom Tageslicht, welches die Oberseite reflektirt, erleuchtet ist, erscheint complementär. R.

**Farinzucker.** Eine geringe Zuckersorte, welche aus dem von den feinen Sorten übrigbleibenden Syrup gewonnen wird. S. Zuckerfabrikation. M.

**Farrenkrautwurzelöl,** aus Polypodium Filix mas durch Aether ausziehbar, stellt nach dem Verdampfen des Aethers eine dun-

kelgrüne, butterartige Masse dar, welche leichter als Wasser, unlöslich in diesem, löslich in Aether und absolutem Alkohol ist, wie ranziges Olivenöl riecht und schmeckt. M.

**Faserhaut** wird die mittlere Haut der Arterien genannt, welche eine Protein-Verbindung darzustellen scheint. Nach Jos. Scherer enthält sie, nach Abzug, von 1,7% Asche, 53,75 C; 7,08 H; 15,36 N; 23,81 O; man kann daraus die Formel  $C_{10} H_{62} N_{10} O_{12}$ , oder Protein + 1 Atom Sauerstoff ableiten. Vergl. Marchand Physiolog. Chemie S. 211. M.

**Faserstoff**, siehe Protein-Verbindungen.

**Faserstoff**, vegetabilischer und animalischer. S. Protein-Verbindungen.

**Fassgährung**. Die Würze lässt man theils in Gährungsbotichen, (Dösen), theils in Fässern gähren, wonach man Bottich- und Fassgährung unterscheidet. M.

**Fata Morgana** nennt man die in Calabrien an der Strasse von Messina häufig beobachteten Luftbilder von Gegenständen auf der Sicilischen Küste, welche sich durch ihre Schönheit und Mannigfaltigkeit einen besonderen Ruf erworben haben. Ueber den Grund derartiger Erscheinungen s. den Artikel: Luftspiegelung. R.

**Fatisciren**, verwittern, bezeichnet die Eigenschaft mancher Salze beim Liegen an trockner Luft, ihr chemisch gebundenes Wasser zu verlieren, indem dasselbe von der Oberfläche anfangend wegdunstet. Die Salze werden dabei trübe, überziehen sich wie mit einer mehligen Rinde, und zerfallen endlich zu Pulver, z. B. kohlen-saures Natron, Zinkvitriol. B.

**Fayalit** von C. G. Gmelin, wegen seines Vorkommens auf der Azorischen Insel Fayal so genannt, ist identisch mit Eisenperidot.

**Fayence**, eine Art irdener aus feinerem weissem oder farbigem Thon gefertigter Waare, die erdig im Bruch ist und eine undurchsichtige weisse oder bunte Glasur hat. Ist der Thon eisenhaltig, so brennt er sich roth und solches Fayence ist, dem Begriffe nach, von der gemeinen Töpferwaare, von Ofenkacheln mit Glasur nicht verschieden. Bisweilen dehnt man den Ausdruck Fayence auch auf Steingut, namentlich auf das englische, aus. Der Name rührt von Faenza im Kirchenstaate her, wo man derartige Geschirre vorzüglich fabricirt. Im 9. Jahrhundert verfertigten die Araber in Spanien schon Fayence, von dort kam es nach Majorka, woher auch der Name Majolika für Fayence stammen soll, mit dem die Italiener es belegten, als diese Fabrikation im 13. Jahrhundert sich nach Italien verbreitete. S. Thonwaaren. B.

**Fayenceblau**, Englisch blau, heissen in den Zeugdruckereien blaue Muster auf weissem Grunde, welche mittelst Indig aufgedruckt werden. M.

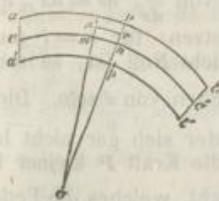
**Federalaun, Haarsalz, natürlicher Alaun.** Mit diesem Namen belegt man verschiedene natürliche Salze, die wohl sämmtlich Zersetzungsprodukte anderer Fossilien sind, und daher, unter sehr verschiedenen Umständen, in vulkanischen Gegenden, im Alaunschiefer, in der Alaunerde, wie auch auf alten Grubenbauen vorkommen. Rammelsberg hat mehrere derselben untersucht und gefunden, dass einige hauptsächlich aus neutraler schwefelsaurer Thonerde mit geringen Antheilen von Kali, Eisenoxydul, Kalk- und Talkerde bestehen; andere sind im Wesentlichen Eisenoxydul-Alaun, noch andere endlich Bittersalz. Alle enthalten viel Wasser. Pogg. Ann. XLIII. 399. B.

**Federerz** findet sich in haar- und büschelförmigen, dunkel bleigrauen nicht weiter bestimmbarren Krystallen zu Andreasberg und Wolfsberg am Harz, Schemnitz und Felsöbanya in Ungarn u. a. O.

Es besteht aus Schwefelblei und Schwefelantimon  $Pb_2Sb$ . H. Rose Pogg. Ann. XV. 471.

**Federharz**, s. Kaoutchouk.

**Feder, elastische**, ist eine biegsame Platte oder Schiene von Stahl oder anderem elastischen Material. Die Theorie bestimmt die Biegung, welche die Feder annimmt, wenn sie einem Drucke unterworfen wird, auf folgende Weise: Es sei  $aa'bb'$  ein Längendurchschnitt einer anfänglich geraden, aber durch äusseren Druck, etwa durch ein in  $bb'$  angebrachtes Gewicht  $P$ , gebogenen, in  $aa'$  fest eingeklemmten Feder;  $cc'$  die Mittellinie dieses Schnittes;  $om = \rho$  der Krümmungshalbmesser der Mittellinie in  $m$ ,  $mn = ds$  ein Element dieser Curve, so ist die Länge eines mit  $mn$  parallelen im Abstände  $m\mu = v$  befindlichen linearen Elementes  $\mu\nu = ds$



$(1 + \frac{v}{\rho})$ . Da die Länge von  $\mu\nu$  im anfänglichen Zustande  $= mn$  war, und die Spannung der Ausdehnung proportional ist, so entwickelt das Element  $\mu\nu$  eine Spannkraft

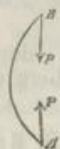
$= \frac{E v d v d u}{\rho}$ , in welchem Ausdruck  $E$  den Modulus der Elasticität

(s. Elast.) bedeutet,  $u$  aber die auf der Ebene des vorliegenden Schnittes senkrechte Dimension; also  $dv \cdot du$  den Querschnitt des als eine unendlich dünne Faser zu betrachtenden Elementes  $\mu\nu$  darstellt. Die angegebene Spannkraft giebt in Bezug auf den Punkt  $n$  das Moment  $\frac{E v^3 d v d u}{\rho}$ , und mithin ist  $\int \int v^3 d v d u$  das gesammte Moment der

Elasticität, welches den untern Theil  $pp'bb'$  der Feder aufwärts zu drehen strebt, wenn das Integral über den ganzen, durch  $pp'$  gelegten Querschnitt der Feder ausgedehnt wird. Ist dieser Querschnitt ein Rechteck, wovon die Seite  $pp' = b$ , die darauf senkrechte  $= a$ , so hat man noch  $v$  von  $-\frac{1}{2}a$  bis  $+\frac{1}{2}a$ , nach  $u$  von  $u = 0$  bis  $u$

=  $b$  zu integrieren, wodurch das Biegemoment =  $\frac{E b^3 a}{12 q}$  erhalten wird. Wird dieses Moment dem Momente gleichgesetzt, mit welchem die äusseren Kräfte den Theil  $pp'bb'$  um den als unbeweglich gedachten Punkt  $n$  zu drehen streben, so erhält man die Bedingung des Gleichgewichts der elastischen Feder.

Der einfachste Fall ist der einer Feder, welche durch zwei gleiche und entgegengesetzte, an ihrem Ende  $A$  und  $B$  angebrachte Kräfte  $P$  zusammengebogen wird. Nimmt man die Richtung  $AB$



zur Axe der  $x$ , senkrecht darauf die  $y$ , und setzt zur Abkürzung den oben entwickelten Ausdruck  $E f f' v^2 dv du = k$ ,

so erhält man für die Gestalt der Feder die Gleichung

$\frac{k}{q} = P y$ , oder zufolge des bekannten Ausdruckes für den

Krümmungshalbmesser:  $-\frac{k dx d^2 y}{ds^3} = P y$ , deren Inte-

gration auf die elastische Curve führt, worüber die Lehrbücher zu vergleichen sind. Ist die Biegung der Feder sehr

klein, so ist der Werth von  $\frac{dy}{dx}$  in vorstehender Gleichung sehr klein;

vernachlässigt man daher das Quadrat desselben, so geht die obige

Gleichung in  $-k \frac{d^2 y}{dx^2} = P y$  über, deren Integral ist:  $y = f \sin \sqrt{\frac{P}{k}} x$ ,

da im Punkte  $A$  für  $x = 0$ ,  $y = 0$  sein muss;  $f$  ist eine Constante, welche sehr klein sein muss. Ist  $l$  die Länge der Feder, so hat man

wegen Vernachlässigung der zweiten Potenzen von  $\frac{dy}{dx}$ ,  $ds = dx$ , also

den Abstand der Endpunkte  $AB = l$  zu setzen: für  $x = l$  muss

aber (in  $B$ ) auch  $y = 0$  sein; also wenn  $f$  nicht Null ist, so muss

$\sqrt{\frac{P}{k}} \cdot l = \pi$  oder gleich irgend einem Vielfachen von  $\pi$  sein. Diese

Rechnung führt zu dem Schlusse, dass die Feder sich gar nicht biegen kann, d. h. dass  $f = 0$  sein muss, wenn die Kraft  $P$  kleiner ist,

als  $\frac{k \cdot \pi^2}{l^2}$ ; daher ist  $P = \frac{k \pi^2}{l^2}$  das grösste Gewicht, welches die Feder, ohne sich zu biegen, tragen kann. Der Werth desselben kann mit

Hülfe des obigen Werths von  $k$  aus den Dimensionen des Querschnittes und dem Modulus der Elasticität durch Rechnung hergeleitet werden.

Ist der Querschnitt der elastischen Feder ein Kreis vom Halbmesser  $a$ , so erhält man aus der Gleichung des Umfangs desselben,

nämlich  $u^2 + v^2 = a^2$ , das Integral  $\int \int v^2 dv du = \frac{2}{3} \int_0^a \sqrt{a^2 - u^2}^3 du$

$= \frac{4}{3} a^4 \pi$ ; folglich für diesen Fall  $k = \frac{E}{4} a^4 \pi$ . Ist der Querschnitt ein

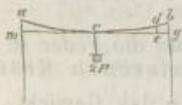
Quadrat von der Seite  $c$ , und wird die Feder so gebogen, dass ihre entgegengesetzten Seiten cylindrische Flächen bilden, so ist nach dem

Obigen  $k = \frac{E c^4}{12}$ . Bei gleichen Werthen von  $E$  und  $l$  und bei gleichen

Querschnitten, also für  $c^2 = a^2 \pi$ , verhalten sich daher die Widerstände

gegen Biegung für den kreisförmigen und für den quadratischen Querschnitt wie  $3 : \pi$ . Für einen hohlen Cylinder, dessen innerer Halbmesser  $= r$ , äusserer  $= R$ , ist  $\iint v^2 dv du = \frac{1}{4} (R^4 - r^4) \pi$ ; folglich  $k = \frac{E}{4} (R^4 - r^4) \pi$ . Der erfüllte Querschnitt desselben ist  $= (R^2 - r^2) \pi$ ; setzt man  $R^2 - r^2 = a^2$ , so folgt  $k = \frac{E}{4} a^2 (a^2 + 2r^2) \pi$ , woraus hervorgeht, dass bei gleichem erfüllten Querschnitte der Widerstand des hohlen Cylinders gegen Biegung den des vollen im Verhältnisse von  $1 : 1 + \frac{2r^2}{a^2}$  übertrifft.

Die Biegungsversuche werden häufig benutzt, um auf eine indirecte Weise den Modulus der Elasticität der Körper zu bestimmen, da die directe Herleitung desselben durch Dehnung der Körper grossen Schwierigkeiten unterliegen würde. Es sei  $ab$  die Mittellinie eines in



seinen Endpunkten  $a$  und  $b$  wagerecht aufgelegten, in der Mitte durch ein Gewicht  $= 2P$  gebogenen Stabes, so kann derselbe angesehen werden als aus 2 Hälften bestehend, die in  $c$  wagerecht eingeklemmt sind, in  $a$  und  $b$  aber jede durch den Druck  $= P$  aufwärts gebogen werden. Setzt man nun  $ce = x$ ,

$ed = y$ ,  $cg = l$ , so erhält man für die Gestalt des gebogenen Stabes, wenn die Biegung nur sehr klein ist:  $k \frac{d^2 y}{dx^2} = P(l - x)$  folglich  $k \frac{dy}{dx}$

$= P(lx - \frac{1}{2}x^2)$ , da für  $x = 0$ ,  $\frac{dy}{dx} = 0$  werden muss; hieraus  $ky =$

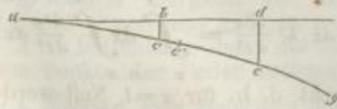
$P(l \frac{x^2}{2} - \frac{x^3}{6})$ , da für  $x = 0$ ,  $y = 0$  ist. Für  $x = l$  wird  $y = gb = f$ ;

also  $kf = \frac{Pl^3}{3}$ ; ist nun der Querschnitt ein Rechteck, dessen eine Seite

$= a$  horizontal, die andere  $= b$  vertical steht, so ist  $k = \frac{Eb^3 a}{12}$ ; folglich

$E = \frac{4Pl^3}{b^3 af}$ , wie im Art. Elasticität angeführt ist.

Die Schwingungen einer elastischen Feder bilden eine interessante Aufgabe der mathematischen Physik, welche zwar hier nicht vollständig behandelt werden kann, aber doch näher berührt werden mag. Um dieselben zu untersuchen, muss zuerst die statische Grundgleichung für den allgemeinen Fall entwickelt werden, wenn auf jedes Element der Feder äussere Kräfte wirken. Es sei  $ag$  die Mittellinie einer in  $a$  eingeklemmten Feder,



und  $ad = x'$ ,  $de = y'$  seien die Coordinaten eines Elementes  $ds$ , auf welches die Kräfte  $Xds$  und  $Yds$  nach  $x$  und  $y$  wirken. Sind nun  $x = ab$ ,  $y = bc$  die Coordinaten eines Punktes  $c$ , so ist  $[(y' - y)X - (x' - x)Y] ds = U ds$  das Moment jener Kräfte in Bezug auf

3\*

den Punkt  $c$ ; mithin gilt für das Gleichgewicht der Feder die Gleichung  $\frac{k}{q} = fUds$ , wo die Integration sich auf den Theil  $cg$  der Feder erstrecken muss, die auf den Punkt  $c$  bezüglichen Grössen  $\hat{x}$  und  $y$  aber als constant zu betrachten sind. Für einen dem  $c$  unendlich nahen Punkt  $c'$  gehen  $x, y, q$  in  $x+dx, y+dy, q+dq$  über; das Integral  $fUds$  verwandelt sich daher in  $fUds - dy fXd s + dx fYds$ , wo das neue Integral  $fUds$  sich auf den Theil  $c'g$  erstreckt, aber weil für den Punkt  $c$   $x'=x, y'=y$ , mithin  $U=0$  ist, von dem auf  $cg$  bezüglichen Werthe desselben Integrals nur um ein Unendlich-Kleines der zweiten Ordnung abweicht. Indem man die Glieder dieser Ordnung weglässt, ergibt sich daher  $kd\left(\frac{1}{q}\right) = -dy fXd s + dx fYds$ , oder wenn man nur sehr kleine Biegungen annimmt, für welche  $\frac{1}{q} = \frac{d^2y}{dx^2}$ ,  $dx=ds$  ist, so kommt:  $k \frac{d^2y}{dx^2} = -dy fXd s + dx fYds$ .

In diese statische Gleichung hat man, wenn die Feder in Bewegung gedacht wird, anstatt  $X$  und  $Y$  die verlorenen Kräfte zu setzen, nämlich  $X - \frac{p}{gl} \frac{d^2x}{dt^2}$ ,  $Y - \frac{p}{gl} \frac{d^2y}{dt^2}$ , wo  $p$  das Gewicht,  $l$  die Länge der Feder,  $g$  die Schwere, mithin  $\frac{p}{gl}$  die Masse der Längeneinheit der Feder ausdrückt. Wirken keine beschleunigende Kräfte, und betrachtet man nur kleine transversale Schwingungen (nach der Richtung  $y$ ), so ist  $X=0, Y=0, \frac{d^2x}{dt^2}=0$ ; folglich obige Gleichung:

$$k \frac{d^2y}{dx^2} = - \frac{p}{gl} \int_x^l \frac{d^2y}{dt^2} dx$$

oder wenn man  $\frac{kg l}{p} = h^2$  setzt und noch einmal differentiirt:

$$h^2 \frac{d^4y}{dx^4} + \frac{d^2y}{dt^2} = 0. \quad \text{I.}$$

Setzt man der Einfachheit wegen voraus, dass die Feder anfänglich in der Richtung der  $x$  lag, so muss für  $t=0$  in jedem Punkte  $y=0$  sein; ferner muss, bei beliebigem  $t$ , für  $x=0, y=0$  und wegen der Einklemmung auch  $\frac{dy}{dx} = 0$  sein; für den Endpunkt  $g$  aber, also für  $x=l$ , muss zu jeder Zeit  $\frac{d^2y}{dx^2} = 0$  und  $\frac{d^3y}{dx^3} = 0$  sein, weil nach dem

Vorigen allgemein  $h^2 \frac{d^2y}{dx^2} = \int_x^l \frac{d^2y}{dt^2} dx$ ,  $h^2 \frac{d^3y}{dx^3} = \int_x^l dx \int_x^l \frac{d^2y}{dt^2} dx$  ist,

diese Integrale aber für den Endpunkt, d. h. für  $x=l$ , Null werden. Um nun der Gleichung I. und den übrigen Bedingungen zu genügen, setze man  $y=Q \sin mt$ , wo  $m$  eine Constante,  $Q$  aber eine Funktion von  $x$  ist, die beide zu bestimmen sind. Wird dieser Werth in die

Gleichung I. eingesetzt, so erhält man zur Bestimmung von  $Q: h^2 \frac{d^4 Q}{dx^4} = m^2 Q$ , oder wenn  $\frac{m}{h} = \mu^2$  gesetzt wird:  $\frac{d^4 Q}{dx^4} = \mu^4 Q$ . II.

Dieser Gleichung genügt man durch folgenden Werth:

$$Q = A [\text{Sin } \mu x - \sin \mu x + a (\text{Cos } \mu x - \cos \mu x)]$$

welcher zugleich die Bedingungen  $Q=0$  und  $\frac{dQ}{dx}=0$  für  $x=0$  erfüllt.

$A$  und  $a$  sind Constanten. Die Zeichen  $\text{Sin } \mu x$  und  $\text{Cos } \mu x$  bedeuten die nach der Analogie der trigonometrischen gebildeten hyperbolischen Sinus und Cosinus, nämlich:

$$\text{Sin } \mu x = \frac{e^{\mu x} - e^{-\mu x}}{2} \quad \text{Cos } \mu x = \frac{e^{\mu x} + e^{-\mu x}}{2}$$

und sind eingeführt, weil dadurch die Rechnung an Symmetrie gewinnt. — Für  $x=l$  muss noch  $\frac{d^2 Q}{dx^2}=0$  und  $\frac{d^3 Q}{dx^3}=0$  sein, hieraus folgt:

$$\begin{aligned} \text{Sin } \mu l + \sin \mu l + a (\text{Cos } \mu l + \cos \mu l) &= 0 \\ \text{Cos } \mu l + \cos \mu l + a (\text{Sin } \mu l - \sin \mu l) &= 0. \end{aligned} \quad \text{III.}$$

Eliminirt man  $a$  aus diesen Gleichungen, wobei zu bemerken ist, dass  $\text{Cos } \mu l^2 - \text{Sin } \mu l^2 = 1$ , so erhält man zur Bestimmung von  $\mu$  die Gleichung:

$$\text{Cos } \mu l \cos \mu l + 1 = 0 \quad \text{IV.}$$

welche unzählig viele reelle Wurzeln liefert. Die kleinste derselben ist  $\mu l = \pm 1,8701$  nahe  $= \frac{3\pi}{5}$ , die anderen nähern sich den Werthen

$\frac{3\pi}{2}, \frac{5\pi}{2}, \frac{7\pi}{2}$ , u. s. f. Mit Rücksicht auf den aus II. hervorgehenden Werth von  $a$  kann  $Q$  folgendermassen ausgedrückt werden:

$$Q = (\text{Cos } \mu l + \cos \mu l) (\text{Sin } \mu x - \sin \mu x) - (\text{Sin } \mu l + \sin \mu l) (\text{Cos } \mu x - \cos \mu x).$$

Wird dieser Werth von  $Q$  mit einer willkürlichen Constante  $A$  multiplicirt, so genügt er ebenfalls noch der Gleichung II. Nimmt man nun die verschiedenen Werthe von  $Q$ , welche den verschiedenen Wurzeln der Gleichung IV. entsprechen, multiplicirt jeden mit einer willkürlichen Constante, und mit  $\sin \mu t = \sin \mu^2 h t$ , so genügt auch die Summe  $\sum A Q \sin \mu^2 h t$  der Gleichung I. und man hat daher

$$y = \sum A Q \sin \mu^2 h t \quad \text{V.}$$

wo die Constante  $A$  als eine Function von  $\mu$  zu betrachten ist und das Summenzeichen sich auf die verschiedenen Werthe von  $\mu$  bezieht. Man braucht dabei nur die positiven Werthe von  $\mu$  in Betracht zu ziehen, da durch Einsetzung von  $-\mu$  statt  $\mu$  der Ausdruck  $Q \sin \mu^2 h t$  in  $-Q \sin \mu^2 h t$  übergeht, also mit dem zu  $\mu$  gehörigen Gliede des Ausdrucks  $y$  vereinigt gedacht werden kann. Um noch die Constanten  $A$  zu bestimmen, muss die Geschwindigkeit gegeben sein, welche jedem Punkte der Feder anfänglich ertheilt wurde. Es sei also für  $t=0$ ,  $\frac{dy}{dt} = \varphi x$ , eine gegebene Function von  $x$ , so muss sein

$$\sum A Q \mu^2 = \varphi x. \quad \text{VI.}$$

Es seien  $\mu$  und  $\mu'$  zwei ungleiche positive Werthe von  $\mu$ , und

$Q$  und  $Q'$  die denselben entsprechenden Werthe von  $Q$ , so kann man beweisen, dass  $\int_0^l Q Q' dx = 0$ . VII.

Da nämlich  $\frac{d^4 Q'}{dx^4} = \mu^4 Q'$  (nach II.), so ist

$$\mu^4 \int_0^l Q Q' dx = \int_0^l Q \frac{d^4 Q'}{dx^4} dx$$

oder wenn man das zweite Glied theilweise integrirt:

$$\mu^4 \int_0^l Q Q' dx = Q \frac{d^3 Q'}{dx^3} - \frac{dQ}{dx} \cdot \frac{d^2 Q'}{dx^2} + \frac{d^2 Q}{dx^2} \cdot \frac{dQ'}{dx} - \frac{d^3 Q}{dx^3} Q' + \int_0^l \frac{d^4 Q}{dx^4} Q dx.$$

Vollzieht man die Integration von  $x=0$  bis  $x=l$ , und bemerkt, dass die ausserhalb der Integralzeichen befindlichen Glieder an beiden Gränzen verschwinden, da für  $x=0$ ,  $Q=0$ ,  $\frac{dQ}{dx}=0$ ,  $Q'=0$ ,  $\frac{dQ'}{dx}=0$ , und für  $x=l$ ,  $\frac{d^2 Q}{dx^2}=0$ ,  $\frac{d^3 Q}{dx^3}=0$ ,  $\frac{d^2 Q'}{dx^2}=0$ ,  $\frac{d^3 Q'}{dx^3}=0$  sind, so erhält man

$$\mu^4 \int_0^l Q Q' dx = \int_0^l \frac{d^4 Q}{dx^4} Q dx$$

oder mit  $\frac{d^4 Q}{dx^4} = \mu^4 Q$ ,  $\mu^4 \int_0^l Q Q' dx = \mu^4 \int_0^l Q Q' dx$ ; also da  $\mu^4$  und  $\mu'^4$

nicht gleich sind,  $\int_0^l Q Q' dx = 0$ .

Multiplicirt man nun die Gleichung VI. mit  $Q dx$  und integrirt von  $0$  bis  $l$ , so verschwinden zufolge VII. auf der linken Seite alle Integrale von der Form  $\int_0^l Q' Q dx$ , in welcher  $Q'$  zu einem andern Werthe von  $\mu$  gehört als  $Q$ , und man erhält

$$A \mu^2 \int_0^l Q^2 dx = \int_0^l g x \cdot Q dx,$$

wodurch der zu  $\mu$  gehörige Werth der Constante  $A$  bestimmt wird, nämlich:

$$A = \frac{\int_0^l g x \cdot Q dx}{\mu^2 \int_0^l Q^2 dx}$$

Die hieraus hervorgehenden Werthe von  $A$  in V. gesetzt, geben den völlig bestimmten Ausdruck für die transversalen Schwingungen einer an einem Ende eingeklemmten, am andern freien Feder; dieselbe vollzieht nämlich gleichzeitig mehrere verschiedene Arten von Schwingungen, deren jede einem Werthe von  $\mu$  entspricht und durch ein

besonderes Glied der Summe  $y$ , nämlich  $AQ \sin \mu^2 ht$ , dargestellt wird. Setzt man die willkürliche Function  $\varphi x = Q$ , wo  $Q$  die obige Bedeutung hat, also zu einem bestimmten  $\mu$  gehört, so erhält man den zu demselben  $\mu$  gehörigen Werth von  $A = \frac{1}{\mu^2}$ , die zu den übrigen  $\mu$  gehörigen  $A$  werden zufolge VII. sämmtlich Null; in diesem Falle besteht also die Bewegung der Feder blos in einer durch die Gleichung  $y = \frac{1}{\mu^2} Q \sin \mu^2 ht$  dargestellten Schwingung. Eben so kann die Bewegung aus zwei oder drei Arten von Schwingungen zusammengesetzt sein; im Allgemeinen ist sie es aus unendlich vielen, von denen jedoch immer nur einige hörbar sind. Die Dauer einer ganzen Schwingung ergibt sich aus der Gleichung  $\sin \mu^2 ht = 0$ , also  $t = \frac{2\pi}{\mu^2 h}$ , folglich die Anzahl solcher Schwingungen in der Secunde:  $n = \frac{\mu^2 h}{2\pi}$ . Die diesen verschiedenen Schwingungen entsprechenden Töne verhalten sich daher zu einander wie die Werthe von  $\mu^2$ , also nahe wie  $\frac{36}{25} : 9 : 25 : 49$  u. s. f.

Auf ähnliche Weise lassen sich auch andere Arten von Schwingungen der Feder der Rechnung unterwerfen, deren Resultate mit den Beobachtungen genügend übereinstimmen. Ist z. B. die Feder an beiden Enden frei, so ist die Anzahl ihrer Schwingungen in der Secunde  $n = \frac{\mu'^2 h}{2\pi}$ , wo  $\mu'$  aus der Gleichung  $\cos \mu' l = 1$  bestimmt wird. Der kleinste Werth von  $\mu' l$  (mit Ausnahme der Null) ist  $= 4,7450$  etwas grösser als  $\frac{3\pi}{2}$ , die übrigen nähern sich den Gliedern der Reihe  $\frac{5\pi}{2}, \frac{7\pi}{2}, \frac{9\pi}{2}$ , u. s. f. — Für Longitudinal-Schwingungen ist die Schwingungszahl des tiefen Tones  $n = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{Eg\omega}{pl}}$  ( $\omega$  der Querschnitt) wenn die Feder an beiden Enden frei und auch wenn sie an beiden Enden befestigt ist, hingegen doppelt so gross wenn das eine Ende frei, das andere befestigt ist. Vgl. Poisson's Mechanik, Bd. II. S. 316 und S. 368. Handbuch der Mechanik von Ide, Bd. II. S. 317. Mdg.

**Federkielhygroskop.** Wenn man einen Kiel einer Gänsefeder etwas dünn schabt, ohne ihn zu zersprengen, darauf etwas auslaugt, um das thierische Fett herauszuschaffen, und die schwache Lauge durch Auswaschen wieder entfernt; so ist die Masse desselben sehr hygroskopisch. Füllt man daher einen solchen Kiel mit Quecksilber, und steckt oben eine passende feine Glasröhre so ein, dass das Quecksilber beim luftdichten Verschluss noch in der Glasröhre steht; so hat man das von Chiminello 1784 angegebene Federkielhygroskop. Man trockne, um es zu graduiren, einen Luftraum durch kaustische Salze aus, Sorge aber dafür, dass die Temperatur desselben  $13^\circ$  R. sei. In diesen bringe man das Instrument und bemerke den Stand des Quecksilbers in der Röhre. Darauf bringe man das

Instrument in Wasser von  $13^{\circ}$  R. Die Kielsubstanz wird sich ausdehnen und das Quecksilber in der Glasröhre wird sinken. Auch diesen Punkt bemerke man und theile den Abstand beider Punkte in  $100^{\circ}$  R. Diese Eintheilung setze man über den Punkt der Trockenheit und der Feuchtigkeit noch fort und bringe das Instrument in Wasser von  $0^{\circ}$  R. Da es hier wegen der chemischen Einwirkung des kälteren Wassers auf das Quecksilber niedriger steht, als der vorhin bestimmte Grad der grösseren Feuchtigkeit angiebt; so berechne man den 1/3ten Theil des Unterschiedes in Graden der Skala; dies ist die Correction für einen Wärmegrad. Für jeden Grad unter  $13^{\circ}$  R. muss zu der Angabe des Instrumentes so viel addirt werden, für jeden Grad über  $13^{\circ}$  R. muss eben so viel abgezogen werden, um die richtige Feuchtigkeits-Bestimmung zu erhalten. Man wird schwerlich in gegenwärtiger Zeit noch auf dieses Instrument zurückkommen, für dessen Erfindung Chiminello den Preis der Mailändischen Akademie erhielt, und auf dessen Verbesserung Perricot und Kummer viel Sorgfalt verwandten. (Gilb. Ann. 59.) Leslie substituirte für den Federkiel eine sehr dünne Elfenbeinkugel, fand aber das Instrument nicht sehr anwendbar. Seiferheld (Gilb. 4.) wandte Federkielstreifen an, die schraubenförmig aus dem Kiel geschnitten und gespannt wurden. Fischbeinstreifen sind ihnen indess weit vorzuziehen.

A.

**Federn.** Sie vertreten bei den Vögeln die Stelle der Haare bei den Säugethieren. Sie bestehen aus Hornsubstanz (s. d. Art.) und ihrer Farbe, zum Theil von chemischen Färbungen herrührend, wird meistens durch die Irrisationserscheinungen hervorgehoben. Sie sind mit dem Fett der Haut durchdrungen, benetzen sich daher sehr wenig. Als schlechteste Wärmeleiter sind sie besonders zur Hautbedeckung geeignet. J. Scherer fand die Federn zusammengesetzt aus  $C_{15}H_{78}N_{14}O_{16}$ , und schliesst daraus, dass sie 1 At. Sauerstoff weniger enthalten als das Horngebe. (Ann. d. Pharm. XL. 63.) Vergl. den Art. Haare.

M.

**Feinbrennen des Silbers.** Das beim Abtreiben (s. d.) erhaltene Blicksilber enthält auf die Mark noch ungefähr  $1\frac{1}{2}$  — 2 Loth fremde Metalle, hauptsächlich Blei, die man bei verstärkter Hitze auch auf dem grossen Treibherd entfernen könnte, aber mit Ersparung an Brennmaterial auf einem kleineren Herde Test abtreibt. Der Test besteht aus einer schüsselförmigen eisernen Schale, die inwendig einen Ueberzug von ausgelaugter Holzasche und darauf eine Lage Knochenasche hat, in welche sich die geschmolzenen Oxyde, die Glätte, hineinziehen. Das Abtreiben geschieht vor einem Gebläse, oder unter der Muffel, oder in einem Flammenherd, wobei sich ein besonders lebhaftes Farbenspiel, Silberblick, gegen das Ende der Operation zeigt. Ist das Silber kupferhaltig, so setzt man vor dem Abtreiben Blei hinzu, worauf das Kupfer leichter oxydirt und in den Test gezogen wird. Das so gewonnene Fein- oder Brandsilber enthält an fremden Metallen nur noch  $\frac{3}{4}$  — 1 pCt. oder 2 — 4 Grän auf die Mark. Beim Erkalten des Feinsilbers entwickelt sich aus demselben eine Luftart, wodurch das Silber umhergespritzt oder über die schon erstarrte Decke

in die Höhe getrieben wird. Diese Erscheinung wird das Spratzen genannt; sie zeigt sich nicht, wenn das Silber noch 1 — 2 pCt. an fremden Metallen enthält, und hat ihren Grund darin, dass reines Silber im geschmolzenen Zustand Sauerstoff absorbirt, den es beim Erstarren wieder entweichen lässt. Bei langsamer Abkühlung wird das leicht Verlust verursachende Umherspritzen vermieden. B.

**Feineisen.** Das graue Roheisen, mit strengflüssiger Beschickung in sehr hoher Hitze erblasen, nimmt Kiesel, Phosphor, Mangan in grösserer Menge auf, als das bei niedrigerer Temperatur reducirte, wodurch es zum Verfrischen in Flammherden ungeeignet wird, indem diese Methode ganz besonders ein Eisen erfordert, das lange breiarzig vor dem Schmelzen bleibt, was bei dem bezeichneten grauen Roheisen nicht der Fall ist. Man verwandelt deshalb das graue Roheisen behufs des Frischens in weisses Feineisen, das die erforderliche Eigenschaft besitzt. Dies geschieht durch die Feineisenfeuer. Das Roheisen wird auf einem dem Frischherde ähnlichen viereckigen vertieften Herd mit Coaks eingeschmolzen, bei möglichst niedriger Temperatur, zu welchem Ende die den Herd einfassenden Eisenplatten durch einen ausserhalb herumgeleiteten Wasserstrom kühl gehalten werden. Zugleich wird Luft durch 2 bis 6 Düsen auf alle Theile des geschmolzenen Eisens eingeblasen, wodurch ein Theil Kohlenstoff aus dem Eisen wegbrennt, Kiesel und Phosphor zu Säuren oxydirt und in die Schlacke geführt werden. Man lässt dann Schlacke und Eisen in eine durch Wasser kühl gehaltene eiserne Form ab, und erhält ein weisses Roheisen, Feineisen genannt. Liefert der Hohofen gleich ein Gusseisen, das wenig Kiesel und Phosphor enthält und teigig vor dem Schmelzen wird, so braucht es nicht in Feineisen verwandelt zu werden. Vergl. Roheisen. B.

**Feldmessercompass.** Dieses Instrument dient zur Bestimmung der Lage eines Objekts durch sein magnetisches Azimuth, d. h. durch den Winkel zwischen der nach dem Objekt gehenden Visirlinie und dem magnetischen Meridian. Es besteht aus einer kupfernen oder messingnen cylindrischen Dose, welche einen mit einer Gradtheilung versehenen Kreis, und in ihrer Mitte einen Stift zur Aufnahme einer Declinationsnadel enthält. Ein feiner Strich von beiden Enden der Nadel, die bis dicht an die Kreistheilung reichen, schneidet die Grade ab. Zum Visiren dienen entweder auf der cylindrischen Seitenwand der Dose angebrachte Dioptern, welche sich durch Charniere niederlegen lassen, oder ein Fernrohr. Im ersten Falle kann man an der Oculardiopter ein rechtwinkliges dreiseitiges Prisma anbringen, dessen eine (nach unten gekehrte) Kathetenfläche sphärisch geschliffen ist, dessen zweite Kathetenfläche dem Auge zugekehrt ist, und in dessen Hypothenusenfläche sich die Theilung durch Totalreflexion vergrössert abspiegelt, so dass man beim Visiren gleichzeitig das magnetische Azimuth ablesen kann. R.

**Feldspath.** Die Krystalle (2 + 1) gliedrig, vorherrschend eine Säule von  $118^{\circ} 48,6'$ , mit einer vorderen unter  $63^{\circ} 53'$ , und oft einer unter  $65^{\circ} 47,3'$  (Kupffer) gegen die Hauptaxe geneigten hinteren Endfläche. Nächstdem zeigen die Feldspathkrystalle meist noch an-

dere, in krystallographischer Beziehung lehrreiche secundäre Flächen und Zwillingsverwachsungen. Parallel der vorderen Erdfäche geht ein vollkommen deutlicher Blätterdurchgang, ein zweiter, minder ausgezeichnet aber noch immer sehr deutlich, stumpft die scharfen Seitenkanten der Säule ab, und macht mit dem ersten Blätterbruch einen rechten Winkel, worauf sich der von Breithaupt dem Feldspath gegebene Name Orthoklas (von  $\alpha\theta\acute{\rho}\acute{\omega}\varsigma$ ; rechtwinklig und  $\kappa\lambda\alpha\iota\acute{\omega}$  ich spalte) bezieht. Der Feldspath ist ferner spaltbar parallel den Säulenflächen, aber unvollkommener als in den eben bezeichneten Richtungen, und da diese Spaltbarkeit ungleich in den zwei Flächenpaaren der Säule ist, so deutet eine solche Structur auf ein eingliedriges Krystallsystem, welches auch einige Mineralogen dem Feldspath zuschreiben. Da derselbe sehr allgemein verbreitet ist, und seine Härte in der Mitte zwischen Apatit und Quarz liegt, so hat man ihn in der Härteskala zur sechsten Härtestufe erwählt, um andere Mineralien damit vergleichen zu können. Spec.-Gew. 2.5 — 2.58. Spec.-Wärme des Adulars 0,1861, des gew. Feldspaths 0,1961 (Neumann). Die Lage der optischen Axen bestimmte Miller Pogg. Ann. XXXVII. 373. — Der Feldspath schmilzt vor dem Lötrohr nur schwierig zu einem unklaren Glase, von Säuren wird er nicht angegriffen. Der reinste Feldspath, der Adular, ist eine Verbindung von 4 At. neutraler kieselsaurer Thonerde mit 1 At. neutralem kiesels. Kali,  $\text{K Si} + \text{Äi Si}$ .

in andern Varietäten sind gewöhnlich Eisenoxyd, Natron und Kalkerde in geringer Menge enthalten. Neuere Analysen findet man in Pogg. Ann. XXVIII. 143, XXXI. 64; L. 125. 341; LII. 465. Als Abarten unterscheidet man: 1) Adular (s. d.); der bläuliche Lichtschein, den er bisweilen zeigt (Mondstein), ist auf der Abstumpfungsfäche der stumpfen Seitenkante. 2) Gemeiner Feldspath, weiss, grau, fleischroth, krystallisirt und derb. Er macht einen wesentlichen Bestandtheil vieler Gebirgsarten aus, und findet sich bisweilen in ausgezeichnet grossen Krystallen. Carlsbad, das Fichtelgebirge, Auerberg bei Stollberg, Baveno am Lago maggiore, Hirschberg in Schlesien, Arendal und Mursinsk in Sibirien sind Fundorte merkwürdiger Krystalle. Der grüne heisst Amazonenstein, der gelblich graue mit buntem Farbenspiel labradorischer Feldspath; ersterer kommt am Ural und Amazonenfluss in Südamerika, dieser zu Frederikswärn in Norwegen vor. 3) Glasiger Feldspath. Krystalle und krystallinische Massen; grau, glasig und rissig durch Einwirkung vulkanischer Feuer. Vesuv, Siebengebirge. 4) Feldstein oder dichter Feldspath, ist dicht, roth, weiss, grau, grün; die Grundmasse vieler Porphyre.

Das so häufige Vorkommen des Feldspaths in Felsarten, die im glühend flüssigen Zustande dem Erdinnern entstiegen sind, macht es wahrscheinlich, dass sich auch Feldspath in Krystallen durch künstliche Feuer werde bilden lassen, wie dies bei andern Mineralien vulkanischen Ursprungs geschehen ist. Allein mit dem Feldspath gelangen die seither angestellten Versuche nicht, da thonerdehaltige Substanzen im geschmolzenen Zustande sehr zähflüssig sind, und viel langsamer abgekühlt werden müssen, wenn sie krystallisiren sollen, als dies bei den vorgenommenen Versuchen der Fall war. Dagegen fanden sich viele und schöne Feldspathkrystalle in einem Kupferschmelz-

ofen bei Sangershausen unter zinkischem Ofenbruch, die also auf künstlichem Wege sich gebildet hatten. Poggend. XXXIII. 336; XXXIV. 534.

An der Luft verwittert der Feldspath, er verliert den grössten Theil seines Alkalis und einen Theil der Kieselsäure, und der Rest ist Thon. Die Entstehung der Porcellanerde, eines sehr reinen Thons, durch allmähliche Zersetzung des Feldspaths ist allgemein anerkannt. Forchhammer hat den Vorgang bei dieser Verwitterung genauer zu ermitteln gesucht und gefunden, dass die meisten Porcellanerden der

Formel  $\overset{\text{Al}}{\text{Al}_2} \overset{\text{Si}}{\text{Si}_4}$  gemäss zusammengesetzt sind, und wenn man von 3 At. Feldspath 1 At. Porcellanerde abzieht, ein in Wasser lösliches

Silicat  $\overset{\text{K}}{\text{K}_2} \overset{\text{Si}}{\text{Si}_6}$  übrig bleibt, das die Zusammensetzung des Fuchschschen Wasserglases hat, und durch Auswaschen entfernt wird. Heisses Wasser bewirkt diese Zersetzung sehr kräftig. Gepulverten Feldspath der Einwirkung eines 222° C. heissen Wassers ausgesetzt, gab eine alkalisch reagirende Lauge. (Pogg. Ann. XXXV. 331.) Analysen von verwittertem Feldspath von verschiedenen Fundorten hat Crasso bekannt gemacht Pogg. XLIX. 381.

Der Feldspath bildet den Mittelpunkt einer Gruppe von Mineralien, die man früher, wegen der Aehnlichkeit ihrer Krystallform mit dem Feldspath, als zu einer Species gehörig ansah. G. Rose hat zuerst auf die vorhandenen Differenzen aufmerksam gemacht, und den Albit, Labrador und Anorthit davon getrennt. Späterhin wurde die Feldspathfamilie noch durch einige andere Arten vermehrt. Gilb. Ann. LXXIII. 175. B.

**Fellansäure.** Wenn frische schleimbaltige Galle zur Extractdicke abgedampft wird, so verwandelt sich dabei das Bilin; es sind dann darin enthalten: kein Bilin, sondern Taurin, Ammoniak, Cholsäure, Bilicholsäure, Billifellin- und Bilicholinsäure, und zwei andere harzartige Säuren, Cholansäure und Fellansäure. S.: Berz. Lehrbuch. B. X. 272. S. Art.: Galle. M.

**Fellinsäure.** Durch die Einwirkung der Säuren und des in der Galle aufgelösten Schleims auf das Bilin entstehen aus diesem Taurin, Ammoniak und zwei harzähnliche Säuren, die Cholinsäure (s. d.) und die Fellinsäure. Diese ist in Wasser wenig lösbar, Alkohol löst sie in allen Verhältnissen, eben so fast der Aether. Mit den Metalloxyden giebt sie Salze, von denen die der Alkalien in Wasser und Alkohol leicht löslich sind, den bitteren Geschmack der Galle haben, und in Auflösung wie Seife schäumen. Fellinsaurer Baryt ist in Alkohol leicht löslich, cholinsaurer unlöslich, wodurch beide Säuren leicht zu trennen sind. Zugleich bilden sich Verbindungen von Bilin mit Fellinsäure, und auch mit Cholinsäure, welche selbst summarische Eigenschaften besitzen, Bilifellinsäure und Bilicholinsäure. Berzelius, Lehrb. B. 19. p. 256. Annal. der Pharm. 1842. Juli. J. f. p. Ch. XXVII. 155. (S. d. Art. Galle.) M.

**Feminell.** Eine Drogue, die dem Safran ähnlich ist und für schlechteren Safran gilt, aber grösstentheils aus Blättern der *Calendula officinalis* besteht. M.

**Fenchelöl.** Das ätherische Oel, von *Anethum foeniculum*, enthält wie das Anisöl ein Stearopten und Elaeopten in wechselnder Menge, woher auch seine Zusammensetzung schwankt. Sp. Gew. 0,999. Unter  $+10^{\circ}$  erstarrt es zu einer blättrigen Masse. Diese Substanz kann leicht von dem flüssig bleibenden Theile abgesondert und gereinigt werden. Die feste Substanz hat völlig die Zusammensetzung des festen Anisöles  $C_{20}H_{24}O_2$  (s. d.), und giebt mit Salpetersäure dieselbe Verbindung, welche man früher für Benzoësäure gehalten hat. Cahours, J. f. pr. Ch. XXIV. 335.

Durch die oxydirende Einwirkung eines Gemenges von saurem chromsaurem Kali (5 Th.), Schwefelsäure (11 Th.) und Wasser (40 Th.) erhielt Persoz aus diesem Oel, wie aus dem des Anis und Sternanis, Essigsäure und zwei neue Säuren, die Badiansäure (s. d. im Nachtrage) und die Umbellinsäure. I. f. pr. Ch. B. XXV. 56. M.

**Fenchelöl.** Oel des bittern Fenchels. Fenouil amer. Dies besteht gleichfalls aus zwei Oelen; eins davon kann ziemlich leicht in reinem Zustande erhalten werden, und dies besitzt gleichfalls die Zusammensetzung des festen Anisöles  $C_{20}H_{24}O_2$ , ist jedoch noch bei  $-10^{\circ}C$  flüssig, etwas leichter als Wasser, und siedet gegen  $+225^{\circ}$ . Mit Salpetersäure giebt es dieselbe Verbindung wie das Anisöl; aber verschieden verhält es sich gegen Brom, mit dem es ein flüssiges etwas klebriges Produkt liefert. Das zweite Oel ist flüchtiger, siedet gegen  $180^{\circ} - 190^{\circ}$ , ist jedoch schwer von dem ersten zu reinigen, und scheint aus  $C_8H_8$  zu bestehen, also dem Terpentingöl isomerisch zu sein. Stickstoffoxyd verwandelt es in eine feste, schön krystallisirte, weisse Verbindung, welche wenig beständig ist. Sie besteht aus  $C_{12}H_{14}N_4O_4 = 3(C_4H_6) + 2N_2O_2$ , ist daher analog dem sogenannten künstlichen Kampher des Terpentingöls oder Citronenöls zusammengesetzt. Cahours I. f. p. Ch. XXV. 360. M.

**Fergusonit.** Ein pechschwarzes, undurchsichtiges, sprödes im Bruch unshliges Mineral von halb metallischem Glanz und nahe Feldspathhärte. Spec.-Gew. 5,8. Die Krystalle haben zur Grundform ein Quadratoktaeder von  $128^{\circ} 27'$  über den Bandkanten. Vor dem Löthrohr unschmelzbar, aber gelblich grün werdend. Hartwall hat den Fergusonit analysirt, und ihn der Hauptsache nach aus tantalsaurer Yttererde-Ceroxydul bestehend gefunden ( $Y_6, Ce_6$ )  $\bar{T}$ , gemengt mit Zirkonerde, Uran- und Eisenoxyd in geringer Menge. Findet sich eingewachsen in Quarz bei Kikertarsak am Cap Farewell in Grönland. Pogg. Ann. V. 166; XVI. 479. B.

**Ferment** wird diejenige Substanz genannt, durch deren Gegenwart und eigene Zersetzung die Zersetzung anderer organischer Stoffe veranlasst und eingeleitet wird, z. B. die Gährung des Zuckers. Man nennt sie auch Hefe. S. u. vergl. d. Art. Gährung. M.

**Fermentöl.** Brückner sah zuerst bei der Gährung eines Gemenges von *Gentiana centaurium* mit Wasser ein eigenthümliches flüchtiges Oel entstehen, welches vorher nicht in der Pflanze enthalten war. Es ist eine durch die Gährung entstehende Verbindung, wie das Fuselöl. Eine grosse Menge von Pflanzen liefern ganz ähnliche Verbindungen, welche besonders durch Bley in grosser Menge dargestellt, aber nicht ausführlicher untersucht worden sind. M.

**Fernambukholz,** auch Brasilienholz, von *Caesalpinia Christa* auf Jamaica und in Brasilien; ein theures, aber sehr ergiebiges Rothholz; es enthält einen krystallisirbaren orangefarbenen Farbstoff das Brasilin. Das mit dem Extract gefärbte Papier dient als Reagenzpapier für Alkalien, Flusssäure u. a. m. M.

**Fernrohr.** Bekanntlich sehen wir, wenn wir vor einem Hohlspiegel so stehen, dass dessen Brennpunkt in der deutlichen Sehweite vor uns liegt, in diesem Brennpunkt ein verkehrtes Bild der in grosser Entfernung vor dem Spiegel befindlichen Gegenstände. Eben so sehen wir ein verkehrtes Bild der fern vor einer Convexlinse liegenden Gegenstände in dem hinter demselben befindlichen Brennpunkte, wenn wir hinter dem letztern so stehen, dass er in der deutlichen Sehweite vor uns liegt. Betrachten wir das Bild in dem einen oder dem andern Falle statt mit blossen Augen mit einer Loupe oder durch mehrere geschicklich angeordnete Gläser, um dasselbe vergrössert zu sehen, so haben wir ein offenes Fernrohr. Der bildgebende Bestandtheil heisst das Objectiv, der vergrössernde Bestandtheil, durch welchen das Bild betrachtet wird, das Ocular. Sind Objectiv und Ocular in Röhren befestigt, die mit einander verbunden sind, so haben wir ein Fernrohr oder Telescop in dem gewöhnlichen Sinne des Worts. Ist das Objectiv ein Spiegel, so nennt man das Fernrohr Reflektor, Spiegeltelescop oder katadioptrisches Fernrohr (über welches das Nähere im Art. Spiegeltelescop), ist es eine Convexlinse oder eine in ihren Wirkungen mit einer solchen übereinstimmende Linsencombination, so nennt man es Refraktor oder dioptrisches Fernrohr, und diese sollen hier näher betrachtet werden.

Die Tugenden eines guten Fernrohrs sind: Stärke der Vergrösserung, Helligkeit und Schärfe des Bildes, Grösse des Gesichtsfeldes. In der Regel kann aber die eine dieser Eigenschaften nur auf Kosten der anderen in einem besondern Maasse berücksichtigt werden.

Die Vergrösserung hängt ab 1) von der Grösse des Objectivbildes, 2) von der vergrössernden Kraft des Oculars. Die Grösse des Objectivbildes ist der Brennweite des Objectivs proportional. Ist diese Brennweite aber zu bedeutend, so erhält das Fernrohr eine zu unbequeme Länge. Ist aber die Länge des Fernrohrs gegeben, hat also das Bild die mit dieser Länge vereinbare Grösse, so hängt die Endvergrösserung nur von der Schärfe des Oculars ab. Da aber das von einem Gegenstande durch das Objectiv dringende Licht sich über das ganze Bild ausbreitet, so nimmt die Helligkeit der einzelnen Bildtheile mit der Vergrösserung ab, und es kann daher die Vergrösserung nur bis zu der Stärke getrieben werden, bei welcher die Hel-

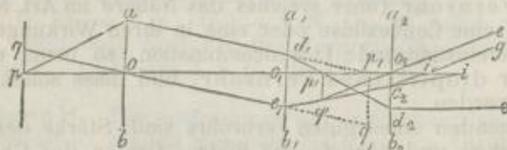
ligkeit ausreichend ist. Um die Helligkeit zu steigern und dadurch die Gränze der Vergrößerung zu erweitern, muss das eindringende Licht vermehrt, also die Oeffnung des Objektivs vergrößert werden. Je grösser aber die Objektivöffnung bei gegebener Brennweite ist, desto stärker wird die chromatische und sphärische Abweichung, also desto geringer die Deutlichkeit. Auf der andern Seite leidet die Deutlichkeit durch die Schärfe des Oculars, da jede Undeutlichkeit des Objektivbildes durch dieselbe vergrößert wird. Man setzt daher, um diese beiden Hemmnisse zu schwächen, das Objektiv aus zwei Linsen so zusammen, dass beide Abweichungen in möglichst hohem Masse geschwächt werden, d. h. man macht das Objektiv aplanatisch. Man gewinnt also hierdurch die Passlichkeit einer grösseren Oeffnung des Objektivs und einer grösseren Schärfe des Oculars. Die Vergrößerung der Objektivöffnung findet endlich noch eine Schranke in der Schwierigkeit, grössere Glasmassen vollkommen homogen sich zu verschaffen.

Die Grösse des Gesichtsfeldes hängt allein von der Construction des Oculars ab, wobei der Umstand eintritt, dass unter einerlei Verhältnissen mit der vergrößernden Kraft desselben auch das Gesichtsfeld kleiner wird.

Sind sämtliche Ocularlinsen convex, so nennt man das Fernrohr astronomisch oder terrestrisch, jenachdem jene das Bild verkehrt oder aufrecht zeigen.

**Astronomisches Fernrohr.** Eine einzige Convexlinse als Ocular giebt schon ein astronomisches Fernrohr, weil dasselbe, wie eine einfache Loupe wirkend, das Objektivbild in seiner natürlichen Lage, also das Objekt verkehrt zeigt. Vollkommener wird jedoch das Rohr, wenn eine zweite Ocularlinse, das sogenannte Collectiv, eingeschaltet wird, welche man je nach dem Zweck vor oder hinter dem Objektivbilde anbringt.

Es stehe beispielsweise das Ocular vor dem Bilde, und zwar sei



$ab$  das Objektiv,  $a_1 b_1$  das Collectiv,  $a_2 b_2$  das hintere Ocularglas, und  $p_i$  die durch die Centra sämtlicher Linsen gehende Fernrohraxe. Ferner sei  $p q$  ein ferner Gegenstand, den man im Fernrohr ganz übersehen will, und  $op_1 = f$  die Brennweite des Objektivs.

Wäre alsdann die Linse  $a_1 b_1$  nicht vorhanden, so würde das Bild von  $p$  in  $p_1$  zu liegen kommen; also der auf den Rand des Objektivs fallende Strahl  $pa$  nach der Brechung die Richtung  $ap_1$  nehmen, während der durch  $o$  gehende Strahl  $po$  unabgelenkt in der Richtung  $op_1$  fortlaufen würde. In Folge der Brechungen in  $a_1 b_1$  und  $a_2 b_2$  nimmt jener Strahl jedoch den Weg  $d_1 d_2 s$ , während der Strahl  $po$  unabgelenkt die Richtung  $poo, o, i$  verfolgt. Das Bild von  $p$  kommt daher in  $p'$ , wo sich die von  $p$  ausgehenden Strahlen schneiden, zu liegen. Dies Bild erscheint aber einem hinter  $a_2 b_2$  befindlichen Auge

nur dann deutlich, wenn dessen Strahlen (also auch  $p'o_2$  und  $p'd_2$ ) so gebrochen werden, als kämen sie von einem Punkt aus der deutlichen Sehweite, also für ein fernsichtiges Auge, wenn sie nahe einander parallel aus  $a_2 b_2$  heraustreten. Demnach muss  $o_2 i \mp d_2 s$  und  $p'o_2 = f_2 =$  der Brennweite von  $a_2 b_2$  sein. Soll nun der Punkt  $p$  möglichst hell erscheinen, so müssen die Ocularlinsen gross genug sein, damit der äusserste Strahl  $pa$  durch sie hindurchgehe, d. h. es müssen die halben Oeffnungen  $o_1 a_1 > o_1 d_1$  und  $o_2 b_2 > o_2 d_2$  sein.  $o_1 d_1$  und  $o_2 d_2$  nennt man daher die Oeffnungshalbmesser wegen der Helligkeit. Um ihre Grösse zu bestimmen, sei  $o_1 p_1 = \alpha$ ,  $o_1 p' = \beta$ ,  $ao = x$ . Es ist alsdann  $x : o_1 d_1 = f : \alpha$ , und  $o_1 d_1 : \beta = o_2 d_2 : f_2$ , mithin  $o_1 d_1 = \frac{\alpha}{f} x$ ,  $o_2 d_2 = \frac{\alpha f_2}{\beta f} x$ .

Ist die Stellung der Linse  $a_1 b_1$  also  $oo_1$  gegeben, so ist es auch  $a = f - oo_1$ , während  $\beta$  sich aus der bekannten Gleichung:

$$\frac{1}{\alpha} + \frac{1}{\beta} = \frac{1}{f_1}$$

(wo  $f_1$  die Brennweite von  $a_1 b_1$  vorstellt) näherungsweise ergibt.

Nimmt der vom äussersten Punkt  $q$  durch das Centrum  $o$  des Objectivs gehende Strahl (den man den Hauptstrahl nennt) die Richtung  $qo c_1 c_2 i_1 g$ , so fällt das Bild des Punktes  $q$  senkrecht unter das Bild  $p'$  in  $q'$ , und da das Bild im Brennpunkte von  $a_2 b_2$  liegt, so müssen die von  $q'$  kommenden Strahlen einander parallel aus  $a_2 b_2$  treten, mithin  $c_2 g$  dem durch das Centrum  $o_2$  gehenden und daher seine Richtung  $q'o_2 e$  nicht ändernden Strahl parallel sein. Nun sei die scheinbare Grösse des Objekts d. h. Winkel  $qop = \psi$ , ferner  $p'iq' = \psi_1$ ,  $o_2 i_1 c_2 = p'o_2 q' = \psi_2$ , so dass  $\psi_2$  die scheinbare Grösse des Fernrohrbildes für das in  $i_1$  befindliche Auge ist. Als dann ist  $\frac{\psi_2}{\psi} = m$  die Vergrösserung des Fernrohrs. Um dieselbe zu bestimmen, bemerke man, dass  $o_1 q'$  und  $q_1$  (das Bild von  $q$ , wenn  $a_1 b_1$  nicht vorhanden wäre) in einer Geraden liegen. Denn derjenige von  $q$  ausgehende Strahl, welcher durch  $o_1$  geht, ändert durch die Brechung in  $a_1 b_1$  seine Richtung nicht, und muss daher durch das Bild von  $q$  gehen, es mag das Collectiv dazwischen treten oder nicht. Demnach ist  $p'q' : p_1 q_1 = \beta : \alpha$ , während  $p_1 q_1 = f \operatorname{tg} \psi$  und  $p'q' = o_2 p' \operatorname{tg} \psi_2 = f_2 \operatorname{tg} \psi_2$  ist, woraus, wenn man für die Tangenten der Kleinheit der Winkel wegen die Bögen setzt, folgt:

$$\frac{\psi_2}{\psi} = m = \frac{\beta f}{\alpha f_2}$$

Vergleicht man dies mit dem Werth von  $o_2 d_2$ , so findet man

$$o_2 d_2 = \frac{x}{m}$$

Die Menge desjenigen Theiles des von  $p$  ausgesendeten Lichts, welches durch die letzte Linse dringt, lässt sich als der Oeffnung der letzteren proportional ansehen, also durch  $(o_2 d_2)^2$  vorstellen. Das Verhältniss dieser Lichtmenge zu der ins Auge dringenden nennt man das Maass der Helligkeit des Punktes  $p$ , so dass, wenn  $\gamma$  der Pupillen-Halbmesser ist, dieses Mass sich ausdrücken lässt durch  $\left(\frac{o_2 d_2}{\gamma}\right)^2$  oder  $\frac{x^2}{m^2 \gamma^2}$ , oder, wenn man  $\gamma = \frac{1''}{20}$  nimmt,  $\frac{400x^2}{m^2}$ ; voraus-

gesetzt jedoch, dass der austretende Lichtcylinder nicht enger als die Pupille ist.

Die Helligkeit fängt also an abzunehmen, wenn  $\gamma < o_1 d_1$  wird, d. h. wenn die Vergrößerung stärker als  $20 \times$  ist.

Will man ferner  $p q$ , also das ganze Gesichtsfeld, in hinreichender Lichtstärke übersehen, soll also der Strahl  $c_2 g$  noch durch die Mitte der Pupille gehen, so muss das Auge sich in  $i_1$  befinden; und damit die betreffenden Strahlen durch das Fernrohr dringen können, müssen die Oeffnungs-Halbmesser  $o_1 b_1$ ,  $o_2 b_2$  resp. grösser als  $o_1 c_1$  und  $o_2 c_2$  sein. Diese Längen  $o_1 c_1$ ,  $o_2 c_2$ , die wir durch  $z_1$ ,  $z_2$  bezeichnen werden, nennt man die Oeffnungs-Halbmesser wegen des Gesichtsfeldes.

Wieman sieht, ist  $z_1 = (f - a) \psi$ , und da  $z_1 - z_2 = o_1 o_2 \cdot \psi_1 = (\beta + f_2) \psi_1$  also (insofern  $\frac{1}{f_1} = \frac{1}{o o_1} + \frac{1}{o_1 i} = \frac{\psi}{z_1} + \frac{\psi_1}{z_1}$  ist),

$$z_2 = (\beta + f_2) \left( \psi - \frac{z_1}{f_1} \right) + z_1.$$

Wenn jedoch die äussersten Punkte des Gesichtsfeldes nicht bloss sichtbar sein, sondern auch in möglichster Helle erscheinen sollen, so müssen die halben Oeffnungen der Oculare grösser als  $z_1$  und  $z_2$ , und zwar gleich  $o_1 d_1 + z_1$  und  $o_2 d_2 + z_2$  genommen werden.

Das Gesichtsfeld selbst endlich ist  $\psi_2 = m \psi_1$  und die Augen-Entfernung  $o_2 i_1 = \frac{z_2}{\psi_2} = \frac{z_2}{m \psi}$ .

Die Vortheile, welche die Einschaltung der Collectivlinse gewährt, sind, dass sich durch sie eine weit bedeutendere Grösse des Gesichtsfeldes möglich wird, dass durch eine schickliche Stellung und ein schickliches Brennweiten-Verhältniss die Dispensionsfarben in den Punkten am Rande des Gesichtsfeldes sich schwächen lassen. Beide Vortheile zugleich lassen sich nur erreichen, wenn das Collectiv, wie oben angenommen wurde, innerhalb der Brennweite des Objectivs zu stehen kommt, und man muss auf den einen oder den andern Vortheil Verzicht leisten, wenn man das Collectiv hinter dem Objectivbild anbringt.

Die astronomischen Fernröhre nennt man Kometensucher, wenn sie zur Aufsuchung lichtschwacher Gegenstände dienen, deren Ort man nicht genau kennt, und welche daher grosse Lichtstärke mit einem grossen Gesichtsfelde verbinden müssen. Sie erfordern daher eine grosse Oeffnung des Objectivs, haben eine mässige Brennweite, und können demnach keine starke Vergrößerung vertragen. Die Frauenhofer'schen Kometensucher, deren Objectiv-Oeffnung 34'' ist, haben 24'' Brennweite, und bei zehnmaliger Vergrößerung ein Gesichtsfeld von 6°.

Die Sucher sind kleine astronomische Fernröhre von grossem Gesichtsfeld, welche mit grossen Fernröhren verbunden sind, die in Folge ihrer starken Vergrößerung ein zu kleines Gesichtsfeld haben, um mit ihnen bequem die zu betrachtenden Gegenstände auffinden zu können. Die Axe des Suchers muss mit der Axe des Hauptfernrohrs parallel sein, damit das Objekt, wenn man dasselbe in die Mitte des Gesichtsfeldes des ersteren gebracht hat, auch im letzteren sichtbar ist.

**Terrestrisches Fernrohr.** Bringt man zwischen dem letzten Ocular und dem Objectivbilde eines astronomischen Fernrohrs noch eine oder mehrere Convexlinsen an, für welche dieses Bild als Object dient, und welche daher ein Bild dieses Bildes erzeugen, so ist ersichtlich, dass das letzte Bild eine umgekehrte Lage gegen das erste haben, also aufrecht sein wird, und dass daher nur nöthig ist, das letzte Ocular so anzubringen, dass das zweite Bild in seinen Brennpunkt zu liegen kommt. Man kann demnach aus einem astronomischen Fernrohr ein terrestrisches bilden, wenn man z. B. zwei Linsen, die um die Summe ihrer Brennweiten von einander entfernt sind, an dasselbe anschraubt. Aus dem letzten astronomischen Ocular treten nämlich die Strahlen, die zu demselben Objektpunkt gehören, unter sich parallel heraus, werden also von der ersten hinzugefügten Linse in ihrem Brennpunkt gesammelt, und geben dort ein aufrechtes Bild, während das letzte Ocular die Strahlen wieder unter sich parallel ins Auge führt.

Die Gallileischen Fernröhre, welche durch die Einführung der zweckmässigeren astronomischen durch Kepler ausser Gebrauch gekommen sind, und nur noch in kleinem Massstabe wegen der Kürze ihrer Röhre als Theaterperspektive gebraucht werden, haben ein concaves Ocular, welches innerhalb der Brennweite des Objectivs steht. Auf dieses Ocular fallen somit die Strahlen, ehe sie sich zum Bilde vereinigen, also convergirend, und werden durch das Concavglas parallel unter sich ins Auge gelenkt. Zu diesem Zweck muss dasselbe daher dem Objectiv so nahe stehen, dass die hinteren Brennpunkte beider Linsen zusammenfallen. Die Länge des Rohrs wird daher der Differenz der Brennweiten beider Linsen gleich.

Das Unzweckmässige dieser Constructionsart liegt vornehmlich in der mit stärkeren Vergrößerungen verbundenen Kleinheit des Gesichtsfeldes.

Zu den sonstigen Einrichtungen, welche allen Fernrohrarten gemein sind, gehören: die Fassung der Oculargläser in eine eigene Röhre, welche sich in dem, das Objectiv enthaltenden Rohr verschieben lässt, und die Blendungen.

Das erstere ist deswegen nothwendig, weil je nach der Beschaffenheit des Auges die von einem Punkt ausgehenden Strahlen mehr oder weniger divergirend dasselbe treffen müssen, wenn dieser Punkt deutlich gesehen werden soll. Der Einfachheit wegen ist oben vorausgesetzt, dass diese Strahlen parallel ins Auge fallen, weil die erforderliche Divergenz meist so schwach ist, dass sie sich sehr dem Parallelismus nähert. Die das Fernrohr verlassenden (zu demselben Objektpunkt gehörenden) Strahlen müssen aber stärker oder schwächer divergiren, je nachdem das Auge kurz- oder weitsichtig ist. Das Ocular muss daher respective mehr oder weniger vom Objectivbilde entfernt werden können.

Uebrigens hat das Objectivbild selbst nicht eine bestimmte Lage. Nur bei sehr entfernten Objecten liegt es genau im Brennpunkt des Objectivs; je näher dieselben liegen, desto mehr weicht das Bild zurück. Die Oculargläser müssen sich deshalb um so weiter vom Objectiv entfernen lassen, wenn es auch zur Betrachtung näherer Gegenstände dienen soll.

Die Blendungen (Scheiben mit kreisförmigen Oeffnungen) dienen zur Abhaltung störender Lichtstrahlen und werden an den Stellen des Fernrohrs angebracht, wo die Hauptstrahlen (welche vom Rande des Gesichtsfeldes aus durch die Mitte des Objectivs gehen) die Axe treffen, weil dort die brauchbaren Strahlen am meisten concentrirt sind, und die durch die unvollkommene Aufhebung der sphärischen Aberration abweichend gerichteten Strahlen am passendsten abgehalten werden können.

Ueber den Erfinder der Fernröhre und über die Zeit der Erfindung ist nichts Sicheres bekannt. Galilei construirte das nach ihm benannte Fernrohr im Jahre 1609 auf die Nachricht von einem in Holland verfertigten Fernrohr. Kepler, der zugleich eine Theorie desselben gab, erfand das astronomische Fernrohr mit einfachem Ocular 1611, und bemerkte schon, dass man durch ein zweites Ocular das Bild aufrecht erhalten könne. Doch wurden terrestrische Fernröhre erst durch de Rhaeta 1645 ausgeführt, der durch Anwendung von drei Ocularen denselben eine vollkommnere Einrichtung gab. John Dollond endlich verfertigte (1758) zuerst achromatische Fernröhre, und zwar auf Veranlassung Klingenstierna's, welcher in Newton's Beweis von der Unmöglichkeit des Achromatismus einen Trugschluss fand.

Was die mathematische Theorie der Fernröhre anlangt, so findet man in Littrow's Dioptrik (Wien 1828) die Untersuchungen von Euler, Fuss und Klügel zusammengestellt, die anderen Untersuchungen von Schleiermacher in Baumg. Zeitschr. IX. und X. R.

**Festigkeit** heisst der Widerstand der Körper gegen Trennung ihres Zusammenhanges durch äussere Kräfte. Die Grenze desselben hat man namentlich für viele in der Technik vorkommende Körper durch Versuche bestimmt, ohne jedoch deren Resultate auf ein allgemeines Gesetz zurückführen zu können. Nach den verschiedenen Arten der trennenden Kraft unterscheidet man: 1) Widerstand gegen Zerreiſung, absolute Festigkeit; 2) Widerstand gegen Zerbrecen durch Biegung, relative Festigkeit; 3) Widerstand gegen Zerdrückung, rückwirkende Festigkeit; 4) Widerstand gegen Trennung des Zusammenhanges durch Verdrehung oder Torsion.

Die grösste absolute Festigkeit zeigt unter den in dieser Hinsicht untersuchten Körpern das Eisen, namentlich der Stahl. Nach den Tafeln von Schubarth (Sammlung physikalischer Tabellen, vierte Auflage, Berlin 1841) gehören zur Zerreiſung einer Stählbarre von 1 Quadratzoll Queerschnitt 120000 bis 130000 Pfund; Schmiedeeisen erfordert 60000 bis 80000 Pfund; Gusseisen jedoch nur etwa 20000 Pfund. Gegossenes Gold erfordert ebenfalls etwa 20000 Pfd., dagegen steigert sich beim Golddrahte die Festigkeit bis zu 67000 Pfund; Silber erfordert 40000, Kupfer 30000, Zinn 3300, Zink 2900, Zinkdraht 7300 Pfund; gegossenes Blei 1000, gewalztes 1900, Bleidraht 3000 Pfund. Alle diese Zahlen beziehen sich auf den Querschnitt von 1 Quadratzoll. Man ersieht aus denselben, wie sehr die Festigkeit der Metalle durch die verschiedenen Arten ihrer Bearbeitung abgeändert wird. Sehr beträchtlich ist die Festigkeit der Hölzer; um einen Stab

von 1 Quadratzoll Querschnitt durch einen der Faserichtung parallelen Zug zu zerreißen, erfordern die Hölzer der Esche, Eiche, Buche, Tanne, eine Kraft von 15000 bis 20000 Pfund; nach Tredgold beträgt dagegen der Widerstand der Eiche gegen einen auf der Faserichtung senkrechten Zug kaum den vierten Theil des vorigen. Die Festigkeit der Seile nimmt nicht nach Verhältniss ihrer Dicke zu, was in der stärkeren Drehung der Fasern bei den dickern Seilen seinen Grund hat. Für Hanfseile von  $\frac{1}{4}$  bis 1 Zoll Dicke werden angegeben: 9000 Pfund, für die Dicke von 1 bis 3 Zoll 5500, von 3 bis 5 Zoll 5000 Pfund, welche Zahlen sich sämmtlich auf die Einheit des Querschnittes beziehen. Da die Grenzen dieses Artikels kein Eingehen in die einzelnen Thatsachen gestatten, so muss auf die oben genannten Tafeln verwiesen werden.

Die relative Festigkeit unterwirft Navier in seinen Leçons sur l'application de la mécanique einer ähnlichen theoretischen Berechnung wie die Biegung innerhalb der Grenzen der vollkommenen Elasticität, indem er die nur für geringe Biegungen genaue Voraussetzung einer der Ausdehnung proportionalen Spannkraft auf grössere, bis zum Zerbrechen fortgehende Biegungen hypothetisch ausdehnt, um wenigstens angenäherte Resultate zu erhalten. Hiernach wird aus dem im Artikel Feder entwickelten Werthe des Biegemomentes,

nämlich  $\frac{k}{\varrho} = \frac{E}{\varrho} \iint v^2 dv du$  das Brechungsmoment  $\lambda$  erhalten, wenn man in diesem Ausdruck statt des Factors  $\frac{E}{\varrho}$  einen andern

Factor  $\frac{R}{v'}$  setzt, in welchem  $R$  die zur Zerreißung eines Prismas vom Querschnitt = 1 erforderliche Kraft, also die absolute Festigkeit bedeutet,  $v'$  aber den Abstand der Mittellinie des gebogenen Prismas von der äussersten an der concaven oder convexen Seite befindlichen Faser, welche am meisten gedehnt oder gedrückt ist und also zuerst

bricht. Man hat daher  $\lambda = \frac{R}{v'} \iint v^2 dv du$ ; also folgt z. B. wenn der Querschnitt ein Rechteck von der Breite  $a$ , Dicke  $b$ , mithin  $k = \frac{Eb^3a}{12}$  (s. Feder) und  $v' = \frac{1}{2}b$  ist,  $\lambda = \frac{Rb^2a}{6}$ . Ist das Moment der biegenden Kraft für einen Punkt des Körpers diesem Brechungsmomente gleich, so bricht er daselbst.

Bei der rückwirkenden Festigkeit ist zu unterscheiden, ob dem Brechen eine Biegung vorhergeht oder nicht. In Bezug auf den ersten Fall ist als Maass der rückwirkenden Festigkeit das grösste Gewicht anzusehen, welches der Körper ohne sich zu biegen tragen kann; nämlich  $P = \frac{k\pi^2}{l^3}$  (s. Feder). Der Widerstand gegen das eigentliche Zerdrücken kann nur aus unmittelbaren Beobachtungen gefunden werden; derselbe ist im Allgemeinen dem Querschnitt proportional, und wird in den Tafeln von Schubarth angegeben (S. 20.) z. B. für Rothenburger Sandstein 2600 Pfund, Ziegelstein 1100, Gneiss 5100 Pfund; für Gusseisen 150000 bis 200000 Pfund auf 1 Q.-Zoll.

Für den Widerstand gegen Trennung durch Torsion giebt Na-

vier in Bezug auf eine Walze vom Halbmesser  $r$ , den Ausdruck  $\frac{T r^3}{2}$ , in welchem  $T$  eine aus der Erfahrung zu entnehmende Constante ist. Dieser Ausdruck giebt das Moment an, welches, wenn die Walze an einem Ende fest eingeklemmt ist, auf die Torsion derselben wirkend, den Zusammenhang aufzuheben vermag. Für Gusseisen ergab sich  $T$  bei einigen Beobachtungen = 20000000 Kilogr., bei andern fand man mehr als 40000000 Kil.; wobei der Meter als Längeneinheit angenommen ist. (S. Navier Leçons Bd. I S. 110.)

In theoretischer Beziehung versuchte schon Newton, die Festigkeit und überhaupt die Cohäsion aus der Annahme anziehender Kräfte zu erklären, fand aber die nach dem Quadrate der Entfernung abnehmende Gravitation hierzu nicht hinreichend, sondern sah sich genöthigt, neben ihr eine mit wachsender Entfernung schneller abnehmende Anziehung vorauszusetzen. In der neueren Zeit ist die Annahme einer nur in unmessbar kleinen Entfernungen merklichen, in grösseren hingegen verschwindenden Molecular-Anziehung mit Erfolg auf verschiedene Erscheinungen der Adhäsion und Cohäsion angewendet worden. Zwar bewog der Wunsch, mit Einer Grundkraft auszureichen, mehrere Physiker, die Nothwendigkeit einer besonderen Molecular-Anziehung zu bezweifeln; man behauptete (s. Gehler's Wörterbuch, Art. Cohäsion, S. 124) dass die Anziehung zweier sich unmittelbar berührenden Elemente, nach dem Gravitations-Gesetze, unendlich gross sei gegen jede Anziehung eines in endlicher Ferne vom angezogenen Punkte befindlichen Körpers, und dass mithin die Cohäsion eine durch die grosse Annäherung der Körpertheilchen bedingte Folge der Gravitation sein könnte; allein diese Behauptung ist nicht richtig. Es lässt sich vielmehr zeigen, dass die Anziehung, welche ein Körper nach dem Gravitations-Gesetze auf einen Punkt ausübt, auch in der Berührung nicht unendlich gross wird, sondern endlich und gegen die Anziehung der Erde verschwindend klein ist, wenn die Masse des Körpers gegen die der Erde verschwindend klein ist. Es sei  $k$  die Dichtigkeit eines durch Polar-Coordinationen  $r$ ,  $\varphi$ ,  $\psi$  der Lage nach bestimmten Massen-Elementes, so ist  $k r^3 \cos \psi \times d\varphi d\psi dr$  die Masse, folglich, wenn man mit  $r^2$  dividirt,  $k \cos \psi d\varphi d\psi dr$  die Anziehung dieses Elementes auf eine im Anfangspunkte der Coordinaten vereinigt gedachte Masseneinheit  $O$ . Multiplicirt man jene mit dem Cosinus des Winkels  $\vartheta$ , welchen die Richtung der Anziehung mit einer beliebigen festen Richtung  $t$  bilde, so erhält man für die Gesamtanziehung des Körpers auf  $O$  nach der Richtung  $t$  das über den ganzen Körper zu erstreckende Integral  $\iiint k \cos \psi \cos \vartheta d\varphi d\psi dr$  welches nie unendlich werden kann, so lange die Dichtigkeit  $k$  und der vom Körper erfüllte Raum als endlich gedacht werden. Wenn daher a. a. O. die Anziehung eines sehr schmalen Cylinders von der Länge  $x$  auf einen in der verlängerten Axe desselben im Abstände  $= l$  befindlichen Punkt durch  $\frac{e^2 x}{l(l+x)}$  ausgedrückt wird, welcher Ausdruck für  $l=0$ , also in der Berührung, einen unendlichen Werth geben würde, so sieht man gleich von vorn herein, dass ein anderes Resultat herauskommen musste. Bezeichnet nämlich  $x$  den Abstand eines Elementes des Cylinders vom angezogenen Punkte, nach der Rich-

tung der Axe gemessen,  $q$  den Abstand des Elementes von der Axe, so ist  $q dq d\varphi dx$  die Masse,  $\frac{q dq d\varphi dx}{q^2 + x^2}$  die Anziehung dieses Elementes auf jenen Punkt, die Dichtigkeit = 1 gesetzt, und  $\frac{q dq d\varphi dx}{q^2 + x^2} \frac{x}{\sqrt{q^2 + x^2}}$  =  $\frac{x dx \cdot q dq \cdot d\varphi}{(q^2 + x^2)^{\frac{3}{2}}}$  ihre nach  $x$  gerichtete Componente, aus deren Summation die gesammte Anziehung hervorgeht, da die darauf senkrechte Componente durch eine gleiche und entgegengesetzte aufgehoben wird. Integriert man nach  $\varphi$  von 0 bis  $2\pi$ , so kommt  $\frac{2\pi \cdot x dx \cdot q dq}{(q^2 + x^2)^{\frac{3}{2}}}$  als Anziehung eines Ringes vom Querschnitte  $dq \cdot dx$ , und dieser Ausdruck, von  $q=0$  bis zum Halbmesser des Cylinders  $q=r$  integrirt, giebt  $2\pi \left\{ 1 - \sqrt{\frac{x}{r^2 + x^2}} \right\} dx$  als Anziehung einer Kreisscheibe von der Dicke  $dx$ ; hieraus aber ergiebt sich durch Integration die gesammte Anziehung des Cylinders =  $2\pi \int_l^{l+x} \left( 1 - \sqrt{\frac{x}{r^2 + x^2}} \right) dx = 2\pi \left( x + \sqrt{r^2 + l^2} - \sqrt{r^2 + (x+l)^2} \right)$ . Für die Berührung, also für  $l=0$ , wird die Anziehung  $2\pi \left( x + r - \sqrt{r^2 + x^2} \right)$ ; sie wird also für einen sehr schmalen Cylinder d. h. für ein sehr kleines  $r$ , ebenfalls sehr klein, wie auch nicht anders zu erwarten war. Aus Betrachtungen dieser Art geht hervor, dass die Erscheinungen der Adhäsion und Cohäsion aus der Anziehung nach dem Gravitations-Gesetze sich nicht erklären lassen.

Mdg.

**Fette** und Zersetzungsproducte derselben. S. Oele, Fette.

**Fettsäure.** Diese von Thénard entdeckte Verbindung wird durch Destillation der Oelsäure erhalten. Die dabei gebildeten Produkte werden mit kochendem Wasser erschöpft, welches nach dem Erkalten die Säure in glänzenden Nadeln absetzt. Durch Abwaschen und Umkrystallisiren werden die Krystalle völlig geruch- und farblos. Sie ähneln sehr der Benzoësäure, mit welcher sie auch oft verwechselt worden sind. Bei  $127^\circ$  schmilzt die Säure und lässt sich unverändert sublimiren. Die Zusammensetzung, welche von Dumas, Peligot und Redtenbacher bestimmt worden ist, wird durch die Formel  $C_{16}H_{32}O_2 + Aq$  ausgedrückt; in den Salzen wird dies eine Atom Wasser durch eine Basis ersetzt. Das Kali-, Ammoniak- und Natronsalz sind in Wasser sehr löslich. Sie bringen in Kalksalzen, das sehr schwer lösliche fettsaure Kalksalz hervor, welches zu Boden fällt. Das Silbersalz, welches 51,64 % Metall beim Glühen hinterlässt, ist sehr wenig in Wasser löslich. Der fettsaure Aether,  $\overline{Se} Ae$ , bildet sich durch Einwirkung der Chlorwasserstoffsäure auf eine Lösung der Fettsäure in Alkohol; bei  $-9^\circ$  erstarrt derselbe krystallinisch, über  $100^\circ$  siedet er unverändert.

Man kann die Bildung der Fettsäure bei der Destillation als ein Reagenz auf Oelsäure anwenden, da diese Verbindung es allein ist, welche die Fettsäure erzeugt. Vergl. Redtenbacher in Lieb. Ann. XXXV. 188.

M.

**Fettwachs** gleichbedeutend mit Leichenfett, s. Adipocire.

**Feuer** ist eine aus gleichzeitiger Licht- und Wärme-Entwicklung gebildete Erscheinung, welche Gluth genannt wird, wenn sie sich an festen oder flüssigen Körpern zeigt, und Flamme (s. diese), wenn sie an Gasen vorkommt. Licht ohne Wärme, wie z. B. das Phosphoresciren, ist kein Feuer. Im Alterthum stellte man sich das Feuer als etwas Materielles vor, und als solches wird es auch unter den bekannten Elementen des Aristoteles aufgeführt; selbst noch in dem Phlogiston Stahl's spielt es die Rolle eines mit den Eigenschaften des Körperlichen behafteten Wesens.

So lange wir über die Natur von Licht und Wärme nicht besser als gegenwärtig unterrichtet sind, können wir über die Entstehung der Feuererscheinung keine genügende Erklärung geben, sondern müssen uns darauf beschränken, die Umstände zusammenzustellen, unter denen sie auftritt. Feuer zeigt sich bei chemischen Verbindungen, wenn dieselben mit einer gewissen Heftigkeit vor sich gehen. Wenn Metalle, Phosphor, organische Stoffe u. s. w. der Luft ausgesetzt sind, und sie nehmen langsam Sauerstoff daraus auf, so ist diese Oxydation mit keiner wahrnehmbaren oder nur mit geringer Wärme-Entwicklung verknüpft. Feuer entsteht, wenn man diese Körper durch Erhitzen und Anzünden zur schnellen Absorption von Sauerstoff disponirt. Silber, Kupfer, Eisen erglühn in heissem Schwefeldampf, und verbinden sich momentan mit dem Schwefel, während bei der sehr allmählichen Bildung von Schwefelsilber in schwefelhaltiger Luft (siehe Anlaufen) keine Temperatur-Erhöhung zu bemerken ist. Aehnlich verhält es sich, wenn man Antimonpulver in Chlorgas streut, wenn man rauchende Schwefelsäure auf reine Talkerde bringt, ein Gemisch von Chlor und Wasserstoff dem Sonnenlicht aussetzt u. s. w.; überall ist eine plötzliche oder lebhaftere Vereinigung von Feuer begleitet. Dass nicht die Entbindung latenter Wärme oder die geringere Wärme-Capacität in der Verbindung als in den Bestandtheilen die Ursache des Feuers ist, wie man eine Zeitlang nach Lavoisier's Vorgang meinte, ist hinlänglich widerlegt, (siehe Verbrennung) und geht ferner daraus hervor, dass auch bei plötzlichen und heftigen Zersetzungen, die mit Explosionen verknüpft sind, sich Feuer zeigt, so bei der Detonation der chlorigen Säure, des Chlor- und Jodstickstoffs, des Wasserstoffsperoxyds u. a. m. In noch anderen Fällen findet ein Erglühn bei Aenderung des Molecularzustandes ohne irgend eine Aenderung der Zusammensetzung statt, wenn ein Körper aus einem Zustand in eine andere isomerische Modifikation übergeht. Chromoxyd, Eisenoxyd, Gadolinit, Orthit, Allanit, Titan- und Tantal säure, Pyrochlor, Uranotantal, Euxenit, Tschewkinit und antimonsaures Kupferoxyd (Pogg. Annal. XXVII. 80: XLVIII. 551; Ll. 493.) erglühn in gewissen Fällen beim Erhitzen, haben dann ein höheres specifisches Gewicht als zuvor, sind unlöslich in Säuren, wenn

sie sich vorher darin auflösten, und zeigen sich auch noch in anderer Beziehung verändert. Gehen derartige Umwandlungen nicht so plötzlich wie in den genannten Fällen vor sich, so bleibt auch die Feuererscheinung aus, wie z. B. bei Schwefel und arseniger Säure, und einigen anderen, wenn sie aus der durchsichtigen Modifikation nach und nach in die undurchsichtige übergehen.

**Feuerfontaine.** Ein belustigender Bestandtheil der physikalischen Apparate. Eine hohle Glaskugel mit einer Röhre, aus der zwei seitliche Röhren herausgehen, die sich in feinen Oeffnungen endigen, wird zur Hälfte mit Weingeist gefüllt. Die gerade mittlere Röhre wird durch einen Pfropfen verschlossen und das Ganze in ein passendes Gestell so aufgestellt, dass die Kugel nach oben gekehrt ist, und die seitlichen Röhren noch in kleine Blechteller reichen, welche mit Spiritus gefüllt werden. Diesen zündet man an. Dadurch erwärmt sich die Luft in der Kugel über dem Spiritus und drängt diesen durch die Seitenröhren. Er wird beim Hervorspritzen angezündet und bietet im Finstern den Anblick zweier grosser Feuerstrahlen dar, die bei vermehrter Wärme der Kugel immer höher steigen und so lange dauern, als noch Flüssigkeit in der Kugel sich befindet. A.

**Feuerkugeln,** siehe Meteorsteine und Sternschnuppen.

**Feuermaschine, (Papins)** eine Art Dampfmaschine, in welcher durch den Druck des in einem Kessel entwickelten Dampfes auf den Stempel einer Druckpumpe gewirkt wurde, die Wasser in einen Windkessel trieb, das dann aus diesem in continuirlichem Strom gegen ein Schaufelrad gedrängt wurde und dasselbe bewegte. Eine genauere Beschreibung der Vorrichtung findet man Gilb. Ann. 16. A.

**Feuermeteore.** Die Lichterscheinungen der Atmosphäre theilt man in drei Klassen: Photometeore, welche, wie die Dämmerung, Morgenröthe und Abendröthe, der Regenbogen, die grösseren und kleineren Böe in der Brechung des Sonnen-, Mond- und Sternenlichts ihre unmittelbare Erklärung finden; Elektrometeore, bei welchen das Leuchten auf elektrische Entladungen zurückgeführt werden kann, und Feuermeteore, deren Licht durch einen mehr oder minder selbstständigen Verbrennungsprocess erklärt wird. Feuerkugeln und Sternschnuppen werden daher denselben stets zugezählt, während hingegen das Nordlicht in der Regel mit zu den Elektrometeoriten gerechnet wird, Irrlichter aber so problematisch sind, dass man sie mit Bestimmtheit unter keine dieser Abtheilungen zu bringen weiss. Ueberhaupt ist die Grenze zwischen diesen Abtheilungen oft schwer zu ziehen, da unter den Blitzen Erscheinungen vorkommen, welche sich so durchaus an die Feuerkugeln anschliessen, dass unter dem Namen Feuerkugeln ebenfalls Elektrometeore mitbegriffen werden.

**Feuerspritze,** siehe Spritze. D.

**Feuerstein** bildet kuglige, knollen- oder plattenförmige, oft seltsam gestaltete Massen in der Kreide und den mit ihr geologisch

gleichaltrigen Kalksteinen, von grauer, gelber oder brauner Farbe, ausgezeichnet flachmuschligem Bruch, Spec.-Gew. 2,5, macht oft die Versteinermasse von Echiniten u. s. w. aus. Er ist eine Varietät des dichten Quarzes; in einer schwarzgrauen Abänderung fand Klaproth 98 Proc. Kieselsäure und 1 Proc. flüchtiger bituminöser Bestandtheile. Fuchs kochte gepulverten Feuerstein eine halbe Stunde lang mit verdünnter Kalilauge, welche 7,5 Proc. Kieselsäure auflöste, woraus Fuchs schliesst, dass der Feuerstein Opal in veränderlicher Menge enthalte, da krystallinische Kieselsäure oder Quarz von Kali nicht angegriffen wird (Pogg. Ann. XXXI. 577). Mikroskopisch hat Ehrenberg den Feuerstein untersucht, und in den weissen und gelblichen Arten Kieselpanzer mikroskopischer Thiere in bedeutender Menge aufgefunden, während die schwarzen keine deutlichen Spuren davon zeigten. Die kreideartige Hülle (Schwimmstein), welche die Feuersteine nicht selten umgiebt, und wie durch Verwitterung daraus entstanden zu sein scheint, ist ebenfalls eine Kieselmasse, und aus organisirten Körperchen gebildet. (Pogg. Ann. XXXVIII. 461.)

Der Feuerstein hat seinen Namen von der häufigen Benutzung desselben zum Feueranschlagen, die indess seit der Einführung der bequemeren und sichereren chemischen Feuerzeuge und Percussionschlösser an den Gewehren sehr abgenommen hat. Die Flintensteine werden durch eigends dazu eingerichtete Hämmer gespalten und zugerichtet, und bei der grossen Fertigkeit der Arbeiter geht dies ausserordentlich schnell vor sich. Frankreich hat die ältesten Fabriken dieser Art, deren es jetzt in den meisten Ländern Europas giebt. Ausserdem gebraucht man Feuersteine zur Fabrikation des Flintglases, des englischen Steinguts, zu Reibschalen und manchen anderen Zwecken.

**Feuerung.** Wir beschränken uns in dem Folgenden auf die Erörterung derjenigen physikalischen Umstände, welche den Effekt einer Feuerung mit sogenanntem natürlichem Luftzuge (d. h. ohne Gebläse) bedingen, ohne auf die in technische Werke gehörige Construction von Feuerungs-Anlagen für besondere Zwecke Rücksicht zu nehmen.

Die Aufgabe der in Rede stehenden Feuerungen ist eine doppelte:

1) Eine vollkommene Verbrennung zu bewirken, damit aus einer gegebenen Menge Brennmaterial die möglich grösste Wärmemenge entwickelt werde.

2) Die entwickelte Wärme möglichst zu benutzen.

Enthielte das Brennmaterial keine in höherer Temperatur sich verflüchtigenden brennbaren Bestandtheile, so würde die erste dieser Aufgaben von selbst wegfallen, indem jede Verbrennung zugleich eine vollkommene Verbrennung wäre, und man würde nur nöthig haben, zur Unterhaltung der Verbrennung so viel atmosphärische Luft durch das in hinreichender Menge aufgeschüttete Brennmaterial zu führen, als unter den den Brennraum abkühlenden Einflüssen nothwendig ist, um im Brennraum die zur Oxydation des Brennmaterials erforderliche Temperatur zu erzeugen. Der zweiten Aufgabe aber, der der möglichsten Benutzung der Wärme, würde in diesem Falle einfach durch das Aufschütten einer so grossen Menge Brennmaterial genügt werden, dass der durchströmenden atmosphärischen Luft jedenfalls aller Sauerstoff entzogen wird, mithin keine bloß abkühlende Luft durch die Heizräume zieht, während man zugleich die Stärke

des Zuges so regulirt, dass die aus dem Stickstoff und Wassergas der atmosphärischen Luft und der erzeugten Kohlensäure bestehenden Verbrennungs-Produkte den zu erwärmenden Körper mit dem möglich geringsten Ueberschuss ihrer Temperatur über die Temperatur desselben verlassen. Daher besteht die Kunst, mit Coak (wenn man die geringe Menge des Wasserstoffs in denselben unbeachtet lässt) bei gegebener Construction der Feuerungs-Anlage zweckmässig zu feuern, allein darin, eine möglichst grosse Menge dieses Brennmaterials in kleinen Stücken in den Brennraum zu bringen und nicht mehr und nicht weniger als dasjenige Quantum atmosphärischer Luft durch dieselben ziehen zu lassen, welches zur Erzeugung der verlangten Wärmemenge hinreicht.

Schwieriger ist die Lösung der Aufgabe bei wasserstoffhaltigem Brennmaterial, wie Holz, Torf und Steinkohlen, wo zugleich die durch die Hitze des Feuerraums sich entwickelnden brennbaren Gase verbrannt werden müssen. Zwar lässt sich auch in diesem Falle durch Auflegen einer grösseren Menge Brennmaterial, bei entsprechendem stärkeren Zuge, die Hitze des Feuerraums (indem durch äussere Abkühlung denselben ein kleinerer Theil der entwickelten Wärmemenge entzogen wird) so steigern, dass durch die mit der Temperatur zunehmende Verwandtschaft der brennbaren Stoffe zum Sauerstoff eine vollkommene Verbrennung herbeigeführt wird, was die zuweilen 80 und mehr Fuss hohen Schornsteine veranlasst hat. Indessen hat die Verstärkung des Zuges den Nachtheil, dass die nur kurze Zeit mit dem zu erwärmenden Körper in Berührung befindlichen Gase mit einem bedeutenden Temperatur-Ueberschuss in den Schornstein übergehen und nothwendig übergehen müssen, wenn der Unterschied zwischen dem Druck der Luftsäule des Schornsteins und einer gleich langen Luftsäule von der äusseren Temperatur gross genug sein soll, um den starken Zug zu bewirken.

Nicht minder bedeutend aber ist der Uebelstand, dass in Verhältniss zu dem zur Oxydation erforderlichen Minimum der atmosphärischen Luft eine um so grössere Menge derselben durch den Ofen geführt werden muss, je weniger stark der Zug ist. Nach Prechtl, Technologische Encyclopädie Bd. 3. S. 102. und Pécelet, *Traité de la chaleur*, Tome I. p. 299. beträgt die bei sorgfältig eingerichteten Feuerungen mit hohem Schornstein der Verbrennung entgehende Luftmenge wenigstens die Hälfte und nach Pécelet nur dann  $\frac{1}{4}$  bis  $\frac{1}{2}$  der ganzen durch den Ofen ziehenden Luftmenge, wenn ein sehr starker Zug stattfindet. Wie nachtheilig dieser Uebelstand ist, wird sich leicht durch eine ähnliche Rechnung wie die unten ausgeführte ergeben. Wir begnügen uns daher mit der Angabe Pécelet's (in dem angeführten Werke Bd. 1. S. 325.), dass in allen zur Erzeugung von Dampf bestimmten Feuerungs-Anlagen dieselbe Menge Brennmaterial eine weit grössere Menge Dampf entwickelte, wenn der Rauch bei 500° bis 600° C. entwich, als wenn derselbe schon bei 300° C. abzog.

Dieser doppelten Ursache des Wärmeverlustes 1) durch die bedeutend hohe Temperatur der abziehenden Gase, 2) durch das beträchtliche Quantum atmosphärischer Luft, welche, ohne zur Oxydation des Brennstoßs zu dienen, durch den Ofen geführt werden muss, scheint nur durch eine Erwärmung der Luft, ehe sie zum Brennmaterial tritt, begegnet werden zu können. Das einfachste Mittel hierzu

ist, die Luft, ehe sie zum Rost tritt, durch einen vom Rost aus beschienenen Kanal von wenigen Fuss Länge zu führen, dessen Zuführungs-Oeffnung nicht grösser als nothwendig ist, und so liegt, dass die Verbreitung der vom Rost ausgehenden strahlenden Wärme ausserhalb des Kanals möglichst vermieden wird. Macht man zugleich die Rostfläche so gross, dass auch bei geringer Dicke der aufliegenden Schicht Brennmaterial, also bei schwachem Zuge, eine hinreichende Wärmemenge erzeugt wird, so erfährt die in dem Kanal langsam gegen den Rost ziehende Luft durch die strahlende Wärme des auf dem Rost unmittelbar aufliegenden Brennmaterials einen nicht unbedeutenden Grad der Temperatur-Erhöhung, wodurch wiederum die lebhaftere Verbrennung des dem Rost zunächst liegenden Brennmaterials und somit die Ausstrahlung der Wärme in den Kanal begünstigt wird. Bei starkem Zuge würde dagegen ein solcher Kanal nur von geringem Nutzen sein, da die in demselben mit grosser Geschwindigkeit sich bewegende Luft nur unbedeutend erwärmt werden könnte, und, kalt an das zunächst liegende Brennmaterial tretend, nur eine geringe Wärmestrahlung in den Kanal gestattete, so dass eine lebhaftere Verbrennung erst dann eintreten kann, wenn die Luft, indem sie sich durch eine merkliche Schicht des Brennmaterials bewegt hat, hinreichend erwärmt worden ist.

Wir belegen unsere Erörterung mit einem demonstrativen Versuche. Buff's, Pogg. Annal. Bd. 34. S. 177. Derselbe füllte zwei gläserne 4 Fuss lange und 6 Linien weite Glasröhre bis zum vierten Theile ihrer Länge mit kleinen Kohlenstücken, erhitzte die eine Röhre von Aussen ihrer ganzen Länge nach, die andere aber nur so weit sie mit Kohle gefüllt war, bis zum Glühen, und liess durch beide Röhren in der Richtung von dem leeren Theile zum gefüllten einen durch denselben Druck hervorgebrachten Strom atmosphärischer Luft gehen. In der Röhre, deren leeres Ende kalt gelassen war, verbreitete sich die Verbrennung über den grösseren Theil der Kohlenstücke, wogegen in der Röhre, welche der ganzen Länge nach erhitzt wurde, nur die vorderen Kohlenstückchen aber mit auffallend grösserer Licht-Entwicklung verbrannten.

Man sieht hierin zugleich den Grund, warum bei starkem Zuge, um eine einigermaßen vortheilhafte Verbrennung zu bewirken, nothwendig eine selbst im Verhältniss zur Stärke des Zuges grosse Menge Brennmaterial aufgelegt werden muss, wogegen bei der so eben beschriebenen Art der Vorerwärmung der Luft die Schicht des aufgegebenen Brennmaterials auch im Verhältniss zu der geringen Geschwindigkeit der Luft nur eine geringe Dicke haben kann und darf.

Da bei dem langsamen Zuge die Flamme weniger von der vertikalen Richtung abgelenkt wird, so kann man den Feuerraum ziemlich hoch machen, um die vollständige Oxydation der aufsteigenden noch unverbrannten Gase, ehe sie durch Abkühlung an der Heizfläche verloren gehen, zu begünstigen. Gibt man dann dem Kanal eine vertikale Lage, und nimmt die Züge, durch welche die Verbrennungs-Produkte zur weiteren Benutzung ihrer Wärme geleitet werden, nicht zu eng, so bedarf man beinahe keines weiteren Mittels zur Erzeugung des Zuges, und kann also die kostspieligen hohen Schornsteine entbehren.

Nach den von uns angestellten Analysen betrug bei gut construirten Kessel-Feuerungen dieser Art, bei sorgfältiger Wartung des Feuers

die Menge des Sauerstoffs in den abziehenden Gasen circa nur noch 3 pCt., also das Quantum der durchgeführten atmosphärischen Luft etwa  $1\frac{1}{2}$  des zur Oxydation des Brennstoffs erforderlichen Minimums, während die Luft in dem Kanal unmittelbar vor dem Rost eine Temperatur von circa 300° C. (also dieselbe Temperatur, mit welcher bei warmem Gebläse die Luft in die Hohöfen geführt wird) zu haben schien. Kessel Feuerungen dieser Art haben gegen gute Feuerungen mit starkem Zuge nach erprobten Erfahrungen, bei demselben oder einem noch grösseren Effekt, eine Ersparniss an Brennmaterial von circa  $\frac{1}{3}$  ergeben.

Um ein Beispiel einer wenigsten angenäherten Berechnung des Effekts einer Feuerung zu geben, werden wir versuchen, das angegebene Resultat aus den erwähnten Datis durch Rechnung abzuleiten.

Wir suchen zunächst unter der als erste Annäherung gültigen Voraussetzung, dass die Wärmemittheilungen in gleicher Zeit sich verhalten wie die Temperatur-Differenzen, eine Formel für den Temperatur-Ueberschuss eines Gaspartikelchens, nach gegebener Zeit, wenn dasselbe an einem Körper von constanter Temperatur mit gegebenem anfänglichen Temperatur-Ueberschuss vorbei geführt wird.

Es sei  $a$  der Abkühlungs-Coefficient oder die Anzahl Grade, um welche die Temperatur des Gases bei einem Ueberschuss von einem Grade über die Temperatur des abkühlenden Körpers in der Zeiteinheit abnimmt,  $u$  der anfängliche Temperatur-Ueberschuss und  $U$  der Ueberschuss nach der Zeit  $z$ .

Da die Temperatur-Abnahme des Partikelchens in der Zeiteinheit  $aU$ , also  $aUdz$  in der Zeit  $dz$  beträgt, so ist  $dU = -aUdz$  oder  $\frac{dU}{U} = -adz$ , mithin  $\log. U - \log. C = -az$ , also  $U = Ce^{-az}$ ,

wo  $C$  die willkürliche Constante und  $e$  die Basis des natürlichen logarithmischen Systems bezeichnet. Setzen wir zur Bestimmung dieser Constante in die erhaltene Gleichung den  $z=0$  entsprechenden Werth  $u$  für  $U$  ein, so ergibt sich  $u=C$ , also

$$U = ue^{-az}.$$

Wir stellen uns nun zu unserem Zweck in Uebereinstimmung mit den obigen Angaben folgende Aufgabe.

Es werde durch eine Feuerung der oben beschriebenen Art mit schwachem Zuge ein Kessel erhitzt, in welchem Dämpfe von mittlerer Spannung entwickelt werden, so dass für die äussere Kesselfläche eine constante Temperatur von 150° C. angenommen werden kann. Die Heizung geschehe mit lufttrockenem Holze, welches 25 pCt. Wasser enthalte, und in welchem die festen Bestandtheile aus 52 pCt. Kohlenstoff und 48 pCt. Sauerstoff und Wasserstoff, letztere in solchem Verhältniss, wie sie im Wasser vorhanden sind, bestehen sollen. An atmosphärischer Luft werde  $1\frac{1}{2}$  des zur Oxydation des Brennmaterials nöthigen Minimums erfordert, und die Verbrennungsprodukte sollen mit 250° C. entlassen werden.

Ferner werde derselbe Kessel mit denselben Heizräumen durch eine gewöhnliche Feuerung mit starkem Zuge geheizt. In derselben Zeit werde  $1\frac{1}{2}$  Mal so viel Brennmaterial verzehrt, als in der vorigen Feuerung, und die zum vollkommenen Verbrennen erforderliche Luftmenge betrage das Doppelte des zur Oxydation hinreichenden Minimums.

Wie verhalten sich die in derselben Zeit durch beide Feuerungen bewirkten Effekte zu einander?

Da das Holz aus 25 pCt. Wasser und 75 pCt. festen Bestandtheilen besteht, letztere aber in ihren Elementen  $\frac{52}{100} \times 75 = 39$  Theile

Kohlenstoff und  $\frac{48}{100} \times 75 = 36$  Theile Wasser enthalten, so werden von 100 Theilen Holz bei vollkommener Verbrennung 39 Theile Kohlenstoff in Kohlensäure und  $36 + 25 = 61$  Theile Wasser in Wassergas verwandelt. Nehmen wir nach Despretz an, dass durch Oxydation einer Gewichtseinheit Kohlenstoff zu Kohlensäure 7815 Wärmeeinheiten (die Wärmemenge, welche die Temperatur einer Gewichtseinheit Wasser um 1° C. erhöht zur Einheit angenommen) entwickelt werden; so erzeugen 39 Theile Kohlenstoff  $39 \times 7815 = 304785$  Wärmeeinheiten. Hiervon gehen ab durch den Uebergang des Wassers in Gasgestalt, wenn wir nach Brix die von einem Theil Wassergas gebundene Wärmemenge gleich 540 annehmen,  $61 \times 540 = 32946$  Wärmeeinheiten. Mithin bleiben für die durch 100 Theile Holz entwickelte freie Wärme  $304785 - 32946 = 271845$  Wärmeeinheiten.

Von dieser Wärme geht ein Theil durch äussere Abkühlung verloren, und ein anderer Theil wird als strahlende Wärme unmittelbar von dem Boden des Kessels absorbiert, ohne den Gasen mitgetheilt zu werden. Da diese Umstände bei beiden Feuerungen vorhanden sind, so wird man für die Vergleichung der Effekte annehmen können, dass alle Wärme von den Gasen aufgenommen und erst durch diese der Kesselfläche mitgetheilt werde.

Da sich 3 Gewichtstheile Kohlenstoff mit 8 Gewichtstheilen Sauerstoff zu Kohlensäure verbinden, so werden zur Oxydation der 39 Theile Kohlenstoff  $39 \times \frac{8}{3} = 104$  Theile Sauerstoff erfordert, während

das Gewicht der Kohlensäure  $39 \times \frac{11}{3} = 143$  beträgt. 104 Gewichtstheile Sauerstoff gehören aber (wenn wir von dem Wassergehalt der atmosphärischen Luft absehen) zu  $\frac{100 \cdot 104}{23} = 452,2$  Gewichtstheilen atmo-

sphärischer Luft, in welcher  $\frac{77 \cdot 104}{33} = 348,2$  Theile Stickstoff enthalten

sind. Rechnen wir hierzu den  $\frac{1}{4}$  des Minimums oder 75,4 Theile betragenden Verbrauch von atmosphärischer Luft in der ersten Feuerung, so haben wir für diese an sämtlichen Verbrennungsprodukten

143	Gewichtstheile	Kohlensäure,
348,2	-	Stickstoff,
75,4	-	atmosphärische Luft,
61	-	Wassergas.

Setzen wir nun nach Delaroche und Bérard die spezifische Wärme der Kohlensäure gleich 0,2210

des Stickstoffs	-	0,2754
der atmosph. Luft	-	0,2669
des Wassergases	-	0,8470,

so beträgt die Gewichtsmenge Wasser, welche durch eine gegebene Wärmemenge um eben so viel Temperatur-Grade als die angegebenen Gase erwärmt wird, für

143 Theile	Kohlensäure	$143 \times 0,2210 = 31,60$
348,2	- Stickstoff	$348,2 \times 0,2754 = 95,89$
75,4	- atmosphärische Luft	$75,4 \times 0,2669 = 20,12$
61	- Wassergas	$61 \times 0,8470 = 51,67$
		in Summa 199,28.

Hieraus ergibt sich die durch jene 271845 Wärmeeinheiten erzeugte anfängliche Temperatur der Gase in der ersten Feuerung gleich  $\frac{271845}{199,28} = 1364,1^\circ \text{C.}$ , und da diese Gase nach der Aufgabe mit einer Temperatur von  $250^\circ \text{C.}$  entweichen sollen, so ist der von der ganzen entwickelten Wärmemenge benutzte Antheil:

$$\frac{1364,1 - 250}{1364,1} = \frac{1114,1}{1364,1}$$

Für die zweite Feuerung haben wir wie vorhin bei 100 Theilen Holz an entwickelter freier Wärme 271845 Einheiten, an Kohlensäure 143 Theile, an Wassergas 61 - und an restirendem Stickstoff aus dem Minimum der atmosphärischen Luft 348,2 -

Zu diesen Gasen kommt aber noch an atmosphärischer Luft ein dem Minimum gleiches Quantum, nämlich 452,2 Theile.

Hiernach beträgt die Wassermenge, welche mit diesen Gasen um gleich viel Temperaturgrade erwärmt wird, für

143 Theile	Kohlensäure	$143 \times 0,2210 = 31,60$
61	- Wassergas	$61 \times 0,8470 = 51,67$
348,2	- Stickstoff	$348,2 \times 0,2754 = 95,89$
452,2	- atmosphärische Luft	$452,2 \times 0,2669 = 120,78$
		zusammen 299,94,

mithin die anfängliche Temperatur der Gase in dieser Feuerung  $\frac{271845}{299,94} = 906,3^\circ \text{C.}$

Um nun die Temperatur zu berechnen, mit welcher das Gas in der zweiten Feuerung den Kessel verlässt, bedienen wir uns der obigen Formel, indem wir uns die Voraussetzung erlauben, dass in beiden Feuerungen die Gesamtwärme eines jeden auf der Richtung der Bewegung der Gase senkrecht genommenen Querschnitts der Heizräume zu der Wärme, welche dieser Querschnitt an den Kessel absetzt, in demselben Verhältniss stehe. Unter dieser Voraussetzung aber behält jene Formel auch dann noch ihre Gültigkeit, wenn wir für ein Gaspartikelchen die Gase eines ganzen Querschnitts, für die Temperatur des Gaspartikelchens die mittlere Temperatur des Querschnitts und für den Abkühlungs-Coefficienten ( $\alpha$ ) diejenige Anzahl Grade setzen, um welche diese mittlere Temperatur bei dem Ueberschuss von einem Grade über die Temperatur der Kesselfläche in der Zeiteinheit abnimmt.

Nennen wir nun  $z$  die Zeit, welche die Gase in der ersten Feuerung gebrauchen, um sich von dem Punkte der ersten Berührung mit der Kesselfläche bis zum Ende der Züge hinzubewegen, so haben wir, da die anfängliche Temperatur der Gase  $1364,1^\circ \text{C.}$ , mithin der anfängliche Temperatur-Ueberschuss derselben über die Temperatur der

äusseren Kesselfläche  $1364,1 - 150 = 1214,1^\circ \text{ C.}$  und die End-Temperatur nach der Aufgabe  $250^\circ \text{ C.}$ , mithin der Temperatur Ueberschuss nach der Zeit  $x$   $250 - 150 = 100^\circ \text{ C.}$  beträgt, folgende Gleichung:

$$100 = 1214,1 e^{-ax}.$$

Um für die zweite Feuerung die entsprechende Gleichung zu bilden, müssen wir die Zeit suchen, welche die Gase in dieser Feuerung gebrauchen, um sich durch die Heizräume zu bewegen.

Die Menge der zum Verbrennen von 100 Theilen Holz in der ersten Feuerung erforderlichen atmosphärischen Luft beträgt  $1\frac{1}{2} \times 452,2 = 527,6$  und die Menge des entwickelten Wassergases 61 Gewichtstheile. Nehmen wir nun das Volumen eines Gewichtstheils atmosphärischer Luft zur Einheit an, so ist, da durch die Bildung der Kohlensäure keine Aenderung des Volumens eintritt, und das specifische Gewicht des Wassergases nach Gay-Lussac  $\frac{2}{3}$  ist, der von sämtlichen Verbrennungs-Produkten eingenommene Raum gleich  $527,6 + 61 \cdot \frac{2}{3} = 625,2$  Raumtheilen.

In der zweiten Feuerung wird nach der Aufgabe in derselben Zeit  $1\frac{1}{2}$  mal so viel Brennmaterial verzehrt, als in der ersten, und zur vollkommenen Verbrennung ist das Doppelte des Minimums erforderlich. Daher beträgt für diese Feuerung das Volumen der zugeführten atmosphärischen Luft  $1\frac{1}{2} \times 2 \times 452,2 = 1356,6$  und das Volumen des entwickelten Wassergases  $1\frac{1}{2} \cdot \frac{2}{3} \cdot 61 = 146,4$  Raumtheile, so dass sämtliche Verbrennungs-Produkte den Raum von  $1356,6 + 146,4 = 1503$  Theilen atmosphärische Luft einnehmen.

Hiernach verhalten sich die in gleicher Zeit in beiden Feuerungen durch den Heizraum gehenden Gase dem Volumen nach wie  $625,2 : 1503$ . Ist demnach  $x$  die Zeit, in welcher bei der ersten Feuerung das Gas eines Querschnitts durch den Heizraum geführt wird, so ist diese bei der zweiten Feuerung  $\frac{625,2}{1503} x$ .

Da die anfängliche Temperatur der Gase bei dieser Feuerung gleich  $906,3^\circ \text{ C.}$  gefunden würde, so beträgt der anfängliche Temperatur-Ueberschuss  $906,3 - 150 = 756,3^\circ \text{ C.}$  Bezeichnen wir nun den Temperatur-Ueberschuss der Gase am Ende des Heizraumes durch  $x$ , so folgt die Gleichung

$$x = 756,3 e^{-\frac{625,2}{1503} ax}.$$

Aus dieser Gleichung und der vorigen  $100 = 1214,1 e^{-ax}$  erhält man

$$x = 756,3 \left( \frac{100}{1214,1} \right)^{\frac{625,2}{1503}}$$

oder  $x = 267,7$ .

Da hiernach die End-Temperatur der Gase in der zweiten Feuerung  $267,7 + 150 = 417,7^\circ \text{ C.}$  beträgt, die anfängliche Temperatur aber gleich  $906,3^\circ \text{ C.}$  gefunden wurde, so ist der in der zweiten Feuerung von der entwickelten Wärmemenge benutzte Antheil gleich

$$\frac{906,3 - 417,7}{906,3} = \frac{488,6}{906,3}$$

und es verhalten sich die durch gleiche Quantitäten Brennmaterial bei beiden Feuerungen bewirkten Effekte zu einander wie  $\frac{1114,1}{1364,1} : \frac{488,6}{906,3}$ , also die in gleicher Zeit bewirkten Effekte, indem in der zweiten Feuerung in derselben Zeit  $1\frac{1}{2}$  mal so viel Brennmaterial verbrannt wird als in der ersten, wie

$$\frac{1114,1}{1364,1} : 1\frac{1}{2} \times \frac{488,6}{906,3} = 101 : 100,$$

so dass in der ersten Feuerung, während  $\frac{1}{2}$  an Brennmaterial erspart wird, der Effekt noch um 1 pCt. grösser ist als in der zweiten Feuerung.

Zu bemerken ist übrigens, dass das Verhältniss der Effekte um so günstiger für die erste Feuerung ausfällt, je höher die End-Temperatur der Gase unter übrigens gleichen Umständen angenommen wird. Nimmt man die End-Temperatur der Gase bei der ersten Feuerung zu  $300^{\circ}$  C. an, so ist die End-Temperatur derselben bei der zweiten Feuerung  $466,9^{\circ}$  C., also das Verhältniss der Effekte in gleicher Zeit gleich

$$\frac{1064,1}{1364,1} : 1\frac{1}{2} \times \frac{439,4}{906,3} = 107 : 100,$$

oder der Effekt der ersten Feuerung um 7 pCt. grösser als der der zweiten.

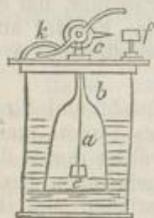
Rr.

**Feuerwolf.** Dies ist der Name eines elektrischen Funkens grösserer Art, der sich unerwartet bei Processen der Verdunstung oder auf andere Art erzeugt und blitzähnliche Wirkungen hervorbringt. Bergemann in seiner physikalischen Beschreibung der Erdkugel Th. II. S. 81 erzählt dass 1718 in Breslau aus einem stark geheizten Backofen, als man mehr Holz einlegte, eine Feuerkugel herausfuhr, mit erschrecklichem Knall zwei Personen zu Boden warf, das Fenster aus hob und sich in der Luft wie ein Blitz und Feuerregen zerstreute. A.

**Feuerzeug.** 1) Das allgemein bekannte mit Stahl und Stein beruht darauf, dass man mittelst eines harten Steines, wozu meist der Feuerstein dient, vom Stahl Splitter losschlägt, welche durch die Reibung glühend werden, und auf einen darunter gehaltenen leicht zündlichen Körper als Zunder, Feuerschwamm niederfallen und ihn entzünden. Lässt man diese Funken auf einen ausgebreiteten Bogen Papier fallen, so kann man die zu Hammerschlag verbrannten Stahlstückchen leicht erkennen und sammeln. Den zu diesem Feuerzeug gebräuchlichen Zünd- oder Salpeterschwamm bereitet man aus mehreren Arten an Bäumen wachsender Löcherpilze, von denen *Boletus fomentarius* am meisten sich dazu eignet. Man schneidet von dem getrockneten Pilz die Röhren auf der Unterseite und die Oberhaut ab, und kocht den korkartigen Rest etwa 2 Stunden in einem mit Holzasche dick angerührten Wasser, dem man  $\frac{1}{2}$  vom Gewicht des Wassers Salpeter zuzischt. Hierauf trocknet man den Schwamm und schlägt ihn mit hölzernen Hämmern, worauf er fertig ist. Statt des Kochens weicht man den Schwamm auch wohl einige Wochen in kalter Aschenlauge ein, und statt des Salpeters nimmt man auch Schiesspulver.

2) Das chemische Feuerzeug. Die Schwefel- oder Zündhölzchen werden in einen Brei von 3 Theilen chlorsaurem Kali 1 Theil Schwefelblumen, etwas Gummi oder Tragantenschleim, und einem färbenden Stoff, meist Zinnober, getaucht, so dass eine kleine Menge desselben daran hängen bleibt, und scharf getrocknet. Beim Gebrauch bringt man sie mit concentrirter Schwefelsäure in Berührung, mit welcher man, um das Umherspritzen der flüssigen Masse zu vermeiden, Asbestfäden befeuchtet, und in gut verschlossenen Gefässen aufbewahrt. Ein Gemenge von chlorsaurem Kali und Schwefel entzündet sich in Berührung mit concentrirter Schwefelsäure, wobei sich erstes zersetzt und Sauerstoff entwickelt, der die Lebhaftigkeit des Verbrennens im ersten Augenblick verursacht, (s. chlorsaures Kali.) Da dieses Gemisch auch auf andere Weise als durch Schwefelsäure, z. B. auch durch Stoss, Schlag u. dgl. sich mit Explosion entmischt, so ist die Fabrikation der Zündhölzer mit Gefahr verknüpft. Der Farbstoff hat nur den Zweck, das entzündbare Ende kenntlicher zu machen. Da verdünnte Schwefelsäure die Entzündung nicht mehr bewirkt, so ist einleuchtend, weshalb man die Zündfläschchen durch guten Verschluss vor der Feuchtigkeit der Luft, welche von Schwefelsäure stark angezogen wird, bewahren muss. Hat einmal die Säure so viel Wasser aufgenommen, dass das Feuerzeug versagt, so ist es besser dasselbe neu zu füllen, als concentrirte Säure auf die verdünnte zu giessen, was begreiflich nicht lange nützt.

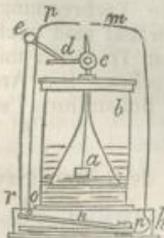
3) Sehr bequem, schnellwirkend und ohne lästigen Geruch sind diejenigen Feuerzeuge, bei denen ein Strom Wasserstoffgas durch Platinschwamm entzündet wird. Sie bestehen aus einem trichter- oder glockenförmigen Glase *a*, dessen Mündung nach unten gewendet ist, dessen Boden aber oben zu einer Glasröhre sich verengt, die mit dem gekrümmten metallenen durch einen Hahn verschliessbaren Gasrohr *c* communicirt und wie dieses mit dem Deckel *d* fest verbunden ist. Innerhalb hängt ein Drath *herab*, woran unten ein Zinkkolben *e* befestigt ist. Das Ganze wird in ein cylindrisches Glas *b* gestellt, das zu  $\frac{2}{3}$  mit einem Gemisch von 1 Theil Schwefelsäure und 4 bis 6 Theilen Wasser angefüllt ist, wobei man den Hahn bei *c* öffnet, damit die Luft aus *a* entweichen und die Flüssigkeit hineintreten kann. Sobald die verdünnte Säure das Zink erreicht, beginnt die Bildung von Wasserstoffgas. Schliesst man jetzt den Hahn, (der sich selbst überlassen durch eine Feder *k* stets wieder zugeedrückt wird), so drängt das sich entwickelnde Wasserstoff die Flüssigkeit so lange herunter, bis sie unter den Kolben gesunken ist, wo dann die weitere Gasentwicklung gehemmt ist; da aber ebendeshalb in *b* die Säure gestiegen ist, so übt sie gegen das Gas einen ihrer Höhe proportionalen Druck aus, woher es kommt, dass, wenn der Hahn bei *c* geöffnet wird, das Gas mit einer gewissen Kraft aus der Spitze herausströmt. Dieser Spitze gegenüber befindet sich in einer metallenen Hülse *f* ein Gewebe aus Platindrath, das mit Platinschwamm bedeckt ist, wodurch der Gasstrom entzündet wird, an dessen Flamme man Wachsstock, Licht oder dergl. anzündet. Sobald so viel Gas entweicht, dass die



Sobald die verdünnte Säure das Zink erreicht, beginnt die Bildung von Wasserstoffgas. Schliesst man jetzt den Hahn, (der sich selbst überlassen durch eine Feder *k* stets wieder zugeedrückt wird), so drängt das sich entwickelnde Wasserstoff die Flüssigkeit so lange herunter, bis sie unter den Kolben gesunken ist, wo dann die weitere Gasentwicklung gehemmt ist; da aber ebendeshalb in *b* die Säure gestiegen ist, so übt sie gegen das Gas einen ihrer Höhe proportionalen Druck aus, woher es kommt, dass, wenn der Hahn bei *c* geöffnet wird, das Gas mit einer gewissen Kraft aus der Spitze herausströmt. Dieser Spitze gegenüber befindet sich in einer metallenen Hülse *f* ein Gewebe aus Platindrath, das mit Platinschwamm bedeckt ist, wodurch der Gasstrom entzündet wird, an dessen Flamme man Wachsstock, Licht oder dergl. anzündet. Sobald so viel Gas entweicht, dass die

Flüssigkeit wieder bis an den Zinkkolben tritt, so beginnt die Wasserstoff-Entwicklung aufs Neue, und hört nicht eher auf, als bis nach Verschluss des Hahnes die Säure unter den Kolben herabgedrückt ist. Beim Gebrauch dieses Feuerzeuges hat man darauf zu achten, dass der Deckel nicht luftdicht auf dem Glase *b* liege, damit die atmosphärische Luft entweichen kann, und das Steigen der Flüssigkeit nicht behindert. Man bringt deshalb auch wohl in dem Deckel eine Oeffnung an. Ferner muss man sich hüten, die feine Mündung der Gasröhre mit Wachs oder Talg beim Anzünden des Lichts zu verkleben, wodurch der Apparat natürlich untauglich wird. Ist derselbe längere Zeit nicht gebraucht worden, so versagt er auch wohl, weil die Poren des Platinschwamms Feuchtigkeit anziehen, und nun nicht mehr die Entzündung bewirken. Diesen Uebelstand kann man leicht beseitigen, wenn man den Platinschwamm über einer Spirituslampe ausglüht. Entwickelt sich das Wasserstoffgas nicht mehr in genügender Menge, so ist es am gerathensten die Flüssigkeit aus dem Apparat ganz wegzugießen und ihn neu zu füllen, statt in die Auflösung des entstandenen Zinkvitriols Säure zu giessen. Endlich muss man nach der frischen Füllung so lange Wasserstoff ausströmen lassen und vermeiden, dass er den Platinschwamm trifft; bis man glauben darf, dass alle atmosphärische Luft ausgetrieben ist. Denn man hat Anfangs ein Gemenge von Wasserstoff und Luft, das, wenn es sich an der Spitze entzündet, die Entzündung in das Innere des Apparats fortpflanzen und eine Explosion veranlassen kann. — Sehr häufig stellt man die ganze Vorrichtung noch in ein äusserlich auf sehr verschiedene Art verziertes Gefäss.

4) Das elektrische Feuerzeug ist durch das eben beschriebene fast ganz verdrängt worden. Es besteht aus einem dem vorigen ganz ähnlichen Apparat, in welchem Wasserstoff auf dieselbe Weise entwickelt, der Gasstrom aber durch einen von einem Elektrophor gelieferten elektrischen Funken entzündet wird. Zu dem Ende stellt man das Glas *b* auf einen Kasten *h*, worin sich ein Elektrophor befindet, dessen Deckel *k* mit der Form des Kuchens bei *n* nichtleitend verbunden und um *n* drehbar ist. Wird nun durch den Hahn *d* die Röhre in *c* geöffnet, so dass das Gas ausströmen kann, so wird durch eine Hebelvorrichtung zugleich der Deckel bei *r* gehoben, mittelst einer seidenen Schnur, die von *e* herabkommt. Er schlägt dann gegen den isolirten Knopf *o*, der aber die empfangene positive Elektrizität durch den Drath *p* fortleitet. Indem nun die negative Elektrizität des Kuchens durch den Drath *m* geführt wird, treffen sich beide Elektrizitäten über der Spitze der Gasröhre *c*, und der überspringende Funke entzündet das Gas. Um die negative Elektrizität des Deckels stets abzuleiten ist er nach bekannter Weise mit einem Stanniolstreifen verbunden. Will man den Elektrophor durch Peitschen verstärken, so lassen sich *r* und *m* durch Haken vom Elektrophor lösen, der nun leicht aus dem Kasten herausgenommen werden kann. Diese Feuerzeuge sind complicirter und deshalb auch leichter zu verderben als die vorigen, bleiben aber bei vorsichtiger Behandlung eben



so lange als diese im Gang. Sie wurden 1770 von Fürstenberg in Basel erfunden, und Brennluftlampe und Tachypyrion d. i. Schnellfeuerzeug genannt.

5) Das Compressions-Feuerzeug besteht aus einem hohlen metallenen Cylinder, und einem darin luftdicht anschliessenden Stempel, an dessen unterem Ende ein Häkchen ist, woran Schwamm befestigt wird. Stösst man nun schnell den Stempel mit dem Schwamm in den Cylinder nieder und zieht ihn schnell heraus, so brennt der Schwamm, indem er sich in der grossen durch die schnelle und starke Compression der Luft erzeugten Hitze entzündete. Ist der Cylinder von Glas, so sieht man bei dem Versuche im Innern eine Lichterscheinung.

6) Das Phosphor-Feuerzeug wird dadurch erhalten, dass man eine irdene Flasche mit engem Hals bis zur Hälfte mit trockenem Phosphor füllt, diesen dann durch einen glühenden Drath anzündet, und so lange brennen lässt bis er verlöscht, worauf die Flasche gut verschlossen wird. Stösst man ein Schwefelholz in die Masse, so entzündet es sich, weil das in der Flasche befindliche Gemenge von Phosphor, Phosphoroxyd, und wasserfreier phosphoriger Säure beim Oeffnen Feuchtigkeit und Sauerstoff so schnell absorbiert, dass durch die eintretende Erhitzung das Schwefelholz sich entzündet. Es giebt auch noch andere Vorschriften zur Verfertigung derartiger Feuerzeuge, die Ursache ihrer Wirksamkeit ist aber dieselbe. — Hierher kann man auch die verschiedenen durch Reiben an rauhen Körpern entzündlichen Artikel rechnen, als Zündhölzchen, Zündlichter, Zündschwamm u. dgl. Bei allen wird der zu reibende Theil mit einem gut gemengten Brei aus warmem Wasser, arabischem Gummi, Phosphor (der in dem warmen Wasser schmilzt) und chloresaurem oder salpetersaurem Kali überzogen. Bisweilen kommt auch noch Benzöharz und Grauspiessglanz in geringer Menge hinzu. Die Entzündung geht vom Phosphor aus; die Kalisalze bewirken durch den Sauerstoff ihrer sich schnell zersetzenden Säuren die lebhaftere Verbrennung. Mit denselben Salzen oder saurem chromsaurem Kali tränkt man auch ungeleimtes starkes Papier und überzieht es nach dem Trocknen mit genanntem Brei, um es wie Zündschwamm zu gebrauchen. Die Anfertigung aller dieser Gegenstände wird durch die Behandlung so leicht entzündlicher Substanzen sehr gefährlich. B.

**Fibrate.** Verbindungen des Faserstoffs mit dem Metalloxyden. M.

**Fibrin,** s. Proteinverbindungen.

**Fibroïn** nennt Mulder den Hauptbestandtheil der Seide und der Herbstfäden. Es besteht aus  $C_{59}H_{63}N_{12}O_{16}$  (?), ist jedoch wohl als eine Proteïnverbindung anzusehen, und zwar entweder als eine Modification des Collagens, mit dessen Zusammensetzung es jedoch nicht völlig übereinstimmt, oder mit der Formel  $C_{40}H_{62}N_{12}O_{15}$  zu bezeichnen, welche sich von der des Collagens nur durch 1 At. Sauerstoff unterscheidet, welches es mehr enthält. Vergl. Leim. S. Mulder in Pogg. Ann. Bd. XXXIX. 498. XL. 200. M.

**Fibrolith** syn. mit Bucholcit.

M.

**Fichtelit.** Fikentscher fand in einem Torflager, nahe dem Fichtelgebirge, zwischen, in der Struktur ziemlich unveränderten Fichtenstämmen diese Verbindung. Wo sie sich findet, ist das Holz noch fest, lichtgrau und ganz davon durchdrungen. Auf den Jahresringen ist es völlig ausgeschieden, in durchsichtigen, farblosen, perlmutterglänzenden, fettigen, prismatischen Nadeln, welche weder Geruch noch Geschmack besitzen. Sie enthalten, nach Bromeis Analyse, nur Kohlenstoff und Wasserstoff.  $\frac{2}{3}$  CH. oder 88,89 C: 11,12 H. Die Verbindung ist leichter als Wasser, schwerer als Alkohol, schmilzt bei + 46°, und erstarrt zu dendritischen Krystallen; es ist unverändert destillirbar. In Alkohol schwer löslich, löst sich leicht in Aether; diese Lösung wird durch Alkohol getrübt; nach dem Verdampfen bleibt ein syrupartiger Rückstand, welcher später zu einer krystallinischen Masse erstarrt. Annal. d. Pharm. XXXVII. 304.

M.

**Fichtenharz.** Der Terpenthin, welcher aus den Tannen und Fichten ausfließt, und auf den Bäumen eintrocknet, giebt das weisse Fichtenharz (Galipot), von gelblich weisser Farbe, starkem Geruch nach Terpenthin, und aus zwei sauren Harzen,  $\alpha$  Harz und  $\beta$  Harz, oder der Pinin- und Silvinsäure bestehend (s. d.), ausserdem mehrere indifferente Harze und gegen 15% ätherisches Oel (Terpenthinöl) enthaltend. Geschmolzen und durch Stroh filtrirt giebt es das gewöhnliche Pech; bei der Destillation mit Wasser, wobei fast alles Terpenthinöl übergeht, wird das weisse Pech (burgundische Pech) erhalten. Wird der Terpenthin ohne Wasser destillirt, so erhält man einen mehr oder weniger braun gefärbten Rückstand, das Kolophonium. Ist noch Oel darin zurückgeblieben, so dass die Masse gelb, nicht klar und leicht erweichbar ist, so nennt man ihn gekochten Terpenthin. Wird dieser mit 15% Wasser heiss stark umgerührt, so erhält er eine schmutzige Farbe, und schliesst nach dem Erstarren zu einer undurchsichtigen, zerreiblichen Masse von glasartigem Bruche ungefähr 5 bis 6% Wasser ein; er heisst dann gelbes Fichtenharz. Wird das geschmolzene Fichtenharz auf heisse Metallplatten getropft, so zersetzt es sich in Kohlenwasserstoffverbindungen u. m. a. Stoffe, welche mit grossem Vortheil zu der Gasbeleuchtung angewendet werden können. Vergl. Harze, Destillationsproducte derselben; auch die Artikel Kolophonium, Pech.

M.

**Figurabilität** nennen einige Physiker die allgemeine Eigenschaft der Körper, dass sie eine bestimmte Gestalt haben können. A.

**Figuren, elektrische.** Sie zerfallen in zwei Klassen, nämlich Staubfiguren und Hauchfiguren. Die erstere Klasse wird nach ihrem Entdecker gewöhnlich Lichtenbergische Figuren genannt. Ein pulverförmiger Körper kann auf doppelte Weise elektrisch gemacht werden, entweder dadurch, dass er mit einem andern Pulver geschüttelt wird, oder dadurch, dass er durch die Maschen eines feinen Siebes hindurchgesiebt wird. Fallen zwei mit einander geriebene Pulver, von denen das eine positiv, das andere negativ elektrisch

5\*

geworden, auf einen elektrisirten Körper, so wird die Ablagerung dieser Pulver die Zonen sichtbar machen, welche freie positive und freie negative Elektricität zeigen. Diese abwechselnden Zonen bilden nun die elektrischen Figuren. Man erhält sie sehr schön, wenn man eine auf einem unelektrischen Harzkuchen liegende Metallplatte (etwa ein Geldstück) mit dem Knopfe einer Kleistischen Flasche berührt, und auf dieselbe ein aus zerstoßenem Schwefel und Mennige gemischtes Pulver pudert. Der Schwefel haftet an den positiven Stellen, die Mennige an den negativen. War der berührende Knopf positiv, so erhält man eine weit ausgebreitete sternförmige Figur. Die Strahlen dieses Sterns sind von Schwefel gebildet, aber auf dunkeln Grund gezeichnet, das rothe Pulver dringt nämlich zwar in die Zwischenräume dieser Strahlen ein, ist aber stets von ihnen durch einen Raum getrennt, auf welchem kein Pulver haftet. Um einen positiven Leiter bildet sich also eine Aufeinanderfolge abwechselnd positiv und negativ elektrischer Radien, so dass, wenn man um den Umfang der Scheibe geht, man stets  $+0 - 0 + 0 \dots$  erhält. Wird die Scheibe hingegen negativ elektrisirt, so zeigt die Abwechslung der positiven und negativen Stellen mehr oder minder concentrische Ringe. Macht man mit dem Knopfe der Flasche unmittelbar Schriftzüge auf dem Harzkuchen, so bildet die Mennige, wenn der Knopf negativ war, aus kleinen Kugeln bestehende Paternosterschnüre und der Richtung des Fingers parallele ununterbrochene Streifen. War der Knopf hingegen positiv, so erscheinen die positiven Verästelungen in der Gestalt der Blumen bei gefrorenen Fensterscheiben. Der positive und negative Lichtbüschel schließt sich so genau an diese Gestalten an, dass man denselben füglich zu den elektrischen Figuren rechnen kann. Die unendlichen Modificationen der Gestalt dieser Figuren können hier eben so wenig erklärt werden, als die mannigfache Art sie darzustellen. Um sie zu fixiren, kann man das Harz auf eine dünne Metallscheibe aufstreichen, und diese kleinen Harzkuchen, nachdem die Figur sich gebildet, über einer Lampe erwärmen, wodurch die Figur in das Harz eingeschmolzen wird. Harzstaub, Gummi arabicum, Zinnober, Bärlapsaamen, durch feine Leinwand gesiebt, geben ebenfalls gute Figuren, welche häufig auch auf Glas statt auf Harz dargestellt werden. Diese Lichtenbergische Figuren hat Riess zur Bestimmung der Richtung des Nebenstromes der Batterie benutzt. Eine auf beiden Seiten mit Pech überschmolzene Kupferscheibe wird zwischen den einander gegenüberstehenden Endspitzen des Nebendrathes gestellt. Die positive Figur erscheint dann auf der einen, die negative auf der andern Seite der Kupferscheibe. Auch hat Riess die durch Behauchen sichtbar werdenden Stellen des Weges eines elektrischen Schlags über einer Glas- oder Glimmerplatte und die Nebenverästelungen dieses Weges Hauchfiguren genannt. In gleicher Weise geben Entladungsfunken aus Spitzen auf gold- und silberplattirte Kupferbleche einen unbenetzten Kreis, der von mehr oder minder benetzten Ringen umgeben ist. Auf ähnliche Weise hat Karsten Abbilder wie die Daguerre'schen und Moser'schen erhalten, dadurch, dass er Funken in eine Münze schlagen liess, welche auf einer Glas-, Glimmer- oder Metallplatte lag, das Gepräge der Münze ist dann deutlich abgebildet. Auf dem Metall werden die Bilder durch ein dem Daguerre'schen ähnliches Verfahren fixirt.

Die Entdeckung der Figuren beschrieb Lichtenberg in einer besondern Schrift: *de nova methodo naturam ac motum fluidi electrici investigandi*. Comm. Gott., 1777 p. 168 und 1778 p. 71. Ferner ist anzuführen: Paets van Frortwyck und Krayenhoff: *Verhandeling over zekere onderschiedene Figuren*, übers. in Leipzig. Samml. zur Physik 1790, p. 357. Die ausführlichste Untersuchung hat Deluc angestellt. *Neue Ideen über die Meteorologie*. I. p. 390. Ueber Hauchfiguren s. Pogg. Ann. XLIII. 84, und LVII. 492. D.

**Figuren**, akustische, s. Klangfiguren.

**Filtiren**. Die Mittel, deren man sich zur Trennung einer Flüssigkeit von einem darin enthaltenen festen Körper, z. B. einem Niederschlag, bedient, sind nach der Quantität der zu sondernden Massen und nach der Genauigkeit, mit der dies ausgeführt werden soll, etwas abweichend. Das Medium, durch welches die Trennung bewirkt wird, heisst Filtrum, und besteht gewöhnlich aus Papier, Leinwand, Flanell oder Filz. Die drei letzten Stoffe wendet man bei grossen Mengen an, bei Aufgüssen von Thier- oder Pflanzentheilen, wobei die Flüssigkeit oft trübe durchgeht, und nur eine Sonderung der gröberer Theile bezweckt wird. Man verfertigt Beutel daraus, befestigt diese an Haken eines hölzernen Rahmens, Tentakel, und legt diesen so auf eine Unterlage, dass die durchgehende Flüssigkeit in einem darunter befindlichen Gefäss sich ansammeln kann. Wasser, das zum Trinken gereinigt werden soll, lässt man in manchen Gegenden durch poröse Kalksteine, Filtrirsteine, gehen, oder wie in Paris durch mehrere abwechselnde Schichten von groben und feinen Sand- und Kohlenstückchen, und in England reinigt man durch Sandfiltra selbst das Wasser von Bächen und Flüssen für den Bedarf von Bleich- und Badeanstalten und Kattundruckereien.

Für genauere Arbeiten im Laboratorium wendet man Filtra von ungeleimtem Druck- oder Velinpapier, letztes in sehr dünnem Zustande bei Analysen, an. Da bei diesen Arbeiten die Filtra oft mit dem darauf gesammelten Niederschlage verbrannt und gewogen werden, so ist es von Wichtigkeit, den Aschengehalt eines Filtrirpapiers zu kennen, und dass derselbe möglichst gering sei. Nach Versuchen von Werdmüller von Elgg beträgt derselbe im deutschen Filtrirpapier ungefähr  $\frac{1}{3}$  Procent vom Gewicht. In Schweden wird bei Gryksbo und Lesebo ein Papier zu diesem Zweck verfertigt, das nur 0,379 Proc. Asche giebt, und deswegen auch Ausfuhrartikel geworden ist. Die Form des papiernen Filtrums muss dem Trichter, in welchen es gelegt wird, möglichst angepasst werden; man legt deshalb ein viereckiges Stück Papier zu einem rechten Winkel zusammen oder faltet es nöthigenfalls noch einmal zu einem halben rechten, und schneidet es an dem der Winkelspitze gegenüberstehenden Rand in einem Bogen ab, so dass das Filtrum beim Ausbreiten kreisrund wird. Um recht genau zu verfahren und stets Filtra von derselben Grösse zu haben, kann man sich Blech-Schablonen von verschiedenen Dimensionen machen lassen, um danach die Filtra zu schneiden, wobei auch weniger Papier verloren geht. Die Trichter,

gewöhnlich von Glas, sind am passendsten, wenn die Seiten unter einem Winkel von  $60^\circ$  zusammenstossen, weil solche Trichter von einem rechtwinklig gefalteten Filtrum beim Oeffnen desselben gerade gefüllt werden. Für spitzere Trichter muss man das Filtrum besonders anpassen oder faltig machen; stumpfere filtriren schlecht, weil das Papier zu sehr gegen den Trichter gedrückt wird. Der Rand des Filtrums darf nicht über den Trichter wegragen, sondern muss beim Einlegen etwas kürzer als derselbe sein, und dieser keine bauchigen Stellen haben, denn im ersten Fall lässt sich der oberste Theil des Filtrums nicht auswaschen, im zweiten reisst das Papier leicht. Bevor man die zu filtrirende Flüssigkeit eingiesst, ist es gut das Filtrum anzufeuchten, weil sich sonst bei der starken Aufsaugung der Flüssigkeit auch feine Theile des Niederschlages in die Poren des Papiers ziehen und das Filtriren sehr verlangsamen. Wenn man das Filtrum nicht glatt, sondern faltig wie eine Kräuse einlegt, wodurch die filtrirende Fläche sehr vergrößert wird, so geht das Filtriren in eben dem Maasse schneller, allein diese Filtra sind nicht passend, wenn ein Niederschlag darauf gesammelt werden soll, eignen sich aber gut zum Klären einer trüben Flüssigkeit. Den Trichter mit dem Filtrum stellt man auf einen beweglichen Arm mit einem Loch, wie die Figur



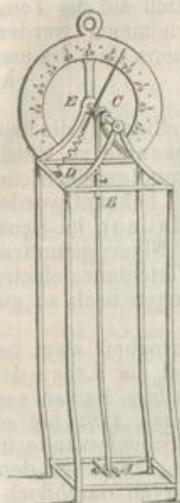
zeigt, und legt die Röhre des Trichters gegen die Wand des zum Auffangen des Filtrats bestimmten Glases, um das Umherspritzen der Flüssigkeit durch den herabfallenden Tropfen zu verhüten. Man fängt die Flüssigkeit gern in Gläsern mit nach aussen gebogenem Rande, Filtrirgläser, auf, weil sich Flüssigkeiten aus solchen leicht ausgiessen lassen. Zur Versinnlichung des Gesagten dient die nebenstehende Figur.

Zum Filtriren von solchen Substanzen, welche Papier zerstören, wie Schwefelsäure, Chromsäure, Mangansäure, legt man unten in den Trichter einige grössere Glasstücke und füllt ihn dann mit Sand oder gepulvertem Glas oder bedient sich, nach dem Vorschlag von Joss, eines Filtrums aus Amiantpapier.

Es sind auch Verfahren angegeben worden das Filtriren zu bewerkstelligen, ohne dass man nöthig hat dabei zu bleiben und nachzugliessen. Die zweckmässigsten beruhen darauf, dass man mit der zu filtrirenden Flüssigkeit eine Flasche füllt, sie sorgfältig über dem Filtrum umkehrt und mit der Mündung unter die schon im Filtrum vorhandene Flüssigkeit taucht. Ist diese bis zur Mündung der Flasche abgelaufen, so tritt Luft in diese, und drängt einen Theil der Flüssigkeit aus der Flasche in das Filtrum. Vergl. Auswaschen. B.

#### Firniss, s. Oelfirniss.

**Fischbeinhygrometer.** Ein von Deluc zur Bestimmung der Luftfeuchtigkeit angegebenes Instrument, dessen Einrichtung aus der Zeichnung ersehen wird. Der Hauptbestandtheil ist ein sehr dün-



ner Streifen von Fischbein nach der Quere der Fibern geschnitten, bei *A* von einer am Gestell befestigten Klammer gehalten, bei *B* durch eine andere Klammer mit einem Streifen von Silberlahn verbunden, der bei *C* über eine bewegliche Axe gespannt ist. Von dieser Axe geht in entgegengesetzter Windung ein zweiter Lahnfaden, der mit einer kleinen Metallfeder in Verbindung steht, die bei *D* an dem Gestelle befestigt ist. An der Axe ist zugleich ein Zeiger, der über eine Eintheilung spielt, die auf einem Bogen angebracht ist, dessen Mittelpunkt, *E*, die eine Auflage der Axe bildet. Dehnt sich der Fischbeinstreifen *AB* durch eingesogene Feuchtigkeit aus, so wird er schlaff, und die Feder bei *D* kann nun die Axe so umdrehen, dass der Zeiger an der Eintheilung vorrückt. Wird hingegen dieser Streifen *AB* durch Austrocknung kürzer, so dreht er die Axe so, dass der Zeiger zurück muss, und die elastische Feder bei *D* giebt dieser Umdrehung nach. Bei jeder Ausdehnung des Streifchens *AB* hat also der Zeiger eine bestimmte Stellung, und zeigt auf der Ein-

theilung eine bestimmte Zahl an, durch welche der Feuchtigkeitszustand der Luft angegeben wird.

Deluc hatte nämlich gefunden, dass Querschnitte hygroskopischer Substanzen sich am regelmässigsten durch den Einfluss der Feuchtigkeit verminderten, während Längsstreifen oft bei zunehmender Feuchtigkeit, besonders in hohen Graden derselben, eine rückgängige Bewegung machten. Deshalb wollte er durch das Fischbeinhygrometer das Haarhygrometer von Saussure (s. d.) ersetzen. Den grössten Feuchtigkeitspunkt bestimmte er durch Eintauchen des ganzen Instrumentes in reines Wasser. Der Zeiger steht dann auf 100. Die grösste Trockenheit wurde bestimmt, indem das Instrument in eine zinnerne Büchse gehängt wurde, die mit frisch ausgeglühetem Kalk zum Theil erfüllt war. Der Zeiger stand dann auf 0; zwischen diesen beiden Fundamentalpunkten der Skala wurden die 100 Grade gleichtheilig genommen.

Die Vergleichung mit dem Haarhygrometer ergab:

0° Del.	0° Sauss.	30° D.	65,3° S.	60° D.	90,8° S.	90° D.	99,6° S.
5	- 12,0	-	35 - 70,8	-	65 - 92,8	-	95 - 100,0
10	- 29,9	-	40 - 76,1	-	70 - 95,1	-	100 - 99,5
15	- 39,9	-	45 - 81,4	-	75 - 97,1	-	
20	- 50,8	-	50 - 85,4	-	80 - 98,1	-	
25	- 58,8	-	55 - 88,4	-	85 - 99,1	-	

Da über die hygrometrische Bedeutung der Saussure'schen Grade bei dem Haarhygrometer gehandelt ist, so kann man sich mit Hülfe dieser Tafel und der dort gegebenen Bestimmungen auch eine Uebersicht über die eigentliche Bedeutung der Deluc'schen Grade verschaffen.

Das Fischbeinhygrometer kann noch jetzt mit Nutzen angewendet werden, wenn man die Anzeigen desselben von Zeit zu Zeit mit

genaueren Hygrometern (s. d.) vergleicht, wobei auch auf die Temperatur des Instrumentes sorgfältige Rücksicht genommen werden muss, weil durch diese die Ausdehnung des Streifchens und des metallenen Rahmens bedingt ist. A.

**Fische, elektrische.** Man rechnet zu denselben: 1) die Raja Torpedo (Torpedo Galvani), der schon den Alten bekannte im Mittelmeer häufig vorkommende Zitterrochen; 2) den *Gymnotus electricus*, Zitteraal, der durch Richer in Cayenne im Jahre 1762 bekannt wurde; 3) den *Silurus electricus*, Zitterwels, 1751 durch Adanson im Senegal, und bei der letzten Nigerexpedition auch im Niger gefunden; 4) der *Tetrodon electricus* in Madagascar und 5) der *Trichiurus electricus*, welche beide letztere ihren elektrischen Wirkungen nach so gut wie unbekannt sind.

Die elektrischen Organe, von denen der Zitterrochen zwei besitzt, nehmen bei denselben etwa den dritten Theil der Länge des Fisches ein. Sie bestehen nach Hunter aus senkrechten Säulen von der Dicke eines Gänsekiels (470 bei einem Individuum, 1182 bei einem andern grösseren), welche durch horizontale Scheidewände in parallele Flächen getheilt sind, und von zahlreichen, zwischen den Säulen und auf den Scheidewänden verzweigten Nerven durchflochten sind, deren ungewöhnlich grosse Anzahl schliessen lässt, dass sie eine besondere Beziehung zu den elektrischen Wirkungen haben müssen. Während bei dem Zitterrochen die elektrischen Organe von dem vorderen Ende bis zu dem Querknorpel, der die Brust von dem Bauche trennt, die ganze Dicke des Thiers ausfüllen, liegen bei dem Zitteraal die zwei Paar elektrischer Organe im Schwanz. Bei dem Zitterwels hingegen liegen die Organe unmittelbar unter der Haut und umgeben den ganzen Körper. Es besteht, nach Rudolphi, eigentlich aus 2 Häuten, von denen die obere aus kleinen länglich rautenförmigen Zellen besteht, deren Wände blättchenartig aneinander liegen, die untere hingegen als ein regellooses flockiges Gewebe sich darstellt.

Die elektrischen Wirkungen des Torpedo wurden zuerst von Walsh als solche anerkannt und beschrieben (on the electric property of the torpedo. Ph. Tr. 63, p. 461 und 64 p. 464, später von Humboldt und Gay-Lussac (Gilb. Ann. 22. p. 1.), Humphry Davy (Ph. Tr. 1829, p. 15.), John Davy (Ph. Tr. 1832, p. 259, und 1834, p. 531.), Colladon (Compt. rend. 1836, II. p. 490, und Pogg. Ann. 39. 411.) und Matteucci (essai sur les phénomènes électriques des animaux. Paris, 1840. 8.) näher untersucht. Ueber den *Gymnotus* besitzen wir eine ausführliche Arbeit von Faraday (15. series. Phil. Trans. 1839, p. 1.), nachdem auch hier Humboldt die Bahn gebrochen. Den von Walsh einmal am *Gymnotus* wahrgenommenen Funken (Journal de physique, 1776. Oct.) erhielt Linari zuerst vom Zitterrochen mittelst eines Schraubendrathes von 577 Meter Länge, welcher aus fünf Drathen bestand, von denen der eine Eisen umgab (Pogg. Ann. 38. 291.), später ohne Induction durch einen kürzeren Drath, der in eine Uförmige, mit Quecksilber gefüllte Röhre tauchte, wenn dieses Quecksilber in Schwenkung versetzt wurde. Die in Silberplatten endenden Dräthe berühren dabei den Rücken und den

Bauch des auf einer Glasplatte liegenden Zitterrochens. Chemische Zersetzung wurde zuerst von John Davy erhalten in Salzwasser, verdünnter Schwefelsäure und Iodkalium, später von Linari, Matteucci, und vom Gymnotus durch Faraday. Magnetisirung einer in einem Schraubendrath befindlichen Stahlnadel und Ablenkung der Galvanometernadel erhielten John Davy, Linari, Faraday und Matteucci, Erwärmung mittelst eines Harris'schen Luftpneumometers John Davy und Linari. Ob die Bewegung der Goldblättchen, zwischen welchen Matteucci den Funken erregte, Folge einer elektrischen Anziehung war, ist nicht deutlich ausgesprochen. Doch erhielt Linari mit Hülfe eines sehr empfindlichen Condensators wahrnehmbare elektrische Schwingungen. Hebt man nämlich die Communication mit dem Deckel in dem Augenblick auf, wo das Thier gereizt wird, so sieht man die Strohhalme des Elektrometers um mehrere Grade differiren. Der Rücken des Thieres giebt positive Electricität, der Bauch dagegen negative. Die galvanometrische Ablenkung erfolgt stets nur, wenn das Thier gereizt wird. Denkt man sich den Fisch als eine einfache Kette, sein Inneres als die Flüssigkeit, seine obere und seine untere Seite als die beiden Metalle, so entspricht die obere dem Kupfer, die untere der Zinkplatte. Zwei unsymmetrische Punkte des Rückens und zwei gleichfalls unsymmetrische Punkte des Bauches sind fast immer entgegengesetzt elektrisirt und geben einen Strom am Galvanometer. Der nächste Punkt an den Organen giebt dem Drath positive oder negative Electricität, je nachdem man mit dem Rücken oder mit dem Bauche experimentirt. Hingegen erhält man nach Colladon von symmetrischen Punkten, die beide auf dem Rücken oder dem Bauche liegen, keine Ablenkung.

Bei dem Gymnotus geht im Fisch der Strom von dem Schwanz nach dem Kopfe; hier hat man sich also den Fisch als galvanische Kette, deren Flüssigkeit er ist, gedacht, die Kupferplatte am Vordertheil, die Zinkplatte am Schwanz zu denken. Der Schlag, den man erhält, ist nur ein Theil der im Augenblicke der Entladung von dem Thiere entwickelten Electricitätsmenge, da der grösste Theil durch das umgebende Wasser hindurchgeht. Diese Aussenströme haben sehr nahe die Gestalt der Linien, welche auf einem geradleitigen Magnetstab gestreute Eisentheile bilden. Der Summe aller dieser äusseren, von dem Kopfe nach dem Schwanz gerichteter Ströme muss ein äquivalenter entgegengesetzt fließender im Innern des Thiers entsprechen. Man erhält diese äusseren Ströme, wenn man in das den Fisch umgebende Wasser die Hände taucht, während ein anderer Beobachter denselben reizt. Die Intensität des Schlags ist verschieden nach den verschiedenen Individuen. Faraday vergleicht die starken Schläge denen einer grossen, schwach geladenen Leidner Batterie, oder denen einer guten Volta'schen Batterie von 100 oder mehr Plattenpaaren. Die in einem einzigen Schläge sich abgleichende Electricität vergleicht er der einer aufs höchste geladenen Batterie von 3500 Quadratzoll Belegung auf beiden Seiten. Dennoch giebt, wie bereits Humboldt bemerkt hat, der Gymnotus einen doppelten und dreifachen Schlag, vermag also in einer kaum merklichen Zwischenzeit den vorigen Effect zu wiederholen. Dasselbe gilt in noch höherem Grade von dem Torpedo nach den Beobachtungen von Walsh, Humboldt, Gay-Lus-

sac und Matteucci. Colladon legte einen kleinen Zitterrochen von 11 Centimeter Durchmesser auf seine Hand und berührte seinen Rücken, nahe bei dem Centrum der Organe, sacht mit der Spitze des Daumes. Innerhalb zwei Minuten erhielt er 78 Schläge, fast von gleicher Stärke, aber in immer zunehmenden Zwischenräumen, nämlich 24 in der ersten halben Minute, dann 22, 19 und zuletzt 13. Die Intensität des Schlages ist aber sehr verschieden nach der Grösse der Individuen. Niemand wagt es, sagt Humboldt, sich den Schlägen eines frisch gefangenen kraftvollen Gymnotus auszusetzen. Auf ein grosses vierfüssiges Thier sind die Wirkungen noch viel mächtiger, doch werden die in das Wasser gejagten Pferde durch die Gymnoten wahrscheinlich nicht getödtet, sondern nur betäubt. Sie fallen in eine tiefe Ohnmacht und verschwinden besinnungslos unter dem Wasser. Sie ersticken, weil sie in ihrer Lethargie zu lange unter dem Wasser verweilen. Die Kraft des Zitterrochens ist damit nicht zu vergleichen, doch ertragen selbst Personen, welche an elektrische Entladungen gewöhnt sind, nur mit Mühe die Schläge eines Zitterrochens, der bei voller Kraft ist. Humboldt hat bei demselben die auffallende Thatsache wahrgenommen, dass man eine Erschütterung erhielt, selbst wenn man den Fisch nur mit einer Hand berührt. Die Thatsache, dass man die Anwesenheit eines elektrischen Fisches unter andern unmittelbar dadurch erfährt, dass man beim Hineinfassen ins Wasser einen Schlag empfindet, erklärt sich hingegen wohl durch unvollständige Isolation, giebt aber einen Beweis der grossen Spannung der Electricität.

Humboldt bemerkt, dass der Gymnotus die furchtbarsten Schläge ertheilt, ohne die mindeste Bewegung mit den Augen, dem Kopfe oder den Flossen zu machen, während der Zitterrochen die Brustflossen convulsivisch bewegt, so oft er einen Schlag giebt. Dabei vergrössert sich aber sein Volumen nicht, wie Matteucci gezeigt hat. Schliesst man den Fisch nämlich in ein mit Wasser gefülltes Gefäss ein, welches oben in ein enges Röhrchen endet, so bleibt, wenn der Fisch eine Erschütterung ertheilt, das Niveau des Wassers in dieser Röhre unverändert. Faraday sah, dass ein Gymnotus, um einen andern Fisch zu tödten, ihn in einen Kreis einschloss, in welchem der Fisch den Durchmesser bildete. Durch wiederholte Entladungen erschöpfen sich die Fische. Darauf gründet sich die von Humboldt beschriebene Jagd der elektrischen Aale in Südamerika durch Pferde, welche hineingejagt werden und in der sie die Fische zu wiederholten Entladungen veranlassen, diese zuletzt vollkommen erschöpfen. John Davy fand, dass der Strom einer Volta'schen Säule nie auf die Zitterrochen zu wirken schien, und dass ebenso wenig ein Zitterrochen durch die Wirkung eines andern afficirt werde, doch gilt dies nicht mehr, wenn man, wie Matteucci es gethan hat, auf das Gehirn direkt durch die elektrische Säule wirkt.

In Beziehung auf die Quelle der Electricität, glaubt Matteucci, dass

1) keine Spur von Electricität sich in den elektrischen Organen findet, wenn nicht eine Entladung stattfindet,

2) dass man Haut, Muskeln ja die Hülle der Organe und einen Theil derselben zerstören kann, ohne dass die Entladung aufhört oder schwächer wird;

3) dass narkotische Gifte starke elektrische Entladungen veranlassen,  
 4) dass die Reizung des letzten Lappens des Gehirns, welcher dem Organe die Nerven giebt, nach dem Tode, noch heftige Schläge veranlasst,

5) dass, wenn man die Nerven zieht oder drückt, man eine Entladung erhält,

6) dass starke Muskelcontractionen in der Nähe des Organs stattfinden, ohne dass eine Entladung erfolgt,

7) dass eine Verletzung des letzten Flügels des Gehirns nicht Ströme veranlasse, welche stets vom Rücken nach dem Bauche gehen, sondern mitunter entgegengesetzt gerichtet, und schliesst daraus:

1) Der wesentliche Theil zu einer elektrischen Entladung der Torpedo und zu der Bestimmung der Richtung derselben ist der letzte Lappen des Gehirns von welchem aus sie nach der Substanz des Organs fortgepflanzt wird.

2) Nicht im Organ und nicht durch dasselbe wird die Entladung bedingt.

3) Jede äussere Ursache welche an dem lebenden Körper des Zitterrochen die Entladung veranlasst, wird von der gereizten Stelle nach dem vierten Lappen des Gehirns durch die Nerven fortgepflanzt, und von dieser durch die Nerven zum Organe.

4) Jede äussere Wirkung auf den vierten Lappen des Gehirns oder die Nerven bedingt keine andere Erscheinungen als eine elektrische Entladung.

5) Die Beziehung des vierten Gehirnlappens und der Nerven zu den elektrischen Organen ist dieselbe als die, welche zwischen den Nerven und den Muskeln stattfindet, in denen sie sich erzeugen. Sie bedingt sowohl Entladung als Muskelcontraction.

6) Ein galvanischer Strom wirkt auf die Nerven in der Weise, dass Muskelcontractionen und ein Schlag durch das Thier entstehen.

7) Hat jedes äussere Reizmittel aufgehört, die Entladung des Zitterrochen zu bestimmen, so ist dies noch durch den elektrischen Strom in seiner Wirkung auf den vierten Gehirnlappen und die Nerven möglich.

8) Die in dem Nervensystem wirksame Kraft verwandelt sich also in Elektrizität mittelst der elektrischen Organe. Sie wird nicht in diesen Organen erzeugt, sondern fehlt nur in anderen Thieren, weil diesen die condensirenden Organe der elektrischen Fische fehlen. Diese Organe condensiren die Elektrizität entweder wie eine Leidnerflasche oder eine Ladungssäule.

Gegen diese Annahme lässt sich aber der begründete Einwurf machen, dass die Wirkung auf Gehirn und Nerven, so wie sie Muskelcontraction hervorruft, ebenso die Thätigkeit der elektrischen Organe bestimmen kann. Aus dem theilweisen Fortbestehen der Wirkung bei Entfernung eines Theils des Organs kann eben so wenig auf eine Unwesentlichkeit desselben geschlossen werden, in so fern sich dies einer Säule von verminderter Plattenzahl vergleichen liesse, wenn auch ein direkter Parallelismus zwischen dem elektrischen Organ und einer elektrischen Säule nicht stattfinden mag. D.

**Fischmilch**, das Organ, welches bei den männlichen Fischen die Hoden darstellt. In chemischer Beziehung so gut wie unbekannt. M.

**Fischthran** siehe Thran.

**Fläche, kaustische**, siehe Brennfläche.

**Flächenkraft** wird von Einigen der Inbegriff der Molekularkräfte genannt, welche die Erscheinungen der Adhäsion, Capillarität und Cohäsion hervorbringen.

Man hat zuweilen behauptet, dass diese Erscheinungen durch die allgemeine Gravitation der Masse nach dem Newton'schen Gesetz erklärt werden könnten. Vergleicht man aber z. B. nach dem Gravitations-Gesetz die Anziehungskraft einer homogenen Kugel gegen einen materiellen Punkt ihrer Oberfläche mit der Anziehungskraft der Erde in der Nähe der Erdoberfläche, indem man die Erde, der Einfachheit wegen, als eine aus homogenen Kugelschalen zusammengesetzte Kugel betrachtet; so ergibt sich leicht, dass die erstere Kraft die letztere nur dann überwiegt, wenn das Produkt des specifischen Gewichts der Kugel in ihren Radius grösser ist als das Produkt des mittleren specifischen Gewichts der Erde in den Erdradius, dass also bei geringerer Grösse jenes Produkts die Gesamtanziehung aller Theile einer homogenen, in der Nähe der Erde befindlichen Kugel nach dem Gravitations-Gesetz weder hinreicht, an dem der Erde zugewandten Theile ihrer Oberfläche ein Anhaften eines festen oder flüssigen Körpers hervorzubringen, noch selbst die Theile ihrer eigenen Masse zusammen zu halten. Wenn nun dagegen die Erscheinungen der Adhäsion, Capillarität und Cohäsion auch bei der geringsten noch wahrnehmbaren Dicke der Körper unverändert fortbestehen und keine direkte Beziehung zum specifischen Gewicht der Körper verathen, so möchte der Ausdruck Flächenkraft nicht unpassend erscheinen, wenn derselbe nicht in so fern ungenau wäre, als von einer gewissen, wenn auch noch so geringen Dicke der Körper nicht abstrahirt werden kann, und diese Bezeichnung nicht überhaupt das Wesen der bei den genannten Erscheinungen wirkenden Kräfte unberührt liesse. Rr.

**Flageolettöne** siehe Beitöne.

**Flamme** ist ein glühendes Gas. Körper also, welche beim Verbrennen eine Flamme geben, sind entweder schon an sich gasförmig oder werden es in Folge der vorangehenden Erhitzung beim Anzünden oder es entwickeln sich aus ihnen gasförmige Stoffe, welche durch die Hitze erzeugte Zersetzungs-Produkte sind. Ein Beispiel des ersten Falles liefert der Wasserstoff, zum zweiten gehören Schwefel, Phosphor; Weingeist, zum letzten Holz, Oel, Talg, überhaupt alle organischen Körper, die ohne Zersetzung nicht erhitzt werden können. Bei diesen bilden sich die Produkte der trocknen Destillation, unter denen Kohlenoxyd, die beiden Kohlenwasserstoff-Arten die vorherrschenden gasförmigen Bestandtheile sind. (S. Gasbeleuchtung.)

Ist das Produkt der Verbrennung wieder ein Gas, so ist die Flamme schwach leuchtend, wie die des Wasserstoffs, Schwefels, des Kohlenoxydgases u. s. w. bei deren Verbrennung Wasserdampf, schwelligsaures und kohlen-saures Gas entstehen. Scheidet sich aber in der Flamme ein fester Körper ab, der in dem glühenden Gase selbst glühend wird, so erhält durch ihn die Flamme Helligkeit, die nach dem Grade der Erhitzung sich bis zum lebhaftesten Glanze steigern kann. Deshalb sind die Flammen von Phosphor, Zink und Leuchtgas (CH) hell, weil sich in ihnen respektive Phosphorsäure, Zinkoxyd und Kohlenstoff erzeugen, die beiden ersten in Folge der Oxydation, der Kohlenstoff durch die Zersetzung. Von der Anwesenheit des Kohlenstoffs in allen unseren gewöhnlich zum Leuchten benutzten Flammen kann man sich durch das Hineinhalten eines Metalles z. B. eines Messers, das sogleich berusst, leicht überzeugen. Daher kann eine an sich schwach leuchtende Flamme hell gemacht werden, wenn man einen festen Körper darin glühend werden lässt, z. B. Platindraht in brennendem Weingeist. Knallgas brennt mit schwachem Licht, bringt man aber in die Flamme desselben ein Kalkstückchen, so wird dieses weissglühend darin, und so glänzend, dass man es mit dem Sonnenlicht vergleichen kann (s. Knallgas). Das Blendende des chinesischen Weissfeuers rührt daher, dass dem Feuersatz Schwefelarsenik oder Schwefelantimon zugemischt wird, wodurch beim Abbrennen arsenige Säure oder Antimonoxyd entstehen, die in den übrigen brennenden Gasen zum Glühen kommen.

Umgekehrt kann durch die Entfernung des festen Stoffs aus einer hellleuchtenden Flamme dieselbe zu einer schwachleuchtenden werden. Mengt man das ölbildende Kohlenwasserstoff oder Leuchtgas, das, wie eben erwähnt, beim Brennen Kohlenstoff abscheidet, mit dem gleichen Volumen atmosphärischer Luft und lässt es aus einem Rohr strömen, das mit einem feinen Drathnetz verschlossen ist, damit die Flamme nicht zurückschlagen kann (vergl. Sicherheits-Lampe), so brennt es nicht mehr hell, weil nun der Kohlenstoff bei seiner Ausscheidung sogleich atmosphärische Luft vorfindet, die in den gewöhnlichen Fällen in das Innere der Flamme nicht eindringen kann, und die Kohle sogleich in Kohlensäure verwandelt. (Gilb. LVI. 437; LX. 218. Pogg. Ann. XI. 547.) — Gegen diese allgemein anerkannten, von H. Davy zuerst wahrgenommenen Ursachen über das Hell und Dunkel der Flammen, führt Döbereiner einen Versuch an, der in der Verdichtung des Gases seine Erklärung zu finden scheint. Wenn man reines Knallgas in einer starken Glaskugel, die inwendig vollkommen trocken und luftdicht verschlossen ist, verpufft, so verbrennt dasselbe mit ebenso glänzendem Licht wie Phosphor in Sauerstoff. Knallgas in der Kugel bis zu zwei Atmosphären comprimirt, verbrennt mit dem Glanz der stärksten Blitze. (Schweigg. J. LXII. 87.)

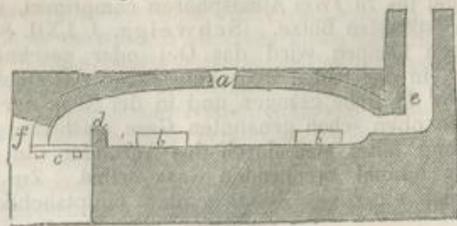
Bei unseren Lampen wird das Oel oder geschmolzene Talg, Wachs u. s. w. in den feinen Zwischenräumen des Doctes wie von Haarröhrchen in die Höhe gezogen und in der Nähe der Flamme zersetzt, wobei die oben schon genannten Gase entstehen. Den Anfang dieser Zersetzung leitet man durch das Anzünden ein, nachher bewirken sie die einmal brennenden Gase selbst. Zu unterst jeder Flamme zeigt sich ein blauer Ring, gebildet hauptsächlich durch das

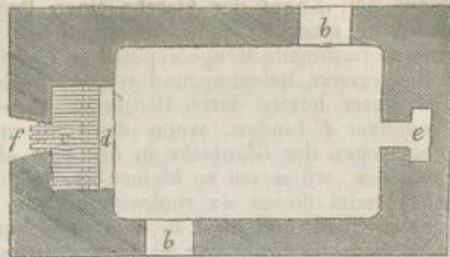


verbrennende Kohlenoxydgas, das schon bei niedrigerer Temperatur, wie sie hier wegen der stets zuströmenden kalten Luft Statt findet, sich bildet. In der Mitte ist ein dunkler Kegel *b*, worin die durch die Zersetzung entstandenen Dämpfe und Gase sind, deren Verbrennung erst in *c* beginnt, weil die atmosphärische Luft nicht tiefer eindringt. Die Hitze in *c*, vergrößert durch die Oxydation, zerlegt das kohlenstoffreiche Leuchtgas ( $\text{CH}$ ) in das Kohlenwasserstoffgas mit weniger Kohlenstoff ( $\text{CH}_2$ , Grubengas oder Sumpfluft) und Kohle, welche in dem brennenden Grubengas weissglühend und die Ursache des Leuchtens wird, bis sie durch das nachströmende Gas in die Höhe geführt in der äussersten Schicht *d* vollständig verbrennt, weil hier die Luft überall herantreten kann. Hier werden auch die anderen durch die Flamme unverbrannt gegangenen Substanzen oxydirt und die Hitze ist hier am grössesten. Ein quer durch die Flamme gehaltener Drath kommt daher am Rande leicht ins Glühen, in der Mitte kaum oder gar nicht. Wegen des Kohlengehalts in *c* wirkt dieser Theil reducirend, der sauerstoffreiche in *d* oxydirend. In das Innere einer grossen Flamme z. B. von Spiritus, kann man Phosphor bringen, welcher darin wohl schmilzt aber nicht verbrennt, und hatte er sich am Rande entzündet, so verlöscht er im Innern wieder. Die Flamme ist also nur ein leuchtender Ueberzug über dem dunklen Kegel.

Die Hitze der Flammen ist sehr verschieden, am grössesten unter den bekannten beim Knallgase. Manche Substanzen üben einen wesentlichen Einfluss auf die Farbe der Flammen aus, Boraxsäure und Kupfersalze färben sie grün, Strontianerde und Lithion roth, Barytsalze gelb, Kobaltauflösung blau. Ueber Farben und Spectra verschiedener Flammen s. Pogg. Ann. II. 101; VI. 482. ff.; XVI. 186. 381. XXXI. 592, XXXIX. 325. Vergl. Löthrohr. Verbrennung. B.

**Flammofen.** In den Flammöfen werden Röstungen von Erzen oder Salzen behufs der Oxydation oder Vertreibung flüchtiger Bestandtheile vorgenommen, oder solche Erze verschmolzen, die mit dem Brennmaterial nicht dürfen in Berührung kommen. Die Feuerung befindet sich neben dem Herd, und die Flamme derselben wird durch den Zug so geleitet, dass sie die auf dem Herde ausgebreiteten Substanzen trifft. Die Dimensionen eines solchen Ofens und seiner Theile sind nach den abweichenden Zwecken, zu denen er benutzt wird, verschieden. Aus der Kenntniss des einen wird man sich aber leicht eine Vorstellung von jedem anderen machen können, wenn eine Beschreibung davon gegeben wird. Beistehende Zeich-





nung (aus Schubarth's technischer Chemie Taf. VIII.) stellt einen zum Brennen des Galmeis in Ober-Schlesien gebräuchlichen Flammofen vor; Fig. I. im Längendurchschnitt; Fig. II. im Grundriss. Man bezweckt hierbei aus dem Galmei Wasser und Kohlensäure zu vertreiben und ihn aufzulockern. — *a* ist eine Oeffnung im Gewölbe des Ofens, durch welche das Erz auf den Herd geschüttet wird; *b b'* sind Oeffnungen durch welche man den Galmei während des Röstens umwenden kann. *c* ist der Rost, der dem Brennmaterial die Luft zuführt, durch welche die Flamme über die Feuerbrücke *d* auf das Erz geleitet, und der Rauch in den Schornstein *e* abgeführt wird.

Flammöfen werden z. B. gebraucht beim Calciniren der Pottasche, beim Frischen des Eisens (s. Puddeln), beim Abtreiben (s. d.) des Silbers, Rösten des Zinns, Kobalts u. s. w. B.

**Flasche.** Die Kleistische, Leidener oder Verstärkungs-Flasche ist ein Glasgefäß von der Form einer kurzhalsigen Flasche oder eines cylindrischen Trinkglases, dessen innere und äussere Fläche bis zu einem gewissen Abstände vom oberen Rande mit Zinnfolie belegt ist. Ist der Flaschenhals eng, so wird die innere Belegung durch metallische Feilspähne ersetzt, welche die Flasche bis zur erforderlichen Höhe füllen, oder, um das Gewicht zu mindern, durch Herumschwenken mit Gummiwasser zum Anhaften an die inneren Rände gebracht werden. Zur besseren Isolirung der beiden Belegungen pflegt man den unbelegten Rand noch mit Siegellack zu überziehen. Aus der Mitte der Flasche erhebt sich überdies ein Messingstab, dessen unteres Ende mit der innern Belegung in leitender Verbindung steht, und dessen oberes Ende einige Zolle über den Rändern in einen kugelförmigen Knopf endigt. Setzt man die eine Belegung mit dem Fussboden in Verbindung, so ist die andere fähig sehr viele *E* aufzunehmen, und wenn man nachgehends die eine Belegung mit der einen Hand berührt, und die andere Hand der anderen Belegung nähert, so springt mit einem Knall ein glänzender Funke über, und man erhält eine Erschütterung in den Gelenken der Hand und des Arms, die sich bei grössrer Intensität bis in die Brust erstreckt. Das Elektrisiren der Flasche nennt man die Ladung, das Fortnehmen ihrer *E* die Entladung. Statt der Hände pflegt man sich zum Entladen eines sich in kugelförmigen Knöpfen endenden Messingdrahtes, eines sogenannten Ausladers (s. Auslader) zu bedienen.

Der Vorgang bei der Ladung und Entladung lässt sich folgendermassen deutlich machen:

Lässt man auf den Knopf der Flasche einen Funken aus dem z. B. + el. Conduktor einer Maschine überspringen, so nimmt die innere Belegung eine bestimmte Menge  $a$  positiver  $E$  auf. Diese wirkt vertheilend auf die äussere Belegung und würde, nachdem die freigewordene +  $E$  dieser letzten durch Berührung abgeleitet worden, die Menge  $a$  negativer  $E$  binden, wenn das Glas unendlich dünn wäre; sie bindet wegen der Glasdecke in der That aber nur einen Theil von  $a$ , etwa  $ma$ , wo  $m$  um so kleiner ist, je dicker das Glas ist. Andererseits bindet dieses  $ma$  rückwirkend von der  $E$  der innern Belegung einen Theil, und zwar in demselben Verhältniss  $1:m$ , also die Menge  $m^2a$ , so dass von der  $E$  dieser letzten Belegung nur  $a(1-m^2)$  frei ist. Lässt man einen zweiten Funken überspringen, so erhält die Innenseite eine neue Quantität  $a'$ , durch welche wieder  $ma'$  negativer  $E$  auf der Aussenseite gebunden wird, und von der wegen der Gegenseitigkeit der Bindung nur  $a'(1-m^2)$  frei bleibt. Lässt man nun neue Funken überspringen, welche die Quantitäten  $a'', a'''$ ... der Flasche zuführen, so ist die Menge der  $E$  auf der Innenseite  $a+a'+a''+a''' \dots = A$ , von der aber nur  $A(1-m^2)$  frei ist, während die Aussenseite keine freie sondern nur die Menge  $mA$  gebundener  $-E$  besetzt.

Ist der Flaschenknopf mit dem Conduktor in vollkommener Berührung, so sammelt sich in der innern Belegung so viel  $E$ , bis die Spannung von  $A(1-m^2)$  der Spannung der  $E$  auf dem Conduktor gleich ist; bei weiterer Drehung der Maschine zerstreut sich (wofür das Glas hinlänglich stark isolirt) die neu zuströmende  $E$  aus dem Knopf und dessen Stiel in die Luft (was man im Dunkeln an dem ausströmenden Licht erkennt). Befindet sich dagegen der Flaschenknopf in der Entfernung  $c$  vom Conduktor, so hört die Verdichtung der  $E$  schon früher auf, und zwar dann, wenn der Unterschied zwischen der Spannung des Conduktors und der Spannung von  $A(1-m^2)$  nicht mehr ausreicht, eine Mittheilung in der Entfernung  $c$  durch die Luft hindurch zu bewirken.

Ist der unbelegte Rand der Flasche zu schmal, so tritt schon vor diesem Maximum der Ladung eine Selbstentladung ein, d. h. in Folge der Stärke der Anziehung zwischen den Electricitäten beider Belegungen schlagen Funken über den Rand fort von einer Belegung zur andern. Ist das Glas zu dünn, um der genannten Anziehung Widerstand zu leisten, so bricht die  $E$  durch das Glas und man findet dasselbe an einer Stelle durchbohrt und zerrissen.

Die Electricitäten haften bei der geladenen Flasche nicht an den Belegungen, sondern an den darunter befindlichen Glasflächen, wovon man sich überführen kann, wenn man die Einrichtung so trifft, dass sich die Belegungen trennen lassen, und wenn man die Trennung behufs der Untersuchung ihres elektrischen Zustandes so vornimmt, dass bei der Fortnahme der ersten Belegung die zweite isolirt bleibt.

Woher es kommt, dass eine geladene Flasche mit der Zeit ihre Ladung verliert, lässt sich, wie folgt, erklären.

Setzt man die geladene Flasche auf eine Harzunterlage und nimmt durch Berührung des Knopfes die freie  $E A(1-m^2)$  fort, so kann die übrigbleibende  $E, m^2A$ , nicht mehr das volle  $mA$  der äussern

Belegung binden, sondern nur  $m$  ( $m^2 A$ ), so dass daselbst  $m A (1 - m^2)$  negativer  $E$  frei wird. Berührt man daher nun die äussere Belegung und nimmt dadurch diese freie  $E$  fort, so ist die Bindung der inneren  $E$  wieder unvollständig geworden, es wird wieder  $m [m A (1 - m^2)]$  frei, und man kann demnach durch abwechselndes Berühren beider Belegungen alle  $E$  aus der Flasche entfernen. Dasselbe, was hier die Fingerberührung thut, geschieht mehr oder weniger langsam von der nicht vollkommen isolirenden Luft. Nimmt man den Knopf von dem Messingstabe von der inneren Belegung ab, und setzt die Flasche auf eine leitende Unterlage, so erfolgt diese freiwillige Entladung schnell unter Ausströmen eines Lichtbüschels aus der Spitze.

Dass einige Zeit nach der schnellen Entladung durch den Auslader die Flasche wieder eine schwache Ladung zeigt, schreibt man dem Umstande zu, dass die  $E$  bis zu einer gewissen Tiefe in das Glas dringe und bei der ersten Entladung wegen des isolirenden Widerstandes der Glaspartikeln sich nicht schnell genug zur Oberfläche bewegen könne.

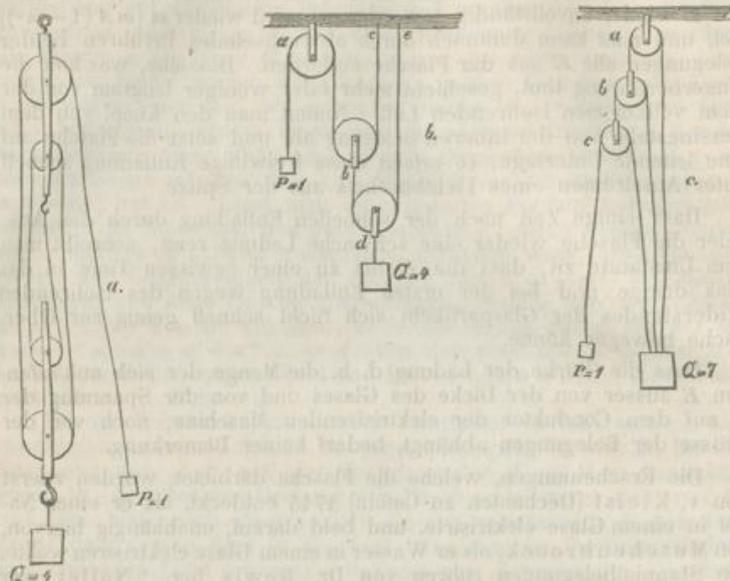
Dass die Stärke der Ladung d. h. die Menge der sich anhäufenden  $E$  ausser von der Dicke des Glases und von der Spannung der  $E$  auf dem Conduktor der elektrisirenden Maschine, noch von der Grösse der Belegungen abhängt, bedarf keiner Bemerkung.

Die Erscheinungen, welche die Flasche darbietet, wurden zuerst von v. Kleist (Dechanten zu Camin) 1745 entdeckt, als er einen Nagel in einem Glase elektrisirte, und bald darauf, unabhängig hiervon, von Muschenbroeck, als er Wasser in einem Glase elektrisiren wollte. Die Stanniolbelegungen rühren von Dr. Bewis her. Nollet war der Erste, welcher Thiere durch den Schlag der Flasche tödtete.

R.

**Flaschenzug**, eine Seilmaschine (polygone funiculaire), bei welcher die Angriffspunkte der Kräfte nicht am Seile fest sind, sondern an ihm entlang gleiten können. Um eine solche Maschine herzustellen, brauchte man nur die Kräfte auf bewegliche, das Seil umfassende Ringe wirken zu lassen; da jedoch die Reibung bei dieser Einrichtung allzugross sein würde, so schiebt man eine um ihre Axe drehbare Rolle ein, und befestigt an die Axe eine Hülse, an welcher die Kraft angebracht wird. Indem die Rolle durch die Reibung des in ihrer Rinne, innerhalb der Hülse, laufenden Seiles genöthigt wird, diesem mit gleicher Umfangsgeschwindigkeit zu folgen, bleibt nur noch die Reibung an der Axe übrig, welcher Widerstand unter sonst gleichen Umständen desto kleiner ist, je kleiner der Durchmesser der Axe im Verhältniss zum Durchmesser der Rolle. Auf diese Weise erhält man den Rollenzug; werden aber mehrere Rollen in eine gemeinschaftliche Hülse (nach ihrer früheren jetzt selten noch vorkommenden Gestalt Flasche genannt) eingeschlossen, so entsteht der Flaschenzug; doch pflegt man diesen Namen, ohne Rücksicht darauf, ob die Rollen in Flaschen verbunden sind oder nicht, auch auf den Rollenzug zu übertragen. Der gewöhnliche Flaschenzug (Fig. a.) besteht aus zwei Flaschen, jede zwei oder auch drei Rollen enthaltend, welche meist unter einander, zuweilen auch neben einander liegen; die obere Flasche ist befestigt, die untere mit ihr durch ein

einziges alle Rollen umfassendes Seil verbunden. Da dieses Seil, abgesehen von Reibung, überall gleich gespannt ist, so trägt mittels



dieses Flaschenzuges die Kraft  $P=1$  eine Last  $Q=2n$ , wo  $n$  die Anzahl der in einer Flasche befindlichen Rollen ist. Andere Flaschenzüge unterscheiden sich von diesem hauptsächlich dadurch, dass sie aus mehreren Seilen zusammengesetzt sind. Bei dem in Fig. b. dargestellten Potenzflaschenzug ist für  $P=1$ ,  $Q=2^n$ ,  $n$  die Anzahl der Seile. Nämlich die Spannung des Seiles  $abc$ , an welchem die Kraft  $P=1$  zieht, ist  $=1$ ; folglich erleidet die Rolle  $b$  nach oben den Zug  $=2$ ; folglich ist  $2$  die Spannung in  $bde$ ; also erleidet die Rolle  $d$  nach oben den Zug gleich  $4$ , welcher sich für jedes folgende Seil verdoppelt. Fig. c. zeigt einen ebenfalls aus mehreren Seilen bestehenden Flaschenzug, wo die Enden der Seile nicht wie bei dem vorigen fest, sondern sämtlich an die Last geknüpft sind. Die oberste Rolle  $a$  ist fest; an ihr hängt die Rolle  $b$ , an dieser  $e$ , u. s. f.; an dem die letzte Rolle umfassenden Seile zieht die Kraft  $P=1$ . Die letzte Rolle  $c$  erleidet daher den Zug  $=2$ , welcher die Spannung des Seiles  $cbQ$  bestimmt; diese ist nämlich  $=2$ . Die Rolle  $b$  erleidet mithin nach unten den Zug  $=4$ , folglich ist die Spannung des Seiles  $baQ$  gleich  $4$ ; die Last  $Q$  ist nun gleich der Summe der Spannungen aller Seile, also  $Q=1+2+4=2^3-1$ ; überhaupt  $Q=2^n-1$  für  $n$  Seile. — Auf ähnliche Weise findet sich leicht, wenn man genauere Correctionen bei Seile setzt, das Verhältniss zwischen Kraft und Last für jede Combination, deren man viele hat. Die erste Erfindung des Flaschenzuges wird Archimedes zugeschrieben. Mdg.

**Flatterruss** ist der zarte kohlige Absatz, welcher sich in dem oberen Theile der Schornsteine, in den Zügen unserer Stubenöfen, den Rauchröhren niederschlägt, und von dem nicht völlig verbrannten Kohlenwasserstoffgase herrührt, jedoch auch Sauerstoff- und Stickstoff-Verbindungen enthält. Braconnot hat diese Russarten genau analysirt, und darin Brandharz, Naphthalin, Ammoniak, Kali- und Kalksalze neben vieler Kohle gefunden. M.

**Flavinschwefelsäure.** Wird indigblauschwefelsaures Kali in einem offenen Gefässe mit Kalkwasser behandelt, so färbt sich die Flüssigkeit zuerst grün und bald roth und endlich gelb. Wenn die Farbe roth ist, so sättigt man die Flüssigkeit durch Kohlensäure, verdunstet sie, wobei ein brauner Rückstand bleibt, aus dem Alkohol von 0,82 eine gelbe Verbindung auszieht, während eine rothe zurückbleibt. Bleizucker schlägt aus der Lösung ein citronengelbes Salz nieder; ein rothes bleibt aufgelöst. Aus dem gelben, in Wasser unlöslichen Salze kann durch Schwefelwasserstoff die Säure, Flavinschwefelsäure, abgeschieden werden; sie schießt bei der Selbstverdunstung in gelben Dendriten an, und besitzt einen stark sauren Geschmack. Berzelius, Lehrb. II. S. 228. M.

**Flechtenfarbstoffe.** Die Flechten enthalten verschiedene Pigmente (s. d. Art.), welche theils durch den Einfluss des Sauerstoffes der atmosphärischen Luft, theils durch Ammoniak aus dem farblosen Zustande in den gefärbten übergehen, und dann oft als Farbstoffe benutzt werden; so z. B. das Lakmuspigment. Sie sind verschiedener Natur, und schliessen sich in mehreren Beziehungen an andere chemische Verbindungen an. Vergl. Erythrin, Lecanorin, Orcin, Lakmus und Orseille. M.

**Flechtensäure.** Pfaff fand in der *Cetraria islandica* eine eigenthümliche Säure, welche er Lichensäure oder Flechtensäure nannte. Es ergab sich später, dass sie identisch ist mit der Säure aus *Fumaria officinalis*, und dem Zersetzungsprodukt der Aepfelsäure durch die Hitze (Paramalealsäure); s. Fumarsäure. M.

**Flechtenstärkemehl** syn. mit Lichenin. M.

**Fleisch.** Die thierische Substanz welche unter dem Namen des Fleisches bekannt ist, und von den Anatomen Muskel genannt wird, ist ein Complex von verschiedenartigen Geweben und Flüssigkeiten, deren Basis der thierische Faserstoff ist, (vergl. Protein-Verbindungen), jedoch durchwebt von einer grossen Anzahl verschiedener Substanzen, z. B. Nerven, Blutgefässen, Fett, serösen Häuten u. s. w. Die Färbung des Fleisches ist nur Folge, der darin enthaltenen Blutgefässe; die Substanz selbst ist farblos. Eine eigenthümliche Eigenschaft des Fleisches oder der Muskelsubstanz ist die Reaction, welche die Elektricität (Galvanismus) auf dieselbe hervorbringt. Die Faser wird dabei gekräuselt, und es entsteht eine sogenannte Contraction, die jedoch keine wirkliche Raumvermindung zur Folge hat. Diese Reaction gehört indessen eigentlich nur den Nervenstämmen an, welche

das Fleisch durchdringen. Die Bestandtheile des Fleisches wechseln nach den verschiedenen Thieren, dem Alter und der Nahrung derselben. Im Allgemeinen enthält es im frischen Zustande 77% Wasser. Die Asche, welche es beim Verbrennen zurücklässt, beträgt kaum 2%, aus Chlorkalium, Chlornatrium, phosphorsaurem Natron und Kalk bestehend; die kohlen-saure Salze, welche man gleichfalls darin findet, rühren von den zersetzten milchsauren her. Die Menge der im Fleisch enthaltenen Salze ist nach der Verschiedenheit desselben selbst sehr verschieden. So fand Hatchett, dass Ochsenfleisch viel mehr Kalksalze hinterliess, als Kalbfleisch. Wird der kalt ausgewaschene Rückstand des Fleisches mit Wasser ausgekocht, so bekommt man eine Flüssigkeit, welche verschiedene Substanzen aufgelöst enthält, die ihm Geschmack und Geruch ertheilen. Das aus Collagen bestehende Zellgewebe verwandelt sich in Leim, von den Faserstoff ist ein Theil aufgelöst worden, während ein Theil im unveränderten Zustande zurückbleibt. Die Menge desselben beträgt nach hinreichend langem Auskochen gegen 6%. Brande fand:

	Wasser.	Unlös.	Rückstände.	Auflös.	Bestandtheile.
Rindfleisch . . . . .	74.		6.		20.
Kalbfleisch . . . . .	75.		6.		19.
Hammelfleisch . . . . .	71.		7.		22.
Schweinefleisch . . . . .	76.		5.		19.

Das Fleisch ist öfters chemischen Analysen unterworfen worden; zuletzt von Schlossberger, welcher eine ausführliche Untersuchung darüber anstellte. (Vergl. Valentin's Repert. 1841. S. 291.) Ich will nur die von Berzelius und von mir ausgeführten angeben:

	Berzelius.	Marchand.	Marchand.
In kaltem Wasser unlös. St. . . . .	17,70	18,00	17,00
Lösliches Eiweiss und Farbstoff . . . . .	2,20	2,50	2,30
Alkoholextract mit Salzen . . . . .	1,80	1,70	1,60
Wasserextract mit Salzen . . . . .	1,05	1,10	1,00
Eiweisshaltiger phosphorsaurer Kalk . . . . .	0,08	0,10	0,10
Wasser und Verlust . . . . .	77,17	76,60	78,00

Sehr merkwürdig ist es, dass die Menge des Gehaltes an Stickstoff, Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff in dem getrockneten Fleische und dem getrockneten Blute völlig übereinstimmt; Playfair und Boeckmann fanden im Blut und Fleisch des Ochsen:

	Blut.	Fleisch.
Kohlenstoff . . . . .	51,95	51,89
Wasserstoff . . . . .	7,16	7,59
Stickstoff . . . . .	17,17	17,16
Sauerstoff . . . . .	19,30	19,13
Asche . . . . .	4,42	4,23

so dass man also das Fleisch gewissermassen als ein consolidirtes Blut betrachten kann; wenigstens in Beziehung auf die, beide Substanzen constituirenden Elemente.

Die Eigenschaften, welche das Fleisch als Nahrungsmittel besitzt, s. in d. Art. Nahrungsmittel. Vergl. auch Marchand, Lehrbuch der Physiol. Chemie. Hft. 2. S. 147. u. s. w. M.

**Fleischextract.** Die durch Alkohol oder Wasser ausziehbaren Stoffe des Fleisches haben diesen Namen erhalten. Es sind

Gemenge von vielen Verbindungen, welche schwierig von einander zu scheiden sind. Thénard glaubte aus diesem Gemenge einen besonderen Stoff, das Osmazom (s. d.), isolirt zu haben, welches jedoch gleichfalls ein Gemenge verschiedenartiger Stoffe ist. M.

**Fliegenstein** ist gediegenes Arsenik.

**Fliehkraft** siehe Centrifugalkraft.

**Flöte** siehe Blase-Instrumente.

**Flötenwerkpfeife** gleichbedeutend mit Labialpfeife.

**Flohsaamenschleim.** Auf den Saamen von *Plantago Psyllium* und *Cynops*, eine im südlichen Europa häufige Pflanze, sitzt dieser Schleim, welcher zur Appretur von Seidenwaaren, zum Leimen des Papiers in der Bütte, zum Verdicken der Farben für das Papier angewendet wird. Zusammensetzung siehe in Art.: Pflanzenschleim. M.

**Florentinerlack** oder **Carminlack**, auch Pariser, Wiener u. s. w., wird durch eine Verbindung von Carmin mit Thonerde gebildet, welche am besten erhalten wird, wenn man Thonerdehydrat mit einer Abkochung von Carmin vermischt, und das farbige Produkt auswäscht. M.

**Flüssigkeit, Flüssiges.** Wir bezeichnen mit dem Worte Flüssigkeit entweder jeden flüssigen Körper (Fluidum), oder den physischen Zustand desselben als solchen (Fluidität) im Gegensatz der Festigkeit. Da von den Flüssigkeiten im ersten Sinn unter den betreffenden Artikeln speciell die Rede ist und ihre eigenthümlichen physikalischen und chemischen Eigenschaften daselbst näher erörtert werden, so überheben wir uns hier der namentlichen Aufzählung der im flüssigen Zustande bekannten Körper und betrachten sie überhaupt nach ihren allgemeinen Eigenschaften und den Ursachen, welche diese Form hervorrufen oder bleibend erhalten.

Die Flüssigkeiten unterscheiden sich \*) von den festen Körpern, deren Theilchen ihre relative Lage gegen einander entweder gar nicht verändern, oder, wenn dies geschieht (*Paoli's moto moleculare dei solidi*, *Frankenheim's Elementarbewegungen*), gewöhnlich sehr langsam, durch die Eigenschaft, dass sich ihre Theilchen nicht nur durch jede bewegende Kraft, sondern selbst schon durch das eigene Gewicht sehr leicht trennen und unter einander fortbewegen oder verschieben lassen, so dass sie, bei der geringsten Veranlassung selbst, ihre gegenseitige Lage ändern, ohne indess den Zusammenhang aufzuheben; und dies ist wohl das am Meisten und unmittelbar in die Augen fallende Kennzeichen. Damit hängt innig zu-

\*) *Newton's Princip II. 5.*; *d'Alembert's Traité de l'équilibre et du mouvement des fluides. Nouv. edit. Paris 1770. p. 2.*

sammen, dass die Flüssigkeiten keine selbständige Gestalt besitzen, sondern dass sie immer mehr oder weniger vollkommen die Form des Gefässes annehmen, in welches sie gebracht werden, daher sie auch formlose Körper genannt sind.

Aus der vollkommenen Beweglichkeit der Theilchen lässt sich auch ihre charakteristische Eigenschaft ableiten, dass sie sich nach allen Richtungen hin ganz gleichmässig zusammenziehen und ausdehnen und sich stets wieder sich selbst gleich um jeden Punkt wiederherstellen\*). Bei Veränderung der Lage der einzelnen Theilchen einer Flüssigkeit in einem Gefässe findet sich daher unter gleichen Umständen stets nach Herstellung des Gleichgewichts in der ganzen Masse dieselbe Gestalt, wie vorher, und diese Eigenschaft unterscheidet sie namentlich von pulverförmigen festen Körpern, wie auch die grössere Stetigkeit, mit welcher ein Flüssiges den Raum erfüllt, so dass sich nie, wie bei Pulvern, die einzelnen Theilchen als selbständige Körper unterscheiden lassen. Dennoch pflegen viele Physiker auch den Flüssigkeiten Porosität beizulegen, um Erscheinungen, wie sie z. B. bei Mischung verschiedener Flüssigkeiten (Weingeist und Wasser u. a. zeigen eine Verminderung ihrer Volumina; bei den Gasen zur Erklärung des Dalton'schen Gesetzes u. s. w.) vorkommen, zu erklären.\*\*). Auch weichen die Gemenge von Flüssigkeiten, wie die Auflösungen (s. Bd. I. 209.) darin von denen fester Körper ab, dass bei jenen keine mechanische Trennung der Gemengtheile möglich ist. In vielen Fällen sind aber die Theilchen eines flüssigen oder festen Körpers bloss suspendirt in einer Flüssigkeit und dies erkennt man an der Trübung derselben, z. B. bei mit flüchtigem Oel überladnem destillirten Wasser, bei den milchartigen Körpern, den Harzsäften u. dgl. m.

Ein charakteristisches Kennzeichen aller Flüssigkeiten besteht ferner darin, dass, wenn sie zusammengedrückt werden, der Druck, welcher auf irgend einen Punkt der Oberfläche stattfindet, nicht allein in der Richtung fortgepflanzt wird, in welcher er ausgeübt wird, wie bei zusammenhängenden festen Körpern, oder in Richtungen, welche mit jener einen Winkel von bestimmter Grösse als Maximum nicht überschreiten, wie bei Sand und ähnlichen pulverförmigen festen Körpern\*\*\*), sondern in allen möglichen Richtungen, woraus u. a. die Gleichheit der Fortpflanzung des Drucks in jeder Richtung bei liquiden wieder abgeleitet wird (s. Bd. I. 605. u. a. O.), ein Fundamentalsatz, mit dem alle ihre Eigenschaften innig zusammenhängen.

Die flüssigen Körper zerfallen wieder in zwei Klassen, welche ungeachtet ihrer grossen Uebereinstimmung doch wesentliche Verschiedenheit zeigen. Werden nämlich kleine Massen einer Flüssigkeit sich selbst überlassen und zeigen diese, in Folge eines gewissen Zusammenhanges der Theilchen, das Bestreben, sphärische Gestalt anzuneh-

\*) Poisson's Théorie de l'Action capillaire.

\*\*\*) Vergl. Schlönbach, Gilb. Ann. XI. 175. S. auch ausser andern Art.: Auflösung, Absorption im I. Bd. S. 21., 210., und insbesondere Porosität.

\*\*\*\*) Huber Burnaud's Versuche s. Biblioth. univ. de Genève T. XL. p. 22. Vergl. Bd. I. S. 609.

men (Tropfen zu bilden, deren Grösse von verschiedenen Umständen abhängt<sup>\*)</sup>), so nennt man den Körper einen tropfbarflüssigen oder liquiden; zeigen hingegen die Theilchen einer Flüssigkeit das Bestreben, sich so lange nach allen Seiten hin auszudehnen, bis Kräfte dieser Volumenvergrößerung entgegenwirken und die Theilchen zusammenhalten, so heisst sie luft-, gas- oder dampfförmig.

Wiewohl einige feste Körper, wie Sand, Mehl und andere Pulver auch die Form der Gefässe annehmen, in denen sie sich befinden, und dadurch einige Aehnlichkeit namentlich mit den tropfbaren zeigen, so unterscheiden sie sich doch von diesen nicht nur dadurch, dass sie noch alle übrigen Eigenschaften starrer Körper in grösserem oder geringerem Grade besitzen, wie z. B. die Reibung der Theilchen an einander, sondern auch auf eine recht augenscheinliche Weise dadurch, dass sie nie im Stande sind, Tropfen zu bilden, wie alle liquiden, oder durch die ihnen inwohnenden Kräfte allein eine vollkommen horizontale Oberfläche anzunehmen, wie diese im Zustande des Gleichgewichts.

Tropfbare und luftförmige Flüssigkeiten zeigen endlich unter einander noch in Betreff ihrer allgemeinen Eigenschaften eine auffallende Verschiedenheit. Liquide Körper nämlich besitzen einen so geringen Grad von Elasticität, dass dieselbe, ungeachtet wiederholter Versuche, bis auf Canton, — namentlich beim Wasser, welches gewöhnlich als Repräsentant der tropfbaren betrachtet wird, — ganz geleugnet wurde<sup>\*\*</sup>); und in der That kann auch ihre Compressibilität (s. Bd. I. 491.) nur durch ausserordentlich starke Druckkräfte sichtbar gemacht werden, wesshalb man sie noch häufig als incompressible, unelastische Flüssigkeiten unterscheidet. Hört dieser Druck auf, so nehmen sie ihr voriges Volumen wieder ein; aber sie lassen sich nicht durch mechanische Mittel noch weiter verdünnen und zeigen kein Bestreben, sich von selbst über ein gewisses Volumen auszudehnen, wesshalb sie in der Ruhe eine bestimmte Oberfläche annehmen. Die luftförmigen Körper dagegen sind im höchsten Grade compressibel und elastisch; sie widerstehen Druckkräften bei Weitem weniger als die liquiden, daher in der älteren Eintheilung der Name compressible Flüssigkeiten (s. Expansibilität im I. Bd. 769). Aber sie zeigen ausserdem noch bei abnehmendem Druck ein stetes Bestreben, ihr Volumen zu vermehren, so dass sie auch an der Oberfläche keine so selbständige Form, wie die tropfbaren annehmen; wegen dieser Eigenschaft bezeichnet man sie gewöhnlich mit dem Namen ausdehnsame, expansible Flüssigkeiten. In Folge ihrer grossen Compressibilität besitzen sie schon durch ihr eignes Gewicht in geringen senkrechten Abständen der Schichten eine viel merklichere Verschiedenheit der Dichtigkeit und Tension (s. Mariotte'sches Gesetz), als tropfbare Körper.

<sup>\*)</sup> Ueber den Einfluss der Anziehung fester oder flüssiger Körper und der Schwere auf die Kugelform der Tropfen s. den Art.: Tropfen.

<sup>\*\*</sup>) Ueber die berühmten Versuche der Accademia del Cimento s. auch die neue Ausgabe der: *Saggi di naturali esperienze fatte nell' Acc. d. Cim. Terza ediz. fiorentina, preceduta da notizie stor. dell' Acc. stessa e seguitata da alcune aggiunte.* Firenze 1841. 4to. p. 127—130; Aggiunte p. XLI—XLV.

Was den Uebergang der verschiedenen Aggregatformen in einander betrifft, so finden wir in der Natur, dass die tropfbarflüssigen Körper, — deren specifisches Gewicht und Elasticität \*) im Allgemeinen kleiner ist, als bei den festen, obwohl dies keinen charakteristischen Unterschied zu begründen scheint, — den festen näher stehen, als den gasförmigen, und vielleicht giebt es zwischen den 3 Zuständen keine ganz scharfe Grenzlinie; wenigstens zeigt sich bei manchen Substanzen eine allmälige Abstufung zwischen Festigkeit und Liquidität. So giebt es manche Körper, wie weiches Wachs, Harz, Syrup, Honig u. dgl., welche wir weder zu den vollkommen festen, noch zu den eigentlich tropfbarflüssigen zählen dürfen, denn sie zeigen eine Trägheit in den Bewegungen und widerstehen dem Verschieben ihrer Theile mit einer gewissen messbaren Kraft, haben indess doch diese Eigenschaft nicht gänzlich verloren; sie besitzen auch noch die Neigung, Tropfen zu bilden, aber diese weichen in ihrer Form beträchtlich von denen der eigentlichen liquiden Flüssigkeiten ab. Man pflegt solche Körper halb-, zäh- oder dickflüssig, auch klebrig zu nennen, und dieser Zustand, welcher bei mehreren Körpern eintritt, wenn ihr Aggregatzustand durch Wärme geändert wird, dürfte eher als eine Uebergangs-, denn als eine selbständige vierte Aggregatform (Klebrigkeit) anzusehen sein, wie manche Physiker meinen. Am Häufigsten ist die Grenzlinie bei organischen Substanzen verwischt, indem Flüssigkeiten beim Erstarren zuerst sich zu einer Gallerte verdichten; in vielen Fällen ist dann erweislich, dass hierbei gewöhnlich ein Gemenge von Stoffen im Spiel ist, welche nicht gleichzeitig fest werden und dadurch auf den noch flüssigbleibenden so einwirken, dass sie denselben einen Theil seiner Beweglichkeit rauben, wie bei den Oelen \*\*). — Schon Bacon betrachtet die Cohäsion der Flüssigkeiten als eine Annäherung zum festen Zustande; dagegen hat die von Brayley aufgestellte Ansicht \*\*\*) , der Zustand der Tropfbarflüssigkeit sei nur als Uebergangsform zu betrachten und es gäbe nur zwei Aggregatzustände (Festigkeit und Expansibilität) mit Recht keinen Eingang gefunden. — Weit strenger geschieden ist der Gas-Zustand vom liquiden; es ist kein Körper bekannt, der in einer Uebergangsform zwischen beiden aufträte, wiewohl unter Umständen (nach Cagniard de la Tour's Versuchen) eine gewisse Uebereinstimmung sichtbar wird.

Die Umwandlung fast aller flüssigen Körper in feste geschieht durch Abkühlung (Gefrieren), wobei manche tropfbare Flüssigkeiten die Eigenthümlichkeit zeigen, dass sie sich unter Umständen bis unter den Schmelzpunkt abkühlen lassen, ohne zu erstarren (s. Wasser);

\*) Wiewohl die Spannkraft des Flüssigen im Ganzen sehr dem Festen nachsteht, so giebt es doch einige Ausnahmen: Quecksilber steht zwischen Zinn und Blei, und die Spannkraft des Holzes, nach dem Drehen gemessen, würde auch in der Reihe der Flüssigkeiten eine der niedrigsten Stellen einnehmen. Frankenheim's Cohäsion, S. 276.

\*\*) Ueber die Erscheinung, dass Schwefel aus dem leicht- in den zähflüssigen Zustand bei zunehmender Wärme übergeht, sehe man Frankenheim's Hypothese a. a. O.

\*\*\*) Ann. of Philos. T. LXIX.

luftförmige lassen sich auch durch äussern mechanischen Druck oder durch Anziehung zu tropfbaren verdichten (s. Dämpfe, Bd. I. S. 532., Absorption, Bd. I. S. 15.); das Umgekehrte findet statt beim Schmelzen und Verdampfen (s. diese Art.). Ob alle Körper fähig sind, alle drei Aggregatzustände zu durchlaufen, wie gewöhnlich angenommen wird, ist noch nicht entschieden, da viele durch Wärme eine chemische Veränderung erleiden; doch hat man in neuester Zeit im Druck ein Mittel zur Verdichtung mancher Körper, namentlich solcher gasförmigen aufgefunden, welche früher nur in diesem Zustande bekannt waren, wie z. B. Chlor, kohlen-saures Gas, Chlorwasserstoffgas, Ammoniak u. s. w. nach Faraday's Entdeckung, worüber das Nähere bei diesen Stoffen. Viele Physiker nehmen auch an, dass bei der Absorption permanenter Gase durch Flüssigkeiten oder feste Körper eine Verdichtung in den tropfbaren Zustand stattfindet, wie bei den Dämpfen, während andere nur eine Aufnahme des Gases in die Poren dieser Körper darin erkennen. Durch Beobachtung ist noch nicht über diese Ansichten entschieden, und manche Physiker stellen sogar die Porosität der Flüssigkeiten überhaupt ganz in Abrede.

Nachdem im Vorigen einige Eigenschaften der Flüssigkeiten überhaupt und ihr Verhältniss zu einander und zu den festen Körpern erörtert worden, kommen wir noch zu einigen Bemerkungen über den verschiedenen Grad der Fluidität oder die ungleich leichte Verschiebbarkeit der Theilchen. Dass dieselbe nicht bei allen gleich ist, lehrt schon die Erfahrung (s. auch S. 88. über Klebrigkeit), und die Ursache davon ist in einer verschiedenen Cohäsion ihrer Theilchen zu suchen. Werden tropfbare Körper z. B. unter gleichen Umständen in einerlei Bewegung gesetzt, so kehrt eine Flüssigkeit früher in den Zustand der Ruhe zurück als die andere; auch die Art der Tropfenbildung (s. diesen Art.) und ihre verschiedene Grösse hängt mit dem Grade der Fluidität zusammen, wiewohl noch andere Umstände, wie Adhäsion (s. Bd. I. S. 37.) und Temperatur, dabei mit wirksam sind. Link\*), Frankenheim\*\*) u. A. haben den Grad der Fluidität verschiedener tropfbaren Körper annähernd zu bestimmen gesucht; aber das Verfahren (z. B. die Tropfen zu zählen, welche aus der engen Oeffnung eines Gefässes oder an einem Stabe herabfliessen,) leidet an dem Fehler, dass hierbei die Resultate sehr verwickelter Wirkungen betrachtet werden, wobei die Adhäsion gegen feste Körper eine Hauptrolle spielt. Coulomb's Verfahren scheint uns noch das zweckmässigste, aber wenig angewendet zu sein. Man beobachtet nämlich die Oscillationen einer im Mittelpunkt befestigten, kreisförmigen Platte, die vollkommen äquilibrirt ist, z. B. in Wasser; dabei findet eine Verminderung der Schwingungsbögen statt, als deren Ursache allein die Kraft des Zusammenhanges zwischen den an der Platte haftenden Theilchen und den an diese grenzenden in der Flüssigkeit erscheint. Aus diesen Versuchen fand Coulomb z. B. dass die Fluidität des Wassers weit grösser ist, als die der fetten Oele; (auch andere Me-

\*) Gilb. Ann. XLVII. 16.

\*\*) Lehre von der Cohäsion. Breslau 1835. S. 95. S. auch Gehler's phys. Wörterb. IX. 2. Abth. S. 1076.

thoden ergaben den hohen Grad der Flüssigkeit des Wassers. \*) Die Wärme hat einen merklichen Einfluss darauf, und die älteren Versuche von Lichtenberg \*\*) über die Quantität von Wassertropfen, welche bei verschiedener Temperatur ausfliessen, wie Gerstner's \*\*\*) über die Menge von Wasser, welche aus einem Gefässe bei verschiedener Wärme fliesst, sind neuerdings durch Kämtz' genauere Beobachtungen an dem Coulomb'schen Apparat bestätigt worden †), indem sie eine starke Zunahme der Fluidität mit steigender Wärme ergaben. Es mangelt indess noch an umfassenden und genauen Untersuchungen, um die tropfbaren Körper nach dem Grade ihrer Fluidität ordnen zu können. Dasselbe gilt in noch höherem Grade von den elastisch-flüssigen; dass sie indessen ebenfalls einen verschiedenen Grad von Beweglichkeit ihrer Theilchen besitzen, geht unter Andern deutlich aus der verschiedenen Leichtigkeit und Geschwindigkeit beim Ausströmen aus Gefässen, aus der Diffusion der Gase u. s. w. hervor. (S. die betreffenden Artikel.)

Die physischen Ursachen des Zustandes der Flüssigkeit sind je nach dem Standpunkte der Wissenschaft auf sehr mannigfaltige und oft sehr dunkle Weise erklärt worden, so dass wir hier nur kurz die Ansichten berühren können, welche in neuerer Zeit geltend gemacht sind, ehe wir auf die Hypothesen der Gegenwart näher eingehen, wobei die Betrachtung der Festigkeit nicht ganz umgangen werden kann; (vgl. Aggregatzustand, Materie, Molecularwirkung). Die Tropfbarflüssigkeit erklärte man lange Zeit durch die Form und Grösse der Atome: so nahm Gassendi kleine, runde, glatte Atome in gewissen Abständen an, Muschenbroeck eine ausserordentliche Feinheit der Theilchen; — oder man suchte sie durch eine stete Bewegung der Elemente eines Körpers zu erklären, wie die Schule der Cartesianer. Andere nahmen die Wärme (das Feuer) zu Hülfe, wie Black, Gravesande; auch der Galvanismus wurde später, aber ohne Beifall, herbeigezogen (v. Grotthuss, Gilbert's Ann. LXI. 63.). Eine grosse Annäherung an die jetzt herrschenden Ansichten endlich finden wie bei Fontana ††): Er erblickt in allen Körpern zwei Kräfte, eine anziehende, durch welche allein alle Körper fest würden; und eine ausdehnende (die Wärme), welche z. B. verhindert, dass tropfbare Flüssigkeiten durch mechanischen Druck fest sein würden, dabei lässt er ausserdem noch die Theilchen durch ihre Lage und Gestalt mitwirken. — Unter den neuesten Theorien erwähnen wir zuerst die von Link, welcher sich bis in unsere Zeit mit diesem Gegenstande beschäftigt hat †††), und dessen Ansichten in manchen Punk-

\*) Vergl. u. a. Frankenheim a. a. O. S. 220.

\*\*) De Luc's Neue Ideen über die Meteorologie I. S. 147.

\*\*\*) Gilb. Ann. V. S. 160.

†) Lehrbuch der Experimentalphysik. Halle 1839. §. 247.

††) Opuscul. phys. et chym. Paris 1785. (Nach Gehler's Wörterb. Artikel: Flüssigkeit).

†††) Ueber Naturphilosophie 1806.; Gilb. Ann. 1807. XXV. 127.; Neue Folge 1814. XVII. 1.; Pogg. Ann. 1826. VIII. S. 25., 151., 283.; Propyläen der Naturkunde, Berlin 1836. I. Th.; Pogg. Ann. XLVI. S. 258, und eine kleine Brochüre: Ueber die Bildung der festen Körper. (De la formation des corps solides. Berlin 1841.)

ten mit den herrschenden übereinstimmen. Der Grad der Flüssigkeit liegt nach ihm nicht in der Glätte der Theilchen oder in der geringen Cohäsion, sondern in der durchgängigen Gleichheit aller Anziehungen innerhalb des Flüssigen (Gilb. Ann. XLVII. S. 10.), und Dickflüssigkeit beruht nicht auf einer grössern Cohäsion, sondern auf einer geringern Verschiebbarkeit der Theilchen durch ungleiche Anziehung derselben (ebd. S. 16.). Im Innern der Flüssigkeit kann eine gleiche Anziehung wohl stattfinden, aber nicht an der Oberfläche, wo sich ein Grad der Festigkeit (gleichsam ein Häutchen) finden muss, indem hier die ungleiche Wirkung der anziehenden Kräfte nach verschiedenen Seiten ein Hinderniss des Verschiebens bildet \*). Desshalb hält er feste Körper für gleichsam zusammengesetzt aus sehr vielen Oberflächen mit ungleicher Anziehung der Bildungstheilchen auf einander, und für die erste Eigenschaft der Körper den gestaltlosen, gleichförmigen Zustand der Flüssigkeit, mit Gleichheit der Anziehend er Bildungstheilchen (Molecüle) auf einander, welcher, verbunden mit starker Anziehung und Zurückstossung der Theilchen selbst, tropfbar; verbunden mit geringer Anziehung und Zurückstossung in ihnen gasförmig genannt wird (Propyl. I. S. 181.). Er erblickt (Gilb. Ann. XXV. S. 137.; Ueber die Bildung fester Körper S. 34., 35.) das Physisch-Einfache im Tropfbarflüssigen (Mangel an Reibung, Gleichheit der Wirkungen auf jedes Theilchen und vorzüglich, dass der flüssige Körper in allen Theilen sich gleich erscheint), das Zusammengesetzte im Festen (Widerstand zwischen den Theilchen, Ungleichheit der Wirkungen und Zusammensetzung aus einem Haufen getrennter Blättchen oder Fasern, so gleichförmig der feste Körper auch erscheinen mag). Neuerlichst hat er als Resultat seiner mikroskopischen Untersuchungen (Ueber die Bildung fester Körper S. 28., 29.) den Satz aufgestellt, dass alle festen Körper, wenn sie plötzlich oder durch Niederschlag entstehen, sich in ihrem ersten Zustande als Kügelchen von verschiedener Grösse zeigen und dass diese sich in einem tropfbarflüssigen Zustande befinden, welchen man in den kleinsten Theilchen der Flüssigkeit daran erkennt, dass sie kugelförmige Körper, Tropfen bilden, welche sich zu grössern Kügelchen vereinigen, wenn sie mit einander in Berührung kommen, während kugelförmige Theilchen fester Körper stets getrennt bleiben. Die Krystallisation ist eine spätere Erscheinung, als die Entstehung der festen Körper selbst, und man trifft nach Link immer einen Zustand, wo der Niederschlag sich vorher in Kügelchen zeigt, was von andern Beobachtern nicht zugegeben wird. Es giebt hiernach keine Atome von ursprünglich eckiger Gestalt (ebd. S. 32., 33.); und der flüssige Zustand erscheint ihm als der ursprüngliche; ja, er ist selbst der Ansicht, dass das Innere der sehr dünnen Blättchen oder Fasern, aus denen er die festen Körper zusammengesetzt betrachtet, noch immer flüssig bleibt, weil Krystalle sich noch verändern, nachdem sie gebildet sind

\*) Ueber die ungleiche Dichtigkeit der Flüssigkeiten an verschiedenen Stellen, im Innern, an der Oberfläche und an den Wänden des Gefässes, wie sie aus der vereinigten Wirkung der Cohäsion und Adhäsion gefolgert werden muss, s. Poisson im Artikel: Theorie der Haarröhrchen.

(ebd. S. 40., 41. \*) Die Verhinderung unmittelbarer Berührung der Blättchen oder Fasern aber, durch welche der Flüssigkeitszustand wieder hergestellt würde, erklärt er theils durch das Kreuzen der Fasern oder Blättchen (Durchgänge der Krystalle), theils durch die Ungleichheiten ihrer Oberflächen, theils durch manche Stoffe, welche dieselben auseinander halten, wobin er namentlich die Wärme rechnet. Indem diese beim Entstehen der Körper entweicht, wird die Vermehrung der Oberflächen im Innern der Körper und folglich ihre Festigkeit hervorgebracht. — Link hat seine Theorie, von der wir hier einen kurzen Umriss gegeben, mit grosser Beharrlichkeit festgehalten; indess hat dieselbe bei den Physikern in ihrem ganzen Zusammenhange wenig Eingang gefunden. — Die von Laplace aufgestellte Hypothese ist, mehr oder weniger modificirt, heutiges Tages die am Allgemeinen angenommene, da sie sich ebensowohl durch ihre Einfachheit und die grosse Uebereinstimmung mit den Erscheinungen, als durch die mathematische Begründung empfiehlt. Newton hatte schon die Hauptzüge dieser rein atomistischen Theorie aufgestellt; die weitere Ausbildung derselben aber gehört Laplace und seiner Schule an. Dieser nimmt nämlich an, dass bei jedem Molecüle eines Körpers (Theilchen wägbarer Materie) sich die Anziehung der umgebenden Molecüle, die Anziehung des Wärmestoffs derselben und die Repulsion zwischen diesem und seinem eigenen Wärmestoff wirksam zeigen \*\*); er scheint also die Wärme als eine Materie anzusehen, deren eigenthümliche Repulsionskraft das Princip aller abstossenden Kräfte ist. Wenn die Wirkung der ersten dieser drei Kräfte ganz gering ist, so tritt der Flüssigkeitszustand ein, und überwiegt in diesem nun die dritte Kraft beträchtlich gegen die beiden andern, so entfernen sich die Theile der Flüssigkeit von einander, sie werden expandirt und der gasförmige Zustand ist die Folge davon. — Poisson \*\*\*) stellt dieselbe so dar: Die Körper sind aus getrennten Molecülen von unmerklicher Grösse gebildet, welche durch leere Räume (Poren) geschieden werden, deren Dimensionen ebenfalls so klein sind, dass sie nicht sinnlich wahrgenommen werden können. Unabhängig von der wägbaren Materie besitzt jedes Molecüle ausserdem eine veränderliche Quantität einer unwägbaren Substanz, der Wärme, deren Gewicht nicht gemessen werden kann; vielleicht gehören dazu auch elektrische, magnetische und andere Materien. Alle Theile der Materie sind aber zwei Arten von Wechselwirkungen unterworfen: Die eine Kraft (die allgemeine Gravitation) ist unabhängig von der Natur der Körper oder ihrer Theilchen und wirkt proportional der Masse und im umgekehrten Verhältniss wie die Quadrate der Entfernungen; die andere Kraft ist theils attractiv, theils repulsiv und hängt von der Natur der Molecüle und ihrer Wärmemenge ab. Jene anziehende Kraft legt man

\*) Man vergleiche den Abschnitt: Bewegungen im Innern der festen Körper bei Frankenheim a. a. O. S. 392—431.

\*\*\*) Mécan. céleste, I, V. 104.; Ann. de Chim. et de Phys. XVIII, XXI.

\*\*\*) Journ. de l'Ecole polytechn., fasc. 20.; Ann. de Chim. Nov. 1828., Oct. 1829.; Mém. de l'Acad. N. S. T. IX. 1830. Nouv. Théorie de l'Action capill. Paris 1831. p. 267. etc.

der wägbaren Materie selbst bei, die abstossende der Wärme. Der Ueberschuss der einen über die andere (die Molecularkraft, s. d.) bedingt das Bestreben der Molecüle, sich einander zu nähern oder von einander zu entfernen. Ihre Intensität nimmt sehr schnell ab bei zunehmender Entfernung der Molecüle und verschwindet, wenn diese eine messbare Grösse erreicht\*). Die Wärme, welche so einfach die Phänomene der Volumenänderung, der Verwandlung des Aggregatzustandes u. s. w. erklärt, umgiebt jedes Molecüle wie eine Atmosphäre und auf der verschiedenen Dichtigkeit derselben beruht der Unterschied des Aggregatzustandes. Indem nun die Aggregatzustände aus dem relativen Verhältniss anziehender und abstossender Kräfte zwischen den Theilchen erklärt werden, nimmt man an, dass im Tropfbarflüssigen, was noch einen gewissen Zusammenhang der Theilchen unter einander oder gegen feste Körper zeigt, die Anziehung noch etwas grösser, als die Repulsion ist, ohne dass die Beweglichkeit der Theilchen durch die Cohäsion vernichtet würde; und aus diesem Ueberschuss anziehender Kraft erklärt sich das Zusammenhalten der Theilchen in kleinen Massen liquider Körper oder die Tropfenbildung. In den elastischen Fluidis hingegen muss die Abstossung ein grosses Uebergewicht über die Anziehung zwischen den Molecülen besitzen. Da in liquiden Körpern sich diese Kräfte mehr dem Gleichgewicht nähern, als in den festen, so reicht oft schon eine unbedeutende Veränderung in der Wärme oder im Luftdruck hin, um einen tropfbaren in einen luftförmigen Körper umzuwandeln (Aether im leeren Raume)\*\*).

Bei den Tropfbarflüssigen besitzen die Kräfte eine nach allen

\*) Einige Erscheinungen, welche mit der Laplace'schen Theorie im Widerspruch zu stehen scheinen, s. in Gehler's physik. Wörterb. IV. S. 498, wo Muncke auch die anderen Hypothesen darstellt und ihre Unhaltbarkeit darzulegen versucht.

\*\*) Wir können hier nicht unterlassen, auf die theoretischen Folgerungen über die physische Beschaffenheit der Grenze der Atmosphäre (s. Bd. I. S. 201.) hinzudeuten, welche in neuester Zeit vorgekommen sind. Wegen der ausserordentlich geringen Temperatur an der oberen Grenze der Atmosphäre betrachtet nämlich Poisson (Théorie math. de la Chaleur) die oberste, sehr dünne Schicht derselben als tropfbarflüssig. De la Rive dagegen hält den Zustand derselben weder für tropfbarflüssig noch für gasförmig, sondern für einen eigenthümlichen, in welchem die Theilchen weder Anziehung noch Abstossung gegen einander ausüben (Bibl. univ. T. LX, p. 415.). Nach der naturgemässen Ansicht von Schmidt und Wollaston, welcher auch Poggendorff beitrifft (Pogg. Ann. XXXIX, S. 83.), bedarf es indess gar nicht der Annahme eines besondern Zustandes: Die Lufttheilchen in jener obersten Schicht der Atmosphäre wirken nämlich bloss vermöge ihres eigenen Gewichts der Abstossungskraft der tiefer liegenden Theilchen entgegen, und sind so im Gleichgewicht, wie die der tiefer liegenden Schichten; beide befinden sich also im wahren Gaszustand. Gegen den liquiden Zustand aber spricht auch noch der Umstand, dass eine solche Schicht bei dem Mangel an äusserem Druck auch bei sehr niedriger Temperatur noch verdampfen, also wahrscheinlich wieder von gasförmiger Luft bedeckt sein würde. Man vergleiche Avogadro's Fisica de' Corpi ponderab. T. II.

Seiten hin gleiche Intensität; daher ist bei ihnen kein Hinderniss beim Verschieben der Theile, wiewohl die Cohäsion auch nicht = 0 ist, denn es giebt keinen vollkommen oder absolut tropfbarflüssigen Körper. Diese grosse Verschiebbarkeit ihrer Molecüle lässt sich nicht unmittelbar beobachten, denn wir wirken nur auf die Oberfläche und Gestalt verändernd mit fremden Körpern ein; aber sie folgt aus der gleichförmigen Verbreitung des Drucks nach allen Seiten, aus dem Zusammenfliessen der Tropfen bei Berührung u. s. w. Bei den festen Körpern nimmt man eine ungleiche Intensität der innern Kräfte nach verschiedenen Richtungen an; und wenn die Theilchen verschoben werden, so sucht man die mehr oder minder vollkommene Wiederherstellung ihrer Lage durch die dabei stattgefundene Entwicklung neuer Kräfte zu erklären (Frankenheim a. a. O.). Bei den gasförmigen dagegen giebt es keine Lage der Theilchen, wo der Körper sich ohne äussere Kräfte, wie liquide und feste Körper, im Gleichgewicht befindet; die Repulsion überwiegt hier stets.

Die Molecularkräfte zerfallen in Hauptkräfte, die nach allen Richtungen hin einander gleich sind, wovon die Elasticität abhängt, und in secundäre, mit viel kleinerer Wirkungssphäre und Ungleichheit, wovon die Krystallisation und verwandte Prozesse herrühren\*). In festen Körpern mit regelmässiger Lagerung der Theile (Krystallen) haben alle einander parallele Richtungen gleiche Molecularkräfte, bei den andern festen findet Abweichung vom Parallelismus statt. Bei tropfbaren und luftförmigen Körpern sind die secundären fast ganz aufgehoben und die Theilchen liegen so unregelmässig neben einander, dass der mittlere Werth der Molecularkräfte nach allen Seiten gleich ist. Bei dieser Darstellung Frankenheim's macht derselbe darauf aufmerksam, dass die Annahme der vollkommenen Ruhe der Theilchen im Innern eines festen Körpers und der Beständigkeit seiner Gestalt ohne Einwirkung fremder Kräfte der Natur nicht entspreche, da es zahlreiche Beweise von innerer Bewegung in Folge chemischer Veränderung oder bloss innerer oder äusserer Kräfte gäbe; und er stellt mit Rücksicht auf die Krystallisations-Phänomene und die elementaren Bewegungen die Hypothese auf\*\*), dass alle Körper nur dann im Gleichgewicht sind, wenn sie aus Krystallen bestehen, und dass sie sich diesem Zustande zu nähern suchen, so lange die Theilchen sich unregelmässig berühren oder abnorm sind. Dieses Streben der Körpertheile, sich in ein Ganzes von regelmässiger Structur zu ordnen, schreibt er, wie früher Bernhardi (Gehl. J. VIII. 374.) und Andere der Krystallisationskraft zu, die jedoch nicht bloss Reibung der Theile sei. Diese Kraft fehlt den flüssigen Körpern und an ihre Stelle setzt er das Streben, eine nach allen Seiten hin gleiche Dichtigkeit von einer gewissen Grösse zu erlangen. Die Krystallisationskraft hemmt die Theilchen in ihrer Bewegung; deshalb können sie bei festen Körpern nicht, wie bei flüssigen, über einander gleiten oder sich drehen, ohne neue Kräfte zu erregen. Da diese den Flüssigkeiten fehlen, so erblickt er den Unterschied in der Cohärenz der festen und flüssi-

\*) Poisson, Mém. de l'Acad. T. IX.; Frankenheim a. a. O. S. 9. u. a.

\*\*) Ebendasselbst S. 403., 424., 500. u. a.

gen Körper in dem krystallinischen Gefüge, wobei die Theile der festen Körper nach verschiedenen Richtungen mit ungleichen Kräften wirken. Wird die Intensität der Cohäsionskraft bei Flüssigkeiten durch die Spannkraft und vielleicht selbst durch die Cohärenz gemessen, so ist sie nicht viel kleiner, als bei festen; aber jene ändern ihre Gestalt, ohne einen beträchtlichen Widerstand zu leisten. Feste und flüssige Körper unterscheiden sich daher nicht so sehr in der Grösse, als in der Vertheilung ihrer Kräfte. Er fasst deshalb die Aggregatzustände in Betreff der Cohäsion so auf: Die Gase sind ohne Cohäsion. Werden sie flüssig oder fest, so erhalten die Theile eine Kraft, die jeder Veränderung der Dichtigkeit widerstrebt und mit zunehmender Temperatur abnimmt. Bei Flüssigen ist sie nach jeder Richtung gleich; durch Erstarren oder Krystallisiren wird sie nach bestimmten Gesetzen nach verschiedenen Richtungen ungleich und erzeugt secundäre Kräfte, welche die Erscheinungen der Festigkeit bedingen. Im Innern eines im Gleichgewicht befindlichen Flüssigen oder eines normalen, gleichförmigen Krystals ruht die Cohäsionskraft; in jedem Theilchen wird sie durch die der benachbarten gebunden; an der Oberfläche hingegen ist sie frei und wirkt auf jeden Körper, der mit dieser in Berührung kommt.

Alle diese Hypothesen im Sinne der Atomistik haben mehr oder weniger schwache Seiten; doch kann es nicht unser Vorwurf sein, einzelne Phänomene zu erörtern, welche man nur schwierig oder gar nicht daraus zu erklären im Stande ist. (Man sehe auch den Artikel Wärme.) Indem wir in Betreff der dynamistischen Ansicht über die Materie (s. d.), welche hier wegen ihres geringen Anhanges unter den Physikern übergangen wird, auf Kant's *Metaphys. Anfangsgründe der Naturwiss.* 2. Aufl. Riga 1787. S. 88—93., Schelling's *Ideen z. e. Philos. d. Nat.* Leipz. 1797. 2. Buch S. 161., Fries' *Math. Naturphilos.* Heidelb. 1822. S. 443. u. A. hinweisen, erwähnen wir schliesslich noch zur Belehrung über die mancherlei Ansichten von der Wirksamkeit der anziehenden und abstossenden Kräfte: Parrot's *Grundr. d. theor. Physik I.* S. 90.; Seeber, der ein stabiles Gleichgewicht sphärischer Elementartheile annimmt (*Gilb. Ann.* LXXVI. S. 229.), die bekannten Schriften von Young, Moseley, Challis und andern englischen Physikern; unter den Italienern: Amed. Avogadro: *Mem. d. R. Accad. d. Scienze di Torino*, T. XXX., XXXI.; dessen *Fisica de' Corpi ponderabili ossia Trattato della Costituzione gener. de' Corpi T. II. lib. 3.* Torino 1838.; Ambrog. Fusinieri, dessen dunkle Theorie zugleich mit seinen beachtungswerthen Beobachtungen ignorirt worden ist, im *Giorn. di Pavia degli ann.* 1821., 1823., *Ann. d. Scienze del Regno Lombardo-Veneto d.* 1833., 1835., 1841 (*Difesa dei suoi principj di Meccan. molec.* Vicenza 1842.); O. F. Mossotti in *Taylor's Scientif. Memoirs v. I.* Lond. 1837. S. 448—469.

Ueber Cohäsion, Druck, Gleichgewicht und Bewegung s. m. die Artikel: Hydrostatik, Hydraulik, Luft, Pneumatik u. s. w.

W. Mn.

**Flüssigkeit**, holländische: das von holländischen Chemikern 1796 entdeckte Elaychlorür führte sonst diesen Namen. M.

**Flugmaschine.** So leicht es dem Menschen wurde, die Kunst des Schwimmens den Wasserthieren abzulernen, so schwierig war die Nachahmung der Vögel, Flatterthiere u. A. in Folge der geringen Dichtigkeit der Luft in Vergleich mit seinem Gewicht und der relativ geringen Muskelkraft. Schon die Mythe vom Fluge des Ikarus scheint auf Versuche der Art in den ältesten Zeiten, aber auch auf ihr Misslingen hinzuweisen, und selbst die Nachrichten von fliegenden Automaten, wie der Taube des berühmten Geometers Archytas, erregen den Verdacht, dass Täuschungen im Spiele gewesen. Lange Zeit wurde daher die Fähigkeit zu fliegen nur höheren Wesen, auch im Orient, beigelegt, bis in den dunkeln Jahrhunderten des Mittelalters auch ausgezeichnete Naturforscher, wie Bacon, Albertus Magnus, J. Müller Regiomontanus, in diesen Ruf kamen. Wiewohl das den Luftballons zu Grunde liegende Princip, dass man sich mittelst leichter Luft, als unsere atmosphärische, erheben könne, schon im 14. Jahrhundert vom Augustiner-Mönch Albrecht ausgesprochen und später ähnliche Ideen wiederholt wurden, welche indess mit den Absurditäten der Alchymie vermenget waren, wie z. B. von den Jesuiten Fr. Mendoza, Caspar Schott, P. Laurus, (ein mit frisch gesammelten Morgenthau gefülltes Gänseei, in die Sonne gelegt, steigt in die Höhe), Cardan, Fabry u. A.\*); so blieb man doch bei der Nachahmung der Flügel stehen. Solche Versuche liefen gewöhnlich unglücklich ab, wie z. B. die auf Fleyder's „Theorie des Fliegens“ gegründeten. — Besondere Berühmtheit hat später des Jesuiten Franz de Lana (*Prodomo dell' Arte Maestra. Brescia, 1670.*) Vorschlag erregt: Er wollte nämlich 4 sehr grosse kupferne Kugeln mit so dünnen Wänden nehmen, dass sie, luftleer gemacht, noch mit einem ansehnlichen Gewicht in die Höhe steigen müssten. Seine Berechnungen sind nicht richtig, und die Ausführbarkeit scheidet schon an dem Gewicht und dem geringen Widerstande des Kupfers gegen den Druck der umgebenden Luft. Hooke, Leibnitz u. A. erörterten und verwarfen sein Project, und Borelli suchte darzuthun (*De Motu Animalium. Romae, 1680, 81. 4to*) dass die Muskelkraft des Menschen eben so wenig genüge, um sich mittelst einer Maschine in die Luft zu erheben.

Häufig wird R. Bacon als Erfinder eines wirklichen Flugapparats angesehen. Dies lässt sich indess keineswegs mit Bestimmtheit aus seinen Schriften nachweisen; und es ist merkwürdig, dass, ungeachtet die Bedingungen für das Schwimmen der Körper und die Ausdehnung und Bewegung der Luft nach der Höhe durch Erwärmung längst erkannt waren, die erste brauchbare Flugmaschine erst zu Ende des 18. Jahrhunderts erfunden wurde; (s. die Art. Luftballon, Luftschiffahrt). Der Ballon ist die einzige Maschine, welche bisher für weitere Entfernungen zur Schiffahrt in der Luft angewendet worden ist.

In neuerer Zeit pflegt man meist nur diejenigen Apparate mit

\*) Cyrano de Bergerac machte diese Gelehrten in seiner „Kom. Gesch. der Staaten in Sonne und Mond“ lächerlich.

dem Namen Flugmaschine zu belegen, bei welchen die Fortbewegung mechanisch mittelst flügelartiger Vorrichtungen hervorgebracht wird. Unter den zahlreichen Vorschlägen verdient nur Jak. Degen's Construction \*) eine Erwähnung, welche er 1808 in Wien mit einigem Erfolge anwandte. Die Maschine bestand aus 2 papiernen Flügeln in rundlicher Form von  $10\frac{1}{2}$ ' Länge und 54 Quadratzoll Oberfläche, und in jedem Flügel waren 3500 Klappen, deren Oeffnung und Schliessung durch seidene Fäden geschah. Das Niederschlagen der Flügel, welche in der Höhe des Halses angebracht waren, bewirkte er, indem er mit den Füßen, in aufrechter Stellung, auf einen Rahmen trat. Er erhob mit seiner Maschine 78 Pfund mittelst 34 Flügelschläge in 30 Secunden zu einer Höhe von 50'. Später verband er den Apparat mit einem Luftballon und kam einmal aus einer Höhe von 150 W. Klaftern ganz allmählig herab, wobei die Flügel aber zugleich und vorzugsweise wie ein doppelter Fallschirm dienten. — Die Möglichkeit zu fliegen, ist sonach dargethan; um sich aber eine grössere Strecke fortzubewegen, scheint eine Verbindung des Luftballons mit einem flügelartigen Apparat noch am Meisten Erfolg zu versprechen.

Literatur. Busch: Handbuch der Erfindungen, 8. Th. 4. Aufl. Eisenach 1816. S. 239—243. Faujas de St. Fond: Beschreibung der aërostatischen Versuche; (aus dem Französischen, Leipzig, 1784.); Kramp: Geschichte der Aërostatik und Anhang, Strassburg, 1784—1786. u. s. w. W. Mn.

**Fluor.** Fl=116,900 ein einfacher zu den Salzbildern gehöriger Stoff, der im Flussspath und in der Flusssäure enthalten ist. Gay-Lussac und Thénard machten in ihren 1811 erschienenen berühmten Recherches physico-chimiques zuerst auf das Radical der Flusssäure aufmerksam und versuchten es daraus abzuscheiden. Sie waren indess ebenso wenig glücklich darin, als später H. Davy und in neuerer Zeit Aimé, Baudrimont und Knox. Davy und Aimé versuchten Fluorsilber durch Chlor zu zerlegen, was auch gelang, allein das frei gewordene Fluor verband sich stets mit der Substanz der Gefässe, die bei Davy aus Glas und Platin waren, bei Aimé aus Glas, innen mit Kautschuck überzogen. Baudrimont erhielt Fluor als ein gelbbraunes, Fluorkiesel und Flusssäure enthaltendes Gas durch Behandlung des Flusspaths mit Mangansuperoxyd und Schwefelsäure in einem Glaskolben, und die beiden Knox beobachteten die Entwicklung eines gelblichen Gases, als Chlor auf Fluorquecksilber in Gefässen von Flusspath, die schon Davy dazu vorschlug, geleitet wurde, wobei zugleich Quecksilberchlorid entstand. (Pogg. Ann. XXXII. 576.; Journ. f. pr. Ch. VII. 447.; Berzelius Jahresb. XVII. 96.). Die starke Verwandtschaft des Fluors zu den als Apparate dienenden Körpern ist also die Ursache, dass sich über die physikalischen Eigenschaften dieses sonst nicht seltenen Elementes nichts anführen lässt. Im Uebrigen verhält sich Fluor ganz analog dem Chlor, giebt mit den Metallen salzartige Verbindungen, (s. Fluormetalle) mit Wasserstoff die Flusssäure, verbindet sich mit

\*) Beschreibung einer neuen Flugmaschine. Wien, 1808. Gilb. Ann. XXX. 1. 320. XXXI. 192.

Phosphor und Schwefel, konnte aber mit Sauerstoff noch nicht vereinigt werden. Von Interesse sind auch noch Fluorbor und Fluorkiesel, siehe diese und Fluorwasserstoffsäure. B.

**Fluorbor.** Fluorborsäure.  $BFl_3 = 835,804 - 16,26 B;$  83,74 Fl. Diese Verbindung wurde 1810 von Gay-Lussac und Thénard entdeckt, von J. Davy analysirt, am ausführlichsten aber untersucht von Berzelius. Man erhält sie, wenn man 2 Th. feingepulverten Flussspath (Fluorcalcium) mit 1 Th. glasiger Borsäure in einem an dem einen Ende verschlossenen Flintenlauf bis zur Weissgluth erhitzt. Ein Theil der Borsäure giebt ihren Sauerstoff an das Calcium des Flussspaths, das sich nun mit dem anderen Theil der Borsäure verbindet, während die freigewordenen Bor und Fluor sich zu einem Gas vereinigen, das über Quecksilber aufgefangen werden muss. Leichter erhält man das Fluorborgas, wenn man 1 Th. glasige Borsäure mit 2 Th. Flussspath und 8 Th. conc. Schwefelsäure in einer Glasretorte mässig erhitzt. Das so dargestellte Fluorbor ist aber mit Fluorkiesel, entstanden aus der Einwirkung des Fluors auf das Glas, verunreinigt.

Das Fluorborgas ist farblos, greift Glas nicht an, bildet an der Luft dicke weisse Dämpfe, röthet Lackmuspapier und verkohlt organische Substanzen wie Schwefelsäure. Spec. Gewicht 2,371 (J. Davy) oder 2,312 (Dumas). Die Metalle der Alkalien und alkalischen Erden zerlegen es in der Hitze, die übrigen aber nicht einmal in der Weissgluth. Vom Wasser wird das Gas mit Heftigkeit absorbirt, nach J. Davy können 700 Maass Gas von 1 Maass Wasser verschluckt werden. Dabei vermehrt sich das Volumen des Wassers und sein spec. Gewicht steigt auf 1,77. Diese gesättigte Auflösung raucht an der Luft, und ist sehr ätzend und fressend. Eine solche flüssige Säure kann man auch erhalten durch unmittelbare Vermischung von Borsäure mit mässig concentrirter Flusssäure und Abdampfen bis sie anfängt überzudestilliren.

Wird Fluorborgas in viel Wasser geleitet, so dass dieses nicht gesättigt wird, so scheidet sich Borsäure aus, indem von 4 Atomen Fluorbor ( $4 BFl_3$ ) 1 At. Bor sich mit dem Sauerstoff von 3 At. Wasser ( $3 H_2O$ ) zu Borsäure ( $B_2O_3$ ), das freigewordene Fluor  $Fl_2$  sich mit dem Wasserstoff ( $3 H$ ) zu 3 At. Flusssäure vereinigt. Diese aber giebt mit den übrigen 3 At. Fluorbor eine im Wasser sich auflösende starke Säure die Borfluorwasserstoffsäure ( $FlH + BFl_3$ ). Bringt man Metalloxyde in diese Säure, so verbindet sich der Wasserstoff der Säure mit dem Sauerstoff des Oxyds und das Metall tritt an die Stelle des Wasserstoffs. Die auf diese Weise entstehenden Salze Fluorbor- oder Borfluormetalle sind demnach der Formel  $RFl + BFl_3$  gemäss zusammengesetzt, worin R das Metall bedeutet. (Pogg. Ann. I. S. 4., 142.) B

**Fluorcalcium.**  $CaFl = 489,82 - 52,27 Calc.,$  47,73 Fl. Als Mineral Flussspath, auf Erzgängen sehr häufig. Krystallisirt regelmässig, gewöhnlich als Würfel und Oktaëder, mit einem sehr vollkommenen, die Ecken des Würfels abstumpfenden, den Oktaëderflächen parallelen Blätterdurchgang; ausserdem krystallisirt es auch derb, seltener

dicht, (Flussstein) oder erdig (Flusserde). Sehr schöne Flussspathe liefert England, in Cornwallis, Derbyshire, Cumberland u. s. w. Flusspath ist spröde, durchsichtig oder durchscheinend, lebhaft glasglänzend, meist gefärbt; und oft sehr schön rosenroth, violblau, gelb und grün in mancherlei Nüancen, bisweilen verschiedenartig an demselben Krystall, oder ein gefärbtes Oktaëder in einem farblosen Würfel u. dgl. m., wie Richter beschrieben hat. Der Härte nach steht Flusspath zwischen Kalkspath und Apatit, eine eigene Härtestufe bezeichnend. Spec.-Gew. 3,1—3,2, Spec. Wärme 0,2082 (Neumann), oder 0,21492 (Regnault). Gepulverter Flusspath auf einem eisernen Blech erhitzt leuchtet im Dunklen mit grünem oder blauem Licht, doch nicht jeder Flusspath. Wird er so stark erhitzt, dass er decrepitiert, so leuchtet er nachher beim Erhitzen nicht wieder. Pearsall hat gefunden (Pogg. Ann. XX. S. 252.; XXII. S. 566.), dass Flusspath, der beim Erwärmen nicht leuchtet, durch die elektrischen Schläge der Leidner Flasche diese Eigenschaft erlangt, und wenn er sie durch zu starkes Erhitzen verloren hat, erhält er sie durch einen einzigen Schlag wieder, und in verstärktem Grade durch mehrere. Oft phosphorescirt der elektrisirte Flusspath nach dem Glühen mit anderem Licht als durch blosse Erhitzung. — Ausgezeichnet schön zeigt die Phosphorescenz der Flusspath von Nertschinsk in Sibirien, den man wegen des grünen Lichts, womit er leuchtet Chlorophan nennt. Setzt man ihn nur kurze Zeit der Sonne aus, so zeigt er noch länge im Dunklen einen schwachen Schein. Ein aus Odontschelon in Taurien stammender Flusspath leuchtete ohne vorangehende Erhitzung im Dunklen, wenn er zuvor nur am gewöhnlichen Tageslicht gelegen hatte. Als er 8 Tage vor Zutritt des Lichts bewahrt worden war, zeigte er nur noch schwache Spuren von Phosphorescenz, erlangte sie aber wieder durch Liegen an der Luft. (Schweigg. Journ. XLIX. S. 259.; LI. S. 239.).

In grösserer Hitze schmilzt Flusspath zu einem undurchsichtigen Glase, desgleichen vor dem Löthrohr, vor welchem er in stärkerem Feuer alkalisch wird, und die Flamme roth färbt. Salz- oder Salpetersäure lösen ihn nur schwer auf, von concentrirter Schwefelsäure wird er bei gewöhnlicher Temperatur nicht zersetzt, von wasserfreier Schwefelsäure nicht einmal in der Rothglühhitze. Dagegen giebt Chlorwasserstoffsäures Gas über glühenden Flusspath geleitet Flussssäure und Chlorcalcium (Kuhlmann). Flusspathpulver mit conc. Schwefelsäure erwärmt, entwickelt Flussssäure. Die Zusammensetzung des Flusspaths ist zuletzt von Berzelius festgestellt. Er entdeckte in dem von Derbyshire  $\frac{1}{4}$  pCt. phosphorsaure Kalkerde und Manganoxydul, und Kersten in einigen Varietäten Salzsäure. (Pogg. Ann. I. 20., 37., XXVI. 496.).

Der Flusspath hat seinen Namen von der Eigenschaft mit quarzhaltigen Substanzen leicht zusammenzuschmelzen, weshalb man ihn beim Erzschnelzen behufs der Schlackenbildung zusetzt, da er durch seinen Kalkgehalt dazu beiträgt. Er dient ferner zur Darstellung der Flussssäure und anderer Fluorverbindungen, und wenn er gross und schön gefärbt ist, auch zu mancherlei Luxusartikeln, Dosen, Vasen, Gefässe u. dgl. Berthier hat gefunden, dass der Flusspath mit den schwefelsauren Salzen von Baryt, Kalk, Blei, Kupfer- und Eisen-

oxyd so wie mit Glaubersalz und Borax leichtflüssige Verbindungen giebt, von denen er mehrere zum Guss von Statuen, Vasen, Bas-Reliefs u. s. w. für geeignet hält, was indess durch die Versuche von Frick nicht begünstigt wird. (Erdmann's Journ. VIII. 158.; XIII. S. 401.) Mit Gyps und Schwerspath gemengt wird der Flusspath zum Email (s. d.) auf eisernen Geschirren verwendet.

Künstlich erhält man Fluorcalcium durch Fällung eines Kalksalzes mittelst eines löslichen Fluormetalle, oder durch Auflösen der kohlen-sauren Kalkerde in reiner Fluorwasserstoffsäure, im ersten Fall als einen körnigen, im letzten als einen geléeartigen Niederschlag. — Fluorcalcium ist in geringer Menge auch in den Knochen besonders im Schmelz der Zähne enthalten. B.

**Fluorcერიum** kommt in mehreren Verbindungsweisen in der Natur vor: 1) Das neutrale Fluorcერიum: derbblättrig und krystal-lisirt in sechsseitigen niedrigen Säulen; ist gelblich, blass ziegelroth undurchsichtig, an den Kanten durchscheinend, von Härte des Apatits, spec. Gewicht 4.7. Nach Berzelius eine Verbindung von Cerfluorür mit Cerfluorid  $CeFl + CeFl_2$ , die 1,12 pCt. Yttererde enthält. — 2) Das basische Fluorcერიum: krystallinische, undurchsichtige, gelbe und bräunliche Massen. Härte zwischen Flusspath und Apatit. Nach Berzelius zusammengesetzt aus 1 At. Cerfluorid mit 3 At.

Ceroxydhydrat  $CeFl_2 + 3\ddot{C}e + \ddot{H}$ . Beide kommen zu Finbo bei Fahlun vor. 3) Das Fluorcერიum von der Bastnäs-Grube hat Hisinger untersucht. Es ist derb, zuweilen mit Eindrücken anderer Mineralien, hellwachsgelb, schwach wachsglänzend, etwas härter als Flusspath, und kommt auch erdig vor. Besteht aus Cerfluorid und Ceroxydhydrat, verschieden durch den Wassergehalt vom vorhergehenden  $CeFl_2 + \ddot{C}e\ddot{H}_4$ . (Pogg. Ann. I. S. 28. Berzelius Jahresber. XX. 249.)

B.

**Fluorkiesel.** Fluorkieselsäure  $SiH_2 = 978,71 - 28,33 K.; 71,67 Fl.$  Eine gasförmige Verbindung zwischen Fluor und Kiesel wurde zuerst von Priestley dargestellt, der aber ihren eigentlichen Unterschied von der Flusssäure nicht kannte, den erst Gay-Lussac und Thénard ermittelten. J. Davy bestimmte hierauf ihre Zusammensetzung, und Berzelius lieferte eine umfassende, alle Verhältnisse derselben berührende Arbeit. (Pogg. Ann. I. 170., 204.)

Darstellung. Man erhält Fluorkiesel, wenn man gleiche Theile Flusspath ( $CaFl$ ) und Quarz-Sand ( $SiO_2$ ) innig mengt und in einem Glaskolben mit 6 Th. conc. Schwefelsäure übergießt. Aus der Einwirkung der letzteren auf den Flusspath entsteht schwefelsaure Kalkerde, und das freigewordene Fluor verbindet sich mit dem Kiesel des Quarzes, dessen Sauerstoff das Calcium des Flusspaths zu Kalkerde oxydirt. Das sich entwickelnde Gas muss über Quecksilber aufgefangen werden.

Eigenschaften. Farblos, raucht stark an der Luft, riecht erstickend, spec. Gewicht 3,5735 nach Davy, nach Dumas 3,5973. Von Wasser wird es begierig verschluckt, aber dabei zersetzt. Von 3 At. Fluorkiesel scheidet sich 1 At. Kiesel aus und verbindet sich mit dem Sauerstoff von 3 At. Wasser zu Kieselsäure ( $SiO_2$ ); der Wasserstoff giebt

mit dem vom Kiesel verlassenen Fluor 3 Atome Fluorwasserstoffsäure ( $3\text{FH}$ ), die sich mit den übrigen 2 At. Fluorkiesel zu.

Fluorwasserstoffsäure  $3\text{FH} + 2\text{SiFl}$ , vereinigen. So wie daher eine Blase von Fluorkieselgas in Wasser kommt, so umgiebt sie sich sogleich mit einer Hülle von gallertartiger Kieselsäure, die sehr bald das Gasleitungsrohr verstopfen würde, wenn man es unmittelbar in Wasser leiten wollte. Am zweckmässigsten führt man daher das Gasrohr so weit in ein Gefäß, dessen Boden mit Quecksilber bedeckt ist, dass die Mündung des Rohrs untertaucht, und füllt nun den übrigen Theil mit Wasser. Die aus dem Quecksilber aufsteigenden Blasen erleiden im Wasser dann die beschriebene Zersetzung, welches dabei allmählig sauer und von der abgeschiedenen Kieselsäure gallertartig wird. Ist das Wasser gesättigt, so hat es um das Anderthalbfache seines Gewichtes zugenommen, und raucht etwas an der Luft. Filtrirt man die flüssige Säure von der Kieselsäure ab, und versetzt sie mit ungefähr so viel einer Basis als erforderlich ist, um die Flusssäure zu sättigen, so erhält man ein Kieselfluormetall, indem der Sauerstoff der Basis und der Wasserstoff der Säure Wasser geben. Die Kieselfluormetalle sind also nach der Formel  $3\text{RFl} + 2\text{SiFl}$ , zusammengesetzt, worin R das Metall vorstellt. Mit Kali, Natron und Baryterde giebt die Fluorkieselwasserstoffsäure fast unlösliche Verbindungen, weshalb man sie zur Entdeckung dieser Basen benutzt. Der Niederschlag, den sie in einem auflöslichen Barytsalz hervorbringt ist krystallinisch; der aber in Kali- und Natronsalzen so durchsichtig, dass man ihn erst nach einiger Zeit erkennt, wenn die Lösung nicht concentrirt war, indem er sich als eine trübe opalisirende Masse allmählig senkt.

Bringt man zur Fluorkieselwasserstoffsäure eine starke Basis im Ueberschuss, so entsteht ein Fluormetall und Kieselsäure scheidet sich aus. Bis zu einem gewissen Punkt lässt sich diese Säure durch Abdampfen concentriren, darüber hinaus aber entweicht Fluorkieselgas und es bleibt zuletzt nur Flusssäure übrig. Dasselbe findet statt, wenn man einen Tropfen davon auf einer Glastafel verdunsten lässt, wobei das Glas deshalb zuletzt von der Flusssäure angegriffen wird. Will man daher eine recht concentrirte Säure haben, so ist es am besten, reinen pulverförmigen Quarz, Bergkrystall, in etwas verdünnter Flusssäure aufzulösen. Lässt man bei der Bereitung der Fluorkieselwasserstoffsäure die gesättigte Lösung mit der noch eingemengten Kieselsäure an einem warmen Orte stehen, so entweicht ebenfalls Fluorkiesel, und der rückständige Fluorwasserstoff giebt mit der Kieselsäure wieder Wasser und Fluorkieselgas, so dass die Säure gänzlich verdampft.

B.

**Fluormetalle** entstehen rein, wenn man ein Metalloxyd in Flusssäure auflöst. Die meisten derselben sind in Wasser löslich, die Verbindungen des Fluor mit Calcium, Yttrium, Cerium, Zink, Nickel, Kobalt, Cadmium, Kupfer, Blei und Quecksilber sind es nur schwierig oder gar nicht. Die neutralen Salze der Alkalien reagiren alkalisch, krystallisiren in Cuben und Oktaedern, sind also mit den entsprechenden Chlor- und Jodverbindungen isomorph. Beim Anschliessen des Fluornatriums beobachtete Berzelius, ähnlich manchen

anderen Salzen Funken. Die sauren Alkalisalze schmecken scharf sauer und greifen das Glas an. Die neutralen Fluormetalle werden beim Auflösen in Wasser oder beim Kochen damit in saure und basische zersetzt, aber beim Krystallisiren schiessen nur neutrale an. Mit Tellur, Chrom, Arsenik, Mangan giebt Fluor flüchtige Verbindungen. Alle Fluormetalle haben grosse Neigung Doppelsalze zu bilden, der Kryolith ist eine natürliche Verbindung dieser Art aus Fluoraluminium und Fluornatrium. Ausserdem finden sich natürlich Fluorcalcium, Fluorcerium und Fluoryttrium kommen gemengt mit Fluorcerium und Kieselsäure zu Finbo vor. Wie Fluorbor und Fluorkiesel mit Fluorwasserstoffsäure sich verbinden und daraus Säuren hervorgehen, die mit Basen die Fluorbor- und Fluorkieselmetalle geben, so verbinden sich auch Fluor-Titan, — Tantal, — Molybdän und — Wolfram mit Fluorwasserstoffsäure; und geben in dieser Verbindung mit Basen ebenso viel Reihen von Doppelsalzen, die Fluortitanmetalle u. s. w. Die Fluormetalle sind von Berzelius untersucht und die zuletzt genannten Verbindungen grösstentheils erst von ihm entdeckt worden. (Pogg. Ann. I. 1. 169.; II. S. 113.; IV. 1. 117.; VIII. 129.). In Betreff der Erkennung der Fluormetalle s. Fluorwasserstoffsäure. B.

**Fluorwasserstoffsäure.** Flusssäure  $\text{HFl} = 246,28 - 5,07$  W.; 94,93 Fl. Die Kunst, mittelst Flussspath und Schwefelsäure in Glas zu ätzen, kannte schon 1670 der Nürnberger Künstler Schwankhardt, aber erst 1771 zeigte Scheele, dass diese Eigenschaft einer dabei entwickelten Säure zukäme, die er jedoch, da er sie in Glasgefässen bereitete, nur in unreinem sehr kieselhaltigem Zustande erhielt. Kiesel-frei stellte sie durch Benutzung metallener Gefässe Wenzel dar, und dass sie auch im flüssigen Zustand erhalten werden könne, zeigten Gay-Lussac und Thénard in ihren Recherches physico-chimiques. Vol. II. Ampère und Davy bemühten sich hierauf darzuthun, dass sie eine Wasserstoffsäure sei. Die letzten umfassenden Untersuchungen über sie sind von Berzelius (Pogg. Ann. I. S. 39.; IV. S. 85.).

**Darstellung.** 1 Theil gepulverter Flussspath (Fluorcalcium) wird in einer Blei- oder Platinretorte mit 2 Th. conc. Schwefelsäure übergossen, und gelinde erwärmt. Das Wasser der Schwefelsäure wird hierbei zersetzt, es entsteht schwefelsaure Kalkerde, Fluor und Wasserstoff gehen verbunden und gasförmig über. Die ebenfalls aus Blei oder Platin bestehende Vorlage, in welche der Retortenhals mündet, wird mit Schnee oder Eis abgekühlt, und die in derselben sich condensirende Säure nachher in gut zu verschliessende Platin- oder Goldgefässe gegossen, wenn sie aufbewahrt werden soll. Man kann dazu auch eine bleierne Flasche nehmen, aber dann muss jede Zinnlöthung vermieden sein. Auf diese Weise erhält man die Säure wasserfrei; will man sie wasserhaltig haben, wie sie oft gebraucht wird, so füllt man einen Platintiegel bis zu einer beliebigen Höhe mit Wasser und lässt den Retortenhals dicht über der Oberfläche des Wassers münden, von welchem die gasförmige Säure lebhaft absorbirt wird.

**Eigenschaften.** Die Flusssäure ist eine wasserhelle an der Luft stark rauchende, sehr flüchtige Flüssigkeit, ihr Kochpunkt liegt wenig über  $15^{\circ}$  C. Auf Wasser getropft verursacht sie ein heftiges Zischen, und Glas wird von ihr stark zerfressen, indem sie die Kie-

selsäure darin zerlegt und mit dem Kiesel eine gasförmige Verbindung, den Fluorkiesel (s. d.) bildet. Spec.-Gew. 1,061. Ihre Dämpfe sind erstickend und bewirken, wenn man ihnen die Hände einige Zeit aussetzt, sehr schmerzhaft Entzündungen und schwerheilende Geschwüre, gegen welche man schwache Kalilauge als linderndes Mittel anwenden kann. Die im Wasser gelöste Flusssäure besitzt diese Eigenschaften in desto schwächerem Grade, je verdünnter sie ist. Mit Metalloxyden verbindet sie sich, und giebt damit Wasser und Fluormetalle.

Wegen der grossen Neigung der Flusssäure sich mit Kieselsäure zu verbinden, bedient man sich derselben mit grossem Nutzen bei der Analyse alkalihaltiger Silicate, die sich durch Säuren nicht aufschliessen lassen (vergl. Analyse, unorganische). Diese Methode ist von Berzelius eingeführt worden, der sie für die Untersuchung solcher Mineralien empfahl, die Molybdän-, Titan-, Tantalsäure und ähnliche, sonst äusserst schwierig auflösbare Substanzen enthalten.

Will man die Flusssäure zum Aetzen auf Glas benutzen, so überzieht man dasselbe mit Aetzgrund (s. d.), gravirt die Zeichnung darauf, und setzt die Glasplatte den Dämpfen der Flusssäure, die sich aus einem offenen Tiegel entwickeln, aus, oder man umgiebt die Zeichnung mit einem erhöhten Rand, und giesst die flüssige verdünnte Säure darauf. In beiden Fällen werden die bloss gelegten Glasstellen geätzt, und erscheinen im ersten Falle nach Wegnahme des Aetzgrundes matt, im zweiten glänzend, wie polirt, und weniger sichtbar. Dies rührt daher, dass sich bei der Einwirkung der Flusssäure auf das Glas Fluorkieselkalium bildet, das von dem Wasser der verdünnten Säure aufgelöst und damit fortgewischt wird, im anderen Fall aber als ein weisses Pulver in den bewirkten Ritzen liegen bleibt.

Dasselbe Verfahren befolgt man, wenn man die Gegenwart des Fluors in einem Körper entdecken will. Man pulvert denselben, übergiesst ihn in einem Platintiegel mit Schwefelsäure und erwärmt so gelinde, dass das Wachs auf der gravirten Glasplatte, die man auf den Tiegel legt, nicht schmilzt. Ist nach Verlauf einer halben Stunde, und nach Fortnahme des Wachses die gravirte Stelle auf dem Glase sichtbar, so enthielt der Körper Fluor. War dessen Menge sehr gering, so tritt sie erst hervor nach dem Anhauchen des Glases. Uebrigens muss man dafür sorgen, dass der Stift mit dem man das Wachs wegnimmt nicht so hart ist, dass dadurch das Glas geritzt wird.

Durch diese Reaction wurde die Gegenwart des Fluors in vielen Mineralien, im Wasser von Carlsbad, im fossilen Elfenbein und in den Knochen überhaupt nachgewiesen. Siehe in dieser Beziehung auch Pogg. Ann. IX. 179. und die obigen Citate. B.

**Fluss.** Flüsse oder Flussmittel sind Substanzen die man beim Schmelzen der Metalle zusetzt, um die das Metall umgebenden fremdartigen Stoffe aufzulösen, und so zu bewirken, dass die reducirten Metallkugeln am Zusammenfliessen zu einer Masse, Regulus, nicht gehindert werden. Im Grossen erreicht man dies durch Schlacken, im Kleinen wendet man Glaspulver, Borax, kohlen-saures Kali und andere an. Der schwarze Fluss ist ein Gemenge aus kohlen-saurem Kali und Köhle, und wird erhalten durch Verbrennen eines Gemisches

von 2 Th. Weinstein und 1 Th. Salpeter in einem glühenden Tiegel. Wegen des Kohlengehalts wirkt er reducirend. Der weisse Fluss wird auf dieselbe Weise aus gleichen Theilen Weinstein und Salpeter dargestellt. Er ist reines kohlen-saures Kali, wenn die Materialien rein waren. Der im schwarzen Fluss überschüssige Kohlenstoff ist hier durch die verhältnissmässig doppelt so grosse Menge an Salpeter weggebrannt. B.

**Flusspath** s. Fluorcalcium.

**Fokus** s. Brennpunkt, Brennraum.

**Formal** nennt Kane die Verbindung,  $C_8H_{20}O_6$ , welche von Dumas den Namen Formomethylal erhalten hat. (S. d.) M.

**Formeln**, 1) chemische. Die Figuren, deren sich die Alchemisten bedienten, um auf eine kurze und nur den Kunstgenossen verständliche Weise die oft vorkommenden Stoffe zu bezeichnen, Figuren, von denen einige noch jetzt bisweilen gebraucht werden, haben nichts, wodurch zugleich die Zusammensetzung des damit bezeichneten Körpers ausgedrückt würde. Die Möglichkeit solcher Formeln indess, welche auch die Zusammensetzung sinnlich vor Augen legen und den daraus hervorgehenden Nutzen erkannte Lavoisier zuerst, und Adet und Hassenfratz entwarfen unter seiner Anleitung ein Formelsystem, welches auch die Imponderabilien mit aufnahm. Es ist seinen Grundsätzen nach in der *Chimie moléculaire* von Persoz, S. 51. ff. angegeben, wo sich auch eine Probe dieser frühesten wissenschaftlichen Zeichensprache befindet. Allein die entschiedenen Vorzüge hinsichtlich der Kürze und Klarheit, welche die von Berzelius eingeführte Methode besitzt, und welche ihr die allgemeinste Aufnahme erwarben, haben jene ersten Versuche der Vergessenheit überliefert. Um eine Gleichheit der Formeln unter allen civilisirten Nationen herbeizuführen legt Berzelius die lateinischen Namen der elementaren Stoffe zum Grunde, und bezeichnet jedes Element mit dem Anfangsbuchstaben dieses Namens. Wo mehrere Körper denselben Anfangsbuchstaben haben, wird dem ersten noch der nächste unterscheidende Buchstabe hinzugefügt. Auf diese Weise entstehen für die einfachen Stoffe folgende Zeichen:

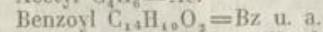
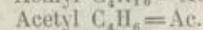
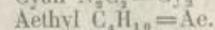
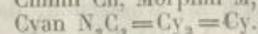
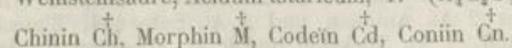
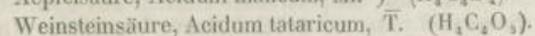
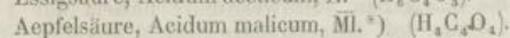
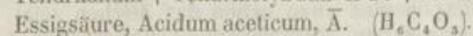
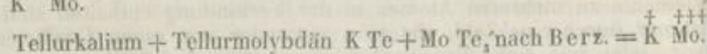
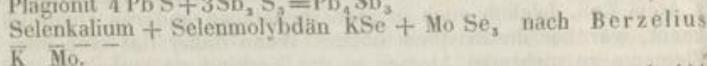
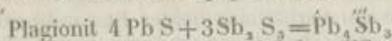
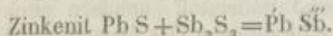
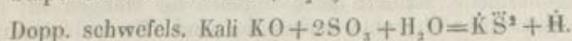
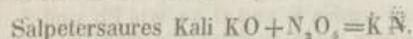
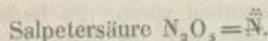
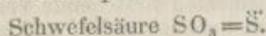
Deutsch	Lateinisch	Zeichen	Deutsch	Lateinisch	Zeichen
Aluminium	Aluminium	Al	Chlor	Chlor	Cl od. Chl.
Antimon	Stibium	Sb	Chrom	Chromium	Cr
Arsenik	Arsenicum	As	Eisen	Ferrum	Fe
Barium	Barium	Ba	Fluor	Fluor	Fl od. F
Beryllium	Beryllium	Be	Gold	Aurum	Au
Blei	Plumbum	Pb	Jod	Jodum	J
Bor	Boron	B	Iridium	Iridium	Jr
Brom	Bromium	Br	Kalium	Kalium	K
Cadmium	Cadmium	Cd	Kiesel	Silicium	Si
Calcium	Calcium	Ca	Kobalt	Cobaltum	Co
Cer	Cerium	Ce	Kohlenstoff	Carbonicum	C

Deutsch	Lateinisch	Zeichen	Deutsch	Lateinisch	Zeichen
Kupfer	Cuprum	Cu	Silber	Argentum	Ag
Lithium	Lithium	L	Stickstoff	Nitrogenium	N
Lanthan	Lanthanium	La	Strontium	Strontium	Sr
Magnesium	Magnesium	Mg	Tantal	Tantalium	Ta
Mangan	Manganium	Mn	Tellur	Tellurium	Te
Molybdän	Molybdaenum	Mo	Thorium	Thorium	T
Natrium	Natrium	Na	Titan	Titanium	Ti
Nickel	Niccolum	Ni	Uran	Uranium	U
Osmium	Osmium	Os	Vanadin	Vanadium	V
Palladium	Palladium	Pd	Wasserstoff	Hydrogenium	H
Phosphor	Phosphorus	P	Wismuth	Bismuthum	Bi
Platin	Platinum	Pt	Wolfram	Wolframium	W
Quecksilber	Hydrargyrum	Hg od. Hy	Yttrium	Yttrium	Y
Rhodium	Rhodium	R	Zink	Zincum	Zn
Sauerstoff	Oxygenium	O	Zinn	Stannum	Sn
Schwefel	Sulphur	S	Zirconium	Zirconium	Zr
Selen	Selenium	Se			

Um nun eine aus zwei oder mehr Elementen bestehende Verbindung auszudrücken, setzt man ihre Zeichen nebeneinander, und zwar den elektropositiven oder basischen Bestandtheil voran. So bedeutet KO Kali, Kaliumoxyd, Pb S Schwefelblei (Bleiglanz). In dieser Zusammenstellung geben aber die Formeln K und O so wie Pb und S nicht allein die Bestandtheile, sondern auch zugleich die Mengen an, nach welchen die genannten Elemente verbunden sind. Es bedeuten nämlich K und O nicht allein Kalium und Sauerstoff, sondern auch ausserdem noch 1 Atom von jedem, und da man das Atomgewicht von jedem kennt, so ist das Gewichtsverhältniss beider Bestandtheile in 1 Atom Kali, folglich auch in jeder beliebigen anderen Quantität bekannt, worüber die Beispiele unten. Wenn daher das eine oder alle Elemente zu mehreren Atomen in der Verbindung enthalten sind, so ist nur durch eine Zahl, die man entweder wie einen Coefficienten vor, oder wie einen Exponenten oben neben das Zeichen setzt, die Anzahl dieser Atome anzugeben. Schwefelsäure besteht aus 1 At. Schwefel und 3 At. Sauerstoff, Salpetersäure besteht aus 2 At. Stickstoff und 5 At. Sauerstoff, das natürliche Schwefelantimon (Grauspiessglanzerz) aus 2 At. Antimon und 3 At. Schwefel, Blausäure aus 2 At. Kohlenstoff, 2 At. Stickstoff und 2 At. Wasserstoff, daher ihre Formeln in derselben Folge  $S+3O$ ,  $2N+5O$ ,  $2Sb+3S$ ,  $2H+2N+2C$  oder  $SO_3$ ,  $N_2O_5$ ,  $Sb_2S_3$ ,  $H_2N_2C_2$ . Die letzte Bezeichnungsweise, wobei die Exponenten unten gesetzt werden, um Verwechslungen mit algebraischen Exponenten zu verhüten, haben Liebig und Poggendorff eingeführt. Die Verbindung zweier oder mehrerer zusammengesetzter Körper wird durch die mittelst des Zeichens + vereinigte Formel der letzteren ausgedrückt:  $KO+SO_3$  ist neutrales schwefelsaures Kali, enthält 1 At. Kali und 1 At. Schwefelsäure,  $KO+2SO_3+H_2O$  ist doppelt schwefelsaurer Kali, enthält 1 At. Kali, 2 At. Schwefelsäure, 1 At. Wasser.  $PbS+Sb_2S_3$ , und  $4PbS+3Sb_2S_3$  sind also Verbindungen von Schwe-

felblei mit Schwefelantimon in verschiedenen Verhältnissen; erstere ist der Zinkenit, letztere der Plagionit, zwei Erze.

Um diese Formeln noch kürzer und übersichtlicher zu machen, werden die Sauerstoffatome in den unorganischen Verbindungen durch Punkte bezeichnet, die man über das Radical setzt, desgleichen die Schwefelatome durch ein ebenso angebrachtes Komma, weil beide Klassen von Verbindungen sehr häufig sind. Ferner lässt man in denjenigen Stoffen, die nur zu 2 Atomen in Verbindungen eingehen, (vergl. Atom) wie Chlor, Stickstoff, Wasserstoff, den Exponenten 2 weg, und durchstreicht dafür den Buchstaben. Unter den organischen Verbindungen hat man für Säuren und Basen gleichfalls Abkürzungen ausgedacht, die darin bestehen, dass man über den Anfangsbuchstaben des Adjectivs ihres lateinischen Namens das Zeichen —, bei den organischen Basen (Alkaloiden) über den ersten Buchstaben + setzt. (Jenes hat indess Berzelius auch für Selen-, dieses für Tellur-Verbindungen vorgeschlagen.) Endlich werden manche häufig vorkommende organische Radikale durch besonders zu merkende Formeln bezeichnet. Zur Verdeutlichung aller eben angeführten Bemerkungen folgende Beispiele:



Zu den wesentlichsten Vortheilen, welche diese Formeln gewähren, gehört auch die Leichtigkeit, mit der sie die Betrachtung über die Anordnung der Elemente in den Verbindungen gestatten. Ob man die Sauerstoffsalze nach Art der Haloidsalze aus einem Metall und einem Salzbilder bestehend, also  $\overset{\cdot}{\text{K}} \overset{\cdot}{\text{S}}$  wie  $\text{K} + \overset{\cdot}{\text{S}}$ , oder sie wie bisher

\*)  $\bar{\text{M}}$  wäre Ac. mucicum, Schleimsäure,  $\bar{\text{Mr}}$  ist Margarinsäure von Ac. margaricum.

betrachten, ob man den Aether  $C_4H_{10}O$  als das Hydrat des ölbildenden Gases  $C_4H_8 + HO$  oder als das Oxvd des Aethyls  $C_4H_{10} + O$  ansehen soll, sind von den überaus vielen Fragen, zu denen die Wissenschaft auffordert, nur zwei Beispiele, welche zeigen sollen, wie ungemein leicht die Formeln sich jeder Spekulation anpassen, und immer eine gleiche Uebersicht wahrnehmen lassen. Aus derartigen Betrachtungen sind die Benennungen rationelle und empirische Formeln hervorgegangen, wo man unter letzteren den Ausdruck des durch die Analyse gefundenen, jeder Hypothese entkleideten Resultats, unter rationellen aber die einer Theorie angepasste Formel versteht. Man betrachtet die Oxalsäure oft als ein Oxvd des Kohlenoxyds  $2CO + O$ , ihre empirische Formel aber ist  $C_2O_3$ , die des Aethers  $C_4H_{10}O$ , des schwefelsauren Kalis  $KSO_3$ .

Aus der Formel lässt sich ferner die procentische Zusammensetzung in der Verbindung berechnen, vorausgesetzt, dass man eine Atomgewichtstafel aller elementaren Stoffe habe. Die Formel für die Schwefelsäure  $SO_3$  zeigt an, dass darin 3 Atome Sauerstoff mit 1 At. Schwefel verbunden sind. 1 At. Schwefel wiegt 201,3 At. Sauerstoff 300 (s. Atomgewicht), also sind 201 Gewichtstheile Schwefel mit 300 Sauerstoff zu Schwefelsäure vereinigt, oder in 501 Schwefelsäure sind 300 Sauerstoff, folglich in 100 Schwefelsäure  $\frac{300 \times 100}{501} = 59,9$  Procent Sauerstoff.

Die Formel für den Salpeter ist  $K\overset{\overset{O}{\parallel}}{N}$ . Das Atomgewicht des Kalis ist 590, der Salpetersäure 677, folglich sind in 1267 Th. Salpeter 590 Th. Kali oder in 100 Salpeter 46,5 Proc. Kali und 53,5 Salpetersäure. Wäre das Atomgewicht der Salpetersäure und des Kalis unbekannt, so könnte man es, wie bei der Schwefelsäure gezeigt, aus den Elementen berechnen.  $K\overset{\overset{O}{\parallel}}{S} + Al\overset{\overset{O}{\parallel}}{S}_3 + 24H$  ist die Formel des Alauns. Er enthält also:

1 Atom Kali	590 od.	9,9 Proc.
1 - Thonerde	642	- 10,8 -
4 - Schwefelsäure	2004	- 33,7 -
24 - Wasser	2699	- 45,7 -

Oder da 1 At. schwefelsaures Kali 1091 auch 18,4 Proc.

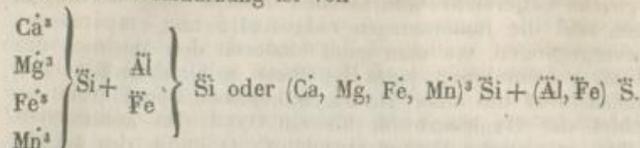
1 - schwefels. Thonerde	2145	36,1
24 - Wasser	2699	45,5.

Die Stärke hat die Formel  $C_6H_{10}O_5$ , also ihre Zusammensetzung:

6 At. Kohlenstoff	458,6	oder 44,9 Proc.
10 - Wasserstoff	62,4	- 6,1
5 - Sauerstoff	500,0	- 49,0.

Wenn in einer Verbindung ein Bestandtheil von einer oder mehreren mit ihm isomorphen Substanz theilweise vertreten wird, wie dies namentlich bei Mineralien so häufig der Fall ist, so pflegt man die isomorphen Bestandtheile, da sie zusammengefasst erst ein Glied der Verbindung ausmachen, entweder unter einander oder, der Raumparität wegen, in eine Klammer durch Kommata getrennt neben einander zu schreiben. Die Granaten z. B. sind der Formel  $R^3\overset{\overset{O}{\parallel}}{Si} + R^2\overset{\overset{O}{\parallel}}{Si}$  gemäss zusammengesetzt, worin R Kalk- Talkerde, Mangan-

und Eisenoxydul bedeutet, die in sehr veränderlichen Mengen darin vorkommen, jedoch so, dass alle zusammengenommen stets dieselbe Menge Sauerstoff enthalten, als ob nur eine Basis die Säure sättigte. Ebenso tritt in dem zweiten Gliede als Basis Thonerde allein oder mit mehr oder weniger Eisenoxyd verbunden auf, weshalb obige Formel eine Abkürzung ist von



Es leuchtet ein, dass eine solche Formel sich nicht berechnen lässt, da die veränderlichen Quantitäten unter den Basen, obgleich in (Sauerstoff) Summe immer gleich, unendlich viele Variationen zulassen.

Aufstellung einer Formel aus dem Ergebniss der Analyse. Da in chemischen Verbindungen, und für solche suchen wir nur Formeln, die Bestandtheile nach Atomgewichten mit einander verbunden sind, so wird die Anzahl der Atome eines jeden Stoffes darin gefunden, wenn man die Procentzahl durch das Atomgewicht dividirt. Die Quotienten geben dann die relative Atomenzahl an, woraus es in den meisten Fällen leicht ist, die absolute zu finden. Z. B. Berzelius fand im Schwefelkies 46,08 Eisen und 53,92 Schwefel. Das Atomgew. des Eisens ist 339, des Schwefels 201.  $\frac{46,08}{339} = 0,136$

und  $\frac{53,92}{201} = 0,268$ . Aber  $0,136 : 0,268 = 1 : 2$  also kommen im Schwefelkies auf 1 Atom Eisen 2 At. Schwefel. Aus der Zusammenstellung der Schwefelverbindungen des Eisens ergibt sich, dass im Schwefelkies nur 1 At. Eisen enthalten ist, folglich hat er die Formel  $\text{Fe}_2\text{S}_3$  oder  $\text{Fe}_2\text{S}_4$ . Waren 2 At. Eisen darin, so würde man ihm die Formel  $\text{Fe}_4\text{S}_4$  geben müssen (Vergl. Atome).

Im Gyps fand Buchholz 33 Kalkerde, 46 Schwefelsäure, 21 Wasser.

$$\frac{33}{356} = 0,093 \text{ 1 At.}$$

$$\frac{46}{501} = 0,090 \text{ 1 At.}$$

$$\frac{21}{112} = 0,187 \text{ 2 At.}$$

also die Formel  $\text{CaS} + 2\text{H}$ . Die kleinen Abweichungen von dem genauen Verhältniss rühren von unvermeidlichen Beobachtungsfehlern her.

Den schon oben erwähnten Zinkenit hat H. Rose analysirt und gefunden

Atomgew.

$$\text{Blei} \dots 31,84 : 1294 = 0,025 \text{ 1 At.}$$

$$\text{Antimon} \dots 44,39 : 806 = 0,055 \text{ 2 -}$$

$$\text{Schwefel} \dots 22,58 : 201 = 0,112 \text{ 4 -}$$

Die empirische Formel ist also  $\text{PbSbS}_4$ . Da aber der Schwefel

ähnlich dem Sauerstoff basische und saure Verbindungen giebt und Schwefelantimon  $SbS_3$  die Rolle einer Säure spielt, so ist ersichtlich, dass der Zinkenit ein Schwefelsalz ist und der Schwefel darin sich

gemäss der Formel  $PbSb$  vertheilt.

Bei organischen Verbindungen verfährt man ebenso. Die Essigsäure besteht aus:

Kohlenstoff 40,46 : 75,7\*) = 0,53 1 At.  
 Wasserstoff 6,24 : 6,24 = 1,06 2 -  
 Sauerstoff 52,94 : 100 = 0,52 1 -

Diese Zahlen geben, was nicht zu vergessen ist, nur die relative Atomenzahl an. Bei unorganischen Verbindungen findet man die absolute aus der Schwefelungs- oder Oxydationsstufe, der Sättigungscapazität, so wie aus manchen andern den speciellen Fall betreffenden Umständen meist leicht, in vielen Fällen, wie in den obigen, er giebt sie sich wie von selbst. Das Mittel für organische Verbindungen die absolute Atomenzahl aufzufinden ist das Atomgewicht derselben, und man kann nicht eher eine zuverlässige Formel für eine solche Verbindung angeben, ehe man dies nicht kennt. Man findet aber das Atomgewicht, wenn man den organischen Körper mit einer unorganischen Basis zu einer neutralen oder hinsichtlich ihrer Sättigungsstufe bekannten Verbindung vereinigt, was also nur mit solchen Körpern möglich ist, die sich wie Säuren verhalten. Bei indifferenten Stoffen bleibt die Bestimmung des Atomgewichts, also auch der Formel, ganz unsicher. Wenn man nun 100 Th. Essigsäure mit Bleioxyd sättigt, so verliert die Säure 14,9 Th. Wasser, welches sie anders ohne Zersetzung nicht abgiebt, und man erhält neutrales essigsaures Bleioxyd, bestehend aus 68,4 Th. Bleioxyd und 31,6 wasserfreier Essigsäure, oder aus 1 Atom von jedem Bestandtheil. 1 Atom Bleioxyd wiegt 1394, also 1 Atom wasserfreie Essigsäure  $68,4 : 31,6 = 1394 : x = 643$ .

Die Analyse des essigsauren Bleies er giebt weiter ausser 68,4 Proc. Bleioxyd

	in 643 Th. Säure	Atomgew.
Kohlenstoff 15,0 = 305	:	75,7 4
Wasserstoff 1,9 = 38	:	6,24 6
Sauerstoff 14,7 = 300	:	100 3

Die Formel der wasserfreien Essigsäure ist demnach  $C_4H_6O_3$ . Da in der wasserhaltigen 14,9 Proc. Wasser, so sind in 643 Th. oder 1 At. wasserfreier Säure  $\frac{14,9 \times 643}{85,1} = 112$  Th. Wasser sind, was grade 1 Atom ist; vollständig ist also die Formel der liquiden reinen Essigsäure  $C_4H_6O_3 + H$ .

Verbindungen, welche nur Oxyde enthalten, lassen sich auch noch auf andere Weise berechnen. Man sucht nämlich die zu jedem Bestandtheil gehörigen Sauerstoffmengen und diese müssen natürlich im Verhältniss der Atome zu einander stehen. Aus den Sauerstoff-Atomen er giebt sich dann auch die Atomenzahl der Radikale z. B.

\*) Liebig und Redtenbacher. Vergl. über dieses Atomgewicht den Artikel „Kohlenstoff.“ M.

Schrötter fand das schwefelsaure Chromoxyd zusammengesetzt aus

Chromoxyd	24,415	darin	7,3	Sauerstoff	1
Schwefels.	35,472		21,3		3
Wasser	40,113		35,6		5

Die Schwefelsäure enthält also dreimal so viel Sauerstoff als die Basis, da Chromoxyd aber auf 2 Atome Chrom 3 At. Sauerstoff enthält, so ist erst in 3 At. Schwefelsäure dreimal mehr Sauerstoff als in 1 At. Chromoxyd. Endlich soll die Sauerstoffmenge des Wassers fünfmal grösser sein als im Chromoxyd, folglich muss die Verbindung 15 Atome Wasser enthalten, und ihre Formel ist also  $\text{CrS}^2 + 15\text{H}$ .

Diese Berechnungsweise ist nicht allein auf Sauerstoffsalze, sondern auch auf Schwefelsalze anwendbar und alle solche Verbindungen, die einen gemeinsamen elektronegativen Bestandtheil haben. In solchen Fällen, wo mehrere isomorphe Körper die Basis oder Säure bilden ist sogar diese Methode die allein zum Ziele führende. Beispiele werden dies klar machen. Abich erhielt bei der Analyse des Periklins (Albit) von Pantellaria

	Sauerstoff			
Kieselsäure	68,23	35,42		12
Thonerde	18,30	8,54	8,84	3
Eisenoxyd	1,01	0,30		
Kalkerde	1,26	0,35		
Talkerde	0,51	0,20	3,01	1
Kali	2,53	0,42		
Natron	7,99	2,04		

Da hier Thonerde und Eisenoxyd zusammen erst ein Glied der Verbindung ausmachen, so würden ihre Mengen durch das Atomgewicht dividirt keine multiplen Zahlen, wie sie zur Aufstellung einer richtigen Formel gehören, geben. Ebenso verhält es sich mit den vier letzten Basen. Dagegen ist das Verhältniss der Sauerstoffmengen unverkennbar. Die Kieselsäure  $\text{SiO}_2$ , welche in ihren neutralen Salzen dreimal mehr Sauerstoff enthält als die Basis, vertheilt sich nun auf die zwei Abtheilungen der Basen so, dass auf Thonerde und Eisenoxyd, die 3 At. Sauerstoff haben, 9 At. Sauerstoff oder 3 At. Kieselsäure, auf die übrigen Basen aber 1 At. Kieselsäure mit 3 At. Sauerstoff kommen.  $(\text{Al, Fe}) \text{Si}_3 + (\text{Ca, Mg, K, Na}) \text{Si}$ . Der Hauptsache nach ist dieses Mineral also ein Doppelsalz aus kieselsaurer Thonerde und kieselsaurem Natron.

In dem Polybasit aus Mexiko fand H. Rose ausser 0,06 Eisen

Antimon	5,09	erfordern	1,90	4,30	Schwefel	1
Arsenik	3,74		2,40			
Silber	64,29		9,56	12,09		3
Kupfer	9,93		2,53			
Schwefel	17,04					

um in Schwefelmetalle überzugehen. Da nun Schwefelarsenik und Schwefelantimon einerseits, Schwefelkupfer  $\text{CuS}$  und Schwefelsilber  $\text{AgS}$  andererseits isomorph sind, und diese dreimal mehr Schwefel

enthalten als jene, so ist die Formel  $(\text{Cu, Ag})_3 + (\text{Sb, As})$  oder  $\left. \begin{array}{l} \text{Cu}_3 \\ \text{Ag}_3 \end{array} \right\} \left\{ \begin{array}{l} \text{Sb} \\ \text{As} \end{array} \right.$

2) Mineralogische Formeln dienen zur Bezeichnung der Zusammensetzung von oxydirten Mineralien, und unterscheiden sich von den chemischen darin, dass das Zeichen des Radicals die Oxydationsstufe anzeigt, und die Exponenten und Coefficienten die relativen Sauerstoffmengen bezeichnen. Die Formel wird durch Cursivschrift als mineralogische kenntlich gemacht. Die Oxydule werden durch kleine Anfangsbuchstaben vom Oxyd unterschieden, *Aq* bedeutet Wasser. Es sind also gleichbedeutend:

Quarz *S* oder *Si*=*Si*.

Corund *Al* oder *A*=*Al*.

Spatheisenstein *fe C*=*Fe C*.

Magneteisenstein *fe F*<sub>2</sub>=*Fe Fe*.

Thonmangan-Granat *mn Si* + *Al Si*=*Mn*<sub>2</sub> *Si* + *Al Si*.

Feldspath *K Si*<sub>2</sub> + 3 *Al Si*<sub>2</sub>=*K Si* + *Al Si*<sub>2</sub>.

Aluminit *Al S* + 3 *Aq*=*Al S* + 9 *H*.

Analcim *Na Si*<sub>2</sub> + 3 *Al Si*<sub>2</sub> + 2 *Aq*=*Na*<sub>2</sub> *Si*<sub>2</sub> + 3 *Al Si*<sub>2</sub> + 6 *H*.

Phillipsit (*K, Ca*) *Si*<sub>2</sub> + 4 *Al Si*<sub>2</sub> + 6 *Aq*=(*K, Ca*)<sub>2</sub> *Si*<sub>2</sub> + 4 *Al Si*<sub>2</sub> + 18 *H*.

Diese Formeln kommen indess nicht häufig vor, und es wäre vielleicht besser, sie ganz eingehen zu lassen, da man in verwickelten Fällen doch nur die chemischen gebraucht. B.

**Formicon.** Loewig erhielt bei der Destillation eines Gemenges von ameisensaurem Kalk mit Kalkerde neben gasförmigen Produkten eine braune ölarartige Substanz, welche rectificirt dünnflüssig ist. Er glaubt sie für Formicon halten zu dürfen, oder für eine Verbindung, welche aus der Ameisensäure durch Kohlensäure abgeben entsteht, wie der Essiggeist aus der Essigsäure. Die Zusammensetzung müsste dann sein  $\text{C}_2\text{H}_2\text{O}$ . M.

$\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_3$  = Ameisensäure.

$\text{C O}_2$  = Kohlensäure.

$\text{C H}_2\text{O}$  = Formicon.

Bei der Destillation von ameisensaurem Bleioxyd erhielt ich nur Spuren dieser Substanz, deren Existenz noch näher zu erweisen ist, s. Loewig Chem. d. organ. Verbind. I. S. 23. M.

**Formobenzoylsäure** syn. mit Mandelsäure s. d.

**Formosal** nannte Kane (Ann. d. Ph. 19. S. 182.) den von Liebig zuerst analysirten Holzgeist, den er als eine Verbindung von Formyloxyd ( $\text{C}_2\text{H}_2\text{O}$ ) mit Methyloxyd betrachtete. Diese Ansicht, welche unrichtig ist, wurde später widerlegt, und der Liebig'sche Holzgeist als der von Schweitzer und Weidmann untersuchte Xylit erkannt s. d. M.

**Formomethylal.** (Dumas); nach Kane Formal, nach Malaguti Methylal. Man erhält diese Verbindung durch die Destillation

von 2 Th. Holzgeist, 2 Th. Braunstein, und 3 Th. Schwefelsäure, welche mit dem gleichen Gewicht Wasser verdünnt war. Sobald ein Aufbrausen eintritt, wird die Retorte vom Feuer entfernt. Bei 60° geht ein Gemenge von Formomethylal und Aldehyd über, später folgen andere Produkte. Das Formomethylal stellt eine farblose, durchdringend angenehm riechende Flüssigkeit dar, welche bei 42° kocht, in Wasser, Aether, Holzgeist und Weingeist löslich ist, und aus den Auflösungen durch Chlorcalcium abgeschieden werden kann. Es besteht aus  $C_6H_{16}O_4$ , sp. G. 0,8551 sp. G. des Dampfes 2,64. Man kann das Formomethylal betrachten als eine Verbindung von Formyloxydhydrat mit zwei Atomen Methyloxyd; man kann das Acetal als die entsprechende Acetylverbindung mit dem Aether ansehen, wenn man dasselbe als Acetyloxydhydrat verbunden mit Aethyloxyd betrachtet. Kane und Dumas hatten unter dem Namen Formomethylal ein Gemenge des Malaguti'schen Methylals mit Ameisenholzäther untersucht, welches Kane für einen dreibasisch ameisen-sauren Holzäther erklärte. Ann. d. Pharm. XIX. 175. XXVIII. 135. Malaguti klärte den Gegenstand erst später auf. J. f. p. Ch. XVIII. 70. Chlor wirkt auf die Verbindung heftig ein, und erzeugt Ameisensäure und Aenderthalbchlorkohlenstoff  $\frac{1}{2} CCl$ . M.

**Formyl.** Das hypothetische Radikal der Ameisensäure,  $C_2H_2 = Fo$ ; von welchem die Ameisensäure die höchste Oxydationsstufe ausmachen würde  $C_2H_2 + O_3$ . In seinen Eigenschaften dem Acetyl nicht unähnlich, würde es auch eine grosse Anzahl von Verbindungen bilden, welche in der Acetylreihe die entsprechenden Glieder finden. Vergl. Formyl-Verbindungen. M.

**Formylaldehyd.** Laurent fand, dass, wenn man Formylsuperchlorür (s. d.) mit Stücken von Kalihydrat behandelt, sich Chlorkalium, ameisen-saures Kali und ein erstickend riechender Dampf bildet. Die nähere Untersuchung über diesen Stoff fehlt, jedoch kann er kaum etwas Anderes sein als  $C_2H_2O_2$ , das Formylsuperchlorür besteht aus  $C_2H_2Cl_4$ . Aus zwei Atomen desselben und drei Atomen Kalihydrat werden drei At. Chlorkalium, 1 At. Ameisensäure und 1 At. Formyl gebildet, welches sich mit 1 At. Sauerstoff aus dem Kali, verbindet und dabei 1 At. Wasser aufnehmen kann. Dann ist die Verbindung  $C_2H_2O + H_2O$ , gleich dem gewöhnlichen Aldehyd,  $C_2H_2O + H_2O$ , nur dass 1 At. Formyl gegen 1 At. Acetyl darin enthalten ist. Die Existenz dieser Verbindung verdient eine genauere Prüfung. M.

**Formylchlorid.** Kohlenoxydchlorid. Als solches betrachtet Berzelius das Chloral (s. d.), welches aus  $C_2H_2Cl_2O$  besteht, und das man dann betrachten müsste als  $C_2H_2A_2 + 2CO Cl_2$ . Das Formylchlorid selbst,  $C_2H_2Cl_2$ , kennt man nicht im isolirten Zustande. Freilich lässt sich der Verbindung des Chlorals noch mehr als eine andere Deutung unterlegen. So kann man es ansehen als ein Aldehyd  $C_2H_2O_2$ , den man selbst als das Hydrat der ersten Oxydationsstufe des Acetyls betrachten kann  $C_2H_2O + H_2O$ , in welchem sechs Atom Wasserstoff durch sechs Atom Chlor ersetzt sind:  $C_2Cl_6O + H_2O$ , also aller Wasserstoff, welcher in dem Acetyl enthalten ist. M.

**Formylsäure.** Die höchste Oxydationsstufe des hypothetischen Radicals  $C_2H_2=Formyl$ ; nämlich  $C_2H_2 + O_2$ , oder Ameisensäure, s. d. Vergl. auch Formyl und Formylverbindungen. M.

**Formylsesquichlorid** fanden Weidmann und Schweitzer bei der Behandlung des Holzgeistchlorals mit Kalilösung. Es hat grosse Aehnlichkeit mit dem Chloroform, besteht aber aus  $C_2H_2Cl_2$ . M.

**Formylsulfid**, von Bouchardat erhalten und Sulfoform genannt; analog dem Chloroform;  $C_2H_2S_2$ . Es bildet sich, wenn Jodoform (Formylsuperjodid) mit seinem dreifachen Gewicht Zinnober destillirt wird. Quecksilberoxyd bleibt zurück, und das Formylsulfid geht als schwere, orangefarbene Flüssigkeit über, welche in Schwefelsäure untersinkt, die es jedoch allmählig zerlegt. Aether und Alkohol lösen es leicht auf; Wasser jedoch nicht. Durch Kochen mit Kalihydrat wird es in Schwefelkalium und ameisen-saures Kali verwandelt. Es verdient diese Angabe genauer geprüft und zugleich die Verbindung sorgfältiger untersucht zu werden. M.

**Formylsuperbromid.** Bromoform. Bromätherid. Löwig entdeckte diese Verbindung, welche wie die entsprechende Chlorverbindung erhalten wird. Dumas, der ihre Zusammensetzung bestimmte, fand sie bestehend aus  $C_2H_2Br_2$ . Spec. Gew. des Dampfes 8,5453. Man erhält sie am leichtesten durch Destillation von verdünntem Weingeist, dem Aceton, Holzgeist u. s. w. mit Bromkalk. Sie bildet eine farblose Flüssigkeit von angenehmem, aromatisch-süßlichem Geruch und Geschmack. Spec. Gew. 2,1. Wasser löst wenig davon auf, viel hingegen Alkohol, Aether, flüchtige Oele. Durch ein glühendes Rohr in Dampfgestalt geleitet, zersetzt es sich wenig; Kalium zerlegt es nicht, brennt indessen in seinem Dampfe. Metalloxyde darin erhitzt geben Kohlenoxydgas, Wasser und Brommetall. In Alkohol gelöst wird es durch Kali in ameisen-saures Kali und Bromkalium verwandelt. M.

**Formylsuperchlorid.** Chloroform, Chloraetherid (Mitscherlich)  $C_2H_2Cl_2$ . Von Liebig entdeckt, der es Anfangs für einen Chlorkohlenstoff hielt; Dumas fand die richtige Zusammensetzung, welche später von mehreren Chemikern bestätigt wurde. Die Verbindung bildet sich unter verschiedenen Umständen; bei der Zerlegung von verdünntem Weingeist durch Chlorkalk, bei der Einwirkung des Chlorkalks auf den Essiggeist, Holzgeist, Xylit u. s. w.; beim Einleiten von Chlor in eine Auflösung von Kali in Weingeist; bei der Zersetzung des Chlorals durch Alkalien. Man erhält die Verbindung am bequemsten durch Destillation von 3 Unzen Alkohol mit 3 Liter Wasser, mit welchem man 1 Liter Chlorkalk ausgelaugt hat. Mit den Wasserdämpfen geht eine ölartige Flüssigkeit über, welche davon getrennt mit dem 7—8fachen Volumen concentrirter Schwefelsäure gemischt und destillirt wird. Das Chloroform bildet dann eine farblose, ölartige Flüssigkeit, von eigenthümlich-ätherischem Geruch und süßem Geschmack. Spec.-Gewicht 1,48 bei  $+18^\circ$ . Es siedet bei

Chem.-phys. Wörterb. II.

8

+60,8, unter Wasser jedoch schon bei 57,3. Das spezifische Gewicht des Dampfes ist 4,11. Durch Kalihydrat wird die alkoholische Lösung in Ameisensaures Kali und Chlorkalium zerlegt. Kalium zerlegt das Chloroform nicht in der Kälte, in seinem Dampfe erhitzt, entzündet es sich mit Explosion. M.

**Formylsuperchlorür.**  $C_2H_2Cl_4$ . Diese Verbindung entsteht durch Einwirkung von Chlor auf das Elaylchlorür  $C_2H_3Cl_3$ , nach mehreren Tagen. Berzelius sieht sie als eine Formylverbindung, welche der zweiten Oxydationsstufe entsprechen würde; jedoch ist sie einfacher zu betrachten, als eine substituirte Verbindung, in welcher 2 At. H durch 2 At. Cl ersetzt sind.  $C_2H_2Cl_2 + Cl_2$ . Laurent, welcher die Substanz entdeckte, giebt unter den Zersetzungsprodukten derselben durch Kali keine der Ameisensäure ähnliche Verbindung an, welche sich nothwendig bilden müsste, wenn sie Formyl enthielte. M.

**Formylsuperjodid.** Jodoform, Jodaetherid, Jodkohlenstoff,  $C_2H_2J_4$ . Von Serullas entdeckt und analysirt, schien die Verbindung nur aus Kohlenstoff und Jod zu bestehen, von welchem sie dann auch früher als Jodkohlenstoff beschrieben worden ist. Dumas und später Mitscherlich wiesen ihren Wasserstoffgehalt nach, welcher freilich nur 0,255% beträgt; während sie 96,6% Jod und 3,1% Kohlenstoff enthält. Die Natur der Verbindung wurde durch ihre Zerlegung mittelst Kali klar, indem dabei Jodkalium und Ameisensaures Kali erzeugt werden. Man erhält die Verbindung am besten bei der Vermischung von 1 Th. Jod, 1 Th. kohlensaurem Kali und 2 Th. Alkohol; kocht man das Gemenge bis das Jod verschwunden ist, so erhält man, nach dem Erkalten, von dem angewendeten Jod 11 pCt. Superjodid. Oder man löst in Alkohol Jod in kleinen Portionen, fügt sodann Kalihydrat hinzu, bis die Farbe verschwunden ist; dabei soll man durch Wasserzusatz 19½ pCt. Superjodid erhalten, vom angewendeten Jod.

Die Verbindung stellt einen festen, gelben Körper dar, von durchdringendem Safrangeruch, der aus seiner Auflösung in Alkohol oder Aether in glänzenden gelben Blättern krystallisirt erhalten werden kann. In grösserer Menge krystallisirt es in grossen bestimmten Krystallen. Durch Destillation mit  $P_2Cl_{10}$  wird eine dunkelrothe Flüssigkeit erhalten, von 1,96 spec. Gew. welche aus 1 At. Superjodid und 2 At. Superchlorid besteht. Durch Erhitzen mit Quecksilberchlorid erhält man Gemenge der beiden Stoffe. Durch Behandlung mit Brom und Waschen mit Kali, bleibt ein Körper zurück, welcher aus 2 At. Superjodid mit 1 At. Superbromid besteht. M.

**Formylverbindungen.** Die Verbindungen des hypothetischen Radikals, Formyl =  $C_2H_2=Fo$ , werden durch Oxydationstufen und denen entsprechende Chlor-, Jod- und Bromverbindungen u. s. w. dargestellt. Das Merkmal für die Gegenwart des Formyls in einer Verbindung muss die Bildung der Ameisensäure,  $FoO_2$ , sein, obwohl diese Säure so leicht auch aus andern, nicht in die Formylreihe gehörigen Stoffe sich bilden kann, z. B. aus Amylum, Alkohol u. s. w. (vergl. Ameisensäure). Theoretischen Beobachtungen zufolge, welche nicht durch das Experiment unterstützt sind, kann man eine Menge

von Stoffen zu den Formylverbindungen rechnen; es würde sich z. B. das Methyl zu dem Formyl verhalten, wie das Aethyl zu den Acetyl (s. Acetylverbindungen). In folgender Tabelle sind die einzelnen Formylverbindungen zusammengestellt.

$\text{Fo} = \text{C}_2\text{H}_3 =$  Formyl unbekannt.

$\text{Fo H}_3 =$  Methyl.

$\text{Fo H}_4\text{O} =$  Methyloxyd.

$\text{Fo H}_2\text{O} + \text{aq} =$  Methyloxydhydrat, Holzgeist.

$\text{Fo O} =$  Formyloxyd unbekannt.

$\text{Fo O} + \text{aq} =$  Formyloxydhydrat, Formylaldehyd.

$\text{Fo O} + \text{aq} + 2 \text{C}_2\text{H}_5\text{O} =$  Formomethylal.

$\text{Fo O}_2 =$  Ameisige Säure, unbekannt.

$\text{Fo O}_3 =$  Ameisensäure.

$\text{Fo Cl}_2 + 2 \text{C O Cl}_2 =$  Formylchlorid-Kohlenoxydchlorid.

$\text{Fo}_2 \text{Cl}_3 =$  Formylsesquichlorür.

$\text{Fo Cl}_3 =$  Formylsuperchlorid, Chloroform.

$\text{Fo Br}_3 =$  Formylsuperbromid.

$\text{Fo J}_3 =$  Formylsuperjodid.

$\text{Fo S}_3 =$  Formylsulfid.

Vergl. den Art. Organische Radikale.

M.

**Fortpflanzung des Lichts.** Dass das Licht zu seiner Fortpflanzung Zeit gebrauche, ist ausser Zweifel gesetzt durch Bradley's Entdeckung der Aberration des Lichts (s. Abirring), so wie durch die Beobachtungen der Verfinsterungen der Jupiters-Trabanten, deren Eintrittszeit nur dann mit der Rechnung übereinstimmt, wenn man die Fortpflanzungs-Geschwindigkeit des Lichts mit in Rechnung bringt. Ist nämlich der Eintritt eines Trabanten in den Jupiters-Schatten bei einer Entfernung  $a$  von der Erde beobachtet, und unter der Voraussetzung, dass hierbei das Licht sich momentan verbreitet habe, die Anfangszeit einer zweiten Verfinsterung desselben Trabanten für eine grössere Entfernung  $b$  des Jupiters berechnet worden, so findet man, dass die wirkliche Anfangszeit um etwas, etwa um  $\delta$  Sekunden später eintritt; es muss also das Licht die Zeit  $\delta$  nöthig haben, um einen Raum von der Grösse  $b - a$  zu durchlaufen, und  $\frac{b-a}{\delta}$  ist dann die Fortpflanzungs-Geschwindigkeit desselben.

Sowohl die Vergleichung dieser Verfinsterungs-Zeiten als die Aberration giebt für diese Geschwindigkeit im leeren Raum circa 40,000 Meilen in der Sekunde.

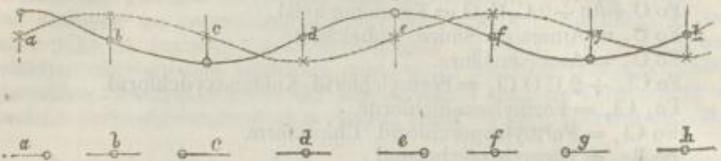
R.

**Fortpflanzung des Schalles.** Es soll zuerst von dem Wesen dieser Fortpflanzung durch Schallwellen, dann von ihrer Geschwindigkeit und endlich von den verschiedenen Umständen die auf die Stärke des fortgepflanzten Schalles Einfluss haben, die Rede sein. Einige andere, auf die Fortpflanzung bezügliche Erscheinungen werden in den Artikeln Interferenz, Resonanz, Zurückwerfung behandelt. —

I. Schallwellen. Denkt man sich eine Reihe von Punkten in Schwingung oder in sonst eine periodische Bewegung versetzt, jedoch so, dass nicht alle Punkte gleichzeitig eine Schwingung anfangen und

8\*

vollenden, sondern jeder folgende etwas später als der vorhergehende, so hat man die allgemeine Vorstellung einer Wellenbewegung. Es sei  $abcdefg$  Fig. 1 und 2. Diese Reihe von Punkten und die an diesen Punkten gezogenen Linien stellen die Bahnen vor, welche dieselben auf und nieder oder vor- und rückwärts zu beiden Seiten ihrer Gleichgewichtslage durchlaufen; es beginne  $a$  seine Schwingung zuerst,  $b$  um eine Viertelschwingung später eben so die Punkte  $c, d, e$  u. s. w. jeder um eine Viertelschwingung später als der nächstvorhergehende Punkt. Denken wir uns nun, dass bereits alle diese Punkte



in Schwingung getreten sind und betrachten die verschiedenen Lagen, welche sie alle in einem und demselben Zeitmomente einnehmen, z. B. in dem Augenblicke wo  $a$  eben eine Schwingung nach der einen Seite vollendet. Nehmen wir, der Anschaulichkeit wegen, die Schwingungen zunächst transversal an, wie in Fig. 1. In dem Momente, wo  $a$  eine Schwingung nach oben vollendet, geht  $b$ , das um eine Viertelschwingung weiter zurück ist, mit dem Maximum seiner Geschwindigkeit in der Richtung nach oben durch die Mitte seiner Bahn (durch die Gleichgewichtslage),  $c$  das wieder eine Viertelschwingung weiter zurück ist, vollendet eben die Schwingung nach unten und ist im Begriffe die nach oben anzutreten,  $d$  geht mit dem Maximum der Geschwindigkeit in der Richtung nach unten durch die Gleichgewichtslage,  $e$  vollendet eben die Schwingung nach oben und hat also gleiche Lage wie  $a$ , nur dass wenn  $a$  die  $n$ te,  $e$  die  $(n-1)$ te Schwingung vollendet; ebenso sind  $f, g, h$  in gleicher Lage mit  $b, c, d$ . Die genannten Punkte nehmen also in dem bezeichneten Augenblicke die Lagen ein, die in der Figur durch 0 bezeichnet sind. Denkt man sich nun zwischen ihnen die übrigen Punkte der angenommenen Linie eingeschaltet, in die ihrer Lage entsprechenden Phasen der Schwingung gestellt, so bilden alle diese Punkte eine Wellenlinie, welche in der Figur ausgezeichnet ist. — Denkt man sich jetzt die Lage, welche dieselben Punkte nach Verlauf der Zeit von einer Viertelschwingung einnehmen, so erhält man die in der Figur durch Kreuze bezeichneten Stellen, und die punktirte Wellenlinie, so dass nach dieser Zeit die beiden Wellengipfel von  $a$  nach  $b$ , und von  $e$  nach  $f$  die beiden Wellenthäler aber von  $c$  nach  $d$  und von  $g$  nach  $h$  stetig fortgerückt sind. Von dieser Art sind die Wellen eines Seiles, ähnlich auch die eines Kornfeldes und die des Wassers. — Nun aber denke man sich, um zu der Vorstellung der Schallwellen zu gelangen, statt der transversalen Schwingungen, longitudinale, wie in Fig. 2, indem man statt der Bewegung nach oben eine nach rechts, statt der nach unten eine nach links annimmt, so haben in dem Momente, wo  $a$  die Schwingung nach rechts vollendet, die Punkte die

in der Fig durch 0 bezeichneten Lagen, und man sieht auch hier die übrigen Punkte in den ihnen zukommenden Lagen eingeschaltet, so sieht man sogleich, dass in *b* und *g* Verdichtung in *d* und *h* Verdünnung ist, oder genauer, dass in dem ganzen Raume zwischen *a* und *c* Verdichtung ist, die in *b*, ihr Maximum hat, in dem Raume zwischen *c* und *e* Verdünnung die in *d* ihr Maximum hat u. s. w. Es rücken aber diese Verdünnungen und Verdichtungen stetig nach rechts fort, so dass die Verdichtung, die jetzt in *b* ist, nach Verlauf einer Viertelschwingung in *c*, nach Verlauf einer ganzen Schwingung in *f* ist, u. s. w. In ihrer Lage entsprechen, wie man sieht, die Verdichtungen und Verdünnungen der zweiten Figur nicht sowohl den Erhöhungen und Vertiefungen der ersten, als vielmehr den rechten und linken Abhängen. Was die drei veränderlichen Grössen: Dichtigkeit, Geschwindigkeit und Ablenkung aus der Gleichgewichtslage betrifft, so ergiebt sich sogleich, dass (wenn man die Geschwindigkeit als positiv rechnet bei der Bewegung von links nach rechts) die Ablenkung Null ist an den Stellen, wo die Verdichtung zugleich mit der positiven Geschwindigkeit am grössten ist, so wie an denen, wo die Verdünnung zugleich mit der negativen Geschwindigkeit ihr Maximum erreicht; dass dagegen an den Stellen, wo die Ablenkung am grössten ist, die Dichtigkeit die mittlere und die Geschwindigkeit Null ist. — In der Erzeugung solcher Verdichtungs- und Verdünnungswellen besteht die Fortpflanzung des Schalles. Zwar sind ausser den hier besprochenen zwei Hauptfällen der transversalen und longitudinalen Schwingung, noch andre denkbar, indem nicht nur die Richtung der Schwingung eine andere, sondern auch die durchlaufene Bahn eine krumme Linie sein kann, und es ist möglich dass dergleichen beim Schalle vorkomme; allein man wird dann eine solche Bewegung stets in zwei rechtwinklige Componenten eine transversale und eine longitudinale zerlegen können, von denen die letztere die hier betrachtete Wirkung hat. So wie die Wellen eines Seiles nichts Anderes sind, als eine veränderliche Form desselben, entstehend durch das successive Auf- und Niederschwingen seiner Theile, so sind die Schallwellen zu denken als eine veränderliche Dichtigkeit der Luft (und überhaupt des fortpflanzenden Mittels) entstehend durch das successive Hin- und Herschwingen ihrer Theile. — Um sich nun aber anschaulich zu machen, wie durch einen schwingenden Körper solche Verdichtungs- und Verdünnungswellen erzeugt werden, denke man sich zunächst eine mit Luft gefüllte Röhre nach der einen Seite unbegrenzt, von der andern Seite sei ein luftdicht schliessender Stempel hineingeschoben, welcher abwechselnd vor und rückwärts bewegt wird. Wird der Stempel vorwärts (in die Röhre hinein) gestossen, so treibt er die an ihm anliegenden Lufttheilchen vorwärts; diese nähern sich also den nächstfolgenden Lufttheilchen und ersetzen sie durch den auf sie ausgeübten Druck in eine gleiche Bewegung nach vorwärts, diese wieder die nächstfolgenden u. s. w. indem sie selbst zugleich durch diese Uebertragung der Bewegung wieder in Ruhe versetzt werden, (vergl. E. H. und W. Weber's Wellenlehre, S. 481. ff.); auf diese Weise schreitet also eine Verdichtung von dem Stempel aus durch die ganze Röhre von Stelle zu Stelle fort. Wird nun der Stempel wieder zurückgezogen, so folgen ihm die zunächstliegenden

Lufttheilchen und es entsteht ein verdünnter Raum; in diesen treten die nächstfolgenden Lufttheilchen u. s. w. und es pflanzt sich die Verdünnung auf gleiche Weise vom Stempel aus durch die Röhre fort. — Bleibt also der Stempel in dieser hin- und hergehenden Bewegung, so erzeugt er eine Reihe von Verdichtungen und Verdünnungen, welche eine hinter der andern durch die Röhre fortschreiten, eine Bewegung ganz von der Art, wie die in Fig. 2 vorgestellte. — Denkt man sich die Röhre nach beiden Seiten unbegrenzt und den Stempel im Innern derselben hin und herbewegt, so sendet er Verdichtungs- und Verdünnungswellen nach beiden Seiten, jedoch so dass in demselben Augenblicke, wo von ihm nach rechts eine Verdichtung gebildet wird, nach links eine Verdünnung entsteht. — Nun endlich denke man sich statt der Röhre einen nach allen Seiten freien Luftraum und statt des Stempels einen schwingenden, tönenden Körper (z. B. eine transversal schwingende Fläche). Immer wird dieser Körper an der Seite, nach welcher er sich hinbewegt, eine Verdichtung erzeugen; da aber der dadurch entstehende Druck auf alle, auch seitwärts anliegenden Theile wirkt, so pflanzt sich der Stoss nicht nur in der Richtung der ursprünglichen Schwingung, sondern nach allen Seiten, wenn auch mit ungleicher Stärke fort (s. weiter unten). Da nun die Fortpflanzung nach allen Seiten mit gleicher Geschwindigkeit geschieht, so breiten sich die Schallwellen kugelförmig vom tönenden Körper her aus. Aus Savart's Versuchen (Ann. de Chimie et de Phys. XXV. XXX. und XXXI.) sieht man, dass, wenigstens auf geringe Entfernungen, die Schwingungen des fortpflanzenden Mittels in einer Richtung erfolgen, welche denen des tönenden Körpers parallel ist. Man überzeugt sich davon, indem man die Schwingungen des tönenden Körpers einer mit Sand bestreuten Membran oder Platte mittheilt, wo dann dieser sich stets parallel jenen Schwingungen bewegt, man mag sie ihr durch Luft oder durch feste oder tropfbare Körper zuführen. Auf grössere Entfernungen aber wird zufolge Poisson's Theorie (Ann. de Chimie et de Phys. XXII. 254.) die Richtung der Schwingungen der Fortpflanzungsrichtung parallel. — Die Länge einer Schallwelle, d. h. die Entfernung eines Punktes von dem nächsten in gleicher Schwingungsphase begriffenen z. B. die Länge  $ae$  oder  $bf$  in Fig. 2. hängt von der Dauer einer Schwingung und von der der Fortpflanzungs-Geschwindigkeit des Schalles ab, und ist gleich dem Produkte dieser beiden Grössen. Rechnet man den Weg des Schalles in der Luft zu 1024 Par. Fuss in 1 Sekunde, und die Zahl der (ganzen) Schwingungen des dreigestrichenen oder sechszölligen  $c$  zu 1024 in 1 Sekunde, so hat die Schallwelle für diesen Ton eine Länge von 1 Fuss; doppelt so gross ist die des zweigestrichenen  $c$ ; 64 Fuss beträgt die des 32füssigen  $c$  u. s. w. — Erfolgt die Fortpflanzung des Schalles in einem andern Mittel, als in der Luft, so erleidet die Vorstellung von den Schallwellen keine wesentliche Veränderung, wenn auch die Geschwindigkeit und folglich die Wellenlänge, so wie die Amplitude von andrer Grösse sind.

II. Fortpflanzungs-Geschwindigkeit. 1) In der Luft. Wenn an dem einen Endpunkte einer hinreichend langen Standlinie eine zugleich hör- und sichtbare Erscheinung erzeugt wird, wie das

Lösen eines Geschützes, so wird dies am andern Endpunkte derselben augenblicklich gesehen, aber erst nach einiger Zeit gehört, weil das Licht sich mit einer für terrestrische Entfernungen unmessbaren, der Schall aber mit einer nur mässigen Geschwindigkeit fortpflanzt; beobachtet man daher genau die Zwischenzeit zwischen beiden Wahrnehmungen und misst die Länge der Standlinie, so erhält man die Geschwindigkeit des Schalles in der Luft. Auf diese Weise sind viele Beobachtungen angestellt, die auf einerlei Temperatur reducirt, ziemlich gleiche Resultate geben. Da aber der Wind den Schall merklich beschleunigen oder verzögern kann, und man auch bei anscheinender Windstille (wie bei Benzenberg's Versuchen, Gilb. Ann. XXXV. 383.) vor einem schwachen Einfluss von dieser Seite nicht ganz sicher ist, so muss man, um diesen Einfluss zu eliminiren, an beiden Endpunkten der Standlinie Geschütze abfeuern, sowie an beiden Enden die Zeit der Fortpflanzung beobachten und dann aus beiden Ergebnissen das Mittel nehmen. Von dieser Art sind die Versuche des Bureau des Longitudes (Ann. de Chimie et de Phys. XX. 210.) und mit fast vollkommener Gleichzeitigkeit der correspondirenden Beobachtungen, die von Moll und van Beek (Pogg. Ann. V. 351.). Aus den letzteren, äusserst genauen Versuchen ergibt sich, dass der Schall bei 0° und bei trockner Luft in 1 Sekunde 332,05 Meter oder 1022,2 Par. Fuss durchläuft, wovon die besten unter den übrigen Beobachtungen auf 0° reducirt nur um wenige Fuss differiren. (Vergl Pogg. Ann. XIV. 375.). Benzenberg's Versuche geben 1027,8, die des Bureau des Longitudes 1018,8, die der französischen Akademiker von 1738 geben 1024 Fuss u. s. w. — Theoretisch hat zuerst Newton die Geschwindigkeit des Schalles in der Luft bestimmt. Er und nach ihm viele andere Mathematiker fanden jedoch einen Werth, der viel kleiner ist, als die Beobachtung ihn giebt, nämlich, wenn  $V$  diese Geschwindigkeit bezeichnet

$$V = \sqrt{\frac{2gB}{D}}$$

wo  $B$  die Barometerhöhe und  $D$  die Dichtigkeit der Luft, dividirt durch die des Quecksilbers ausdrückt. Der Werth dieser Grösse ist nur 860 Fuss. Nachdem man viele Vermuthungen über den Grund dieses Unterschiedes zwischen Theorie und Erfahrung aufgestellt hatte, hat Laplace ihn in der bei der Verdichtung entwickelten Wärme

gefunden und gezeigt, dass die Newton'sche Formel mit  $\sqrt{\frac{c'}{c}}$  multiplicirt werden muss, wo  $c'$  die spezifische Wärme der Luft bei constantem Druck und  $c$  die spezifische Wärme bei constantem Volumen bezeichnet, so dass

$$V = \sqrt{\frac{2gB}{D} \cdot \frac{c'}{c}}$$

In der That, wenn man für  $\frac{c'}{c}$  den von Gay-Lussac und Welter beobachteten Werth 1,3748 setzt, so kommt das Resultat der Rechnung der Beobachtung viel näher und giebt 1008 Par. Fuss. — Was den Einfluss der Temperatur betrifft, so lehrt sowohl die Erfahrung, besonders die bei grosser Kälte angestellten sehr genauen

Versuche von Parry und Forster (Pogg. Ann. XIV. 371.), als die Theorie, dass die Wärme eine sehr merkliche Vermehrung der Schall-Geschwindigkeit bewirkt, indem sie die Dichtigkeit  $D$  vermindert. Für eine Erhöhung der Temperatur um  $t^{\circ}C$  ist die Geschwindigkeit mit  $\sqrt{1+0,00375.t}$  zu multipliciren, was für einen Centesimalgrad eine Vermehrung derselben um 1,9 Par. Fuss giebt. Nach Magnus Ausdehnungs-Coefficient der Luft wird der Factor  $\sqrt{1+0,003665.t}$  und die Vermehrung 1,8 Fuss auf  $1^{\circ}C$ . Bei  $15^{\circ}C$ . kann daher die Schallgeschwindigkeit in der Luft in runder Zahl 1050 Par. Fuss gerechnet werden. — Auch die Feuchtigkeit vermehrt die Geschwindigkeit etwas, nach Massgabe ihres Einflusses auf die Dichtigkeit; doch ist diese Wirkung nicht bedeutend und kann bei niedrigen Temperaturen ganz vernachlässigt werden; man bringt sie in Rech-

nung, indem man  $V$  mit  $\sqrt{\frac{B}{B-\frac{1}{2}F}}$  multiplicirt, wo  $F$  die Spannkraft der Wasserdämpfe bezeichnet. — Der Druck der Luft hat auf die Fortpflanzungs-Geschwindigkeit keinen Einfluss, indem er  $B$  und  $D$  in gleichem Masse ändert. — Dass hohe und tiefe Töne, sowie stärkerer und schwächerer Schall mit gleicher Geschwindigkeit fortgepflanzt werden, lehren Theorie und Erfahrung.

2) Geschwindigkeit des Schalles in Gasen. Die Formel für Luft gilt auch für andere Gase. Empirisch bestimmt man hier die Geschwindigkeit durch Vergleichung der Tonhöhe einer Labialpfeife, wenn sie mit der Luft und den andern Gasen gefüllt ist. D. Bernoulli hat dies Verfahren zur Bestimmung der Schall-Geschwindigkeit in der Luft angewendet, doch ist es weniger geeignet, das absolute Maass dieser Grösse, als das Verhältniss derselben für verschiedene Gase zu bestimmen, wozu es von Dulong (Ann. de Chimie et de Phys. XLI. 113.) bei seinen Untersuchungen über die specifische Wärme benutzt worden ist. Es gründet sich dies Verfahren auf das Gesetz, dass in einer schwingenden Luft- oder Gassäule der Abstand zweier Knoten von einander (und angenähert auch die Länge einer an beiden Enden offenen Röhre mit einem Knoten) gleich ist einer halben Wellenlänge, also gleich der Fortpflanzungs-Geschwindigkeit dividirt durch die doppelte Anzahl der (ganzen) Schwingungen. Wie auch Zungenpfeifen zu diesem Versuche benutzt werden können, zeigt W. Weber (Pogg. Ann. XVII. 235.). Dulong's Versuche geben, wenn man die Fortpflanzungs-Geschwindigkeit der Luft = 1 setzt,

die der Kohlensäure	= 0,786
die des Stickoxydgases	= 0,787
die des ölbildenden Gases	= 0,943
die des Sauerstoffs	= 0,952
die des Kohlenoxydgases	= 1,013
die des Wasserstoffs	= 3,812.

3) Die Geschwindigkeit des Schalles in tropfbarflüssigen Körpern kann aus ihrer Elasticität berechnet werden. Bezeichnet  $M$  die Modulhöhe (den Ausdruck im Sinne der englischen Physiker genommen), so ist

$$\sqrt{2gM}$$

wonach diese Grösse für verschiedene Flüssigkeiten aus den Beobachtungen von Colladon und Sturm (Ann. de Chimie et de Phys. XXXV.: 113.) berechnet werden kann. Für (lufthaltiges) Wasser giebt diese Berechnung 1428 Meter = 4396 Par. Fuss, und stimmt sehr nahe mit der Beobachtung Colladon's im Genfersee, wo der Schall die Länge von 13487 Meter in 9,4 Sekunden also 1435 Meter = 4417½ Fuss in 1 Sekunde durchlief. Es geht also der Schall im Wasser 4,3 mal schneller als in der Luft. Die Wärmeerregung bei der Zusammendrückung des Wassers ist zu gering, als dass sie eine messbare Beschleunigung erzeugen könnte.

4) Geschwindigkeit des Schalles in festen Körpern. Man hat einige Beobachtungen zur direkten Bestimmung dieser Geschwindigkeit angestellt, aus denen sich zwar ergibt, dass dieselbe viel grösser ist als in der Luft, von denen aber nur eine zu einem einigermaßen sichern numerischen Resultate geführt hat. Biot nämlich (Gilb. Ann. XXXV. 407.) fand an einer Röhrenleitung aus Gusseisen von 2928½ Fuss Länge, dass das Metall den am einen Ende durch einen Hammerschlag erzeugten Schall in 0,26 Sekunden zum andern Ende leitete, d. i. 10½ mal so schnell, als die in der Röhre eingeschlossene Luft; doch ist wegen der Kürze dieser Zeit und wegen des Umstandes, dass die Leitung aus 376 Theilen mit Blei und Parchent zusammengefügt war, das Resultat nicht für ganz genau anzusehen; besonders scheint der letzte Umstand die Geschwindigkeit zu vermindern; Lehot, Desormes und Clement (Gilb. Ann. XXXIX. 149.) fanden in einer 1380 Fuss langen Röhrenleitung aus Gusseisen, die aus vielen zusammengeschraubten, durch weiche Körper getrennten Röhren bestanden, die Geschwindigkeit sechsmal kleiner, als die, welche Biot erhielt. — Genauer sind die Resultate, welche auf einem andern Wege erhalten werden können. Schon vor den eben angeführten direkten Versuchen hatte Chladni (Voigt's Magazin I. Bd. 1. St.) die von ihm entdeckten Longitudinal Schwingungen der Stäbe zu einer solchen Bestimmung benutzt, unter der Voraussetzung, dass die Zahl dieser Schwingungen zu der einer gleich langen Luftsäule sich verhalte, wie die beiderseitigen Fortpflanzungs-Geschwindigkeiten, eine Voraussetzung, welche später durch die Theorie bestätigt worden ist. — Endlich kann  $V$  aus der Elasticität des Körpers berechnet werden. Es ist nämlich, wenn der Schall nur nach einer Dimension fortschreitet (in Stäben)

$$V = \sqrt{2gM}$$

wo  $M$  die Modulhöhe bedeutet; in Platten ist sie  $\sqrt{\frac{16}{15}}$  mal grösser, bei der Ausbreitung nach allen drei Dimensionen  $\sqrt{\frac{6}{5}}$  mal grösser. (Cauchy Exerc. de Math. III. Poisson Mém. de l'Acad. VIII.) Auch hier müsste wohl die bei der Zusammendrückung erregte Wärme mit in Rechnung gebracht werden, allein sie scheint, nach einigen Beobachtungen zu schliessen, die Weber über die spezifische Wärme bei constantem Volumen in Pogg. Ann. XX. 211. mittheilt, einen verhältnissmässig nur geringen Einfluss haben zu kön-

nen. In der folgenden Tabelle sind die Werthe von  $V$ , welche sich aus Chladni's und Savart's Beobachtung der Longitudinal-Schwingungen ergeben, mit denen zusammengestellt, welche aus den von Tredgold durch Biegen gemessenen Elasticitäten nach der obigen Formel berechnet werden können. Unter den Zahlen Lagerhielm's sind die für Eisen aus der an verschiedenen Sorten gemessenen Elasticität, die übrigen aber aus Schwingungen berechnet. Die Schallgeschwindigkeit in der Luft bei  $0^\circ$  in dieser Tabelle als Einheit genommen.

	Chladni. *)	Savart.	Lagerhielm.	Tredgold.
Stahl . . . . .	17	15,0—15,2		15,2
Eisen . . . . .	17	15,0—15,1	15,0—15,4	14,2—15,6
Gusseisen . . . . .				12,5
Kupfer . . . . .	12 (—)	11,1—12,2	11,6	11,0
Zink . . . . .				8,2
Messing**)	11 (+)	10,4—10,7		
Silber . . . . .	9		8,6	6,3
Zinn . . . . .	7,5 (±)			2,0
Blei***)			4,2	18,9
Schiefer von Wallis				
Glas . . . . .	17	11,9—16,6		
Gebannter Thon . . . . .	10—12			
Marmor . . . . .				7,6
Tannenholz . . . . .	17 (+)	16,4—16,5		
Weisstanne . . . . .				15,6
Rothtanne . . . . .				15,0
Kiefernholz . . . . .	16			15,4
Mahagoni . . . . .	14			13,3
Buchenholz . . . . .	13—14	13,9		
Eichenholz . . . . .	11 (+)			11,3
Fischbein . . . . .	6,7 (±)			6,3

III. Vollkommenheit der Fortpflanzung. Auf die Stärke des fortgepflanzten Schalles haben ausser der Grösse, Zahl und Richtung der erregenden Schwingungen, so wie der Grösse und Gestalt des tönenden Körpers, die Beschaffenheit des zunächst umgebenden Mittels und mancherlei Umstände bei seiner weiteren Fortpflanzung bedeutenden Einfluss, welcher zuerst im Allgemeinen und besonders in Beziehung auf die Luft, sodann in Beziehung auf tropfbare und feste Körper besprochen werden soll.

1) Dichtigkeit des umgebenden Mittels. Im leeren Raume pflanzt sich der Schall gar nicht fort. Eine Glocke unter dem Recipienten einer Luftpumpe so aufgestellt oder aufgehangen, dass die Fortpflanzung des Schalles durch die festen Theile möglichst gehin-

\*) Ich habe Chladni's Zahlen so gelassen, wie er selbst sie berechnet, obgleich sie wohl um einige Zehntel zu hoch berechnet sind.

\*\*\*) Die Verschiedenheit beim Messing rührt wahrscheinlich daher, dass Chladni und Savart gezogenes, Tredgold gegossenes Messing hatte.

\*\*\*\*) Entweder Tredgold's oder Lagerhielm's Beobachtung am Blei muss fehlerhaft sein; wahrscheinlich hat entweder Jener die Grenze der vollkommenen Elasticität überschritten, oder Dieser sich um eine Octav geirrt.

dert ist, wird gar nicht gehört, wenn die Luft ausgepumpt ist; lässt man aber Luft oder andere Gase oder Dämpfe in den Raum treten, so erscheint der Schall mit einer Stärke, welche um so grösser ist, je grösser die Dichtigkeit (nicht die Expansivkraft) dieser Atmosphäre ist. Dies bestätigen Priestley's und grösstentheils Perolle's Versuche mit Gasen (Gilb. Ann. III. 197.) sowie Biot's Beobachtungen mit Dämpfen (ebend. XXXV. 407.). Da sich bei diesem Versuche das Ohr immer in Luft befindet, so ist derselbe so zu deuten: der tönende Körper theilt dem ihn umgebenden Mittel Schwingungen mit, die, wenn auch vielleicht nicht in allen Mitteln von gleicher, doch von solcher Grösse sind, dass im dünneren Mittel, wegen der geringeren Masse der bewegten Theile, das Bewegungs Moment (oder die lebendige Kraft) kleiner ist, als im dichteren, daher sie auch, wenn der Schall durch das Gefäss hindurch an die Luft übergeht, in dieser nur eine schwächere Schwingung zu erzeugen vermag. Auch in offenen Gefässen bemerkt man diese Schwächung des Schalles, wenn die Luft durch Wärme verdünnt wird. Ebenso wird in der verdünnten Luft auf hohen Bergen oder bei Luftschifffahrten der dort erregte Schall nur schwach gehört, dagegen der Schall von unten sehr gut heraufdringt. In der verdichteten Luft eines Windgewölbes fand Roebuck (Gilb. Ann. IX. 50.) den Schall sehr verstärkt.

2) *Beugung.* Es ist schon oben erwähnt, dass auf geringe Entfernungen, die Schwingungen des fortpflanzenden Mittels in derselben Richtung erfolgen, wie die des tönenden Körpers. Daher ist es begreiflich, dass in dieser Richtung der Schall sich am stärksten fortpflanzt, und wir z. B. eine Trompete am lautesten hören, wenn sie nach uns zu gerichtet ist. (Andre Fälle siehe im Art. Interferenz). Dessen ungeachtet ist dies bekanntlich nicht die einzige Richtung, in der er sich fortpflanzt, sondern er geht auch seitwärts. Eben so geht der Schall, einmal dem fortpflanzenden Mittel mitgetheilt, in diesem nicht so geradlinig wie das Licht, sondern pflanzt sich auch um die Ecke fort; dass auch hier der seitlich ausgebreitete Schall merklich schwächer ist, hat man täglich zu bemerken Gelegenheit. Es findet also eine viel stärkere Beugung bei den Schallwellen, als bei denen des Lichtes statt. Im Wasser scheint dieselbe nach einer Beobachtung Colladon's schwächer zu sein, wie dies auch der Theorie zufolge bei der grösseren Fortpflanzungs-Geschwindigkeit sein muss. Nach welchem Gesetze die Intensität des Schalles seitwärts abnimmt, ist gänzlich unbekannt.

3) *Abnahme des Schalles mit der Entfernung.* Die Hauptursache derselben liegt in seiner Ausbreitung. Fällt diese fort, so wird er auf beträchtliche Entfernungen nicht merklich geschwächt. Dies findet statt bei der in Röhren eingeschlossenen Luft, da diese fast nichts von der ihr mitgetheilten Bewegung an die Röhrenwände abgibt. Bei den Versuchen Biot's an der fast 3000 Fuss langen Röhrenleitung wurde jedes noch so leise Wort, das man in die eine Mündung derselben hineinflüsterte, am andern Ende so deutlich gehört, als ob es unmittelbar ins Ohr gesprochen wurde. Wenn sich dagegen der Schall über einen immer grösseren Raum ausbreitet, so muss er dadurch an Stärke verlieren; in welchem Maasse? Darüber fehlt es an Beobachtungen. Theoretisch lässt sich leicht, unter der

Voraussetzung einer gleichmässigen Ausbreitung in einem gleichförmigen vollkommen elastischen Mittel, aus dem Prinzip der Erhaltung der lebendigen Kräfte erweisen, dass die Schwingungsamplitude der Fortpflanzungswellen den Entfernungen umgekehrt proportional sein muss. Denn bezeichnet  $W$  die Masse oder das Volumen einer Welle, wenn ihre Entfernung vom Erschütterungs-Mittelpunkt  $r$  ist, und  $a$  die dazu gehörige Amplitude,  $W'$  und  $a'$  aber dieselben Grössen, wenn die Welle sich zu dem Abstände  $r'$  ausgebreitet hat, so ist nach dem Prinzip der lebendigen Kräfte

$$W \cdot A^2 = W' \cdot a'^2$$

da aber die Wellenlänge ungeändert bleibt, so verhalten sich die Volumina der Wellen wie die sie einschliessenden Kugelflächen

$$\text{also } W : W' = r^2 : r'^2$$

$$\text{und daher } a^2 r^2 = a'^2 r'^2$$

$$A : a' = r' : r$$

die Amplituden verhalten sich umgekehrt wie die Entfernungen von tönenden Körper. Daraus darf jedoch nicht geschlossen werden, dass auch die Stärke des Schalles der Entfernung umgekehrt proportional sei, denn wahrscheinlich ist diese (wie die des Lichtes) nicht durch die Amplituden, sondern durch deren Quadrat, nämlich durch die lebendige Kraft zu messen. Unter dieser Voraussetzung würde also die Stärke des Schalles nach den Quadraten der Entfernungen abnehmen, wie man dies auch nach der Analogie mit andern Erscheinungen gewöhnlich annimmt.

4) Der Zustand der Atmosphäre hat in mehreren Beziehungen Einfluss auf die Vollkommenheit der Fortpflanzung des Schalles durch die Luft. Hoher Barometerstand und Kälte müssen dem Obigen zufolge wegen der grösseren Dichtigkeit der Luft dem Schalle gleich bei seiner ersten Mittheilung an diese eine grössere Stärke verleihen. Wenn Forster sich in den arctischen Gegenden auf einer Entfernung von 6696 engl. Fuss ohne Schwierigkeit mit einem Gehilfen unterreden konnte (Pogg. Ann. VIII. 525.) so ist der Grund davon zum Theil in der Kälte, zum Theil in der Ruhe und Gleichförmigkeit der Luft zu suchen. — Wenn nämlich die Luft über dem von der Sonne erwärmten Boden eine ungleichförmige Temperatur hat, so pflanzt sie den Schall weniger gut fort. A. v. Humboldt weist dies (Gilb. Ann. LXV. 31.) nach, und erklärt es daraus, dass der Schall jedesmal beim Uebergang aus dünnerer (wärmerer) Luft in dichtere (kältere) und umgekehrt eine Zurückwerfung und dadurch eine Schwächung erleidet. Dass man einen entfernten Schall des Nachts stärker hört, als am Tage, rührt nicht blos von der grösseren Stille her, die dann zu herrschen pflegt, denn Humboldt hörte die Wasserfälle des Oronoco des Nachts in einer Entfernung von 1 franz. Meile dreimal stärker als am Tage, obgleich in jenen menschenleeren Gegenden das Summen der Moskito's die Nacht geräuschvoller macht, als den Tag, und der Wind am Tage noch weniger als des Nachts in den Blättern rauscht; der Grund davon liegt in der gleichmässiger Erwärmung des Bodens und folglich der darüberstehenden Luft. Auf dem Rücken der Andes und auf offener See fand Humboldt diesen Unterschied zwischen Tag und Nacht weniger auffallend, als in den Ebenen. So bemerkte auch v. Zach auf

der Seeberger Sternwarte, dass des Nachts bei Windstille der Schall von den umliegenden Dörfern viel klarer und lauter gehört wird, wenn die Sterne stete und ohne Schwanken durch das Mittags-Fernrohr gehen, als wenn sie ittern. (Gilb. Ann. LVIII. 153. — Wenn der Schall wie man behauptet über das Wasser hin weiter trägt, als über festen Boden, so erklärt sich dies aus derselben Ursache. — Durch dicken Nebel wird nach Derham (ebend. XLIV. 208.) der Schall stets bedeutend geschwächt. Wie Feuchtigkeit und andere Witterungs-Verhältnisse in dieser Beziehung wirken, ist wenig bekannt. — Dass der Wind die Fortpflanzung des Schalles in Beziehung auf die Stärke desselben bedeutend befördern und schwächen kann, ist eine allgemeine Erfahrung. Der gewöhnlichen Meinung zufolge wird er mit dem Winde am besten gegen denselben am schlechtesten fortgepflanzt. Die Beobachtungen von Delaroche und Dunal (Ann. de Chimie et de Phys. I. 176.) bestätigen nur das Letztere; in einer gegen den Wind senkrechten Richtung fanden sie die Fortpflanzung wenigstens eben so stark, oder noch ein wenig stärker, als in der Windesrichtung selbst. Bei sehr geringen Entfernungen fanden sie keinen Einfluss der Windesrichtung, bei grösseren nahm er mit der Entfernung zu. Man hat keine genügende Erklärung dieser Erscheinung. Die Beschleunigung des Schalles durch den Wind ist zu unbedeutend, so dass man ihr die Verstärkung zuschreiben könnte, auch wenn die eben genannten Beobachtungen nicht entgegen ständen. Die furchtbare Explosion der Stobbs-Pulvermühlen im J. 1824 bei einem nussigen Südwestwinde wurde, wie man berichtet (Edinb. new philo Journ. VII. 105.) drei engl. Meilen über dem Winde nur von Wenigen schwach gehört, während sie dreissig Meilen unter dem Winde laut gehört wurde und Häuser merklich erschütterte. Offenbar haben aber auch auf die Vollkommenheit der Fortpflanzung noch andere Umstände einen Einfluss, über welchen man eine noch mangelhaftere Kenntniss hat. Bei den oben erwähnten Versuchen des Bureau des Longitudes ging der Schall viel besser gegen den (nur sehr schwachen) Wind von Monthery nach Ville-Juif als umgekehrt, ohne eine kennbare Ursache. Auch bei den Versuchen der französischen Akademiker von 1738 (Gilb. Ann. XLIV. 177.) kommen ähnliche Anomalien vor, obgleich dort gewöhnlich der Schall mit dem Winde besser ging, als gegen denselben. — Die Wahrnehmung, dass der Schall aus der Ferne oft augenblicklich stark und dann wieder schwach oder gar nicht gehört wird, kann wohl einer Interferenz der sich inholenden Schallwellen zugeschrieben werden, ähnlich der, durch welche man das Flimmern der Sterne erklärt. — Da man an Thümen, Schächten, auch auf hohen Bergen wahrgenommen hat, dass ein unten erregter Schall in der Höhe gewöhnlich sehr gut gehört wird dagegen ein oben erregter viel schwächer nach unten dringt, so hat man daraus den Schluss gezogen, dass der Schall sich von unten nach oben besser fortpflanzt, als umgekehrt, und auch besser in horizontaler Richtung. Man hat dies dadurch erklären wollen, da beim Uebergang aus der dichteren in die dünnere Luft die Schwingungen an Grösse und daher der Schall an Stärke gewinnen, dagegen im entgegengesetzten Falle verlieren müsse. Dies ist jedoch nicht genau. Bei beträchtlichen Höhen-Unter-

schieden ist der Schall gleich von seiner Entstehung an in der unteren, dichteren Luft stärker, als in der oberen, dünneren, und bleibt es daher auch bei seiner Ausbreitung; bei geringen Höhen kann dies nicht merklich sein. Dass aber die grösseren Schwingungen der dünneren Luft den Schall stärker machen, kann nicht begründet sein, wofern dessen Intensität durch die lebendige Kraft gemessen wird, da jener Einfluss eben durch die geringer, in Bewegung befindliche Masse kompensirt wird. Die lebendige Kraft auf einer Schallwelle bleibt dieselbe, sie mag ihren Weg durch ein Mittel von überall gleicher, oder von stetig abnehmender oder von stetig wachsender Dichtigkeit genommen haben. Das Faktum aber, dass in den erwähnten Fällen der Schall nach oben am besten fortgepflanzt wird, erklärt sich einfach aus dem Umstande, dass in dieser Richtung nicht nur die direkten, sondern auch die vom Erdboden zurückgeworfenen Schallwellen gehen.

5) Erscheinungen bei der Fortpflanzung in tropfbarflüssigen Körpern. Wenn man eine Taschenuhr in ein mit einer Flüssigkeit gefülltes Gefäss hängt, so hört man (das Ohr in der Luft) das Ticken derselben viel lauter, als wenn sie sich in der Luft befindet, und zwar um so lauter je dichter diese Flüssigkeit ist (Gilb. Ann. III. 172. IV. 114., auch XLVIII. 96.). Ist zugleich der Hörende in dem Wasser untergetaucht, in welchem der Schall erregt wird, so wird dieser noch viel stärker gehört. Colladon fand, als er sich in einem grossen Gefäss mit Wasser befand, den Schall zweier an einander geschlagener Steine von unerträglicher Stärke (Gilb. Ann. XLIV. 360.) und Franklin hörte, wie er in einem Briefe an Neave von 1762 erzählt, dasselbe Geräusch im Flusse eine englische Meile weit so stark, als ob es unmittelbar vor der Ohre erregt wurde. Beim Uebergang aus der Flüssigkeit in die Luft, sowie umgekehrt verliert der Schall natürlich bedeutend an Stärke durch die Zurückwerfung und zwar (wenigstens im ersteren Falle) um so mehr, je schiefer die Zurückwerfung (siehe diese). Colladon's hydro-akustischer Apparat, um den Schall aus dem Wasser an die Luft überzuführen, besteht in einem mit Luft gefüllten Blechkasten mit einer oben offenen Röhre, welcher in das Wasser eingetaucht wird (Ann. de Chimie et de Phys.



XXXVI.). Der Uebergang aus Luft in Wasser wird nach J. Müller (Handb. Physiol. II. 419.) durch eine übergespannte Membran sich befördert. Dass der Schall von festen Körpern an Wasser und umgekehrt gut übergeht, sieht man besonders aus Savart's Versuchen (Schweigg. Seid. Jah. XXI. 298.). — Dass der Klang bei der Fortpflanzung im Wasser ganz anders ist, als bei der in Luft, hat jeder Schwimmer beim Tauchen und schon beim Ickenschwimmen oft Gelegenheit zu bemerken. Das auschen beim Hineinspringen eines Andern, das Klopfen an einem im Wasser befindlichen Pfahl oder Kahn klingt dem unter Wasser befindlichen Ohre ganz anders, als in der Luft. Dass der Schall im Wasser kürzer wird, bemerkt schon Nolt bei dem vorhin erwähnten Versuche. Colladon hörte bei den Versuchen im Genfersee in der Ferne nur das Anschlagen des Hammers an die unter Wasser befind-

lichen Ohre ganz anders, als in der Luft. Dass der Schall im Wasser kürzer wird, bemerkt schon Nolt bei dem vorhin erwähnten Versuche. Colladon hörte bei den Versuchen im Genfersee in der Ferne nur das Anschlagen des Hammers an die unter Wasser befind-

liche Glocke; das Klingen der letzteren konnte erst bei 200 Meter Abstand unterschieden werden. Dagegen hörte Colladon manche Laute, z. B. das Klirren einer Kette im Wasser, mit dem hydro-akustischen Apparate ebenso wie in der Luft. (Pogg. Ann. LIV.) Perolle fand bei den vorhin erwähnten Versuchen die Modifikationen des Schalles der Taschenuhr in verschiedenen Flüssigkeiten verschieden.

6) Fortpflanzung in festen Körpern. Wenn der Schall aus Luft in feste Körper übergeht, so wird er natürlich durch die Zurückwerfung sehr geschwächt. Geht er dagegen aus festen Körpern, an denen er erregt ist, unmittelbar durch feste Körper weiter, so wird er sehr vollkommen fortgepflanzt z. B. Hufschlag u. dgl. durch den Erdboden. Dies muss noch mehr der Fall sein, wenn die Ausbreitung derselben fortfällt. Wenn daher Stäbe und selbst gespannte Fäden an ihrem einem Ende mit den festen Theile des Kopfes, am andern mit einem tönenden festen Körper in Verbindung gesetzt sind, so hört man diesen auch bei verstopften Ohren sehr laut. Nach Wheatstone können auch solche Blase-Instrumente, an denen feste Körper mitschwingen, sowie nach älteren Versuchen die Stimme auf diese Weise gehört werden, wenn die festen Theile des Instruments oder Organs mit dem Stab oder Faden in Verbindung gesetzt sind. Auch kann man den Ton (z. B. der Stimme) aus Luft in diese festen Leiter überführen, indem man sich dazu der Resonanz eines Kessels und dergleichen bedient (Chladni Akust. S. 262.) und umgekehrt den Schall aus den Stäben an die Luft durch einen Resonanzkasten übertragen, wie dies Wheatstone bei seinen Versuchen that. Letzterer hat auf diese Weise die Töne verschiedener Instrumente und eines ganzen Orchesters aus einem Saale nach einem andern geführt. (Pogg. Ann. XXVI. 251.) Von einigen Beobachtungen Wheatstone's über diese Leitung ist im Artikel Polarisation des Schalles die Rede. — Dass die Stärke mit welcher der Schall in festen Körpern fortgepflanzt wird, bei verschiedenen Stoffen ungleich ist, sieht man aus den Versuchen Perolle's, welcher den Schall einer Taschenuhr durch verschiedene Stäbe von einerlei Grösse zum Ohre leitete (Gilb. Ann. III. 169.). Holzstäbe pflanzten ihn stärker fort, als Metalle; die Ordnung, in welcher die letzteren stehen, scheint die des Fortpflanzungs-Geschwindigkeiten zu sein. So fand auch Chladni (Akust. 267.) die Fortpflanzung durch Glas und nächst dem durch Tannenholz am stärksten. Nach v. Arnim wird die Leitungsfähigkeit eines Drahtes sehr geschwächt, wenn er an einer Stelle glüht. (Gilb. Ann. 115.) — Nach Perolle wird der Klang durch verschiedene Stäbe verschieden modificirt. Dagegen führt Wheatstone von der Clarinette und ähnlichen Instrumenten an, dass ihr Klang, wenn der Ton durch Stäbe dem Resonanzboden zugeführt wurde, nicht anders war, als wenn er sich unmittelbar der Luft mittheilt. S.

**Fortpflanzung der Wärme** siehe Wärme.

**Franklinit** krystallisirt in regelmässigen Oktaedern und Rhombendodekaedern, oft mit abgerundeten Ecken und Kanten, auch derb und in rundlichen Körnern; eisenschwarz, metallglänzend, magnetisch, nahe von Quarzhärte, spec. Gew. 5—5,3. Vor dem Löthrohr un-

schmelzbar, in Salzsäure unter Chlorentwicklung löslich. Berthier, welcher dies Mineral zu Ehren Franklin's benannte, analysirte es zuerst, nachher Abich, der die Formel  $(Zn, Fe) + (Fe, Mn)$  dafür aufstellt, und es also als Verbindung von Zinkoxyd-Eisenoxydul mit Manganoxyd-Eisenoxyd betrachtet. v. Kobell hat es wahrscheinlich gemacht, dass ein Theil des Mangans als Oxydul betrachtet werden müsse, wodurch die vorstehende Formel im ersten Gliede noch um Manganoxydul vermehrt wird, sonst unverändert bleibt. (Pogg. Ann. XXIII. 341. Schweigg. J. LXII. 196; LXIV. 430.)

Der Franklinit kommt mit Kalkspath und Rothzinkerz bei Sparta in New-Yersey vor. B.

**Franklinsches System** siehe Unitarier.

**Franzbranntwein, Cognac.** Den Weingeist aus Wein zu bereiten ist in Deutschland und dem nördlichen Frankreich nicht zweckmässig und vortheilhaft, da die dort wachsenden Weine zu wenig Alkohol enthalten. Das südliche Frankreich, Spanien und Portugal erzeugen aber eine Menge von sehr geringen, aber doch hinreichend an Alkohol reichen Weinen, dass die Branntweinfabrikation mit ihnen unternommen werden kann. Aus den Weinen des südlichen Frankreichs wird  $\frac{1}{4}$  bis  $\frac{1}{3}$  Branntwein gewonnen; aus denen des mittleren Frankreichs  $\frac{1}{4}$ ; im nördlichen nur  $\frac{1}{4}$  bis  $\frac{1}{7}$ . Im Süden Frankreichs brennt man meist rothe Weine, im Westen jedoch weisse. Der Branntwein wird bei der Destillation vom Vorlauf und Nachlauf getrennt, jener schmeckt und riecht unangenehm; dieser wird dem Wein bei der nächsten Destillation zugesetzt. Auf eichene Fässer gebracht, nimmt er von diesen eine gelbe Farbe an. Durch das Lagern wird er milder. In Deutschland nennt man diesen Branntwein, Franzbranntwein oder Cognac. Er ist blassgelb, von reinem, mildem, gewürzhaftem Geschmack; der geringe Gehalt an Gerbsäure giebt ihm ein eigenthümlichen Geschmack und die Eigenschaft des Perleus, welche dem unechten durch wenig Eichenrinde-Tinktur gegeben wird. Die holländische Probe, durch Eisenvitriol eine blauschwarze Färbung zu erhalten, soll den Gerbsäuregehalt anzeigen. Vergl. Lenormand *L'art du distillateur des eaux-de-vie et des esprit.* Paris, 1817. T. 2. M.

**Franzosenholz** und **Franzosenholzöl** u. s. w. s. Guajak.

**Fraueneis, Frauenglas** syn. mit Gyps.

**Fraxinin.** Keller erhielt aus dem durch Bleizucker gefällten und vom überschüssigen Blei befreiten, wässrigen Auszuge der Eschenrinde (*Fraxinus excelsior*) diese in feinen, sechsseitigen, luftbeständigen sehr bittern Prismen krystallisirte Substanz, welche sich leicht in Wasser und Weingeist, schwer in Aether löst. Die wässrige Lösung schillert von anhängendem Schillerstoff (s. Aesculin). Die ihm zugeschriebene basische Eigenschaft wird, wie es scheint mit Recht, von Buchner und Herberger geläugnet. Nähere Angaben fehlen über die Verbindung. M.

**Freie Wärme** wird im Gegensatz der latenten und specifischen die fühlbare Wärme genannt, welche die Dichtigkeit der Körper innerhalb desselben Aggregatzustandes verändert, und daher auch thermometrische Wärme heisst.

D.

**Friction** siehe Reibung.

**Frictionscylinder, Frictionsrolle.** Um die Reibung zu vermeiden, welche zwei übereinander bewegte Körper durch die Rauheiten und die Adhäsion an den Oberflächen erzeugen, bedient man sich ausser andern Mitteln (s. den Artikel Reibung) in vielen Fällen auch der Walzen oder Rollen. Will man z. B. Lasten fortzuschaffen, so wendet man zur Verminderung des grossen Widerstandes bei gleitender Reibung (z. B. beim Hemmschuh) gewöhnlich Walzen an, welche an ihrem Umfange einen Widerstand (die rollende Reibung) erleiden, der um so geringer ist, je ebener die Unterlage ist. Um Lasten auf bedeutende Entfernung fortzuschaffen, bedient man sich eines geeigneten Gestelles mit Rädern, auf deren cylindrischer Axe die Last liegt, nämlich der Räderfahrwerke, der Wagen, Karren und Schubkarren, welche nach der Zahl der angebrachten Räder unterschieden sind. Dadurch wird die Reibung von der Peripherie des Rades auf die der Axe übertragen, und wenn man die Radien beider resp. mit  $R$  und  $r$  bezeichnet, so wird beim Rollen die Grösse der beim Fortschleifen stattfindenden oder gleitenden Reibung in dem Verhältniss  $\frac{r}{R}$  vermindert. Die Grösse der Räder wird durch verschiedene Umstände, namentlich die Beschaffenheit der Strassen, in gewisse Grenzen eingeschlossen.\*)

Auf Sully's und Mondrau's 1725 und später von Sturm erneuerten Vorschlag wendet man jetzt bei vielen Instrumenten sogenannte Frictionsrollen an: man legt nämlich die Axe eines Rades nicht in ein Zapfenlager, sondern auf zwei kleine Rollen von gleichem Radius, welche durch die Umdrehung des Rades in Bewegung gesetzt werden, wobei die Reibung von den Peripherien auf die Axe übertragen und so vermindert wird\*\*. — Repsold hat an einem Pendel-Apparat eine Vorrichtung angebracht, welche in Betreff der Ueberwindung der Reibung wohl alles bisher Geleistete übertrifft. Ein Stahlcylinder von 7 Linien Durchmesser bewegt sich in einer Hülse von Glockenmetall; er füllt den Raum derselben so genau aus, dass, wenn man die Hülse unten luftdicht verschliesst, vorher aber den Cylinder etwas in die Höhe hebt, derselbe auf der in der Hülse befindlichen Luft ruht, dennoch aber Spielraum genug hat, um eine Axendrehung, welche man ihm giebt, mehrere Minuten lang fortzusetzen. Dabei sind Cylinder und Hülse vollkommen trocken, ohne

\*) Bei Eisenbahnen soll unter Umständen der Widerstand am Umfange des Rades nicht 0,001 der aufliegenden Last betragen. v. Gerstner's Handbuch der Mechanik I.; Prechtl's Encycl.; Gehler's phys. Wörterbuch VII. 2. Abth.

\*\*\*) Ueber die Anwendung bei der Fallmaschine z. B. s. Gilbert's Ann. XIV., Dove's Repertor. d. Physik I. 109.

Oel, so dass die Bewegung des ersteren auch nicht durch die Klebrigkeit des Oeles gestört werden kann und er der kleinsten Drehung der Schraube, die ihn trägt, nachgiebt. \*) W. Mn.

**Frischen** ist der metallurgische Process, durch welchen das kohlenhaltige Roh- oder Gusseisen in Stabeisen verwandelt wird, und der Hauptsache nach auf der Entfernung des Kohlenstoffs aus dem Gusseisen beruht. Unter den verschiedenen Sorten Gusseisen ist nur die zum Frischen recht geeignet, welche beim Einschmelzen lange in einem teigartigen Zustand bleibt, eine Eigenschaft, die demjenigen weissen Gusseisen, welches wenig Kohlenstoff enthält (lukiges Gusseisen), zukommt. Liefert daher der Hohofen graues Gusseisen, so verwandelt man dieses in weisses (s. Feineisen) bevor es verfrischt wird. Das Frischen wird entweder auf Herden oder in Flammöfen vorgenommen. Jenes geschieht vorzugsweise auf dem Continent, und stimmt überall mit dem in Nord-Deutschland üblichen Verfahren, der deutschen Frischschmiede im Wesentlichen überein, indem die Modifikationen durch besondere Umstände geboten werden. Das Frischen auf Flammherden ist in England allgemein eingeführt, und im Artikel Puddeln beschrieben.

Bei der deutschen Frischschmiede wird das Gusseisen in Platten (Gänze) von 6—8 Fuss Länge, nahe 1 Fuss Breite, und 2—3 Zoll Dicke in den vertieften Feuerraum eines niedrigen Herdes mit Holzkohlen eingeschmolzen. Die Vertiefung (im Mittel 2 Fuss breit, 2½ Fuss lang, 8 Zoll tief) ist mit gusseisernen Platten ausgelegt, sie hat eine viereckige Gestalt, und durch ein Gebläse wird die nöthige Luft zugeführt. Soll das Frischen beginnen, so wird der Feuerraum mit glühenden Holzkohlen ausgefüllt, das Gebläse angelassen und das Roheisen dem Gebläse gegenüber in die Glut gebracht, und nachgeschoben in dem Maasse als es vorn abschmilzt. Man schmilzt ungefähr 3 Centner ein. Durch den dem Roheisen beigemengten Sand, so wie durch die Bestandtheile der Kohlenasche kommt Kieselsäure in die Masse, die mit dem gleichzeitig entstehenden Eisenoxydul zu basisch kieselsaurem Eisenoxydul sich vereinigt und die sogenannte Gaarschlacke giebt, die man ablässt. Sie wird beim nächsten Schmelzen mit Hammerschlag (Eisenoxyduloxyd) wieder aufgegeben, denn beide bewirken die Entkohlung des Roheisens. Wird nämlich Kohleneisen mit Eisenoxyd oder basischem Eisensilikat geglüht, so giebt dasselbe an den Kohlenstoff Sauerstoff ab, und Kohlenoxydgas und Eisen werden gebildet. Das basisch kieselsaure Salz verwandelt sich dabei in neutrales (Rohschlacke), und dieses bewirkt die Entkohlung nicht mehr. Gleichzeitig werden aber auch die besonders in dem bei hoher Hitze gewonnenen Roheisen enthaltenen fremden Stoffe als Phosphor, Kiesel, Aluminium oxydirt und in die Schlacke getrieben. Nachdem alles Eisen eingeschmolzen ist, schreitet der Frischer zum Rohaufbrechen. Die Kohlen werden von der Eisenmasse abgeräumt, die Schlacken abgelassen, und das Eisen in 3 oder 4 Theile

\*) Bessel's Untersuchungen über die Länge des einfachen Sekundenpendels u. s. w.; 1828, S. 7.

mit einer starken Eisenstange getheilt. Diese Stücke werden aus dem Feuer genommen und auf den Herd gelegt, frische Kohlen aufgeschüttet und das Eisen wieder aufgegeben und so gewendet, dass die gaaren Stücke weniger als die noch rohen dem Wind des Gebläses ausgesetzt werden. Das Eisen schmilzt dabei herunter, wird immer zähflüssiger, je mehr es an Kohlenstoff verliert, und der Frischer setzt sein Aufbrechen so lange fort, bis das Eisen die gehörige durch die Erfahrung ihm wohlbekannt Gaare hat. Hierauf erfolgt das Gaaraufbrechen. Die ganze Eisenmasse wird in die Höhe gehoben, der leere Raum wieder mit Kohlen gefüllt und das Eisen durch die verstärkte Hitze in einen halbflüssigen Zustand versetzt, wobei es in eine kochende Bewegung geräth, und die flüssige Schlacke sich davon trennt. Mit der Hauptmasse des nun entkohlten Eisens sucht man alle einzelnen Stücke zu vereinigen, hebt den ganzen Deul aus dem Feuer heraus, und bringt ihn, nachdem er durch Abklopfen von dem äusserlich ansitzenden Hammerschlag oder Schwahl gereinigt ist, noch glühend unter einen schweren von Wasserrädern bewegten Hammer, den Aufwurfhammer, durch dessen Schläge die innerhalb befindlichen Schlackenheile herausgepresst werden. Der Deul wird nun in 4—6 Stücke, Schirbel, zerhauen, und diese dann zu Stäben ausgeschmiedet.

Bisweilen findet vor dem Deulmachen noch ein anderer Vorgang statt, das Anlaufen. Wenn nämlich die Brechstange in das Eisen getaucht wird, welches die kochende Bewegung zeigt, und es setzt sich gaares Eisen daran an, so lässt der Frischer durch Umdrehen der Stange in dem gefrischten Eisen sich dieses bis zu einer gewissen Menge ansetzen, schmiedet es dann aus, und haut das angesetzte vom Anlaufkolben ab. Dasselbe Verfahren wird so lange wiederholt als das Kochen und Anlaufen noch dauert. Solches Eisen ist von besonderer Güte.

Aus 100 Pfund Roheisen erhält man durchschnittlich 70—75 Pfund Stabeisen. B.

**Fritten** heisst eine schmelzbare Masse, z. B. die Materialien zum Glas, bis zum Erweichen erhitzt, so dass die einzelnen Theile zusammenkleben oder sintern, ohne zusammen zu schmelzen. B.

**Frost.** Derjenige Zustand der natürlichen Körper, bei welchem das in ihnen enthaltene Wasser zu Eis geworden. Er tritt ein, wenn die Temperatur den natürlichen Frostpunkt (s. d.) erreicht hat. Zuweilen kann er früher eintreten, namentlich wenn die Luft sehr trocken ist und Wasser an derselben verdunsten kann. Die Verdunstungskälte (s. d.) bringt die Oberfläche des Wassers um mehrere Grade unter die Luft-Temperatur hinab; so dass der feuchte Boden sich schon mit einer Eiskruste bezieht; wenn selbst die Temperatur der Luft noch einige Grad über dem Gefrierpunkt ist. Durch künstliche Vorrichtungen kann sogar in heitren Sommernächten ein Gefrieren (s. d.) bewerkstelligt werden. Der Organisation wird der Frost gefährlich, da er in Pflanzen durch die Ausdehnung des Eises beim Gefrieren die Textur der organischen Fiber zerstört, auch wegen Ausscheidung des Eises aus dem übrigen Saft der Körper die

chemische Beschaffenheit ändert, wodurch, wie bei Früchten, die Fäulniss beschleunigt wird. An lebenden Pflanzen wirkt der Frost theils die Stämme durch Ausdehnung des Eises zersprengend, theils die zartere Vegetation zerstörend; besonders wenn bald nach demselben ein rasches Aufthauen erfolgt. Bei langsamerer Erwärmung kann die Wirkung desselben oft noch durch die Vegetationskraft überwunden werden. So ist es bekannt, dass junges Gemüse, besonders Bohnen, das im Frühling vom Nachtfrost getroffen ist, sich wieder erholt, wenn es vor Sonnenaufgang reichlich mit Wasser besprengt wird. Auch den im Frost erstarrten Gliedern thierischer Körper ist der sehr allmähliche Uebergang in die Wärme zuträglicher; daher man sie mit Schnee zu bedecken pflegt. Der zu rasche Wechsel scheint es den Theilen unmöglich zu machen, die durch Vereisung des Wassers in ihnen gestörte Lage wiederherzustellen. A.

**Frostpunkt** (künstlicher.) Der Nullpunkt der Skale des Fahrenheit'schen Thermometers giebt die Temperatur an, welche Fahrenheit im Winter des Jahres 1709 zu Danzig beobachtet hatte. Diesen Punkt pflegte er jedesmal bei Verfertigung seiner Thermometer durch eine Mischung von Schnee und Salmiak zu gleichen Theilen wieder hervorzubringen. Er liegt 32 der Grade des Fahrenheit'schen Thermometers unter dem natürlichen Frostpunkte und wird zum Unterschiede von demselben der künstliche Frostpunkt (terme de congelation artificielle) genannt. A.

**Frostpunkt** (natürlicher.) Das Gefrieren des Wassers erfolgt sehr genau bei einer und derselben Temperatur. Diese nennt man daher den natürlichen Frostpunkt und nimmt sie als eine der Hauptbestimmungen für die Regulirung der Thermometerskalen an. Um diese Temperatur zu erhalten, muss man fein zerhacktes Eis oder Schnee mit Wasser tränken. So lange der Schnee oder das Eis schmilzt, erhält sich die Temperatur constant auf diesem Frostpunkte, weil alle von aussen einströmende Wärme zum Schmelzen des Eises verwendet wird (s. latente Wärme). Dieser Schmelzpunkt des Eises ist constanter als der Gefrierpunkt selbst. Denn ruhig stehendes oder luftleer abgesperres Wasser kann bedeutend unter den natürlichen Frostpunkt abgekühlt werden, bevor es erstarrt. (S. Gefrieren.) A.

**Fruchtbranntwein.** Da fast alle reifen Früchte Zucker enthalten, so kann ihr Saft auch wie der der gegohrnen Kartoffel in weinige Gährung versetzt werden. Wird die erhaltene Masse sodann der Destillation unterworfen, so liefert diese einen Branntwein, dem mehr oder weniger der Geschmack nach der ursprünglich angewandten Frucht anhängt. Pflaumen liefern den meisten Branntwein, welcher in Ungarn den Namen Slivovitza führt, sodann Kirschen sehr viel, weniger Birnen und Aepfel. Heidelbeeren geben vom Scheffel 3—6 Quart. Das Kirschwasser (Baseler) enthält eine kleine Quantität Blausäure, da die Kerne mit zerquetscht werden, welche etwas Amygdalin enthalten. S. d. M.

**Fruchtessig.** Aus den Fruchtweinen, dem Cider u. s. w. wird, wie aus dem Branntwein durch Gährung in Säuerungsfässern Essigsäure bereitet; man lässt den Wein erst ablagern, und dadurch klären, und bringt ihn dann mit  $\frac{1}{2}$  siedendem Essig auf die Mutterfässer.

M.

**Fruchtwasser** siehe Amnische Flüssigkeit.

**Fruchtwein.** Obstwein. Die Fruchtsäfte, welche Zucker, Gummi, Pektin, Kleber, organische Säuren und Extractivstoff nebst Salzen enthalten, können leicht in Gährung übergehen. Die daraus entstandenen Weine enthalten, namentlich wenn, wie gewöhnlich, noch viel Zucker hinzugesetzt wird, viel Alkohol, und sind stark berauschend. Die Weine enthalten nur meist Apfelsäure, keine Weinsteinensäure, welche ihnen jedoch zugesetzt wird. Alkoholzusatz verschlechtert den Wein. Am besten sind sie als moussirende Weine zu benutzen. Man wendet Johannisbeeren, Stachelbeeren, Maulbeeren, Fliederbeeren, Erdbeeren, Heidelbeeren, Brombeeren, Kirschen, Aprikosen, Quitten, Aepfel u. s. w. an. Die besten Sorten schmecken den italienischen Weinen am ähnlichsten. S. Accum, treatise on the art of making wine from native fruits. Lond. 1820.

M.

**Fruchtzucker.** In den Früchten ist eine eigenthümliche Zuckerart enthalten, welche man auch durch Behandlung von Stärkemehl mit Schwefelsäure erhält; da er in den Weintrauben besonders vorkommt, hat man ihn Traubenzucker genannt (s. d. Art.). Derselbe Zucker ist ein Bestandtheil des Harnes in dem Diabetes mellitus, den man sonst durch den Namen Harnzucker zu unterscheiden suchte. In den Früchten sind jedoch zwei Zuckerarten enthalten, von denen die eine den gewöhnlichen Traubenzucker darstellt, der sich in seinem Verhalten zum polarisirten Lichte dem Rohrzucker anschliesst, und stark nach rechts polarisirt; die zweite Zuckerart hat eine entgegengesetzte Polarisations-Drehung, nach links. Der Fruchtzucker macht die Weintrauben besonders süß; er findet sich ausserdem im Honig, in welchem er namentlich in dem stets flüssigbleibenden Theile reichlich enthalten ist; durch Einwirkung von Säuren auf andere Zuckerarten entsteht er gleichfalls, und zwar neben Traubenzucker; z. B. durch Schwefelsäure auf Rohrzucker im luftverdünnten Raume bei  $65^{\circ}$ — $75^{\circ}$ , wobei nur wenig Ulminsäure entsteht. Oft scheidet sich der Traubenzucker sehr schwer ab, indem die Gegenwart des Fruchtzuckers der Krystallisation hinderlich ist. Namentlich aber bildet sich auch der Fruchtzucker durch den Einfluss des Ferments auf den Rohrzucker, und vielleicht auch auf den Milchzucker. H. Rose und Loewig haben gezeigt, dass der Rohrzucker nicht unmittelbar gährungsfähig sei, sondern mehr in eine andere Zuckerart sich verwandelt, welche jetzt in Gährung übergeht. Sie hielten diesen Zucker für Traubenzucker; er ist jedoch Fruchtzucker, und die in Gährung befindliche Flüssigkeit polarisirt stets nach links, ohne dass bis zur völligen Zersetzung des Zuckers die Polarisation sich etwas ändert, als mit abnehmender Zuckermenge schwächer würde. Durch die Gährung kann man den Fruchtzucker am leichtesten rein

erhalten, da man allen Rohrzucker zerstören kann, ohne dass der sich dabei bildende Fruchtzucker schon sehr zersetzt ist. Diese Zuckerart ist ausserordentlich hygroskopisch, und kaum in trockenem Zustande zu erhalten, daher wir bis jetzt seine Zusammensetzung noch nicht kennen. Unter dem Namen Syrupszucker ist zuweilen offenbar Fruchtzucker beschrieben worden. Vergl. Art. Traubenzucker, Zucker, Weingährung, Syrupszucker. Ventzke i. J. f. pr.Ch. XXV. 74.

M.

**Frühlingsbrunnen**, in einigen Gegenden Deutschlands auch Maibrunnen (Fontes majales) genannt, gehören zur Abtheilung der periodischen Quellen (s. Quelle). Sie brechen im Frühlinge hervor, nehmen mehr oder weniger regelmässig an Stärke zu und hierauf wieder ab, bis sie im Sommer oder zu Anfang des Herbstes wieder aufhören zu fliessen. Sie gehören also der Klasse der intermittirenden Quellen (s. diese) im weitesten Sinne des Wortes an. In nassen, niedrig gelegenen Gegenden sind sie meist wasserarm, ihre Dauer ist hier gewöhnlich auf einige Wochen beschränkt, und die Entstehung derselben hängt mit dem durch das Schmelzen des Schnees im Uebermaass mit Feuchtigkeit gesättigten Erdboden zusammen, in welchem die Wasser aus höheren Gegenden der Umgebung als temporäre Quellen so lange heraustreten, als nicht eine grössere Wärme austrocknend auf den Boden gewirkt hat. Weit häufiger und von längerer Dauer sind sie in gebirgigen Gegenden, wo ihr Auftreten und Verschwinden deutlich zeigt, dass sie in den Eis- und Schneemassen ihren Unterhalt finden, welche in der wärmeren Jahreszeit schmelzen, und, so lange dies reichlich genug stattfindet, Kanäle und Höhlen speisen, welche ihr Wasser als Quelle zu Tage fördern, bis der Vorrath allmählig erschöpft wird. Solche Quellen finden sich in grosser Zahl in Hochgebirgen, z. B. in den Schweizer Alpen.\*) Während der Monate October bis März thaut es sehr selten auf den hohen Alpen und erst mit zunehmender Wärme liefert die Schnee- und Eisdecke den versiegten Giessbächen und Quellen, die ihr Wasser nur von einem kleinen District empfangen, neue Nahrung. Je nachdem die Communication der Spalten sich mehr oder weniger ausdehnt und bis in die höheren Regionen verzweigt, je nachdem muss die Dauer ihres Fliessens verschieden sein, und wenn an den niedrigeren Abhängen Quellen schon wieder versiegen, sieht man näher der Grenze des ewigen Schnees neue hervorbrechen. Daher giebt sich auch in der Periode ihres Eintritts und Verschwindens der Einfluss der Witterung entschieden kund. Welchen Antheil diese Quellen an den periodischen Aenderungen des Wasserstandes vieler Flüsse besitzen, die in Hochgebirgen ihren Ursprung haben, zeigt sich u. a. am Auffallendsten bei vielen Strömen der Schweizer Alpen, die in der heissesten Jahreszeit ihren höchsten Stand erreichen und im Winter auf ein Minimum der Höhe herabsinken. — In wärmeren und mehr continentalen Klimaten kommt diese Art von Quellen, deren Benennung nach der Jahreszeit überhaupt ganz unangemessen erscheint und mit den dortigen Naturverhältnissen meist in Widerspruch steht, ebenfalls häufig vor, wozu schon die grosse Zahl ausgetrockneter Betten von Gebirgs-

\*) Scheuchzer's Itin. alp. p. 483., Hydrogr., Nat.-Gesch.; Gruner's Eisgeb. d. Schweizerlandes I. 148.; Wagner's Hist. nat. Helv. u. v. a.

bächen den Beleg liefert; der Mangel an Niederschlag im wärmeren Abschnitt des Jahres wirkt hier noch fördernd mit ein. W. Mn.

**Fühlhebel.** Sehr kleine Bewegungen eines Körpers oder geringe Abweichungen eines Umdrehungskörpers von der richtigen Gestalt lassen sich bemerklich und messbar machen, indem man den kürzeren Arm eines ungleicharmigen Hebels gegen den in fortschreitender oder drehender Bewegung begriffenen Körper (etwa vermittelt einer Feder) drückt, während der längere Arm auf einer Kreiseintheilung in vergrössertem Massstabe die Verrückung anzeigt, welche der kürzere Arm erfährt. Eine solche Vorrichtung wird Fühlhebel genannt. Verhalten sich die Längen beider Hebelarme zu einander wie 1 : 50, so wird man, da durch eine Loupe Bewegungen von  $\frac{1}{50}$  Linie ohne Schwierigkeit unmittelbar beobachtet werden können, vermittelt des Fühlhebels im Stande sein, Bewegungen oder Abweichungen von  $\frac{1}{1000}$  Linie anzugeben.

Ist eine noch grössere Empfindlichkeit erforderlich, so verbindet man zuweilen zwei oder drei Fühlhebel so mit einander, dass der längere Arm des einen Fühlhebels auf den kürzeren Arm des folgenden wirkt. Die Empfindlichkeit eines solchen zusammengesetzten Fühlhebels ist gleich dem Produkt aus den Empfindlichkeiten der einzelnen. Eine andere Verfeinerung des Fühlhebels besteht darin, dass man für den längeren Hebelarm ein Fernrohr substituirt, durch welches nach einer entfernten Skale gesehen wird. Sie würde einer der Entfernung der Skale gleichen Verlängerung des einen Hebelarmes gleich kommen, wenn die Skale mit derselben Deutlichkeit in der Ferne durch das Fernrohr wie durch die Loupe in der Nähe gesehen werden könnte. Zuweilen sucht man, wie bei der Centrirung grösserer Objektivlinsen, die gemeinschaftliche Axe zweier Umdrehungsflächen. Zu diesem Zweck verbindet man zwei Fühlhebel in Form einer Zange oder eines Tastzirkels mit einander, und setzt jede Fläche mit dem kürzeren Arme eines Fühlhebels in Berührung. Die gemeinschaftliche Axe ist dann gefunden, wenn die Enden der beiden längeren Arme während der Umdrehung unverrückt bleiben. Ein solcher tastförmiger Fühlhebel kann auch zur Bestimmung kleiner Dimensionen, wie der Dicke von Drähten, benutzt werden.

Bei den ausgezeichneten Messungen Bessel's zur Bestimmung der Länge des einfachen Sekundenpendels und der Einheit des preussischen Längenmasses bediente sich derselbe einer von Repsold erfundenen Vorrichtung, welche Niveau-Fühlhebel genannt wird. Derselbe besteht aus einer Wasserwage, welche um eine auf ihrer Längenrichtung senkrechten horizontalen Axe drehbar ist, und auf einem Schlitten vermittelt einer Mikrometerschraube horizontal fortbewegt wird, bis der Punkt, dessen horizontale Entfernung von einem festen Punkte bestimmt werden soll, gegen einen mit der Axe verbundenen kurzen Hebelarm, Ansatz, stösst, und die Wasserwage, welche mit einem kleinen Uebergewicht versehen ist, damit der Ansatz gegen den zu messenden Punkt drücke, zum Einspielen gebracht wird. Zwar ist hierbei der eigentliche Messapparat die Mikrometerschraube, und die Wasserwage hat nur den Zweck, zu bewirken, dass die Spitze des zu messenden Gegenstandes bei jeder Messung mit glei-

cher Stärke gedrückt wird. Bringt man jedoch die Wasserwage nicht ganz zum Einspielen, so kann man aus dem Stande der Luftblase die noch fehlenden Theile eines Schraubenumgangs berechnen, ein Verfahren, welches gehörig angewandt bequemer und genauer ist als das scharfe Einstellen der Luftblase. (Dove, Mass und Messen, zweite Aufl. S. 130. Prechtl, Technologische Encyclopädie Bd. 7., S. 367. Bessel, Darstellung der Untersuchungen und Massregeln, welche in den Jahren 1835 bis 1838 durch die Einheit des preussischen Längenmasses veranlasst worden sind.)

Br.

**Fuga vacui** siehe Horror vacui.

**Fulgurit** syn. mit Blitzröhre.

**Fulminsäure.** Nennt Doebereiner die Knallsäure und ihre Salze Fulminate. Der Name ist gut gewählt und verdient angenommen zu werden. S. Knallsäure.

M.

**Fulvinschwefelsäure.** Der rothe Rückstand der Flavinschwefelsäure, welcher in Alkohol löslich ist (s. Flavinschwefelsäure), wird durch Bleiessig aus seiner wässrigen Lösung als blassrothes Bleisalz gefällt, welches durch Schwefelwasserstoff zerlegt und abgedampft, die rothgelbe, nicht krystallinische Fulvinschwefelsäure zurücklässt. Berzelius, Lehrbuch Bd. VII. 229.

M.

**Fumaräther.** Wird Fumarsäure in Alkohol gelöst, trocknes salzsaures Gas hineingeleitet und das Gemenge destillirt, so bildet sich Fumaräther, welcher durch Destillation am besten von dem anhängenden Salzäther befreit werden kann. Dieselbe Verbindung erhält man, wenn man anstatt der Fumarsäure Aepfelsäure anwendet. Die Aepfelsäure bildet keinen Aether, und verwandelt sich sofort in Fumarsäure. Der erhaltene Aether ist schwerer als Wasser, besitzt einen angenehmen Geruch nach Früchten, ist in Wasser etwas auflöslich, und wird durch Kali in fumarisaures Kali und in Alkohol zerlegt, mit wässrigem Ammoniak bildet er Fumaramid s. d. Der Aether besteht aus  $C_4H_2O_3 + C_4H_{10}O$ . S. Hagen i. J. f. pr. Ch. XXIV. 480.

M.

**Fumaramid.** Uebergiesst man den Fumaräther mit seinen mehrfachen Volum Aetzammoniak-Flüssigkeit, so setzt sich nach einiger Zeit das Fumaramid in glänzenden, weissen Schuppen ab. In kaltem Wasser und absolutem Alkohol unlöslich, wird es von siedendem Wasser aufgelöst, und zum Theil beim Erkalten unverändert wieder abgesetzt; nach langer Zeit geht es endlich wieder in fumarisaures Ammoniak über. Aetzende Alkalien entwickeln das Ammoniak, und Säuren fällen Fumarsäure. Die Zusammensetzung ist  $C_4H_3O_3 + N_2H_4$ ; es verhält sich daher wie das Oxamid zur Oxalsäure. Bei der Destillation liefert es Ammoniak und wahrscheinlich Maleinsäure. Hagen, a. a. O.

M.

**Fumarin.** Nach Peschier und Merck soll im Kraute von *Fumaria* off. eine dem Corydalin ganz ähnliche Pflanzenbasis enthalten sein. M.

**Fumarsäure.** Diese Säure findet sich fertig gebildet in der *Fumaria officinalis*, dem Lichen *islandicus*, (früher in diesem als eigenthümliche Säure unter dem Namen Flechtensäure bekannt); Winkler, Schoedler, Probst fanden im *Glucum luteum* gleichfalls dieselbe Substanz (Ann. der Pharm. XXXI. 250.). Wenn diese Verbindung durch ihre ausgedehnte Verbreitung im Pflanzenreich Interesse besitzt, so wird dies gesteigert, durch ihre künstliche Darstellung aus der Aepfelsäure. Zuerst hat Lassaigue sie aus dieser dargestellt; Pelouze untersuchte sie genauer. Aus der Aepfelsäure stellt man die Fumarsäure am leichtesten dar, wenn man sie etwas über ihren Schmelzpunkt erhitzt; bis auf 130—140°. In der flüssigen Masse bilden sich nach einiger Zeit Krystalle, welche das ganze Gefäss durchweben. Kaltes Wasser zieht aus dem so erhaltenen Gemenge die noch unveränderte Aepfelsäure aus. Heisses Wasser löst die nun gebildete Fumarsäure auf, welche durch mehrmaliges Umkrystallisiren gereinigt werden kann. Die Säure unterscheidet sich in ihrer Zusammensetzung von der Aepfelsäure durch 1 At. Wasser, welches sie weniger besitzt als diese.  $C_4H_2O_4 + Aq$ . Ihre Bildung besteht daher allein in einer Wasserabscheidung. Auch wenn man die äpfelsauren Alkalien einer höheren Temperatur aussetzt, so bildet sich Fumarsäure. Um die Säure aus den Pflanzen, in denen sie enthalten ist, zu gewinnen, fällt man das filtrirte Decoct mit essigsauerm Bleioxyd. Das fumarsaure Bleioxyd wird durch Schwefelwasserstoff zerlegt. Die reine Säure stellt glänzende, farblose Schuppen dar, oft blumenkohlähnliche Massen, von leicht saurem Geschmack. In 200 Th. kalten Wasser löslich, wird sie leicht in siedendem Wasser und Alkohol gelöst. Aus kochender Salzsäure krystallisirt sie unverändert heraus. Die alkalischen Salze der Säuren sind leicht, die der alkalischen Erden schwer in Wasser löslich. Das Bleisalz ist schwer löslich in Wasser, krystallisirt aber in glänzenden Nadeln, das gefällte fumarsaure Bleioxyd nimmt nach und nach eine krystallinische Struktur an. Es hat dieselbe Zusammensetzung wie das malein-saure Salz.

Gleichbedeutend mit den Namen Fumarsäure sind Paramaleinsäure, Flechtensäure, Lichensäure, *Glaciumsäure*. M.

**Fungin** nennt Braconnot, die Substanz, welche von den Schwämmen zurückbleibt, wenn sie ausgepresst, mit Wasser, Alkohol und verdünnten Alkalien behandelt worden sind. Dieses Skelett giebt bei der trocknen Destillation Ammoniak und Essigsäure, ein braunes Oel und Kohle, nach deren Verbrennung eine Asche bleibt, in welcher phosphorsaurer Kalk enthalten ist. M.

**Funken, elektrische.** In der grossen Mannigfaltigkeit elektrischer Lichterscheinungen nennt man Funken die bei einer zerreisenden Entladung des schlechter leitenden Mediums, es sei nun eine Gasart oder eine tropfbare Flüssigkeit, eintretenden momentanen Licht-

phänomene, und unterscheidet sie eben dadurch von den elektrischen Büscheln, dem Glimmen oder sogenannten Spitzenlicht, eben so von dem phosphorischen Leuchten eines geriebenen Nichtleiters. Die Funken selbst kann man füglich in zwei Klassen theilen, nämlich Unterbrechungsfunken, wenn der vorher metallisch geschlossene Kreis eines elektrischen Stromes plötzlich geöffnet wird, wo der erscheinende Funke also die sichtbar werdende Beendigung des vorher bestandenen Stromes ist, und Spannungsfunken, bei welchen ein durch Vertheilung oder auf andere Weise erregter elektrischer Gegensatz sich durch einen schlechten Leiter hindurch abgleicht, also ein vorher nicht bestandener elektrischer Strom momentan zu Stande kommt. Diese letzteren Funken nennt man positiv, wenn die Abgleichung zwischen einem positiv elektrisirten und einem unelektrisirten Körper vor sich geht, der daher nur durch die freie positive Elektrizität des ersten auf der ihm zugewandten Seite negativ elektrisch erregt wird, negativ, wenn der elektrisirte Körper negativ elektrisirt war. Zwischen positiven und negativen Funken findet daher eigentlich kein Unterschied statt, und diese Unterscheidung fällt daher auch weg, wenn, wie bei der Entladung einer Kleistischen Flasche, erweisbar gleiche Elektrizitätsmengen entgegengesetzter Art zu der Hervorbringung des Funkens concurriren.

Die Frage, ob bei einer Funkenentladung die Lichterregung an dem einen Ende des Funkens früher stattfindet als an dem andern, hat die Physiker mannigfach beschäftigt, weil sie in ihrer Beantwortung die Entscheidung darüber zu erhalten hofften, ob die Franklin'sche Vorstellung eines quantitativen Gegensatzes beider Elektrizitäten der Symmer'schen eines qualitativen Unterschiedes beider vorzuziehen sei. Wheatstone hat bei den Versuchen, die er zur Bestimmung der Lichtdauer des Funkens anstellte, diese Frage endlich entscheidend und zwar negativ beantwortet (Philos. Trans. 1834. p. 583. Pogg. Ann. XXXIV: 464.). Denkt man sich eine Kleistische Flasche durch einen in der Mitte unterbrochenen Drath entladen, welcher weder die positive noch die negative Belegung unmittelbar berührt, sondern von dieser etwas absteht, so werden bei der Entladung drei Funken entstehen, einer zwischen der positiven Belegung und dem Anfang des Drathes, der zweite in der Mitte desselben, der dritte zwischen dem Ende des Drathes und der negativen Belegung. Der Drath hatte 2400 Fuss Länge, war aber so gestellt, dass die drei Funken unmittelbar unter einander in einer lothrechten Linie erschienen. Entstehen sie gleichzeitig, so wird ein rotirender Spiegel von allen dreien in demselben Moment beleuchtet werden, ihr Bild also unter einander erscheinen wie ohne Spiegel und zwar in der Form drei paralleler gerader Linien  $\equiv$ , wenn nämlich die Dauer des Funkens nicht absolut momentan, sondern eine kurze Zeit anhaltend, während welcher der Spiegel um seine lothrechte Achse weiter rotirt. Erscheint der obere Funke (im Sinne der Franklin'schen Theorie) zuerst, dann der mittlere und zuletzt der untere, so würden sie sich in folgender Weise  $\equiv$  im rotirenden Spiegel darstellen, tritt aber der Funke gleichzeitig an den beiden Enden hervor, und später in der Mitte, so wird im Spiegel folgendes Bild der Erscheinung eintreten  $\equiv$ . Dies letztere geben die Versuche, woraus un-

mittelbar folgt, dass die Fortpflanzung des Erscheinens von beiden Enden des Schliessungsdrathes nach der Mitte hin stattfindet. Bei 800 Umläufen des Spiegels betrug die Länge der Linien  $24^\circ$ , das Uebergreifen der obern und untern über die mittlere  $\frac{1}{4}$  Grad, die Entladungsdauer betrug demnach 0,000042 Sekunden, die Geschwindigkeit der Elektrizität hingegen 288000 engl. Meilen in der Sekunde, da 0,000000868 Sekunden erfordert wurden, damit sich die Entladung durch den  $\frac{1}{4}$  englische Meilen langen Drath fortpflanzte. Die Geschwindigkeit des Lichtes 191515 engl. Meilen in der Sekunde ist demnach geringer als die der Elektrizität. Betrachtete hingegen Wheatstone 4 Zoll lange Funken aus dem ersten Conduktor einer Elektrisirmaschine, Funken einer Kleistischen Flasche durch eine gewöhnliche Entladung, eine 4 Fuss hohe Schlangenlinie um eine Blitzröhre, einen 6 Fuss langen Lichtstrom in einer luftleeren Glasröhre in dem 800 Umläufe in der Sekunde machenden Spiegel, so sah er sie genau so, wie in dem ruhenden Spiegel, woraus hervorgeht, dass, da dem dicht vor dem Spiegel gehaltenen Auge ein Breitwerden der Lichtlinie von  $\frac{1}{4}^\circ$  nicht entgehen kann, die Leuchtdauer dieser Erscheinungen nicht 0,00000087 einer Sekunde betragen kann. Auch geben nach Dove's Versuchen (Pogg. Ann. XXXV. 379.) die Farben eines schnell rotirenden Kreisels beleuchtet von Blitzen keine Mischungsfarbe, sondern erscheinen scharf getrennt.

Mit der kurzen Dauer des Funkens hängt die von Becquerel (Pogg. Ann. XLIX. 574.) gemachte Beobachtung zusammen, dass ihre Wärmestrahlung unmerklich ist.

Die Frage, ob der Unterbrechungsfunke eines elektrischen Stromes im Moment der Unterbrechung erscheine, oder eine messbare Zeit nach dieser Unterbrechung, hat Dove (Pogg. Ann. LVI. 274.) zu beantworten gesucht. Bei der Saxtonschen Maschine nämlich wird der Strom unterbrochen, wenn die schleifende Feder das Metall verlässt. Dies findet statt bei einer bestimmten Stellung des Ankers. Erscheint der Funke im Moment der Unterbrechung, so muss der Anker diese Stellung haben, erscheint er später, so muss seine Stellung einem spätern Stadium der Rotation entsprechen. Der Unterschied beider Stellungen wird desto grösser werden, je schneller die Rotation. Nun scheint aber der Anker, wenn die Maschine im Finstern langsam oder schnell gedreht wird, von den entstehenden Funken beleuchtet, vollkommen still zu stehen, selbst wenn man ein mit einem Fadenkreuz versehenes Fernrohr auf eine Marke des Ankers einstellt. Es vergeht also keine durch diese Mittel messbare Zeit zwischen Unterbrechung der Ladung und dem Entstehen des Funkens.

Frauenhofer fand, dass die festen Linien im Spectrum des elektrischen Lichtes andere seien als die des Sonnenlichts. Wheatstone (Pogg. Ann. XXXVI. 148.) erhielt ein verschiedenes Spectrum nach der Natur des Metalls, aus welchem die Knöpfe verfertigt waren, zwischen denen der Funke übersprang. Sind diese Knöpfe aus verschiedenen Metallen, so ist die prismatische Erscheinung eine gemischte von denen, welche sich zeigen, wenn der Funke zwischen zwei Knöpfen jedes dieser Metalle überspringt. Daraus folgt, dass die Natur beider Leiter auf das Lichtphänomen von Einfluss ist, welches ebenfalls mit der Franklin'schen Vorstellung sich schwer vereinigen lässt.

Wird eine Karte von einem Funken durchbohrt, der von einem Metalle nach dem andern überspringt, deren Verbindungslinie nicht senkrecht auf der Karte steht, so findet sich, wie Lullin gezeigt hat, die Durchbohrung immer am negativen Knopfe, rückt aber nach Tremery's Versuchen in verdünnter Luft immer mehr nach dem positiven Knopfe hin. Eine ähnliche Erscheinung zeigt sich bei dem Ueberspringen des Funkens, wenn in einem Drath von der Form  $\ominus$  mit übergreifenden Enden ein Strom inducirt wird. Das Ueberspringen des Funkens findet nach Joule nach der Richtung des Stromes entweder an dem linken, oder rechten Ende statt.

Das Licht des Funkens wird wesentlich verändert nach der Natur der Körper, welche die Elektrizität durchströmt. Am einfachsten überzeugt man sich davon, wenn man eine Kleistische Flasche durch einen metallischen Bogén, oder durch einen, in welchem ein nasser Faden eingeschaltet ist, entladet. Das blendend weisse Licht des Funkens wird tief orange, der so verzögerte Strom vermag aber nun Pulver zu zünden, welches er im ersten Falle nur verstreute. Ueber die Farbenveränderungen des Funkens selbst in verschiedenen Gasen und Dämpfen hat Davy Versuche angestellt (Phil. Trans. 1812, p. 64.) und Grotthus (Schweigger's Jahrbuch II. 142.). In den Dämpfen von Weingeist bilden die Funken einen seladongrünen Farbenstrom, in Aetherdämpfen erscheinen sie grün, in Wasserstoff purpur, in Ammoniak roth, in Wasserdämpfen pomeranzengelb, in kohlen-saurem Gase und Sauerstoff blauviolett.

In der Mitte des Funkens erscheint das weisse Licht desselben oft durch eine violette Stelle unterbrochen. Nach Faraday (1422) zeigen sich, wenn die übergehende Elektrizitätsmenge gering ist, dunkle Stellen. In Stickstoffgas ist die Farbe derselben blau oder purpur, der Schall stärker als in der Luft, in Sauerstoff weiss aber weniger glänzend, in Wasserstoff hochroth aber nicht laut, in Kohlensäure grünlich von unregelmässiger Gestalt, in Salzsäure weiss, glänzend ohne dunkle Stellen. — Kurze Funken erscheinen gerade, lange mehrfach verunstaltet, in Büscheln übergehend. Die Entfernung, in welcher dies stattfindet ist nach Faraday (1518) in verschiedenen Gasen verschieden. Die grösste Länge und Verzweigung erhielt van Marum, auf dessen Abbildungen in seiner Beschreibung der Taylor'schen Maschine hier verwiesen werden muss.

Nach Fusinieri werden im Funken materielle Theile des Körpers, aus denen er erregt wird, mechanisch mit fortgerissen. Nach Biot ist die Lichterscheinung Folge der in der Durchbrechung des hemmenden Mediums durch Compression freiwerdende Wärme, daher seine allmähliche Abnahme im luftverdünnten Raume. Otto von Guericke, Boyle, Wall und Hawksbee sahen zuerst elektrisches Leuchten, du Fay aber den eigentlichen Funken im Jahre 1732.

D.  
**Funkeln der Sterne.** Das Zittern der Fixsterne, welches mit einem Wechsel in ihrer Lichtstärke und oft auch mit einem Farbenwechsel verbunden ist, kommt von stets sich ändernden Ablenkungen der Lichtstrahlen durch über und nebeneinander wehende Luftströme von ungleicher Temperatur. Daher kommt es denn, dass das Funkeln in der Nähe des Horizonts gerade am stärksten ist, dass

es in der heissen Zone weniger und zur Zeit der Passate nie vorkommt. Dass bei Planeten gar kein Zittern, sondern höchstens ein Glanzwechsel bemerkt wird, erklärt man daraus, dass die scheinbaren Verrückungen geringer sind als die Planeten-Durchmesser. Den Farbenwechsel hält Arago für die Wirkung von Interferenzen, welche von den ungleich abgelenkten, und daher ungleiche Wege zurücklegenden Strahlen hervorgebracht werden. R.

**Funkenmesser.** Zwei durch einen Schlitten oder Schieber einander zu nähernde Kugeln, zwischen welchem der Funke überschlägt. Die Entfernung der Kugeln kann mikrometrisch gemessen werden. D.

**Funkenzieher.** Zugespitzte oder abgerundete Holz- oder Metallstäbe von isolirenden Griffen, welche durch eine Kette mit den Erdboden leitend verbunden werden können, um aus dem Conduktor Funken zu erhalten, ohne von demselben selbst getroffen zu werden. D.

**Fuscin.** Eine von den fünf Basen, welche Unverdorben in dem Destillationsprodukte der thierischen Stoffe aufgefunden hat. Wird das rohe Dippel'sche Oel mit  $\frac{1}{4}$  Kalihydrat und 6 Th. Wasser destillirt, so gehen die flüchtigen Basen und Brandöl über. Das Fuscin bleibt in einer pechartigen Masse zurück, welche auf der alkalischen Lauge schwimmt, die dann animalische Brandsäure enthält (s. den Art. Thierbasen). Die pechartige Substanz wird mit Essigsäure ausgezogen, diese durch Alkali gesättigt, wobei ein brauner Niederschlag gebildet wird, der getrocknet und mit absolutem Alkohol behandelt wird; dieser löst das Fuscin, welches nach dem Abdampfen eine braune zersprungene Masse darstellt, die in Wasser unlöslich, löslich in Säuren ist. Durch langsame Oxydation wird selbst das trockne Fuscin an der Luft roth. Fuscin und diese rothen Körper bilden sich, wenn rectificirtes Dippel'sches Oel sich an der Luft schwärzt. S. Unverdorben in Pogg. Ann. Bd. VIII. 261. M.

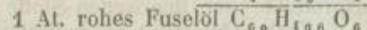
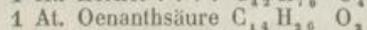
**Fuselkampher** ist von Gmelin das talgartige Fuselöl des Getreidebranntweins genannt worden. S. Fuselöl. M.

**Fuselöl.** Bei der Gährung der zuckerhaltigen Pflanzenstoffe wird durch die Zersetzung des Zuckers Kohlensäure und Alkohol gebildet (weinige Gährung), während in diesem Zersetzungs-Process auch andere Bestandtheile der organischen Substanz mit hineingezogen werden. Die Produkte, welche sich hierbei erzeugen, gehen mit in den Alkohol über, und lassen sich oft nur schwierig von demselben trennen. Sie sind verschieden je nach der angewandten Substanz, und bestehen zum Theil jedoch aus einer öligen Verbindung, welcher man den Namen des Fuselöls beigelegt hat. Dieses Fuselöl unterscheidet sich jedoch bei den einzelnen Pflanzen sehr von einander, so dass wir verschiedene Verbindungen bei dem Wein, den Kartoffeln, dem Rohrzucker, dem Reis und Getreide u. s. w. haben. Auch andere Pflanzen, welche ohne Zuckergehalt gähren, liefern solche

ölige Verbindungen, welchen man den Namen Fermentöl gegeben hat. (S. den Art.)

Das Fuselöl des Weines ist von Liebig und Pelouze untersucht worden, welche es aus einer eigenthümlichen Säureverbindung mit Aether bestehend fanden. Sie nannten die Säure Oenanthsäure (s. d.) Pogg. Ann. XXXXI. S. 571. Mulder fand darauf, dass das Fuselöl des Kornbranntweins ein Gemenge von Oenanthsäure, Oenanthäther, und einem eigenthümlichen flüchtigen Oel sei, welches er Kornöl nannte (Oleum siticum), und das nach ihm die Ursache des Fuselgeruchs sei. (Pogg. Ann. XXXXI. 581.) Kolbe fand ausserdem in einer andern Sorte des Kornbranntweins eine grosse Menge Magarinsäure neben dem Kornöle, und keine Oenanthsäure. (Liebig's Ann. XXXXI. 53.) In diesem Fuselöl war die Menge des Kornöls sehr viel geringer, als sie Mulder gefunden hatte.

Um das Kornöl zu gewinnen, wird das rohe Fuselöl, welches durch Kupfergehalt grün erscheint, mit kohlen-saurem Natron destillirt, sodann über Chlorcalcium entwässert. Es ist dann ein Gemenge von



dieses Oel wird mit Kali destillirt, und zerfällt unter Aufnahme von 1 At. Wasser, in die angegebenen Verbindungen und Weingeist, in welche sich der Aether umwandelt. Das Kornöl besitzt einen durchdringenden Geruch, nach Phellandrium, einen scharfen Geschmack, und eine hellgrüne Farbe. Für sich kann es ohne Zersetzung nicht destillirt werden.

Das Fuselöl der Kartoffeln ist ein Gemenge von sehr verschiedenen Verbindungen, welche jedoch meist Amylverbindungen sind (s. Amylen); diese Verbindung kommt in der Melasse der Runkelrüben vor. Gaultier de Claubry hat gefunden, dass das Fuselöl derselben aus Kartoffel-Fuselöl besteht:  $C_{10} H_{24} O_2$ , gemischt mit mehreren andern Verbindungen, welche den Geruch und Geschmack desselben sehr modificiren, und welche zum Theil durch Destillation mit Schwefelsäure neue Produkte liefern. Man erhält nämlich dabei 1) eine bei  $+96^\circ$  siedende Flüssigkeit, welche aus  $C_{10} H_{22} O_2$  besteht; das Aldehyd des Amylens, 2) eine bei  $170^\circ$  siedende  $C_{10} H_{22} O$ , den Aether des Amyls; 3) eine bei  $160^\circ$  siedende  $C_{10} H_{20}$ , das Amylen. 4) Ein Gemenge, welches die Zusammensetzung  $C_{10} H_{22} O_2$  gleichfalls besitzt.

Das Fuselöl, welches im Rum, Arrak u. s. w. enthalten ist, hat noch keine nähere Prüfung erfahren. M.

**Futter** siehe Nahrungsmittel.

**Fuss** siehe Labialpfeife.

**Gadolinit** oder Ytterbit, ein seltenes bei Fahlun (zu Broddbo Finbo und Karrarfvet) und bei Ytterby in Schweden, so wie auf der Insel Hitterön im südlichen Norwegen vorkommendes Mineral. Es findet sich eingesprengt in Gneiss und Granit, bildet meist grünlich- oder pechschwarze Stücke oder Körner, selten Krystalle in schiefen rhombischen Säulen von  $115^\circ$ . Die Härte gleich oder wenig unter der des Quarzes; spec. Gew. 4,0—4,3. Der Bruch ist muschlig bis splittrig; die muschligen Abänderungen zeigen, wenn sie bis zum dunklen Rothglühen erhitzt werden, die merkwürdige Erscheinung, dass sie plötzlich lebhaft verglimmen, wobei sie anschwellen, Sprünge bekommen und graugrün werden. Nach dem Erglühen ist das specifische Gewicht grösser, Scheerer fand es beim Gadolinit von Hitterön 4,63, während es vorher 4,35 war. Die splittrigen Varietäten erglühen nicht.

Der Gadolinit wurde 1788 von Arrhenius zu Ytterby entdeckt und 1794 von Gadolin analysirt, welcher die Yttererde darin entdeckte, und dem zu Ehren das Mineral benannt wurde. Die chemische Zusammensetzung ist mit hinreichender Sicherheit noch nicht bestimmt, was hauptsächlich darin seinen Grund hat, dass einige Arten Beryllerde enthalten, die in dem Gadolinit von Hitterön bis auf 10 Procent steigt, und sich noch nicht auf eine leichte Weise mit den übrigen Bestandtheilen hat zusammen stellen lassen. Die beryllerdefreien

Gadolinite entsprechen der Formel  $(\text{Y}_3, \text{Fe}_3, \text{Ce}_3) \text{Si}$ , d. h. sie sind  $\frac{1}{3}$  kieselsaures Salz, worin Eisen-, Ceroxydul und Yttererde Basen sind. Die ausführlichsten neueren Analysen sind von Berzelius (Schweigg. Journ. XIV. 33.; XVI. 404.; XXI. 261.) und Scheerer (Pogg. Ann. LI. 412., 421., 493.; LVI. 479., 500.), wo auch der früheren Arbeiten ausführlich gedacht ist. B.

**Gährung.** Wenn organische Stoffe dem Einfluss der Wärme, der Feuchtigkeit und der Luft ausgesetzt werden, so gehen sie gewöhnlich verschiedene Metamorphosen ein, welche im Allgemeinen den Namen der Gährung tragen. Die Produkte, welche sich hierbei bilden, sind verschiedener Art, und man pflegt nach diesen die Gährung einzutheilen: in faulige Gährung; weinige Gährung und saure oder Essiggährung. Die Verhältnisse der Gährung sind am ausführlichsten bei der weinigen Gährung studirt worden, wir werden sie daher unter dem Art. Weingährung besonders betrachten.

Bei der fauligen Gährung, denen die thierischen Stoffe namentlich unterworfen sind, entwickeln sich neben dem Wasser, der Kohlensäure und dem Stickgase, namentlich dem übelriechenden Ammoniak, Phosphor und Schwefelwasserstoffgas. Wie bei vielen Pflanzenstoffen erzeugt sich auch hier nicht selten Milchsäure, besonders wenn die Substanz Milchzucker enthält. Hildebrand's Versuche haben gezeigt, dass die Fäulniss in andern Gasarten, welche keinen freien Sauerstoff enthalten, nicht vor sich geht. Zuweilen entsteht dabei eine Lichtentwicklung, welche selbst an menschlichen Leichen beobachtet worden ist. Vergl. Liebig, J. f. pr. Ch. XVIII. 129. s. auch den Artikel: Verwesung. M.

**Gahnit** s. Automolit.

**Galactin** syn. mit dem angeblichen Kuhbaumwachs. M.

**Galactometer.** Ein Instrument, um die Güte der Milch in Beziehung auf Verfälschungen zu bestimmen. Es giebt eine grosse Anzahl von dergleichen Instrumenten, von denen folgende die vorzüglichsten sind. Das, welches Cadet de Veaux anwendete, ist nur ein Araometer, welches die Dichtigkeit der Milch angab, also abgerahmte und verdünnte Milch anzeigte. Jones wandte mehrere vertikale Röhren an, welche mit Milch gefüllt wurden, und in denen sich, bei einer bestimmten Temperatur, dann die Rahmschicht absonderte. Neander's Galactometer, welches in der Schweiz hauptsächlich angewandt wird, beruht auf ähnlichen Grundsätzen. Indessen ist die Absonderung des Rahms nicht allein bedingt durch die Menge, welche die Milch enthält, sondern auch durch die Temperatur, die Zeit, welche seit dem Melken verflossen u. s. w. Dinocourt hat einen Apparat construirt, welcher recht zweckmässig ist; er besteht aus einer weiten Kugel mit einer dünnen Röhre; das Instrument sinkt bis 0° in destillirtes Wasser ein. Unterhalb des Nullpunktes befinden sich drei Hauptabtheilungen, welche jede in 20 Grade eingetheilt sind. Reine Kuhmilch zeigt stets  $4,1\frac{2}{10}$  —  $4,1\frac{6}{10}$ , abgerahmte Milch  $5,1\frac{4}{10}$  bis  $5,2\frac{6}{10}$ . Durch Verdünnung mit  $\frac{1}{3}$ ,  $\frac{2}{3}$ ,  $\frac{1}{2}$  Wasser sinkt das Instrument auf  $3\frac{1}{2}\frac{8}{10}$ ,  $3\frac{6}{10}$ ,  $3\frac{2}{10}$ ; abgerahmte Milch mit Wasser vermischt zeigt bei  $\frac{1}{3}$  —  $\frac{1}{2}$  Wasser den Normalgrad; enthält aber dann natürlich weniger Butter. Colostrum zeigt  $7\frac{1}{2}\frac{4}{10}$ . Ist die Milch zähe und zeigt den Normalgrad, so enthält sie Colostrum; ist sie dabei dünnflüssig, so ist sie abgerahmt; zeigt die Milch weniger als den Normalgrad, so ist sie verdünnt, oder bei hinreichender Buttermenge von einem kranken Thiere. Diese Prüfung muss daher zusammen vorgenommen werden mit einer Prüfung auf die Rahmmenge. Vergl. Chevallier und Henry, Journ. de Chim. méd. 1839. S. 145., 193. M.

**Galambutter.** Dieses feste fette Oel wird von dem Baume *Bassia butyracea* gewonnen, und sehr oft mit dem Palmöl verwechselt. Es ähnelt im Geruch der Cacaobutter, besitzt die Consistenz der Kuhbutter, schmilzt und erstarrt bei 21—22° C., löst sich nur sehr wenig in Alkohol und wird wie das Palmöl bald ranzig. Es besitzt wie dieses eine hellrothe Farbe. Im Handel wird es nicht besonders unterschieden. M.

**Galangaöl.** Die Galangawurzel, von *Alpinia Galanga*, giebt ein eigelbliches, kampherartig schmeckendes und nach Cajeputöl riechendes flüssiges Oel, welches leichter als Wasser ist, an der Luft seinen Geruch verliert, und sich dabei verdickt. Wenig löslich in alkalischen Flüssigkeiten, löst es sich leicht in Alkohol und Aether. M.

**Galbanum.** Ein Harz aus *Opoëdia galbanifera* (Pharm. Centralb. 1840., 451.), welche Pflanze in Afrika, Syrien und Arabien wächst. Nach Meissner's und Pelletier's Analysen besteht dieses Gummiharz aus:

	Meissner.	Pelletier.	
Harz . . . . .	65,8	66,86	
Gummi. . . . .	27,6	19,28	
Pflanzenschleim	1,8	—	
Flüchtigem Oel	3,4	6,34	
Wasser . . . . .	2,0		
Unlöslichem . .	2,8	7,52.	M.

**Galbanumöl.** Das Harz des Galbanum off. giebt mit Wasser destillirt 3—6% ätherisches Oel, welches farblos, von scharfem bitterm Geschmack ist. Spec. Gew. 0,93, es enthält keinen Sauerstoff, besteht aus  $C_8H_8$  (Md.), löst sich leicht in Alkohol, Aether und fetten Oelen. Die trockene Destillation des Galbanum liefert zu einer bestimmten Zeit ein blaues Oel. M.

**Galeerenofen** ein langer Ofen, der in der Mitte seiner Längsrichtung einen Feuerkanal, auf dem einen schmalen Ende Heizthür, Rost und Aschenfall, und an dem anderen den Schornstein hat. In beiden Längsseiten befinden sich gläserne oder irdene Retorten, die ersten in Kapellen, die letzten gewöhnlich frei in den Kanal hineinreichend, so dass eine grosse Anzahl Retorten durch eine Feuerung zugleich geheizt wird. Man bedient sich solcher Oefen u. a. bei der Darstellung der rauchenden Schwefelsäure. B.

**Galipot** ist ein an Oel ziemlich armer Terpenthin, welcher im Handel vorkommt, und aus einem Gemenge von Tannen- und Fichtenharz besteht, und graugelbe, ziemlich erhärtete Klumpen darstellt. M.

**Galitzenstein** ist schwefelsaures Zinkoxyd; blauer Galitzenstein ein veralteter Name für Kupfervitriol. B.

**Galläpfel.** Durch den Stich des Insektes *Cynips Quercus folii* bilden sich auf den Eichenblättern von *Quercus infectoria* Auswüchse, dadurch, dass das Thier sein Ei hineinlegt. H. Davy hat sie analysirt und gefunden: Gerbsäure 26,0; Schleim und Extractabsatz 2,4; Gallussäure mit etwas Extractivstoff 6,2; Kalk und andere Salze 2,4; unlösliche Pflanzenfasern 63,0. Braconnot glaubte durch Gährung einen Zuckergehalt entdecken zu können, jedoch wohl nicht mit Recht. Sie werden in der feinen Gerberei angewendet als Gallus; die türkischen sind die geschätztesten. Vergl. Credner im Arch. der Pharm. XXV. 90. M.

**Galläpfeltinctur.** Der spirituöse Auszug der Galläpfel wird in der Chemie als Galläpfeltinctur als Reagens vorzüglich auf Eisenoxydsalze angewendet, mit welchem sie die bekannte tintenschwarze Färbung giebt. Die wirksame Substanz darin ist die Gerbsäure, welche jedoch zu vielen Zwecken besser im reinen Zustande benutzt wird. (S. d. Art. Gerbsäure). Keine Fällung erhält man mit der Galläpfeltinctur durch die Salze des Manganoxyduls, Zink-, Kobalt-, Nickeloxyds, Eisenoxyduls, Cadmium-, Kupfer-, Silber-, Quecksilber-, Platinoxyds. Entstehen Niederschläge, so deuten diese auf Verunreinigung der Metalle, meist durch Eisen. Fällungen entstehen mit folgenden Salzen: vom Eisenoxyd (schwarz), Bleioxyd (schmutzig weiss), Wismuthoxyd (gelblich), Uranoxyd (dunkelbraun), Quecksilberoxydul (hellgelb), Goldoxyd (schwarzes reducirtes Gold), Zinnoxidul (hellgelb), Zinnoxid (nach längerer Zeit eine Gallerte bildend), Antimonoxyd (gelblich). Die Galläpfeltinctur ist daher ein gutes qualitatives Reagens. Auch mit den organischen Basen vereinigt sie sich zu unlösliche Verbindungen, und namentlich mit den Leim und den Collagen.

**Gallenfett.** Gallensteinfett; eine nicht verseifbare Fettart, welche in der Galle, den Gallensteinen u. s. w. vorkommt; wird gewöhnlich Cholestearin genannt. S. dieses. M.

**Gallenfettsäure.** Durch Salpetersäure und Gallenfett zu erhalten. Siehe Cholestearinsäure. M.

**Gallerte,** siehe Leim.

**Gallertsäure,** siehe Pectinsäure.

**Gallerythrosäure.** Wackenroder hat bemerkt, dass beim Vermischen einer Gallussäurelösung mit saurem kohlenurem Kalk die Flüssigkeit indigblau gefärbt wird, durch Zusatz von Säuren roth. Die neue Säure, die sich dabei bildet, Gallerythrosäure, ist noch nicht näher untersucht worden. Gerbsäure bewirkt diese Reaction nicht. Archiv der Pharmacie Bd. XXVIII. 39. M.

**Gallussäure.** Diese von Scheele entdeckte Säure wird meist durch Zersetzung der Gerbsäure gebildet (s. d. Art.); dies ist die Ursache, dass z. B. die Galläpfel schon eine kleine Menge der Gallussäure fertig gebildet enthalten; lässt man den wässrigen Auszug an der Luft stehen, so bildet sich eine Menge Gallussäure. Scheele glaubte in den Galläpfeln sei die Gallussäure fertig gebildet mit einer schleimigen Substanz vermischt, welche die Krystallisation hindere; durch das Schimmeln werde diese Substanz zerstört, und die Krystallisation kann nun eintreten. Da durch Sublimation aus den Galläpfeln gleichfalls seiner Meinung nach Gallussäure erhalten werden könne (eine Brenzsäure die sich dabei bildet, verwechselte er mit dieser), so glaubte er seine Ansicht bewiesen. (Scheele's Werke v. Hermbstädt, Bd. II. S. 401.). Pelouze zeigte, dass in diesem Falle wenigstens die Gallussäure ein Zersetzungsprodukt der Gerbsäure sei. Man hat die Existenz der Gallussäure angegeben in

den Säften von *Cytisus hypocystis*, den Blumen von *Arnica montana*, den Samen von *Veratrum Sabadilla*, der Wurzel von *Helleborus niger*, *Veratrum album*, *Colchicum autumnale*, *Eucalyptus ipecacuanha*, in der Rinde von *Strychnos nux vomica*, den Mango-Körnern u. a. m. Es wäre sehr wünschenswerth, dass mit Sicherheit nachgewiesen würde, ob in der That hier die Säure nicht aus Gerbsäure während der Darstellung gebildet worden sei.

Die beste Methode zur Darstellung der Säure ist die, dass man eine Gallapfelinfusion 3—4 Monate während des Sommers bei 15—20° dem Einfluss der Luft aussetzt, und das verdampfende Wasser immer wieder hinzufügt. Die Flüssigkeit bedeckt sich bald mit einer dicken Schimmelhaut, diese wird fortwährend abgenommen. Es setzt sich dabei auf dem Boden des Gefäßes ein graues, braunes krystallinisches Pulver ab, welches durch Umkrystallisiren farblos erhalten wird. Die Säure stellt dann lange seidenglänzende Nadeln dar, deren Grundform ein gerades rhombisches Prisma ist, (s. Wackenroder J. f. pr. Ch. XXIII. 209.). Sie löst sich in drei Theilen kochendem, 100 Th. kaltem Wasser, leicht in Weingeist, schwierig in Aether. Saures chromsaures Kali färbt die Gallussäurelösung sogleich braun; allmählig entsteht ein brauner flockiger Niederschlag, der von Salzsäure und Alkalien gelöst wird.

Saurer kohlenaurer Kalk im Ueberschuss zu der Gallussäure-Auflösung gesetzt, bewirkt eine indigblaue Färbung, namentlich beim Kochen. Weingeist fällt dann eine flockige schwarzblaue Verbindung. Säuren färben die blaue Verbindung roth. Nach langem Kochen verwandelt sich dieselbe in humin- und ulminsauren Kalk. S. d. Art. Gallerythrosäure.

Der Einwirkung der Luft ausgesetzt, scheidet die Gallussäure-Auflösung ein schwarzbraunes Pulver ab, welches sie oft schon bei der ersten Bildung begleitet; Salzbilder zersetzen die Säure sehr kräftig, ebenso wird sie durch Zusammenreiben mit braunem Bleisuperoxyd sehr heftig oxydirt. Chlorgold wird schnell reducirt, langsam salpetersaures Silberoxyd.

Mit Schwefelsäure vorsichtig bis auf 140° erhitzt, erhält man eine Flüssigkeit von schöner Purpurfarbe. Robiquet (Journ. f. pr. Ch. IX. 273.) fand, dass, wenn man die Flüssigkeit in Wasser schüttet, sich dabei eine rothe krystallinische Verbindung absetzt,  $C_7H_4O_4$  enthaltend. Salpetersäure verwandelt die Gallussäure in Oxalsäure. Sie färbt wie die Gerbsäure Eisenoxydsalze schwarz, fällt aber weder Leim noch Eiweiss. — Die Salze der Gallussäure zeichnen sich aus, durch die leichte Zersetzbarkeit an der Luft; sie sind zuletzt von Blei ausführlich untersucht worden (Arch. der Pharm. XXVI. 169. Wackenroder a. a. O.).

Enthalten die Lösungen der Salze einen geringen Ueberschuss an Basis, namentlich alkalischer, so zersetzen sie sich schnell, indem verschiedene Farbenwechsel eintreten, von Gelb durch Blau, Grün, Roth, Braun u. s. w. Dabei wird Sauerstoff stark absorbirt. Die schwarze Verbindung, in welche die Gallussäure dabei übergeht, und die von Kali gelöst ist, kann aus der Lösung durch Säuren gefällt werden. Man hat diese Erscheinung als Reagens für die Gegenwart von Alkalien in Mineralquellen genommen.

Die Zusammensetzung der krystallisirten Gallussäure ist  $C_6H_8O_6$ , bis zu  $100^\circ$  erhitzt, verliert sie 1 At. Aq und ist dann  $C_6H_6O_6$ . In den Bleisalzen enthält die Säure nur die Elemente von  $C_6H_6O_6$ , so dass die krystallisirte als  $C_6H_6O_6 + 3 \text{ Aq.}$  zu betrachten ist. Otto, Annalen der Pharmacie XXVI. 126.

Unter dem Einfluss der Wärme schmilzt die Säure, bildet eine braune Masse, während Wasser, Kohlensäure und Brenzgallussäure sich entwickeln, die man früher für reine Gallussäure hielt. Im Rückstande bleibt die Melangallussäure. (Metagallussäure nach Pelouze). Lange Zeit der Temperatur von  $210^\circ$  ausgesetzt, bildet die Gallussäure ein graues Pulver, welches sich nach und nach in Wasser löst, und aus diesem in röthlichen Krystallen erhalten werden kann. Bei  $225^\circ$  schmilzt die reine Gallussäure zu einer schwarzen Masse, welche sich fast gänzlich in Wasser löst, und dann Leim fällt, nicht aber, wie die Gerbsäure die Alkaloïde. Erst später bildet sich Melangallussäure. M.

**Galmei.** Der Name von zwei Zinkerzen, die früher mit einander verwechselt oder vielmehr für einerlei gehalten wurden, und von denen das eine kohlensaures, das andere kieselsaures Zinkoxyd ist. S. diese. B.

**Galvanismus.** Wenn zwei heterogene elektrische Leiter in Berührung gebracht werden, so entwickelt sich in denselben, wenigstens in der Mehrzahl der Fälle, von der Berührungsstelle aus Elektrizität, und zwar wird, wenn beide übrigens isolirt sind, der eine positiv, der andere negativ elektrisch. Die sich berührenden Leiter nennt man hierbei Elektrizitäts-Erreger, ihre Wirkung auf einander elektromotorische Wirkung, und die in ihnen hervortretende Elektrizität, Berührungs- oder galvanische Elektrizität.

Dass jede zwei heterogene Leiter ohne Ausnahme durch gegenseitige Berührung elektrisch werden, ist durch die Erfahrung zwar noch nicht vollständig nachgewiesen, aber doch höchst wahrscheinlich gemacht. Es spricht dafür einestheils die grosse Menge von Fällen, in denen wirklich  $E$  bemerkt worden ist, andernteils der Umstand, dass die bei der Berührung zweier Körper sich entwickelnde  $E$  jederzeit sehr schwach ist, und bei manchen Substanzen nur unter Anwendung der feinsten Hilfsmittel noch eben erkannt werden kann, so dass sehr wohl die  $E$  bei denjenigen Substanzen, bei denen man sie noch nicht wahrgenommen hat, wegen ihrer geringen Intensität den Beobachtungen entgangen sein mag. Von denjenigen Stoffen, welche bei der Berührung dergestalt chemisch auf einander einwirken, dass sie sogleich durch das sich zwischen ihnen bildende neue chemische Produkt von einander getrennt werden, kann hier natürlich nicht die Rede sein, weil dann die Zeit der direkten Berührung zu kurz ist, um eine Beobachtung möglich zu machen und vielleicht selbst zu kurz, um einer hinreichenden Elektrizitäts-Entwicklung Raum zu geben.

Was die Ursache der Erscheinung im Allgemeinen betrifft, so nehmen Einige (in der neueren Zeit namentlich Faraday, de la Rive, etc.) an, dass die Elektrizität eine Folge einer chemischen Ver-

bindung sei, welche entweder zwischen den beiden sich berührenden Substanzen statt findet, oder zwischen dem einen Erreger einerseits und dem Sauerstoff der umliegenden Luft oder dem in derselben befindlichen Wasserdampf andererseits (chemische Theorie). Man muss dabei entweder annehmen, dass die Elektrizität, welche sich vor der Berührung in den sich chemisch verbindenden Substanzen in neutralem Zustande befand, durch den chemischen Process zerlegt werde und dass die eine  $E$  von dem einen Erreger, die entgegengesetzte von dem andern Erreger aufgenommen werde; oder dass von den sich verbindenden Stoffen der eine einen Antheil  $+E$ , der andere einen Antheil  $-E$  chemisch gebunden enthalte, und dass diese gebundene  $E$  durch die chemische Action ausgeschieden werde. Unerklärt bleibt aber, warum sich die ausgeschiedenen entgegengesetzten Elektricitäten nicht sogleich wieder zu neutraler  $E$  vereinigen.

Anderere, wie Ohm, Fechner, Pfaff, und überhaupt die Mehrzahl der deutschen Physiker, erklären die mechanische Berührung als solche für das bei der Erscheinung Wirksame (Contacttheorie). Wollen wir uns dabei der üblichen Vorstellung bedienen, dass den elektrischen Erscheinungen ein doppeltes Fluidum, ein positives und negatives, zum Grunde liege, und dass in den unelektrischen Körpern jedes Atom  $+E$  einem Atom  $-E$  zugesellt sei und mit demselben ein neutral elektrischen Molekul bilde, so können wir uns zur Veranschaulichung etwa vorstellen, dass die materiellen Atome verschiedener Körper mit verschiedener Kraft die Atome der beiderlei Elektricitäten anziehen, dass aber die Summe der Anziehungen gegen die beiderlei Elektricitäten für alle Körper dieselbe sei.

Befindet sich nämlich die elektrische Materie in einem Körper  $A$  im Zustande der Ruhe, so wird jedes Atom in seiner Stelle gehalten durch die anziehenden und abstossenden Kräfte, welche die übrigen elektrischen Atome und die materiellen Atome des Körpers selbst auf dasselbe ausüben. Kommt alsdann ein zweiter Körper  $B$ , dessen Atome eine grössere Anziehungskraft gegen die negativ elektrische Materie besitzen, dem ersten so nahe, dass dieses Uebergewicht der Anziehung auf die nächsten (an der Berührungsstelle befindlichen) Atome von  $A$  sich geltend machen kann, so werden die negativ elektrischen Atome aus der Berührungsfläche von  $A$  in die Oberfläche von  $B$ , die positiv elektrischen Atome aus der Berührungsfläche von  $B$  in die Oberfläche von  $A$  eindringen; sind dann überdies  $A$  und  $B$  Leiter, d. h. findet die elektrische Materie keinen erheblichen Widerstand sich in  $A$  und  $B$  fortzubewegen, so würden die angezogenen Theilchen, die nächsten gleichnamigen elektrischen Theilchen, auf welche sie stossen, vorwärts treiben, diese würden wiederum die nächsten gleichnamigen Theilchen verdrängen, u. s. w., so dass endlich an der äussersten Oberfläche die zuletzt verdrängten Theilchen als freie  $E$  erschienen. An der Berührungsfläche selbst würde sich aber, da sich dort inzwischen die neutrale  $E$  wieder momentan hergestellt hat, der Vorgang so oft erneuern, bis die in  $A$  und  $B$  sich ansammelnde freie  $E$  jedem weiteren Eindringen neuer  $E$  ein Hemmniss entgegengesetzt.

Folgende, durch die Erfahrung nachgewiesene Thatsachen ergeben sich dann nothwendig von selbst.

1) Die Intensität der freien  $E$ , welche  $A$  und  $B$  an jeglicher Stelle während der Berührung zeigen, ist unabhängig von der Grösse der Berührungsstelle.

2) Der Spannungs-Unterschied zweier sich berührenden Körper  $A$  und  $B$  bleibt unter allen Verhältnissen ungeändert und richtet sich allein nach der Substanz derselben. Unter Spannungs-Unterschied versteht man hierbei die Differenz der Spannungen, welche  $A$  und  $B$  an ihrer Berührungsstelle zeigen, während die Spannung diejenige positive oder negative Zahl vorstellt, welche man erhält, wenn man der Messzahl der respektiven Elektrizitäts-Intensität ein  $+$  oder  $-$  Zeichen vorsetzt, je nachdem die  $E$  positiv oder negativ ist.

Sind  $a$  und  $b$  respektiv die Spannungen an der Berührungsfläche von  $A$  und  $B$  (also  $a-b$  der Spannungs-Unterschied), so muss, wenn  $A$  und  $B$  von gleichen Dimensionen und ausserhalb der Berührungsstellen isolirt sind, falls  $a=a'$  ist,  $b=-a'$  sein. Wird den sich berührenden Körpern unter denselben Umständen noch freie Elektrizität von aussen zugeführt, welche, wenn keine Elektrizitäts-Erregung durch Berührung stattgefunden hätte, die Spannung  $s$  auf  $A$  und  $B$  hervorgerufen hätte, so würde  $a=s+a'$ ,  $b=s-a'$  werden.

Sind  $A$  und  $B$  von ungleicher Dimension, und ist etwa  $B$  grösser als  $A$ , so wird  $b$  desto geringer, je mehr  $B$  das  $A$  an Grösse übertrifft, obgleich übrigens  $a-b$  immer ungeändert bleibt. Sollte also  $B$  unendlich gross sein, oder was auf eins hinaus kommt, mit dem Erdboden in leitender Verbindung stehen, so wird demnach  $b=0$  und  $a=2a'$ .

3) Die Spannung an der Berührungsfläche ist grösser als in den von der Berührungsstelle entfernten Punkten von  $A$  und  $B$ . Schon in einer ungemein geringen Entfernung von der Berührungsstelle hat die Spannung ihr Minimum erreicht, und nimmt dann mit der Entfernung nicht weiter zu oder ab. Nach Fechner's Versuchen übertrifft die Spannung an der Berührungsstelle von Zink und Kupfer die Spannung der davon entfernten Stellen um sehr viel mehr als um das 1400fache. (Pogg. Ann. XXXI).

4) Werden  $A$  und  $B$  nach ihrer Berührung isolirt von einander getrennt, so zeigen sie eine Spannung, die um so grösser ist, je grösser die Anzahl der Berührungspunkte gewesen war, da die an der Berührungsfläche während des Kontakts condensirt gewesene Elektrizität sich nach der Trennung gleichmässig über  $A$  und  $B$  verbreitet.

#### A. Berührung fester Leiter.

Unter Spannungsreihe versteht man jede so angeordnete Reihe elektrischer Leiter, dass jeder derselben durch Berührung mit jedem vorhergehenden negativ elektrisch, mit jedem nachfolgenden positiv elektrisch wird.

Für feste Leiter hat man unter andern folgende Reihen gefunden: Destillirtes Zink, unreines Zink, Blei, Zinn, Antimon, Wismuth, Eisen, Messing, Kupfer, Silber, Quecksilber, Gold, Platin. Henrici. Zink, Blei, Cadmium, Zinn, Eisen, Wismuth, Kobalt, Arsenik, Kupfer, Antimon, Platin, Gold, Quecksilber, Silber, Kohle, Glaserz, Schwefelkies,

Kupferglanzerz, Kupferkies, Bleiglanz, Zinngrauen, Kupfernickel, Arsenikkies, Schwefelmolybdän, Uranoxydul, Cornisches Zinnerz, Titanoxyd, Graphit, derber Wolfram, Schrifterz, krystallisirtes Graubraunsteinerz. Pfaff.

Die reichhaltigen Reihen von Pouillet (*Traité de phys.* I, 697.) und Marianini (*Schweigg. Jahrb.* XLIX. LI.) verlieren deshalb von ihrem Werthe, weil sie aus indirekten Versuchen\*) hergeleitet sind. Die von Davy (auch auf indirektem Wege) ermittelten Reihen zeigen, dass die Alkali-Metalle und ihre Amalgame vor das Zink zu stellen sind.

Die Differenzen zwischen der Pfaff'schen und Henrici'schen Reihe können zum Theil in der nicht völligen chemischen Reinheit der angewendeten Metalle ihren Grund haben. Der Spannungs-Unterschied bei den Metallen wächst mit ihrer gegenseitigen Entfernung in der Spannungsreihe.

B. Berührung fester und tropfbarflüssiger Leiter. Die vollständigsten Untersuchungen über das elektrische Verhalten fester Leiter gegen tropfbarflüssige sind von Henrici angestellt. Er widmete seine Aufmerksamkeit besonders dem Platin, weil dieses am wenigsten chemischen Veränderungen unter dem Einfluss von Flüssigkeiten ausgesetzt ist. Folgende Tabelle enthält die von ihm in Bezug auf Platin geprüften Flüssigkeiten, welche nach der Stärke, mit der sie das Platin elektrisch erregen, geordnet sind.

Des Platin wird negativ durch:

Aetzkalklösung (stark), Aetzammoniaklösung (ziemlich stark), Jodkaliumlösung, Zinnchlorürlösung, Kalkwasser (sehr schwach), kohlen-saures Natron, oxalsaures Kali, essigsäures Natron, salpetersaurer Kalk.

Nicht merklich elektrisch wird Platin durch:

Barytwasser, Cyaneisenkalium, schwefelsaures Kali, Chlornatrium, Chlorbarium, kohlen-saures Ammoniak, Salpeter, phosphorsaures Natron.

Positiv wird Platin durch:

Wasser (kaum merklich), Chlorammonium, Eisenchlorür, Zinnchlorid, schwefelsaures Natron, schwefelsauren Kalk, salpetersauren Kalk, salpetersauren Baryt, essigsäuren Baryt, Manganchlorür (sehr schwach), Alaun, Kupferchlorid, essigsäures Blei, Essigsäure, Weinsäure, Oxalsäure, Salzsäure, chromsaures Kali (stark), schwefelsaures Zink, schwefelsaures Eisen (Oxyd und Oxydul), schwefelsaures Kupfer, Jodwasserstoffsäure, salpetersaures Blei, salpetersaures Kupfer, salpetersaures Silber, salpetersaures Quecksilber (sehr stark), Eisenchlorid, Platinchlorid, Schwefelsäure, Salpetersäure.

Dem Platin am ähnlichsten sollen sich Gold, Silber, Wismuth und Antimon verhalten; grössere Abweichungen zeigen Quecksilber, Kupfer, Zinn, während Zink und Eisen mit fast allen wässrigen Flüssigkeiten negativ werden.

Von dem Grund des Verhaltens der beiden letzten Metalle wird weiter unten die Rede sein.

C. Berührung von Flüssigkeiten unter sich. Die Electricität, welche sich bei der Berührung zweier Flüssigkeiten entwickelt, ist im Verhältniss zu der bei der Berührung zweier Metalle auftreten-

\*) Aus ihrem Verhalten in geschlossenen Ketten, wovon weiter unten die Rede sein wird.

den fast überall ungemein schwach, indem sich nur bei der Combination zweier Chlorüre, so wie bei der Combination zweier Chloride die Spannungs-Unterschiede mit den bei den Metallen vorkommenden als vergleichbar erwiesen. Die zahlreichen von Henrici hierüber angestellten Versuche haben gezeigt, dass die Flüssigkeiten genau in der Ordnung, wie sie so eben beim Platin aufgeführt sind, eine Spannungsreihe bilden. Es werden dieselben, so weit sie eine wahrnehmbare Erregung zeigen, mit jedem der vorhergehenden positiv, mit jedem nachfolgenden negativ elektrisch, mag übrigens an der Berührungsstelle ein Niederschlag erfolgen oder nicht. Dabei scheinen die Chlorüre, so wie die Chloride unter sich, nach der Spannungsreihe der metallischen Grundlage sich zu richten. Die Grösse des Spannungs-Unterschiedes ist indessen nicht völlig wie bei den Metallen von ihrer Entfernung in der Spannungsreihe abhängig.

D. Berührung fester Leiter mit Gasarten. Nach Henrici's Erfahrungen werden die Metalle durch Berührung mit Wasserstoffgas sehr stark negativ elektrisch, durch Berührung mit Chlor, Brom, Kohlensäure und Sauerstoffgas positiv elektrisch. Aus der negativen Erregung durch Wasserstoffgas erklärt sich die oben erwähnte Eigenschaft des Eisens und Zinkes, durch die Berührung selbst mit solchen wässrigen Flüssigkeiten, welche allen übrigen Metallen positive Elektricität ertheilen, negativ zu werden. Es ist also in diesen Fällen nicht die wässrige Flüssigkeit das elektromotorisch wirksame, sondern der Wasserstoff, welcher bei der von jenen beiden Metallen bewirkten Wasserzersetzung frei wird.

Dass gerade beim Platin schon wenige Wasserstoffgasbläschen hinreichen, dasselbe sehr kräftig negativ zu elektrisiren, schreibt Henrici der bekannten Eigenschaft dieses Metalles zu, an seiner Oberfläche das Wasserstoffgas sehr stark zu verdichten; und auf der andern Seite die Erfahrung Schönbein's, dass Platin, Gold und Silber nach einem Eintauchen in Sauerstoffgas nicht elektrisch gefunden werden, der geringen Adhäsion dieses Gases an jenen Metallen.

Die Versuche mit Wasserstoffgas haben dargethan, dass die Stärke der von demselben in den Metallen erregten — Elektricität sich nach ihrer Stellung in der Spannungsreihe richtet.

E. Abhängigkeit des elektrischen Verhaltens der Substanzen von ihrer chemischen Zusammensetzung.

Folgende Gesetze, welche übrigens mit der oben gedachten Vorstellungsweise in Einklang stehen, hat Henrici, weil sie sich durch alle seine Versuche bestätigten, als wahrscheinlicher Weise allgemein gültig hingestellt.

1) Wird bei der Berührung zweier isolirten Körper *A* und *B* der erste positiv, der zweite negativ elektrisch, so wird jede chemische Verbindung derselben durch Berührung mit *A* negativ, durch Berührung mit *B* positiv, d. h. es stehen diese Verbindungen in einer allgemeinen Spannungsreihe zwischen ihren nächsten Bestandtheilen. Er setzt hierbei voraus, dass sämtliche Substanzen eine zusammenhängende Spannungsreihe bilden, dass der Wasserstoff, da er sämtlichen Metallen eine so kräftige negative Elektricität mittheilt, an die Spitze zu stellen sei, dass der Sauerstoff das Ende der Span-

nungsreihe bilde, und dass Schwefel, Chlor und Brom diesem Ende sehr nahe stehen.

In der That stehen die Metalloxyde, die Schwefel- und Chlor-Metalle hinter ihren metallischen Grundlagen, die Säuren sehr nahe am Ende und die Salze zwischen ihrer Basis und ihrer Säure. Hinsichtlich des amalgamirten Zinkes, welches man als vor dem Zink stehend annimmt, während es nach jenem Gesetze nach demselben stehen sollte, meint Henrici, dass ein kleiner Gehalt vom Kalium oder Natron, welche Metalle nach Davy's Versuchen schon in sehr geringen Beimengungen das Quecksilber erheblich positiver werdend machen, das Resultat getrübt haben könne, oder auch dass die nicht allemal ein reines Resultat liefernde indirekte Bestimmungsweise des elektromotorischen Verhaltens (aus der nachher zu besprechenden Stromrichtung), welche allein beim amalgamirten Zink in Anwendung gebracht worden ist, die Schuld trage. Den letzten Grund muthmasst er auch für die in der Marianinischen Spannungsreihe vorkommenden Abweichungen.

2) Bei einerlei metallischen Grundlagen stehen die höheren Oxydationsstufen später in der Spannungsreihe als die niedrigeren, die Chloride später als die Chlorüre.

3) Die gleichnamigen Oxydations-, Chlor- und Schwefelungsstufen befolgen in der Spannungsreihe unter sich dieselbe Ordnung, wie ihre metallischen Grundlagen.

#### F. Von den offenen galvanischen Ketten.

Eine Reihe leitender Körper, von denen jeder den folgenden berührt, heisst eine galvanische Kette; die sich berührenden Körper selbst heissen die Glieder der Kette. Findet eine Berührung auch zwischen den beiden Endgliedern statt, so heisst die Kette eine geschlossene, im entgegengesetzten Fall eine offene. Je nachdem die Kette aus zwei, drei oder mehr Gliedern besteht, heisst sie zwei-, drei- oder mehrgliedrig.

Sind  $a, b, c, d, \dots, m, n$  der Reihe nach die Glieder einer offenen galvanischen Kette, und  $a_b, b_c, c_d, \dots, m_n$  die Spannungs-Unterschiede resp. zwischen  $a$  und  $b$ ,  $b$  und  $c$ ,  $c$  und  $d, \dots, m$  und  $n$ ,  $a$  und  $n$ , so ist natürlich  $a_b + b_c + c_d + \dots, m_n$  der Spannungs-Unterschied in den beiden Endgliedern.

Sind sämtliche Glieder Metalle, so ist der Erfahrung gemäss  $a_b + b_c + c_d + \dots, m_n = a_n$ , der Spannungs-Unterschied der äussersten Glieder mithin genau so gross, wie in einer nur aus  $a$  und  $n$  gebildeten Kette, und es lässt sich daher die Spannung in zwei Metallen nicht durch Einschaltung metallischer Glieder weiter vermehren.

Anders verhält es sich mit den sogenannten hydroelektrischen Ketten, d. h. mit solchen Ketten, in welche auch flüssige Leiter eingehen. Der Spannungs-Unterschied der Endglieder ist in ihnen im Allgemeinen grösser oder kleiner als derjenige, den diese Endglieder bei unmittelbarer Berührung zeigen würden; woher die Möglichkeit, durch Einschaltung schicklich gewählter und angeordneter Glieder, den Spannungs-Unterschied der Enden einer Kette beträchtlich zu verstärken.

Hierauf beruht die Wirksamkeit der galvanischen Säulen

und Batterien, d. h. solcher hydroelektrischen Ketten, in denen die Glieder sich periodisch wiederholen.

Ketten ohne periodische Wiederholungen nennt man einfache Ketten. Als einfache Ketten, so wie als periodische Glieder in Säulen und Batterien werden vorzugsweise benutzt:

1) Combinationen aus zwei Metallen und einer Flüssigkeit. Sie bestehen gewöhnlich aus Kupfer (oder Platin) und einer Kochsalzlösung oder einer verdünnten Säure, welche letztere zwischen den beiden Metallen eingeschaltet werden. Stellt *a* das Zink, *b* die Säure und *c* das Kupfer oder Platin dar, so ist, da nach dem Obigen das Zink durch Berührung mit einer verdünnten Säure negativ, das Kupfer und Platin durch eine gleiche Berührung positiv wird, sowohl *a<sub>z</sub>* als *b<sub>c</sub>* negativ, und es verstärken sich daher die Spannungs-Unterschiede. Wird hierbei z. B. das Kupfer (oder Platin) ableitend berührt, so zeigt das Zink eine negative Spannung von der Stärke  $a_z + b_c$ .

Da die Zwecke, zu denen man sich einfacher Ketten zu bedienen pflegt, es wünschenswerth machen, dass die Berührungsflächen möglichst gross seien, und die heterogenen Metallflächen einander möglichst nahe liegen, so wendete man sonst unter andern rechtwinklig parallelepipedische Kupfergefässe an, deren Breite etwa 1 Zoll betrug, und deren Seitenflächen ein oder mehrere Quadratfuss Oberfläche hatten. Diese Kupfergefässe wurden mit der Säure gefüllt und in ihnen eine Zinkplatte von nahe derselben Ausdehnung, wie die Seitenfläche des Gefässes eingesenkt. Die Berührung der beiderlei Metalle wurde durch Holzpflocke verhindert. Auf diese Weise wurde in dem Zink von beiden Seiten her Elektrizität erregt. Behufs einer etwaigen Schliessung der Kette waren oben am Zink und Kupfer Kupferstreifen angelöthet, welche kleine Quecksilbernapfchen trugen, um in dieselben die Enden der zur Schliessung dienenden Metalldrähte zu tauchen.

Diese trogartigen Ketten wurden späterhin durch die sogenannten Calorimotoren verdrängt, welche aus zwei spiralförmig in einander gewundenen Metallplatten, einer kupfernen und einer zinkenen bestehen. Diese Spiralen, welche in ein mit verdünnter Säure gefülltes cylindrisches Glasgefäss gesenkt werden, sind oben behufs des Kettenschlusses mit angelötheten Kupferstreifen versehen in derselben Weise, wie trogförmige Apparate. Um die direkten Berührungen der beiden Metalle zu verhüten, werden die Windungen der Spiralen durch Holzstäbe von einander entfernt gehalten oder durch Holzkreuze, die oben und unten aufgesetzt werden und deren Arme so eingekerbt sind, dass die Spiralwindungen in die Einkerbungen hineinpassen.

2) Combinationen aus zwei Metallen und zwei Flüssigkeiten, welche letztere zwischen die beiden Metalle gebracht, und unter sich durch eine poröse Scheidewand, gewöhnlich von porösem Thon, von einander getrennt werden, um eine gegenseitige Durchdringung derselben möglichst zu verhüten. Die Form des Apparates ist wiederum die Trogform oder die Cylinderform. Bei der Trogform wird, wenn z. B. die Metalle Zink und Platin sind, in einen Zinktrog ein kleinerer Thontrog eingesetzt und in diesen die Platinplatte eingesenkt. Der Raum zwischen Zink und Thon wird mit verdünnter Schwefelsäure, der Thontrog mit Salpetersäure gefüllt. Bei der Cylinderform

wird, wenn die Metalle z. B. Zink und Kupfer sind, in einen Kupferbecher ein Thonbecher eingesetzt, und in diesen ein Zinkcylinder gestellt, der Thonbecher mit verdünnter Schwefelsäure gefüllt, und der Raum zwischen Kupfer und Thon mit Kochsalzlösung oder mit concentrirter Kupfervitriollösung.

Da während der Schliessung solcher Kette Kupfer aus der letzten Lösung sich ausscheidet, so wird ein in den obern Theil der Flüssigkeit tauchendes Sieb mit Kupfervitriolkrystallen eingesetzt, um eine dauernde Sättigung zu erhalten.

Bezeichnet man das Zink durch  $a$ , die anderen Kettenglieder der Reihe nach durch  $b, c, d$ , so wird, da  $b_c$  sehr klein im Verhältniss zu  $a_b$  und  $c_d$  ist, und da  $a_b$  und  $c_d$  negativ sind, der Spannungs-Unterschied der äussersten Glieder sehr nahe  $a_b + c_d$ .

Verwandt hiermit ist die folgende, durch ihren Effekt sich auszeichnende Bunsen'sche Einrichtung.

In ein Glasgefäss wird ein Zinkcylinder und in diesen ein Kohlenzylinder eingesetzt; der letztere wird mit verdünnter Salpetersäure und der Zwischenraum zwischen Kohle und Zink mit verdünnter Schwefelsäure gefüllt. Es wird hierbei die kräftige Wirkung der Salpetersäure auf die Kohle, welche sehr bald von derselben durchdrungen wird, durch die Wirkung der Schwefelsäure auf das Zink unterstützt.

Die periodischen Glieder in den galvanischen Säulen sind Combinationen erster Art. Zink und Kupferscheiben, getrennt durch mit Kochsalzlösung oder verdünnter Säure getränkte Papp- oder Tuchscheiben, werden so auf einander gelegt, oder in einem Gestell so an einander gereiht, dass, wenn  $Z$  das Zink,  $K$  das Kupfer und  $s$  den flüssigen Leiter bezeichnet, die Ordnung der Glieder folgende ist:  $ZsKZsKZsK\dots ZsK$ . Da sowohl  $Z_s$  als auch  $K_z$  und (wenn die Flüssigkeit eine Säure ist) auch  $s_k$  positiv ist, so wird, wenn die äussersten Glieder isolirt sind, und die Zahl der Perioden (Plattenpaare)  $n$  ist, die Intensität im ersten  $Z$  (an dem sogenannten Kupferpol der Säule oder der negativen Elektrode)  $-\frac{1}{2}[n(Z_s + s_k) + (n-1)K_z]$ , und die Intensität im letzten  $K$  (an dem sogenannten Zinkpol oder der positiven Elektrode)  $+\frac{1}{2}[n(Z_s + s_k) + (n-1)K_z]$ . Fügt man vor dem ersten  $Z$ , wie es gewöhnlich geschieht, noch eine Kupferscheibe  $K$  an, und hinter dem letzten  $K$  noch eine Zinkscheibe  $Z$ , so wird die Intensität an den Elektroden resp.  $-\frac{1}{2}[n(Z_s + s_k + K_z) + K_z]$  und  $+\frac{1}{2}[n(Z_s + s_k + K_z) + K_z]$ . Das Nähere hierüber sehe man im Artikel: Säule.

Die galvanischen Batterien sind Verbindungen mehrerer gleichartigen Combinationen von der Art, wie sie oben näher bezeichnet wurden und zwar dergestalt, dass der eine feste Leiter der einen durch einen Metallstreifen immer mit dem anderen (heterogenen) Leiter der folgenden Combination verbunden sind. Die speciellen Einrichtungen solcher Batterien findet man in den Artikeln: Trogg-Apparat und Zellen-Apparat.

G. Von der direkten Bestimmung des elektromotorischen Verhaltens der Körper.

Zur direkten Ermittlung der Elektricität, welche ein Körper durch Berührung mit einem anderen annimmt, bedient man sich gewöhnlich

eines mit einem Condensator versehenen Bohnenberger'schen Elektroskops. Hat man es mit sehr schwachen Elektricitäten zu thun, so vermeidet man es, die bei der Anstellung der Versuche nöthigen Elektricitäts-Ableitungen unmittelbar mit den Fingern zu bewerkstelligen, weil die Fingerfeuchtigkeit selber elektromotorisch wirkt, und vermittelt die Ableitung durch einen indifferenten (nicht wahrnehmbar elektromotorisch wirkenden) Leiter, wie etwa durch einen kleinen Cylinder von Kork oder aufgerolltem Fliesspapier oder Leinenzeug, u. s. w.

Bei der Erforschung der elektromotorischen Wirkung der Metalle auf einander verfährt man unter andern wie folgt.

Man giebt den Metallen die Form von möglichst ebenen polirten Scheiben und versieht sie mit isolirenden Handgriffen, mittelst deren man sie zur gegenseitigen Berührung bringt, und nachgehend möglichst parallel von einander trennt, um die auf ihnen erregte Elektricität dem Condensator mitzuthemen. Nachdem man darauf beide Scheiben durch Ableitung wiederum in den neutralen Zustand versetzt hat, berührt man sie von neuem, um neue Quantitäten Elektricität zur Mittheilung an den Condensator zu gewinnen und fährt so lange fort, bis die Ladung des letzteren einen merklichen Ausschlag am Elektroskop hervorbringt. Da sich über die Scheiben die während der Berührung an den Kontaktstellen verdichtete Elektricität nach der Trennung verbreitet, und diese verdichtete Elektricität an Menge bei weitem die Elektricität in den übrigen Punkten der Scheibe übertrifft, so geschieht die Ladung um so rascher, je grösser die Berührungsstelle ist, also je grösser und je ebener die Scheiben sind. Man kann daher auf diesem Wege die Elektricität, namentlich bei Metallen, die eine grössere Entfernung von einander in der Spannungsreihe haben, selbst ohne Condensator nachweisen, wenn man nach Fechner's Anweisung Scheiben von grösserem (von 2—3 Zoll Durchmesser) wählt, und ein Bohnenberger'sches Elektroskop mit liegender Säule benutzt, deren Polplatten dadurch, dass ihre Träger mit Gelenken versehen sind, einander beliebig genähert werden können. Den stärksten Effekt erhält man, wenn man die eine Metallplatte vertikal auf das Elektroskop schraubt und diese gleichzeitig von jeder Seite mit einer gleich grossen Scheibe von dem zweiten Metall berührt.

Kommt es nicht darauf an, die Wahrheit zu bestätigen, dass die beiden Metalle bei der Berührung entgegengesetzt elektrisch werden, so berührt man bei den Versuchen am Condensator das eine Metall während des Kontakts ableitend, um die Spannung in dem anderen Metall zu verdoppeln.

Bei Anwendung des Condensators muss dessen Deckplatte, (beim einfachen Elektroskop der dem Goldblättchen die Elektricität zuführende Theil) entweder aus demselben Metall bestehen, aus welchem das zu prüfende Metall besteht, weil sonst bei der Uebertragung selbst Kontakt-Elektricität sich entwickelt, oder es muss die Uebertragung durch eine indifferente Substanz vermittelt werden, etwa durch Auflegen eines Stückchens Fliesspapier oder Musselin auf die Condensatorplatte.

Um sich zu überzeugen, dass während der Berührung auch die ausserhalb der Kontaktstellen befindlichen Punkte Elektricität anneh-

men, bedarf es wegen der ungemainen Schwäche derselben unumgänglich des Condensators. Nimmt man die obere Condensatorplatte selber aus dem zu prüfenden Metall, so braucht man nur, da hierbei die Wirkung von der Grösse der Berührungsstelle unabhängig ist, die Condensatorplatte mit einem beliebig grossen und beliebig geformten Stück des zweiten Metalls zu berühren, während man gleichzeitig die untere Condensatorplatte ableitend berührt.

Die durch den Contact in dem Condensatordeckel erregte freie Elektrizität wird momentan an der Unterseite desselben gebunden, aber eben so schnell wieder von der Contactstelle her ersetzt, bis die freie Elektrizität des Condensators diejenige Spannung erlangt hat, welche das Metall des Condensators durch die Contactwirkung anzunehmen fähig ist. Die Ladung ist daher hierbei das Werk eines Augenblickes.

Dass die Elektrizität schon in ungemein geringer Entfernung von der Berührungsstelle jene geringe Spannung besitzt, hat Fechner, wie folgt gefunden. (Fechner's Repertorium I., 367.). Er legte zuerst auf eine (isolirte oder nicht isolirte) Zinkplatte eine Kupferplatte von gleichen Dimensionen, und untersuchte die Elektrizität der Oberfläche der letzteren dadurch, dass er dieselbe wiederholt mit einer gleich grossen zweiten Kupferplatte berührte und mit der in diese zweite Platte übergehenden Elektrizität den Condensator lud. Darauf vertauschte er die erste (auf dem Zink unmittelbar aufliegende) Kupferplatte mit einem unächten Goldblatt und untersuchte auf gleiche Weise die an der Oberfläche dieses Kupferblättchens befindliche Elektrizität. Der Erfolg war in beiden Fällen derselbe. Es zeigte daher die Elektrizität an der Oberfläche des dünnen Kupferblättchens trotz der grossen Nähe der Contactpunkte keine wahrnehmbar grössere Stärke als die Elektrizität an der Oberfläche der dicken Platte.

Was die Untersuchung der Elektrizität betrifft, welche bei der Berührung zwischen Metallen und Flüssigkeiten auftritt, so hat man nur auf die obere Condensatorplatte ein Streifchen leinen Zeug oder Musselin, auf dieses ein Stück des zu prüfenden Metalls und darauf wieder einen Tropfen der zu prüfenden Flüssigkeit zu bringen, und diese letztere, etwa mit einem Strohhalm, ableitend zu berühren, während man andererseits auch die untere Condensatorplatte ableitend berührt.

Noch empfindlicher und namentlich für die vorstehenden Versuche geeigneter als das Bohnenberger'sche Elektroskop soll folgende, neuerdings von Dellmann (in Kreuznach) angegebene elektroskopische Vorrichtung sein. Von dem Deckel eines Cylinderglases hängt an einem Coconfaden horizontal ein dünner Messingdrath von 2—3 Zoll Länge herab, welcher in seiner Mitte bügelförmig nach oben ausgebogen ist, um einen mit ihm in gleicher Höhe befindlichen, gleichfalls horizontalen, 1<sup>''</sup> breiten metallischen Papierstreifen hindurch zu lassen, dessen breite Seite in einer vertikalen Ebene sich befindet, und der an seinen Enden von zwei Metalldrähten in fester Lage erhalten wird. Der eine von diesen haltenden Drähten ist isolirt am Deckel befestigt, der andere endigt, nachdem er isolirt durch den Deckel hindurchgeführt ist, in ein Schraubengewinde, auf welches sich ein Knöpfchen oder eine Condensatorplatte aufschrauben lässt. Vor dem jedesmaligen Gebrauch des Instruments wird dem

freischwebenden Draht mittelst eines Drächtchens, an welchem der Coconfaden hängt und welcher sich von aussen drehen lässt, eine solche Stellung gegeben, dass der eine Arm desselben die eine Hälfte des Papierstreifchens eben auf der einen Seite, der andere Arm die zweite Hälfte des Streifchens auf der andern Seite berührt. Die zu prüfende Elektrizität wird dem vorerwähnten Knopf oder resp. der Condensatorplatte mitgetheilt, und dadurch das Streifen elektrisirt. Dieses wirkt alsdann abstossend auf den anliegenden Draht, wie beim gewöhnlichen Elektroskop das eine Goldblättchen auf das andere. Um eine der Abstossung hinderliche Adhäsion zwischen dem Streifen und dem schwebenden Draht zu verhüten, sind die Enden des letzteren etwas dem Streifen zu gebogen, so dass eine wirkliche Berührung nur Seitens der umgebogenen Spitzen erfolgt.

Eine Erhöhung der Empfindlichkeit wird noch durch einen eigenen horizontalen Metalldraht hervorgebracht, der einige Linien unter dem Streifen befestigt denselben unter einem Winkel von etwa  $100^\circ$  kreuzt, und dem sich von aussen her Elektrizität mittheilen lässt. Wird nämlich vor dem Versuch diesem Querdraht z. B. etwas + Elektrizität mitgetheilt, so wird das Streifen durch Vertheilung negativ elektrisch; der bewegliche Draht, welcher sich dann zwischen einem positiv und einem negativ elektrischen Körper befindet, nimmt in Folge dessen eine mittlere Stellung zwischen beiden an (wie beim Bohnenberger'schen Elektroskop das Goldblättchen zwischen den entgegengesetzt elektrischen Polen der Säule), und jede nachgehend dem Streifen von aussen mitgetheilte Elektrizität muss ihm eine Bewegung nach der einen oder der anderen Richtung hin ertheilen, je nachdem die neuhinzugekommene Elektrizität positiv oder negativ war.

H. Von den geschlossenen Ketten. Spannungs-Verhältnisse derselben. Wenn eine offene Kette dadurch geschlossen wird, dass ihre Enden (Pole), welche *A* und *B* heissen mögen, durch einen indifferenten Leiter *C* mit einander in leitende Verbindung gesetzt werden, so geschieht im Augenblick der Schliessung, wenn *A* und *B* verschiedene Spannungen besaßen, dasselbe, was eintreten würde, wenn man irgend zwei andere verschieden elektrische Körper in Verbindung bringt — es gleicht sich die Elektrizität durch die Vermittelung des Leiters *C* aus, und *A*, *B*, *C* würden einerlei Spannung behalten, wenn nicht die ausgeglichene Elektrizität sogleich wieder durch die fortdauernden Berührungen der Kettenglieder ersetzt würde. Geht nun die Fortpflanzung der an den Berührungsstellen sich entwickelnden Elektrizität durch die Kettenglieder hindurch unendlich rasch, d. h. sind die Kettenglieder vollkommene Leiter, während *C* nur ein geringes Leitungsvermögen besitzt, so wird die Spannungsdifferenz an den Polen, weil sie sich unendlich schnell wieder ersetzt dieselbe, wie im offenen Zustande der Kette bleiben, und ebenso würden die Theile innerhalb der Kette ihre Spannung behalten. Die Ausgleichung selbst geht dann erst innerhalb des Leiters *C* vor sich, und es wird derselbe, wenn z. B. *A* die Spannung *a*, *B* die Spannung *b* hätte, von dem an *A* angrenzenden Ende bis zu dem an *B* angrenzenden Ende constant alle Spannungsstufen von *a* bis *b* durchlaufen. Dicht an *A* würde in *C* die Spannung *a*, in der Mitte die Spannung  $a + \frac{1}{2}(b-a)$ , in einem

Punkt, der um  $\frac{1}{n}$  der Länge des Leiters von  $A$  absteht,  $a + \frac{1}{n}(b-a)$ , und bei  $B$  endlich  $b$  sein. Es ist dies Verhalten in der That durch einen Versuch von Ohm bestätigt, welcher eine Kette aus einem Kupfer und einem Zinkstreifen, die an ihrem einen Ende zusammengelöthet zu einem Halbkreis gebogen waren, bildete, und die Schliessung durch einen Bündel zusammengedrehter mit destillirtem Wasser getränkter Baumwollenfäden bewirkte. (Schweigg. J. LXIII, 1.) Zink und Kupfer konnten hier, da ihr Leitungsvermögen im Verhältniss zu dem des Wassers sehr bedeutend ist, als Substanzen angesehen werden, welche die Elektrizität unendlich schnell fortpflanzen.

Wirkt dagegen der die Kette schliessende Leiter elektromotorisch, und ist  $\alpha$  der Spannungs-Unterschied zwischen  $C$  und  $A$ ,  $\beta$  der Spannungs-Unterschied zwischen  $C$  und  $B$ , so wird  $C$  im Moment der Schliessung, in dem an  $A$  grenzenden Theil die Elektrizität  $a + \alpha$ , in dem an  $B$  grenzenden Theil die Elektrizität  $b + \beta$  annehmen, und während sich vorher im Verlaufe von  $C$  die Elektrizitäten  $a$  und  $b$  auszugleichen hatten, haben sich nun die Elektrizitäten  $a + \alpha$  und  $b + \beta$  auszugleichen, so dass unter den vorerwähnten Umständen (wenn die Kettenglieder vollkommene Leiter,  $C$  nur ein unvollkommener Leiter ist) die Mitte von  $C$  die Spannung  $\frac{1}{2}(a + \alpha + b + \beta)$  zeigt. Auch dies ist von Ohm (s. Schweigg. a. a. O.) durch Versuche bestätigt, in welchen er den oben erwähnten Zink-Kupferbogen einmal mit Kochsalzlösung, ein anderes Mal durch Brunnenwasser schloss. (Die Flüssigkeit befand sich dabei in einem schmalen parallelepipedischen Gefäss, in welches die Enden des metallischen Bogens eingeklemmt wurden). Die Kochsalzlösung verhält sich gegen das Kupfer ziemlich stark positiv, gegen das Zink ziemlich indifferent; das Brunnenwasser verhielt sich gegen das Kupfer gleichfalls positiv, aber nur etwa halb so stark, und gegen das Zink wiederum ziemlich indifferent.

Nehmen wir drittens an, im schliessenden Gliede  $C$  bewege sich die Elektrizität gleichfalls unendlich rasch, so kann der Spannungs-Unterschied zwischen den beiden Enden von  $C$  nicht mehr der vorige bleiben, da es alsdann keinen Unterschied macht, ob man  $C$  oder irgend ein anderes der Kettenglieder als das schliessende Glied ansieht. Nimmt man also an, die Enden von  $C$  behalten nach dem Schliessen einen constanten Spannungs-Unterschied, so müssen auch die beiderseitigen Enden jedes anderen Kettengliedes einen gleich grossen Spannungs-Unterschied zeigen. Da ferner bei der angenommenen durchgehends unendlich grossen Leitfähigkeit, von jeder Berührungsstelle aus nach beiden Richtungen hin die Elektrizität sich mit gleicher (unendlich grosser) Schnelligkeit fortpflanzt, die Erzeugung der Elektrizität an den Berührungsstellen aber gleichfalls als unendlich schnell angenommen werden muss: so müssen die Spannungs-Unterschiede an den Berührungsstellen wie im ungeschlossenen Zustand bleiben, und die Ausgleichung liegt allen Gliedern in gleichem Maasse ob, so dass, wenn  $n$  die Zahl der Kettenglieder ist (das  $C$  eingerechnet) die beiden Enden jedes einzelnen Gliedes einen Spannungs-Unterschied zeigen, welcher den  $n$ ten Theil von demjenigen ist, den im vorigen Fall die Enden von  $C$  zeigten. Zwischen den Enden

wird dann wiederum ein gleichmässiger Uebergang aus der einen Endspannung in die andere stattfinden.

In der Natur giebt es aber keinen Körper von unendlich grosser Leitfähigkeit, und es wird sich daher in allen wirklichen geschlossenen Ketten der Theil des Spannungs-Unterschiedes, welchen jedes einzelne Glied zur Ausgleichung überkommt, nach der relativen Fortpflanzungs-Geschwindigkeit der Elektrizität in demselben und nach dessen Dimensionen richten. Sind die Zeiten, welche die Elektrizität braucht, um sich resp. durch das 1ste, 2te, 3te u. s. w. Kettenglied hindurch fortzupflanzen,  $a_1, a_2, a_3$ , u. s. w., haben ferner die Glieder sämmtlich einerlei Dimensionen, und ist die Geschwindigkeit, mit welcher die Elektrizität an den Berührungsstellen von einem Gliede in das folgende übertritt, unendlich gross, so werden die Spannungs-Differenzen der beiderseitigen Enden des 1sten, 2ten, 3ten u. s. w. Gliedes sich wie  $a_1 : a_2 : a_3$ , u. s. w. erhalten. Die Grössen  $a_1, a_2, a_3$ , stehen natürlich im umgekehrten Verhältniss mit den Längen der Glieder und den ihnen zukommenden Fortpflanzungs-Geschwindigkeiten. Nennt man jene demnach resp.  $l_1, l_2, l_3, \dots$ , diese  $v_1, v_2, v_3, \dots$ , so hat man  $a_1 : a_2 : a_3 : \dots = \frac{1}{l_1 v_1} : \frac{1}{l_2 v_2} : \frac{1}{l_3 v_3} : \dots$  u. s. w.

Gebraucht endlich die Elektrizität eine endliche Zeit z. B. die Zeit  $\tau$ , um an der Berührungsstelle aus einem Gliede in das folgende überzugehen (wie dies in der That der Fall ist, wenn das eine Glied ein fester, das andere ein flüssiger Leiter ist), und ist dies z. B. zwischen dem 2ten und 3ten Gliede der Fall, so gehen die obigen Verhältnisszahlen in  $a_1 : a_2 + \frac{1}{2}\tau : a_3 + \frac{1}{2}\tau$  u. s. w. über.

Der Fall, dass eine Kette nicht durch ein einziges Glied, sondern durch eine Verbindung von mehreren Gliedern geschlossen wird, bietet nichts Neues dar, da überhaupt der Unterschied zwischen den schliessenden Gliedern (dem sogenannten Schliessendenbogen) und den Gliedern der Kette, welche durch sie geschlossen wird, kein wesentlicher ist.

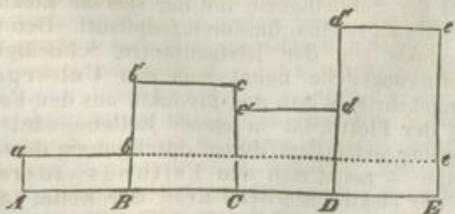
Bisher wurde stets angenommen, dass die Enden des schliessenden Gliedes einen Spannungs-Unterschied besitzen. Dies ist aber nicht mehr der Fall, wenn sämmtliche Glieder (das schliessende Glied mit einbegriffen) Metalle sind, weil nach dem unter  $F$  angeführten Gesetze alsdann jedes Glied von dem folgenden in denselben elektrischen Zustand versetzt wird, wie von dem vorhergehenden. Es ist daher alsdann von einem Ausgleichungs-Process nicht mehr die Rede und die Kettenglieder ändern durch die Schliessung ihren Spannungs-Zustand gar nicht.

1. Von der Richtung der galvanischen Ströme. Die im ganzen Verlauf einer geschlossenen Kette vorgehende andauernde Ausgleichung der sich continüirlich erzeugenden Spannungs-Unterschiede hat man sich als ein Fließen der Elektrizität gedacht, welches einerseits (Seitens der positiven Elektrizität) von den stärker positiven zu den schwächer positiven oder zu den negativen Stellen und andererseits (Seitens der negativen Elektrizität) von den stärker negativen zu den schwächer negativen oder zu den positiven (mithin in entgegengesetzter Richtung) fortschritte und so einen doppelten Kreislauf vollführe — daher der Name galvanischer Strom für diese

supponirte Bewegung. Unter Richtung des Stroms versteht man alsdann die Richtung der Bewegung der positiven Elektrizität.

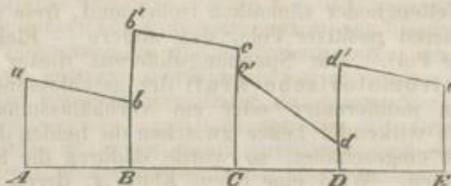
Denkt man sich an irgend einem Orte zwischen zwei Berührungstellen eine geschlossene Kette durchschnitten, so ist dasjenige Ende, welches die stärkere Spannung zeigt (jede negative Spannung nach algebraischer Weise kleiner als die positive gedacht), dasjenige, von welchem aus der Strom während des Geschlossen-Seins in das andere Ende fließend gedacht wird. Nach dem Durchschneiden verwandelt sich die Kette in eine offene, das erste Ende zeigt, wenn übrigens die Kettenglieder sämtlich isolirt sind, freie positive Elektrizität (und heisst positiver Pol), das andere — Elektrizität (und heisst negativer Pol). Die Spannungsdifferenz dieser beiden Pole heisst die elektromotorische Kraft der geschlossenen Kette.

Würde ein indifferenten oder ein verhältnissmässig schwach elektromotorisch wirkender Leiter zwischen die beiden durchschnitten gedachten Ende eingeschaltet, so würde dadurch die Stromrichtung ungeändert bleiben. Wird eine offene Kette  $A$ , deren Endglieder  $\alpha$  und  $\beta$  seien, durch einen indifferenten Leiter  $C$  geschlossen, so geht der Strom, wenn das Ende von  $\alpha$  in der offenen Kette die positive Spannung zeigte, von  $\alpha$  durch  $C$  hindurch nach  $\beta$ . Wird dieselbe Kette durch einen elektromotorischen Leiter oder durch eine Verbindung von elektromotorischen Leitern  $D$  geschlossen, so kann der resultirende Strom entweder dieselbe oder die entgegengesetzte Richtung haben. Werden nämlich aus der Kette  $A$  die zwischen  $\alpha$  und  $\beta$  befindlichen Glieder herausgenommen, so kann  $\alpha$  das positive oder das negative Ende der resultirenden offenen Kette sein. Im ersten Fall hat die durch  $D$  geschlossene Kette  $A$  dieselbe Stromrichtung, als ob sie durch  $C$  geschlossen würde; im andern Fall dagegen nur, wenn der Spannungsunterschied zwischen  $\alpha$  und  $\beta$  kleiner ist, als der Spannungsunterschied zwischen  $\alpha$  und  $\beta$  in der ursprünglichen Kette  $A$  war. Man kann daher aus der Stromrichtung nicht immer auf die Natur der Pole  $\alpha$  und  $\beta$  in der offenen Kette  $A$  schliessen und umgekehrt. Stellen  $AB, CD, DE$  die aufeinander folgenden Glieder einer in der Mitte eines ihrer Glieder aufgeschnittenen Kette vor, welche nach Art von Abscissen in der folgenden Figur aufgetragen worden sind,



und versinnlicht man die Spannungen in den verschiedenen Stellen derselben durch Ordinaten, indem man auch für die neutrale Elektrizität eine beliebige aber bestimmte Ordinatenlänge,  $h$ , wählt, und dann die zu den Spannungen  $+m$  und  $-n$  gehörigen Ordinaten resp. gleich  $h+m$ ,  $h-n$  nimmt; ist ferner  $abb'cc'dd'e$  die Verbindungslinie der Endpunkte der Ordinaten; so sind  $bb', c'c', dd'$  die

Spannungsunterschiede an den Berührungsstellen *B, C, D* (die sich durch die Schliessung der Kette nicht ändern), und *ee'* ist die elektromotorische Kraft der Kette. Werden *A* und *E* wieder in Berührung gebracht, so geht der Strom von *E* durch *A* nach *B*, etc., und die Ausgleichung des Spannungsunterschiedes *ee'*, welche sich auf alle Glieder vertheilt, wird sich als ein Senken der Spannungslinien *a'b, b'c, c'd, d'e* von der Rechten nach der Linken offenbaren, so dass die Figur, wenn z. B. *CD* der schwächste Leiter war, etwa folgende wird.



K. Von der Stärke der galvanischen Ströme. Unter der Stärke des Stroms an einer Stelle einer galvanischen Kette versteht man eine Zahl, welche derjenigen Elektrizitäts-Menge proportional ist, die in einem an dieser Stelle gedachten (senkrecht auf die Richtung des Stroms geführten) Querschnitt innerhalb einer bestimmten Zeit zur Ausgleichung kommt. Diese Elektrizitäts-Menge ist man berechtigt, an jeder Stelle der Kette als gleich anzunehmen. Wird daher an einer Stelle die Kraft des Stroms irgend wie geschwächt, so wird in demselben Masse die Kraft des ganzen Stromes geschwächt. Nun richtet sich offenbar die Menge der Elektrizität, welche in einem Querschnitt in einer bestimmten Zeit ausgeglichen werden kann, 1) nach der auszugleichenden Spannungsdifferenz, 2) nach der Grösse des Querschnittes, 3) nach der Schnelligkeit, mit der sich die ausgeglichene Elektrizität wieder ersetzt. Die auszugleichende Spannungsdifferenz ist wiederum der elektromotorischen Kraft der Kette proportional; die Schnelligkeit, mit der sich die Elektrizität an einer Stelle wieder ersetzt, ist dagegen einerseits der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Elektrizität in den resp. Kettengliedern proportional, andererseits der Schnelligkeit, mit der sich die Elektrizität durch die nächsten Berührungsstellen hindurch fortpflanzt. Den umgekehrten Werth des Produkts aus der letztgenannten Schnelligkeit und der Grösse der Berührungsstelle nennt man den Uebergangswiderstand; den umgekehrten Werth des Produkts aus der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Elektrizität in einem Kettengliede, aus dessen Querschnitt (vorausgesetzt, dass dieser durchgängig derselbe ist) und aus dessen Länge — nennt man den Leitungswiderstand dieses Gliedes. Ist *A* die elektromotorische Kraft der Kette, *S* die Summe der Leitungswiderstände aller Kettenglieder, *s* die Summe der Uebergangswiderstände aller Berührungsstellen, so ist  $\frac{A}{S + s}$  der Ausdruck für die Stärke des Stroms. Ueber die Herleitung dieser Formel, über die aus derselben zu ziehenden Folgerungen, so wie über die Art der Bestimmung derselben siehe den Art. Strom.

L. Von den Wirkungen der Ströme. Die Wirkungen, welche von galvanischen Strömen ausgeübt werden, sind 1) magnetische Wirkungen, (Einwirkungen auf magnetische und magnetisierbare Körper), 2) elektrodynamische Wirkungen, bestehend in Anziehungen und Abstossungen, gegen andere in der Nähe befindliche Ströme, 3) induktroische Wirkungen, bestehend in der Erregung elektrischer Ströme in nahe liegenden geschlossenen Leitern, 4) chemische Wirkungen, welche auf die Glieder der Kette selbst (die Theile des Schliessungsbogens eingerechnet) ausgeübt werden, 5) thermische Wirkungen, die gleichfalls auf die Kettenglieder selbst ausgeübt werden, 6) physiologische Wirkungen, d. h. Wirkungen auf thierische Organismen, die in den Kreis der Kette hineingezogen werden. Diese Wirkungen sind ausführlich besprochen worden in den Artikeln: Strom, Säule, Passivität des Eisens, Electromagnetismus, Electrodyamik, Inductions Erscheinungen, und es wird hier nur von den chemischen die Rede sein, insofern sie auf die Richtung des Stromes von Einfluss sind, und von den chemischen und magnetischen Wirkungen, insofern sie Mittel abgeben, das elektromotorische Verhalten der Kettenglieder zu bestimmen.

Was die magnetischen Wirkungen betrifft, so haben wir hier nur festzubalten, dass ein elektromotorischer Strom jeder in der Nähe befindlichen Magnetnadel eine auf seiner Richtung senkrechte Stellung zu geben strebt, und zwar dergestalt, dass einer in der Richtung des Stromes schwimmend gedachten Person der Nordpol zur Rechten zu liegen kommt. Die Richtung, in welcher die Magnetnadel durch einen Strom abgelenkt wird, dient daher umgekehrt zur Bestimmung der Stromrichtung. Uebrigens ist die Kraft, mit welcher die Magnetnadel aus ihrer ursprünglichen Lage gelenkt wird, der Stärke des Stroms proportional, so dass die Grösse der Ablenkung gleichzeitig zur Bestimmung der Stromstärke angewendet werden kann. Man bedient sich zu diesem Behuf des sogenannten Galvanometers oder Multipliers (s. Art. Galvanometer), einer Magnetnadel, um welche herum in vielen unter sich parallelen Windungen ein dünner mit Seide übersponnener Kupferdraht gewunden ist, welcher selber dann als Schlussglied der zu untersuchenden galvanischen Kette dient.

Was die chemischen Wirkungen betrifft, so unterscheidet man die primären Wirkungen von den secundären. Die primären bestehen in Zersetzungen gewisser Substanzen, die Faraday deswegen Elektrolyte genannt hat. Die secundären Wirkungen sind nur Folgen dieser letzteren. Soll daher eine Kette chemische Wirkungen zeigen, so muss dieselbe Glieder enthalten, welche selber Elektrolyte sind oder doch elektrolytische Substanzen enthalten. Ueberdies wird dazu erfordert, dass die Glieder, in denen oder mit denen chemische Veränderungen vorgehen sollen, in flüssigem Zustande sich befinden. Von den beiden Bestandtheilen, in welche zunächst die Elektrolyte zersetzt werden, nannte Faraday den einen Anion, den andern Kation. Das Anion erscheint jedesmal nur an demjenigen Ende des elektrolytischen Kettengliedes, bei welchem der Strom eintritt, das Kation an dem Ende, bei welchem er wieder austritt. Jenes Ende nennt man daher die Anode, dieses die Kathode. Dass zwischen der Anode und Kathode kein chemischer Process wahrgenommen wird,

pflegt man dadurch zu erklären, dass man annimmt, es zersetze sich zwar in Folge der Stromwirkung jedes elektrolytische Atom der Flüssigkeit, jedoch so, dass das anionische Atom, nach seiner Trennung von seinem kationischen Atom, sich nach der Anode hinwendend, sogleich mit dem nächsten kationischen Atom, welches es auf seinem Wege trifft, eine chemische Verbindung eingeht, die von neuem durch die Fortdauer des Stromes gelöst werdend, zu einer ferneren Verbindung mit dem weiter darauf folgenden kationischen Atom Anlass giebt, etc., bis das Aniontheilchen an der Anode selbst, wo es kein Kationtheilchen mehr findet, frei erscheint. Ebenso denkt man sich die Wanderung der Kationtheilchen nach der Kathode hin vor sich gehend. Es würde demnach dies Spiel kein anderes sein, als dasjenige, welches wir selbst uns, als zwischen den elektrischen Atomen in dem Strome selber vorgehend, gedacht haben.

Die Anionen und Kationen erscheinen indess an der Anode und Kathode nicht immer frei, sondern verbinden sich sogleich, wenn sie zu der Substanz des dort angrenzenden Kettengliedes chemische Verwandtschaft haben, mit dieser Substanz. Die Flächen, in denen die angrenzenden Kettenglieder das elektrolytische Glied berühren, heißen Elektroden, und zwar heisst die der Anode angrenzende die positive Elektrode, die der Kathode angrenzende die negative Elektrode.

Zu den Anionen gehören unter andern der Sauerstoff, das Chlor, das Jod und bei binären Elektrolyten die Säuren; zu den Kationen der Wasserstoff, die Metalle und die Basen. Da nun ein und dieselbe Substanz nicht in einem Elektrolyten Anion, in einem andern Kation sein kann, so lässt sich aus dem chemischen Vorgange an den Elektroden auf die Richtung des Stromes schliessen.

Die secundären chemischen Wirkungen bestehen darin, dass die Anionen und Kationen, statt zur Anode oder Kathode fortzuschreiten, sich sogleich mit anderen Substanzen, die in dem flüssigen Leiter vorkommen, verbinden.

Sind diese Substanzen nicht frei, sondern chemisch an andere Substanzen gebunden gewesen, so ist mit jener Verbindung zugleich eine (secundäre) Zersetzung verbunden, und es kann daher vorkommen, dass die so ausgeschiedenen Stoffe an der Anode oder Kathode frei erscheinen, ohne deswegen eine anionische oder kationische Substanz zu sein, ja dass z. B. die an der Anode durch secundäre Zersetzung auftretende Substanz ein Kation ist, d. h. eine Substanz, die, wenn sie durch primäre Zersetzung frei geworden wäre, nur an der Kathode hätte erscheinen können. (Vgl. d. Art. Elektrolyt.)

Die durch den Strom bewirkten chemischen Veränderungen in den Kettengliedern sind der Grund, warum selten die Stromstärke längere Zeit hindurch dieselbe bleibt, und warum zuweilen der Strom mit der Zeit seine Richtung ändert.

Sind z. B. alle Zersetzungen in den flüssigen Gliedern der Kette primäre, und verbinden sich die Anionen und Kationen nicht mit den Elektroden, so werden die Spannungsunterschiede an der Anode und Kathode im Allgemeinen geschwächt, wo nicht gar in die entgegengesetzten verwandelt, da nach dem, was unter **B** und **D** mitgetheilt worden, die Anionen grossentheils die Metalle negativ, die Kationen deselben positiv erregen. Verbinden sich die Anionen oder Katio-

nen mit metallischen Elektroden, so werden die Verbindungen, wenn sie diese letzteren überkleiden, die Rolle von eingeschalteten Kettengliedern spielen, welche, da sie schlechtere Leiter als die Metalle sind, den Leitungswiderstand vermehren und daher den Strom schwächen, ja sie werden, wenn sie Nichtleiter sind, den Strom völlig vernichten. Daher ist denn in der Regel der Strom im Schliessungsmoment am stärksten, und nimmt darauf schnell ab. Bei den Zink-Kupferketten mit verdünnten Säuren ist es in der Regel nur das die Säure enthaltende Wasser, welches zersetzt wird und durch seinen (anionischen) Sauerstoff das Zink oxydierend, eine rasche Abnahme der Stromkraft bewirkt. Weniger einer solchen Schwächung ausgesetzt sind die Ströme in den oben beschriebenen Ketten, in denen die Metalle durch zwei heterogene Flüssigkeiten von einander getrennt sind, da in ihnen das sich bildende Zinkvitriol schnell von der verdünnten Säure aufgelöst wird, und andererseits das zweite Metall nicht durch den freiwerdenden Wasserstoff entgegengesetzt elektrisirt wird.

Dieselbe Ursache, welche die Ströme schwächt, ist auch die Ursache der sogenannten Ladungsphänomene, d. h. der Erscheinung, dass in Ketten, welche nach den elektromotorischen Eigenschaften ihrer Glieder keinen Strom erzeugen können, ein Strom wahrgenommen wird, wenn sie vor ihrer Schliessung als Schlussglieder einer wirklichen Kette gebraucht worden sind. Dieser Strom ist allemal ein dem vorher hindurchgeleiteten Strom entgegengesetzter. Es sind hier die durch die Elektrolyse an den Berührungsstellen erzeugten Stoffe, welche Spannungsunterschiede erregen, die noch eine Zeit lang nach dem Schliessen der Ladungssäule anhalten.\*)

Von dieser Erscheinung wesentlich gar nicht verschieden ist die sogenannte Polarisirung der Metalle.\*\*) Wird nämlich ein Platindraht, welcher einen Strom in einen elektrolytischen flüssigen Leiter, etwa in eine Salzlösung leitete, einerseits und ein zweiter Platindraht, welcher denselben Strom aus dieser Lösung herausleitete, andererseits mit den Enden eines Multiplicatordrahts verbunden, während sie übrigens mit der Salzlösung in Berührung bleiben: so zeigt die Multiplicatornadel einen Strom an, welcher eine dem ursprünglichen Strom entgegengesetzte Richtung hat. Man sagt hierbei, die Platindrähte seien durch den ersten Strom polarisirt worden. In der That ist der zweite Strom durch eine Kette gebildet, deren Glieder Platin, Anion, Elektrolyt, Kation, Platin, Multiplicatordraht sind. Bestätigt wird das

\*) Ritter leitete z. B. den Strom einer voltaischen Säule durch eine zweite Säule, welche nur aus abwechselnden Kupferplatten und genässen Tuchscheiben construirt, und somit für sich unfähig war, einen Strom zu erzeugen. Durch die chemische Wirkung des hindurchgeleiteten Stroms wurde aber das Wasser in den Tuchscheiben zersetzt, und der Wasserstoff und Sauerstoff wirkten auf die beiden Seiten der Kupferplatten elektromotorisch, so dass die neutrale Säule nach ihrer Schliessung noch eine Zeit lang in Folge dieser Erregung von einem (dem ersten entgegengesetzten) Strom durchflossen werden musste.

\*\*) Man vergleiche unter andern den Aufsatz von Schönbein in Pogg. Ann. 47.

noch durch die Versuche Schönbein's, denen zufolge von den beiden Platindrähten, die einen Strom durch reines oder gesäuertes Wasser geleitet hatten, der zuleitende Draht durch Eintauchen in Wasserstoffgas, der ableitende durch Eintauchen in Chlor, Brom oder Sauerstoff seine Polarität verliert, und nach denen beide Drähte durch Glühen die Eigenschaft einbüßen, einen Strom zu erregen. Es sind hier die bei der Elektrolyse frei werdenden und fest an den Drähten adhären den Wasserstoff- und Sauerstoffgastheilchen, welche elektromotorisch wirkend, den Strom erzeugten, durch die darauf folgende Operation aber (durch Eintauchen in die entgegengesetzt wirkenden Gasarten oder durch das Glühen) neutralisirt oder wieder entfernt wurden.

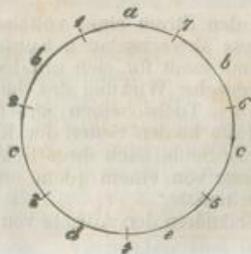
Dass ungebrauchte Platindrähte nach einem Eintauchen in Wasserstoffgas sich wie ein positiv polarisirter, nach einem Eintauchen in Chlor oder Bromgas sich wie ein negativ polarisirter verhalten, ist ein Beweis für das unter **D** angeführte elektromotorische Verhalten dieser Gase gegen Platin.

Wie Platin verhält sich nach Schönbein auch Gold und Silber in Bezug auf die negative Polarisirung durch Chlor und Bromgas.

Dass Schönbein Platin, Gold und Silber nicht durch Eintauchen in Sauerstoffgas, noch Gold und Silber durch Eintauchen in Wasserstoffgas zu polarisiren vermochte, schreibt Henrici der geringen Adhäsion dieser Gase gegen die genannten Metalle zu.

**M. Indirekte Bestimmung des elektromotorischen Verhaltens der Körper.** Da die Richtung des Stromes einer galvanischen Kette lediglich von den an den Berührungsstellen vorkommenden Spannungsunterschieden abhängig ist, so ist es auch möglich, aus dieser Richtung, welche sich durch das Galvanometer oder durch das chemische Verhalten an den Elektroden zu erkennen giebt, in Beziehung auf das elektromotorische Verhalten der Substanzen, aus denen die Kette besteht, Schlüsse zu ziehen.

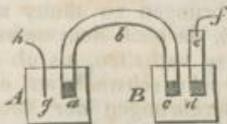
Man wird aber nur dann etwas Sicheres über das gegenseitige elektrische Verhalten zweier bestimmter Kettenglieder aussagen können, wenn man etwas Genaueres über die Wirkung der übrigen Berührungen weiss. Ein einfaches Mittel, gewisse Berührungen ausser Einfluss auf die Stromrichtung zu setzen, ist, die Kettenglieder so anzuordnen, dass ihre Wirkungen durch gleiche und entgegengesetzte Wirkungen aufgehoben werden. Ist z. B. eine Kette aus den Substanzen *a, b, c, d, e* gebildet, und zwar so, wie es in der folgenden Figur angedeutet ist,



wo 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 die aufeinanderfolgenden Berührungsstellen bezeichnen, so hebt die Wirkung bei 1 die Wirkung bei 7, und die Wirkung bei 2 die Wirkung bei 6 auf, und die Berührungen bei 3, 4 und 5 bleiben die einzig wirksamen. Weiss man denn überdiess, dass *e* ein indifferenten Leiter ist, oder doch nur sehr schwach elektromotorisch wirkt, so wird der Strom einzig durch die Berührung zwischen *c* und *d* gerichtet.

Es mögen hier als Beispiele einige Versuche von Henrici angeführt werden.

1. *A* und *B* sind zwei Glasgefässe, gefüllt mit heterogenen Flüssigkeiten, welche in leitende Verbindung gesetzt sind durch eine bei *a* und *c* mit Hohlundermark verschlossene und mit reinem (elektromotorisch unwirksamen) Wasser gefüllte Röhre *abc*. Eine zweite Röhre *de*, die gleichfalls bei *d* mit einem Markpfropfen verschlossen ist, enthält dieselbe Flüssigkeit wie *A*,



und in *A* und *de* tauchen resp. die Platindrähte *gh* und *ef*, die wiederum durch den Multiplicatordraht verbunden werden und so die Kette schliessen. Die Leitfähigkeit des Wassers in der Röhre *abc* wurde durch einige Tropfen einer stärker leitenden Flüssigkeit erhöht. \*) Dass dadurch die Berührungen bei *a* und *c* nicht wirksam wurden, bewies die Unabhängigkeit des Erfolges von der Natur der hinzugeotropften Flüssigkeit, und es war daher *d* die einzig wirksame Berührungsstelle der Kette.

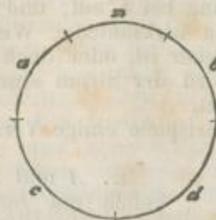
Auf diesem Wege lässt sich unter andern die geringe Wirksamkeit der Berührungen heterogener Flüssigkeiten nachweisen (s. das unter *C* Mitgetheilte). So fand sich z. B., als *A* mit Jodkalium, *B* mit Eisenchlorür gefüllt wurde, eine Ablenkung der Magnetnadel von  $-1^\circ$ , während, als *de* statt mit Jodkalium, mit Eisenchlorür gefüllt wurde, und sonach die Berührungen in *g* und *e* vorzugsweise wirkten, die Ablenkung auf  $+48^\circ$  stieg.

Will man das Verhalten einer Flüssigkeit gegen ein Metall mit dem Verhalten einer andern Flüssigkeit gegen dasselbe Metall vergleichen, so hat man nur nöthig, zwei unten mit Mark verschlossene Glasröhren, nachdem man sie mit den Flüssigkeiten gefüllt, in ein mit einer indifferenten Flüssigkeit gefülltes Gefäss zu tauchen; in die Röhren Streifen oder Drähte des zu untersuchenden Metalls einzusenken und die freien Enden mit dem Galvanometer zu verbinden; oder man kann es, da man die Geringfügigkeit der Wirkung der Flüssigkeiten auf einander kennt, bei einer Glasröhre bewenden lassen, die zweite Flüssigkeit unmittelbar in das Gefäss füllen, und von den beiden Metalldrähten den einen in das Gefäss, den anderen in das Röhren senken.

Wendet man bei übrigens derselben Versuchsweise zwei ver-

\*) Bei ähnlichen Versuchen wendet man auch statt einer mit Wasser gefüllten Röhre (*bcd*) ein Streifchen Asbest an.

schiedene Metalle *a* und *b* an, so dass, wenn *c* und *d* die Flüssigkeiten und *m* den Multiplicator Draht vorstellt, die Kette folgende ist,



so hat man es mit drei wirksamen Berührungen zu thun, mit den zwischen *a* und *c*, *d* und *b*, und *a* und *b*, da nach dem unter *F* angeführten Gesetz die Glieder *a*, *m*, *b* sich so verhalten, als ob *a* und *b* sich unmittelbar berührten und *c* und *d* sehr schwach auf einander wirken. Man kann daher, wenn diese Berührungen der Metalle mit den Flüssigkeiten der Metallberührung entgegenwirken, aus der Stromrichtung erkennen, ob die Metallberührung das Uebergewicht habe oder nicht.

Für den Nachweis des elektromotorischen Verhaltens der Gase dient unter andern folgendes Verfahren.

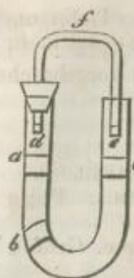


Ist das zu prüfende Gas Wasserstoffgas, so werden in ein Gefäß *A*, welches mit verdünnter Schwefelsäure gefüllt ist, zwei Röhren *bc* u. *de* getaucht, von denen das erste unten mit Mark verschlossen ist und gleichfalls verdünnte Schwefelsäure enthält, das andere unten offen gelassen wird. In *bc* und *de* werden die aus dem zu prüfenden Metall (welches aber natürlich weder Eisen noch Zink sein darf) bestehenden Drähte *fc* und *ge* getaucht, deren freie Enden mit dem Multiplicator verbunden werden. In das Gefäß *A* wird unter *de* ein Stückchen Zink gelegt, von welchem aus die Wasserstoffgasbläschen zu dem Draht *eg* aufsteigen und auf ihn wirken. Es offenbart sich hierbei beständig ein sehr kräftiger Strom, der von *b* nach *d* geht. Dass das in *A* sich bildende schwefelsaure Zinkoxyd nicht von Einfluss ist, erweist sich dadurch, dass der Erfolg derselbe bleibt, wenn auch in die Flüssigkeiten in *bc* Zinkvitriol eingebracht wird.

Ist das zu prüfende Gas etwa Kohlensäure, so kann man *A* und *bc* mit reinem Wasser füllen, und in *de* von unten her durch einen Gasentbindungsapparat die Kohlensäure leiten.

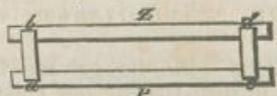
Ein Versuch, in welchem die chemische Wirkung zur Erkennung der Stromrichtung benutzt wird, ist folgender, der gleichfalls von Henrici angegeben worden ist.

In einer U förmig gebogenen Röhre *abc* befinden sich, durch die Markpfropfen *a*, *b*, *c* von einander getrennt, zwischen *a* und *b*, und zwischen *b* u. *c* zwei elektromotorisch wirksame Flüssigkeiten (etwa zwei Chlorüre oder zwei Chloride), und über *a* und *c* eine und dieselbe sich neutral verhaltende Flüssigkeit, etwa Salpeterlösung. In letztere beiderseits eingetaucht wird eine zweite bei *d* und *e* mit



Mark verschlossene Röhre *dfe*, welche eine Lösung von Jodkalium (welches sich von allen Elektrolyten am leichtesten zersetzt) enthält. Scheidet sich dabei das Jod bei *d* aus (was sich durch ein Freiwerden von Jodwasserstoffsäure kund giebt), so verhält sich die Flüssigkeit *ab* positiv zur Flüssigkeit *bc*. Wendet man statt Jodkalium salpetersaures Silber an, welches dem Jodkalium an Zersetzbarkeit am nächsten kommt, so setzt sich unter denselben Umständen bei *e* Silberoxyd ab.

Hierher lässt sich auch der folgende Faraday'sche Versuch nehmen. Ein Streifenchen Zink, *Z*, und ein Streifenchen Platin, *P*, die neben einander liegen, ohne sich zu berühren, werden



an ihren Enden durch zwei Streifen Fließpapier, *ab* u. *cd*, mit einander verbunden. Das eine, *ab*, wird mit verdünnter Schwefelsäure, zu der etwas Salpetersäure zugesetzt ist, das andere mit Jodkaliumlösung getränkt. Es wirken hierbei die Berührungen mit dem Jodkalium kräftiger, als die Berührungen mit der Säure, und es geht in Folge dessen ein Strom von *b* nach *a*, da bei *b* Sauerstoff, bei *a* Wasserstoff, bei *c* Jod (welches die Flüssigkeit dort braun färbt), und bei *d* Kalium (welches sich durch alkalische Reaktion auf dort hingelagtes Curcumäpapier verräth) ausgeschieden wird. Wird *ab* fortgenommen und dort das Zink mit dem Platin in unmittelbare Berührung gebracht, so kehrt sich der Strom um, es überwiegt die Metallberührung die Berührung mit dem Jodkalium, und es tritt das Jod bei *d* auf, wo es sich mit dem Zink verbindet.

N. Bemerkung über die chemische und Contact-Theorie. Die Gründe, welche die Vertheidiger der chemischen Theorie (de la Rive, Parrot, Faraday etc.) gegen die Contacttheorie angeführt haben, sind grösstentheils gegen die ursprüngliche, von Volta aufgestellte Ansicht gerichtet, dass nur der Metallcontact Elektrizität erregen könne, und dass die Flüssigkeiten lediglich die Rolle eines Leiters spielen. Die Mehrzahl dieser Gründe fällt also von selbst fort, da nach der heutigen Ansicht jede Berührung als Elektrizitätsquelle betrachtet werden darf. Andererseits ist die Annahme, dass der Chemismus nicht die Folge, sondern die Ursache der Berührungselektrizität sei, schon dadurch als widerlegt zu betrachten, da die Berührungselektrizität auch unter Bedingungen auftritt, unter denen jede chemische Aktion weggeläugnet werden darf. Solche Fälle bieten unter andern dar der Becquerel'sche Versuch (Ann. de Ch. & de Ph. XLVI, 291), in welchem die Elektrizität bei der Zink-Kupferberührung unter vollständiger Abhaltung aller Luft und Feuchtigkeit sich elektroscopisch wahrnehmen liess; ferner die Versuche Pfaff's, in denen diese Elektrizität eben so wohl in einer Umgebung von feuchter und trockener atmosphärischer Luft, als im Sauerstoffgas, Stickgas, kohlen-sauren Gas, Wasserstoffgas und Kohlenwasserstoffgas un-

geschwächt sich bemerkbar machte; ferner die Ketten aus Platin und zwei völlig chemisch zu einander indifferenten Flüssigkeiten u. dgl. mehr.

Ueber das, was man für und gegen beide Theorien vorgebracht hat, vergleiche man

Pfaff, Revision der Lehre vom Galvano Voltismus. 8.

Henrici, Ueber die Electricität der galvanischen Kette. 1840. 8.

Fechner, Rechtfertigung der Contacttheorie des Galvanismus. Pogg. Ann. XXXVII. 481.

de la Rive, Recherches sur la cause de l'électricité voltaïque. Genf. 4.

Faraday, 16 Reihe. Pogg. Ann. LII. 149. LIV. 353.

R.

**Galvanoskop**, siehe Galvanometer.

**Galvanometer.** Da die galvanischen Ströme die ersten waren, welche man in dem Gebiete der elektrodynamischen Erscheinungen näher untersuchte, so hat man die Bezeichnung galvanischer Strom auch häufig auf Ströme ausgedehnt, welche auf anderem Wege z. B. vermittelst Induction, entstanden sind. In diesem Sinne hat man daher auch Galvanometer überhaupt jede strommessende Vorrichtung genannt, jedoch mit der Beschränkung, dass man darunter nur die messenden Vorrichtungen versteht, bei welchen durch den Strom eine Magnetnadel in Bewegung versetzt wird. Man unterscheidet daher das Galvanometer von dem Voltmeter, dem elektrischen Thermometer und dem Froschpräparat, bei welchen die chemischen, thermischen und physiologischen Wirkungen des Stromes die messenden Bestimmungen abgeben. Statt Galvanometer gebrauchte man früher allgemein die Bezeichnung Multiplicator, während man jetzt oft den Namen Rheometer anwendet. Strommessende Vorrichtungen, welche nur die Richtung des Stromes angeben, ohne seine Stärke zu bestimmen, werden Galvanoskope genannt.

Da ein kreisförmiger im magnetischen Meridian lothrecht gespannter Strom in allen seinen Theilen auf eine, in seinem Mittelpunkt befindliche Magnetnadel in gleichem Sinne ablenkend wirkt, so kam Schweigger und unabhängig von ihm später Poggendorff auf den Gedanken, den Schliessungsdrath einer galvanischen Kette in mannigfachen Windungen um eine Magnetnadel der Länge nach zu führen und dadurch die Wirkung eines sehr schwachen Stromes sichtbar zu machen. Diesem Verstärkungsprincipe fügte Nobili ein zweites hinzu. Da nämlich der Strom eine über ihm befindliche Magnetnadel nach entgegengesetzter Richtung ablenkt als eine unter ihm befindliche, so wird er auf eine über ihm befindliche entgegengesetzt gerichtete in gleichem Sinne ablenkend wirken. Durch die Combination zweier gleich starker Nadeln zu einer astatischen Doppelnadel, von denen die eine innerhalb, die andere ausserhalb der Windungen des Drathes befindlich ist, erhöht man daher die Empfindlichkeit des Apparates bedeutend, insofern die bereits neutralisirte richtende Kraft der Erde nun der richtenden Kraft des Stromes nicht mehr entgegenwirkt. Soll das Instrument zu Messun-

gen dienen, so darf natürlich das System der Nadeln nur annähernd, nicht vollkommen astatisch sein, weil sonst die Nadeln durch einen Strom von jeder beliebigen Intensität die Ablenkung von  $90^\circ$  erhalten. Je grösser die Annäherung an vollkommene Gleichheit der Nadeln ist, desto grösser wird der Ausschlag für einen bestimmten Strom, desto empfindlicher also das Instrument. Bei den von Nörrenberg angegebenen Galvanometern befinden sich die beiden Nadeln der astatischen Combination innerhalb der Windungen eines in Form einer 8 geschlungenen Drathes, die eine innerhalb der obern, die andere innerhalb der untern. Lebaillif hat, um die äussere Seite der untern Windung mit zu benutzen, vier Nadeln angebracht, von denen die beiden innern entgegengesetzt gerichtet sind als die beiden äussern. Der dadurch erreichte Vortheil scheint wegen der grössern zu bewegenden Masse der Nadeln durchaus illusorisch.

Da die Intensität des Stromes vermindert wird durch den Leitungswiderstand, welchen der Strom auf dem ganzen Wege erfährt, den er zu durchlaufen hat, das Galvanometer aber einen Theil dieses Weges bildet, dessen Verlängerung den Leitungswiderstand steigert, so sieht man unmittelbar ein, dass dem Verstärkungsprincipe durch vermehrte Anzahl der Windungen die damit nothwendig werdende Verlängerung des Drathes entgegenwirkt. Nach dem hinlänglich sicher ermittelten Satze, dass die Stromstärke in allen Querschnitten des von ihm durchlaufenen Kreises gleich sei, und nach directen Versuchen von Käemtz,\*) nach welchen die Wirkung des Multiplicators auf die Nadel sich im geraden Verhältniss der Anzahl der Windungen steigert, wenn der Leitungswiderstand desselben gegen den der Kette verschwindet, folgt, dass jedes Mittel, welches bei gleich bleibender Anzahl der Windungen deren Leitungswiderstand vermindert, die Empfindlichkeit des Instrumentes steigern wird. In je engeren Windungen ein bestimmter Drath die Nadel umgibt, zu desto mehr Windungen wird die Drathlänge geflochten werden können. Daher muss der Rahmen, auf welche diese gewickelt ist, so niedrig wie möglich sein. Bei gleich bleibenden Dimensionen ist der besser leitende Drath ebenso einem schlechter leitenden vorzuziehen.

Bezeichnet  $k$  die elektromotorische Kraft der Kette,  $\alpha$  ihre reducirte Länge (ihren Leitungswiderstand)  $\lambda$  den Leitungswiderstand einer der  $n$  Windungen des Galvanometers, so wird die am Galvanometer gemessene Wirkung des Stromes nach Ohm's Theorie

$$i = \frac{nk}{\alpha + n\lambda}$$

wenn die Wirkung der Kette ohne Multiplicator  $\frac{k}{\alpha}$  sein würde. Die Verstärkung der Wirkung durch den Multiplicator als Unterschied je ner beiden Grössen ist also

$$\Delta i = \frac{n\alpha - (\alpha + n\lambda)}{\alpha + n\lambda} \frac{k}{\alpha}$$

Eine wirkliche Verstärkung tritt also ein, so lange  $n\alpha$  grösser als  $\alpha + n\lambda$ , d. h. so lange der  $n$ 'fache Widerstand der Kette ohne Multi-

\*) Schweigger. Journ. XXXVIII. 100.

plicator grösser ist als der Widerstand der Kette verbunden mit dem Multiplicator. Daraus folgt, dass wenige Windungen dicken Drathes bei hydroelektrischen Ketten mit grosser Oberfläche und Thermoketten anzuwenden sind, dass hingegen Multiplicatoren von vielen Windungen und daher von dünnem Drath vorzuziehen sind, wenn die erregende Oberfläche der Hydrokette klein, ihre Flüssigkeit schlecht leitend ist, und wenn aus vielen solcher Ketten Säulen aufgebaut sind, welche durch den Multiplicator geschlossen werden. Am vortheilhaftesten ist ein solcher elektrische Apparat (eine Volta'sche Säule, eine Thermosäule, eine Inductionsrolle) in Beziehung auf einen gegebenen Multiplicator construirt, wenn der Widerstand des Apparates gleich dem des Multiplicators ist. Die Anwendung solcher sehr langer Multiplicatoren hat den Vorzug, dass man bei der Untersuchung der verschiedenen Combinationen von Metallen zu galvanischen Ketten sich kleiner Oberflächen derselben bedienen kann, welche man sich von seltenen Metallen oft nur verschaffen kann. Ist für einen so langen Multiplicator der Widerstand der Kette zu vernachlässigen gegen den des Galvanometers, verschwindet also  $\alpha$  gegen  $n\lambda$ , so wird für zwei Ketten, deren elektromotorische Kräfte  $k, k''$ ,

$$i, = \frac{k,}{\lambda,} \quad i'', = \frac{k'',}{\lambda''}$$

$$i, : i'', = k, : k'',$$

aus den Angaben des Multiplicators also unmittelbar das Verhältniss der elektromotorischen Kräfte erhalten. Da aber

$$\lambda = \frac{l}{vw}$$

wenn  $l$  die wahre Länge einer Windung des Drathes,  $w$  sein Querschnitt und  $v$  sein Leitungsvermögen, so folgt, dass bei zwei Multiplicatoren aus demselben Metall jene Grenzwirkung sich wie der Querschnitt des Drathes verhält, bei gleich dicken Drähten verschiedener Metalle hingegen wie ihr Leitungsvermögen.

Ist hingegen der Widerstand des Multiplicators zu vernachlässigen gegen den Widerstand der Kette, d. h.  $\lambda$  gegen  $\alpha$  verschwindend, so wird für zwei Ketten

$$i, = \frac{k,}{\alpha,} \quad i'', = \frac{k'',}{\alpha''}$$

$$\frac{i,}{i'',} = \frac{k, \alpha'',}{k'', \alpha,}$$

Das Verhältniss dieser Strommaxima  $\frac{k, \alpha'',}{k'', \alpha,}$  und das der Grenzwerte  $\frac{k,}{k'',}$  combinirt, giebt das Verhältniss der Widerstände beider zu vergleichenden Ketten. Es ist übrigens einleuchtend, dass, wenn man durch Einschalten eines bekannten Widerstandes zwischen der Kette und dem Galvanometer, d. h. wenn man den ausserwesentlichen Widerstand der Kette um eine bekannte Grösse vermehrt, durch zwei Beobachtungen der resultirenden Stromstärken  $i, i''$ , die elektromotorische Kraft  $k$  der Kette und ihr Widerstand  $\alpha$  erhalten wird.

Die Isolation der einzelnen Windungen von einander wird für galvanische und thermoelektrische Ströme durch Umspinnen mit Seide

erhalten. Dies genügt hingegen nicht für Ströme der Reibungselektricität und für die Nebenströme derselben. Der mit Seide umsponnene Drath muss hier ausserdem mit Schellackfirniss überzogen werden. Bei Strömen sehr hoher Spannung ist es am besten, den Drath ganz in Schellack einzulassen, wobei aber freilich der Abstand der Windungen von einander vergrössert werden muss. Ist der Drath sehr lang, so ist eine so genaue Isolation nicht unbedingt nothwendig, da, wenn der elektrische Strom auch einige Windungen überspringt, dennoch deren genug übrig bleiben, um selbst den Strom einer Elektrisirmaschine nachzuweisen.

Der magnetisirende Einfluss der Drathwindungen ist am grössten, wenn die Nadel senkrecht steht auf der Ebene der Windungen, der richtende Einfluss hingegen erreicht sein Maximum, wenn die Nadel den Windungen parallel. Der magnetisirende Einfluss wirkt stärker auf die innere Nadel als auf die äussere, zerstört daher die zu einer astatischen Combination erforderliche Gleichheit. Die Wirkung des Stromes muss daher eintreten, wenn die Nadel den Windungen parallel steht. Dies kann auf doppelte Weise erreicht werden, entweder dass man den Rahmen unabhängig von der Nadel dreht, oder dass man durch einen genäherten Magneten das Nadelsystem den Windungen parallel richtet. Das erstere ist vorzuziehen. Durch das auf drei Schrauben stehende Brett, welches die Glasglocke des Galvanometers trägt, um dieses vor Luftströmungen zu schützen, geht daher ein an der Grundfläche des Rahmens befestigter Stülz, der durch einen Querarm unterhalb des Brettes ohne oder mittelst einer Schraube gedreht werden kann. Die Drathenden des Multipliers umgeben diese senkrechte Drehungsachse, ehe sie ausserhalb der Glocke in Klemmschrauben befestigt werden, in einigen nicht enganschliessenden Windungen, um der Drehung hinlänglichen Spielraum zu lassen. Da aber oft nicht vermieden werden kann, dass bei rasch auf einander folgenden Strömen einer die schwingende Nadel in einer geneigten Stellung gegen die Drathwindungen treffe, so müssen, damit der magnetisirende Einfluss nicht zu erheblich werde, die Nadeln so stark wie möglich gehärtet sein. Von der Unveränderlichkeit des astatischen Systems überzeugt man sich dadurch, dass man es unter dem Einflusse des Erdmagnetismus schwingen lässt.

Bei aufeinander folgenden Strömen abwechselnd entgegengesetzter Richtung, wie bei denen der Saxton'schen Maschine, wird die Nadel in dem Sinne abgelenkt, in welchem sie bereits gegen die Windungen des Drathes gerichtet ist. Ist der erste Strom der Art, dass er die Ablenkung vergrössert, so trifft der zweite Strom die Nadel in einer ungünstigern Stellung, und führt sie also um weniger zurück als der erste sie entfernte u. s. f. Ist hingegen der erste Strom ein annähernder, so trifft der ablenkende zweite Strom die Nadel in einer der Ablenkung günstigern Stellung als der erste annähernde. In beiden Fällen muss also die Ablenkung zunehmen.

Multipliatoren, welche dazu bestimmt sind, schwache Ströme zu messen, werden leichte Magnetnadeln haben müssen. Nähnadeln werden, da sie hinlänglich hart sind, und aus einer grossen Zahl magnetisirter sich leicht ein astatisches System bilden lässt, dazu häufig angewendet. Soll hingegen etwa zu einem telegraphischen

Zweck der Multiplicator als Zeichengeber dienen, so werden schwere Nadeln angewendet. Wendet man statt der Nadeln grosse Stäbe an, wie es bei den Magnetometern der Fall ist, so ist sowohl die innere Weite des Multiplicators, als die Drathlänge viel grösser. Durch den ersten Umstand wird die Wirkung des galvanischen Stromes auf den Magnet vermindert, durch den zweiten der galvanische Strom wegen Vergrösserung des Leitungswiderstandes geschwächt. Ablenkungen des hier einfachen Magnetstabes sind daher kleiner als bei anderen Galvanometern. Ist aber auf diesem Magnetstab ein Spiegel befestigt, in welchem man mittelst eines Fernrohrs die Theilstriche einer entfernten reflectirten Scale abliest, so ersetzt die grössere Schärfe der Ablesung hinreichend das, was man durch den geringern Ausschlag verliert.

Einfache Nadeln werden auf Spitzen mittelst Hütchen gestellt, zu grösserer Beweglichkeit aber an ungedrehter Seide aufgehängt, entweder an einem Faden oder an vielen parallelen, wenn das Gewicht der Nadeln es erfordert. Die Nadeln können durch einen Läufer an einer Schraube erhöht oder erniedrigt werden. Diese Vorrichtung befindet sich über der oben deswegen durchbohrten Glocke.

Die Gestalt des Rahmens ist in der Regel vierseitig, bei der von Nerva der angegebenen Tangentenbussole hingegen dosenförmig. Die Drathwindungen bilden hier nämlich die parallelen Sehnen eines Kreises. Mitunter wird der Drath auch so gewickelt, dass die einzelnen Windungen statt parallel zu sein, sich central durchschneiden. Solche Multiplicatoren hat Nobili construirt.

Was nun die wirklichen Messungsmethoden betrifft, so zerfallen sie in drei, die Messung durch Declination, durch Torsion und durch Schwingung. Bezeichnet  $m$  die Kraft, mit welcher der Magnetismus der Erde die Nadel in den magnetischen Meridian zurückzuführen strebt,  $i$  die Intensität des Stromes, so wird

$$m \cdot \sin. \alpha = i \cdot \cos \alpha$$

$$i = m \cdot \operatorname{tg} \alpha$$

Die Tangente der Ablenkungswinkel wird also proportional der Intensität des ablenkenden Stromes, welcher Satz aber nur unter der Voraussetzung gilt, dass die Windungen des Drathes auf die abgelenkte Nadel in derselben Weise wirken als auf die unabgelenkte, welches nur stattfindet, wenn die Grösse der Nadel gegen den Durchmesser der Windung verschwindet.\*) Eine ähnliche unveränderte Lage der Pole gegen die Windungen des Drathes erhält Nerva der an seiner Tangentenbussole dadurch, dass er den Drath als Parallelsehnen eines Kreises wickelt.

Wird die Nadel aus der den Windungen parallelen Stellung im magnetischen Meridian durch einen momentanen Strom abgelenkt, so ist die Anfangsgeschwindigkeit des Impulses derselben gleich der Endgeschwindigkeit, welche sie bei dem Zurückschwingen im Moment ihrer Ankunft im Meridian erhält. Da nun das Quadrat dieser Geschwindigkeit proportional ist dem sinus versus der Elongation, so

\*) Pouillet *Éléments de physique* Fig. 464.

wird, wenn  $a$  die jener Geschwindigkeit proportionale Intensität des Stromes und  $c$  ein Constante,  $\alpha$  die Elongation

$$a = c \sqrt{\sin. \text{vers. } \alpha} = c \sqrt{2 \sin.^2 \frac{1}{2} \alpha} = p. \sin. \frac{1}{2} \alpha$$

wo  $p$  ein Constante. Die Intensität des Stromes ist also hier proportional dem sinus des halben Ablenkungswinkels. Dieses Verfahren ist von Lenz\*) angewendet worden.

Den Zweck, dass bei allen Messungen die Ebene des Stromes und die vertikale Ebene der Nadel einen gleichen Winkel mit einander machen, erreicht man durch die Sinusbusssole, bei welcher der Rahmen so weit in dem Sinne der Ablenkung der Nadel auf einem Azimuthalkreise gedreht wird, bis die Nadel den Windungen des Drathes parallel steht. Die Kraft, mit welcher der Erdmagnetismus die Nadel in den magnetischen Meridian zurückzuführen strebt, muss dann gleich sein der Kraft, mit welcher der Strom die Nadel aus der Ebene der Windungen herauszubringen sucht, und da jene Kraft proportional ist dem Sinus des Winkels, welchen die Nadel mit dem magnetischen Meridian macht, so ist die Kraft des Stromes bei der Sinusbusssole proportional dem Sinus des Winkels der Drathwindungen mit dem magnetischen Meridian. Die Sinusbusssole ist von Pouillet\*\*) angegeben.

Bei dem Torsionsverfahren, dessen sich Ohm\*\*\*) bedient hat, wird durch die Torsion die durch den Strom abgelenkte Nadel in ihre ursprüngliche Lage zurückgeführt. Die Windungsgrade bestimmen hier wie bei der Torsionswage die Intensität oder abstossende Kraft.

Die von Biot zuerst angewendete Oscillationsmethode ist von Fechner\*\*\*\*) vorzugsweise angewendet worden. Liegen die Windungen des Multiplicators in der Ebene von magnetisch  $W$  nach  $O$ , so wird die Nadel senkrecht darauf stehen. Aus der Anzahl Schwingungen, welche sie, um einen bestimmten Winkel vom magnetischen Meridian entfernt, vollführt, um in diesen zurückzukehren, wird die Kraft bestimmt, mit welcher sie der Magnetismus der Erde in den Meridian zurückzuführen strebt. Darauf lässt man sie schwingen unter dem Einfluss des Stromes, der, da er die Nadel senkrecht auf seine Windungen zu stellen strebt, seine Wirkung der des Erdmagnetismus hinzufügt. Bezeichnet, die Reduktion auf kleine Schwingungen vorausgesetzt, im ersten Falle  $n$  die Anzahl Uhrschräge, welche zur Vollbringung einer bestimmten Anzahl Schwingungen erfordert werden,  $m$  dieselbe Anzahl unter der Einwirkung des Erdmagnetismus und des Stromes, so wird das Maass der galvanischen Kraft  $\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} = \frac{n^2 - m^2}{n^2 m^2}$  sein, wobei man sich nach der Versuchsreihe von dem unveränderten Magnetismus der Nadel überzeugen muss. Ist die Na-

\*) Pogg. Ann. XXXIV. 385.

\*\*) Éléments de physique I. Fig. 465.

\*\*\*) Schweigger. Ann. XLVI. 137 und LXIV. 30.

\*\*\*\*) de variis intensitatem vis galvanicae metiendi methodis. Lips. 4. 1835.

del so schwer, dass sie an vielen Fäden oder einem Metalldrath aufgehängt werden muss, so wird durch einen eingelegten unmagnetischen Stab der Effekt der Torsion bestimmt.

An die bisher auseinander gesetzten Methoden schliessen sich unmittelbar die, wo man sich eines Galvanometers bedient, für welches man den Werth der einzelnen Ablenkungen empirisch bestimmt hat. Solche Methoden sind von Becquerel, Melloni, Nobili, Petrina und Poggendorff angegeben worden.

Becquerel erwärmt von einer gegebenen Thermosäule nacheinander eine, zwei, drei u. s. f. abwechselnde Lothstellen und bestimmt die Ablenkungen an dem schiessenden Galvanometer. Da hier der Leitungswiderstand bei allen Versuchen derselbe bleibt, so werden die Stromstärken ebenfalls der Reihe der natürlichen Zahlen folgen. (Traité de l'électricité II. 24.)

Melloni bedient sich zur Bestimmung der Werthe der Kreistheilung über 20 Grad hinaus, wo die Ablenkung nicht mehr den Stromstärken proportional bleibt, des folgenden Verfahrens. Durch eine auf einer Seite bestrahlte Thermosäule erhält er eine Ablenkung von 20 Graden. Durch Beschirmung der Säule kehrt die Nadel auf 0 zurück. Durch Bestrahlung der andern Seite erhält er  $20^\circ + x$  auf der andern Seite. Durch gleichzeitige Bestrahlung beider Seiten erhält er  $y$  als corrigirten Werth für  $x$ . (Pogg. Ann. XXXV. 132.)

Nobili wickelt einen Galvanometer aus zwei gleichen Drähten. Zwei Ströme durchfliessen dieselben zuerst einzeln und dann zugleich in entgegengesetzter Richtung.

Petrina schliesst eine messende Kette durch eine der Länge nach getheilte Quecksilberrinne. Das Galvanometer bildet eine Nebenschliessung derselben, dessen Anfangspunkt und Endpunkt variiert wird. Die Stromstärke im Galvanometer ist dann proportional der Entfernung der Galvanometerenden in der Quecksilberrinne, wenn das Galvanometer einen bedeutenden Widerstand bei empfindlicher Nadel hat. (Pogg. Ann. LVII. 111.)

Poggendorff's Verfahren ist nur auf einen nach Art der Sinusbussole drehbaren Multiplicator anwendbar, da die Ablenkungen, welche die Drathwindungen, im magnetischen Meridian liegend, bei verschiedener Stärke des Stromes der Magnetnadel ertheilen, bestimmt werden, durch die Ablenkungen, welche sie von demselben Strome durchflossen, aber unter verschiedenen Winkeln gegen den magnetischen Meridian gestellt, auf dieselben ausüben. (Pogg. Ann. LVI. 324.)

Um zu untersuchen, welcher von zwei gegebenen Strömen über den andern überwiegt, bedient man sich in der Regel eines sogenannten Differential Galvanometers. Ein zusammengelegter Drath wird um den Rahmen gewickelt und dann die verbundenen Enden aufgeschnitten. Man erhält dann vier Enden, die passend in Drathklemmen enden. Bezeichnen  $a b$  die Enden des ersten Drathes,  $\alpha \beta$  die des zweiten, so muss ein Strom im Sinne  $a b \beta \alpha$  hindurchgeleitet, die Nadel nicht afficiren. Die Dräthe werden dann getrennt und die zu vergleichenden Ströme in entgegengesetztem Sinne durch sie hindurchgelassen.

Die zu lange dauernden Schwingungen der astatischen Nadeln verhindert man durch eine unter dieselben gelegte Kupferplatte, in

welcher die schwingenden Nadeln retardirende Ströme induciren. Ebenso kann man eine gestörte Astasie durch Annähern eines Magnetstabes wieder erreichen oder eine zu grosse Empfindlichkeit der Nadeln dadurch abstumpfen. \*)

Die verschiedenen Galvanoskope, welche nicht auf das Princip des Multiplicators zurückkommen, werden unter dem Artikel Rheometer besprochen werden.

D.

**Gas.\*\*)** Unter den Flüssigkeiten (s. S. 85.) giebt es eine Klasse von Körpern, welche sich am Auffallendsten durch ihre Ausdehnbarkeit und grosse Compressibilität von den übrigen (den tropfbaren) unterscheiden und mit dem Namen Gas- oder Luftarten, elastische, expansible, compressible, coercible Flüssigkeiten, Dämpfe oder Dünste bezeichnet werden. Die Anzahl solcher Körper ist in der neuern Zeit, durch die Fortschritte der Chemie insbesondere, sehr vermehrt worden, während man früher glaubte, dass nur die Luft, nämlich die atmosphärische, in diesem elastisch-flüssigen Zustande vorkäme, — (diese wurde zugleich für einen einfachen Körper gehalten,) — und dass die übrigen Gase nur atmosphärische Luft seien, welche andere Stoffe aufgelöst oder beigemischt enthielte. Wolf wies zuerst nach, dass zwischen Dampf (Wolken, Rauch u. dergl. Gemengen) und der gemeinen Luft ein Unterschied stattfindet; und nachdem man die Entdeckung der fixen Luft (des kohlen-sauren Gases), der brennbaren Luft (Wasserstoffg.), des Sauerstoffgases, der mechanischen Zusammensetzung der atmosphärischen Luft selbst u. s. w. gemacht und gefunden, dass alle diese Gase in ihren besondern Eigenschaften wesentlich von der atmosphärischen Luft abwichen, ward der Name Gas\*\*\*) für diese Körper allgemeiner gebräuchlich, wiewohl die ältere Benennung Luft daneben beibehalten worden; auch wird derselbe von den meisten Physikern gegenwärtig auf die Dämpfe (oder Dünste), welche sich aus festen und tropfbar-flüssigen Körpern bilden, ausgedehnt, wofür wir die Gründe sogleich zu erörtern haben.

**Eintheilung.** Nach ihrem physikalischen Verhalten betrachtet, unterscheidet man die Gasarten in permanente oder beharrliche, welche stets, wenn sie sich nicht etwa chemisch mit andern Körpern verbinden, die expansibel-flüssige Form behalten, z. B. atmosphärische Luft, ihre Gemengtheile Sauerstoff-, Stickstoff- und Wasserstoffgas, und in Dämpfe, coercible Gasarten, oder solche, welche mittelst Druck oder Abkühlung in den flüssigen oder festen Aggregatzustand übergehen, welcher auch den meisten dieser Körper unter gewöhnlichen Umständen eigenthümlich ist. Alle tropfbaren Körper nehmen diesen ausdehnbaren Zustand durch Erwärmung an,

\*) Archives de l'électricité I. 656.

\*\*\*) Im Bd. I. 59. wird bei den Art. Aërodynamik, Aërometrie und Aërostatik auf den Art. Luft verwiesen. Wir beschränken uns deshalb auch hier auf diejenigen Bemerkungen, welche auf die Eintheilung, die Eigenschaften und die Structur der Gase im Allgemeinen Bezug haben.

\*\*\*) Ueber den Gebrauch des Wortes Gas für luftähnliche Stoffe von v. Helmont's. Gmelin's Gesch. der Chemie, I. 538, 543.

insofern nicht chemische Veränderung in ihrer Mischung dabei statt findet; und die Dämpfe zeigen dann im Wesentlichen dieselben Eigenschaften, welche den sogenannten permanenten Luftarten im engeren Sinne zukommen. Der Unterschied beider Arten von Gasen scheint nur darin zu bestehen, dass bei den Dämpfen relativ eine geringere Wärmeabnahme und weniger Druck zur Verdichtung erforderlich ist, während wir bei den permanenten Gasen nicht einen so hohen Grad von Kälte und eine so starke Compression zu erzeugen die Mittel besitzen, um auch diese zu condensiren. Danach wären alle Gase bloss Dämpfe von Flüssigkeiten, deren Kochpunkt mehr oder weniger tief liegt. Diese Ansicht hat durch Faraday's Entdeckung besonders an Wahrscheinlichkeit gewonnen. Aus den von ihm gesammelten Nachrichten über früher bekannte Condensation von Gasen (Journ. of the Roy. Instit. N. 32, Bibl. univ. de Gén. T. XXVI. 92) ergiebt sich mit Bestimmtheit, dass schon Fourcroy schwefligsaures Gas und Northmore Chlorgas (1805) liquide gemacht hatten. Er wiederholte 1822 die Condensation dieser Gase und verdichtete noch mehrere andere bis dahin für permanent gehaltene Gase (Ammoniak-, Schwefelwasserstoff-, Kohlensäure-, Salzsäure-, Stickoxyd-Gas etc.), wobei er die Temperatur und den angewandten Druck in Atmosphären bestimmte (Phil. Trans. for 1823; Ann. de Chim. T. XXIV.). Perkins behauptet sogar, dass er durch einen eigenen Apparat auch die atmosphärische Luft, Kohlenwasserstoffgas u. a. bei 1200 Atmosphären Druck zu tropfbaren Flüssigkeiten verdichtet habe (Ann. of Phil. VI.; Phil. Trans. 1826. 451.); indess sind die dagegen mit Recht erhobenen Zweifel (vgl. Gilb. Ann. LXXXV. 556) nicht aufgeklärt worden. Neuere Versuche über die Condensation von Gasen haben auch Stromeyer, Niemann (Brandes' Archiv, XXXVI.), Thilorier (Ann. de Chim. LX. Pogg. Ann. XXXVI. 141.) und Bunsen (Pogg. Ann. XLVI. 97.) angestellt.

In Bezug auf die chemische Zusammensetzung werden die Gase eingetheilt in einfache oder elementare, wie die permanenten Gase Sauerstoff, Wasserstoff, Stickstoff, und in zusammengesetzte, welche wenigstens einen von jenen einfachen gasförmigen Stoffen enthalten. — Mit ihrer chemischen Verwandtschaft hängt ferner die Unterscheidung von zündenden Gasen, welche das Entzünden oder Verbrennen von Substanzen bewirken (wie Sauerstoff-, Chlor- u. Stickstoffoxyd-Gas) und von brennbaren oder verbrennlichen zusammen, welche selbst sich bei Berührung mit andern Substanzen entzünden (Wasserstoff, Phosphor- und Kohlenwasserstoff, Kohlenoxyd u. a.). (S. Art. Gaserleuchtung, Verbrennen etc.) Alle übrigen Gase besitzen weder die Eigenschaft zu zünden, noch sich unter Lichterscheinung mit andern Stoffen zu verbinden (z. B. die gas- und dampfförmigen Säuren).

Nach ihrer Einwirkung auf die Athmungswerkzeuge zerfallen endlich die Gase in solche, welche den Athmungsprozess der höhern Thiere unterhalten, athembare oder respirable Gase, z. B. atmosphärische Luft und für eine kurze Zeit selbst reines Sauerstoffgas und Stickstoffoxydul; und in irrespirable oder mephitische, wozu alle übrigen gehören. Diese wirken theils dadurch schädlich, dass sie die Quantität des zum Athmen erforderlichen Sauerstoffs zu sehr vermindern, wenn sie

demselben beigemischt sind, oder den Zutritt dieses Gases auch ganz hindern; theils indem sie die Athmungswerkzeuge krankhaft afficiren (Chlor, salzsaure und andere saure Dämpfe); theils indem sie in dem Athmungs-Apparate des thierischen Körpers das Blut selbst chemisch verändern und so dessen Functionen stören.

Die Gesetze über die chemischen Verbindungen von Gasen, das Verhältniss zwischen dem Mischungsgewicht der Stoffe mit ihrem spec. Gewicht in gasförmigem Zustande u. s. w. s. in den betreffenden chemischen Art.: Atom, I., 204 sq.; Atomgewicht, I., 207; Verwandtschaft etc.

Die charakteristischen physikalischen Eigenschaften der Gase sind ihre Flüssigkeit, Schwere und Expansibilität. Die Flüssigkeit ist aus zahlreichen Erscheinungen, z. B. bei Bewegung der Luft (s. d.) bekannt. Der Grad der Fluidität ist nicht gleich gross bei allen Gasen, denn bei Fortbewegung derselben, beim Ausströmen, bei der wechselseitigen Durchdringung etc. verbreiten sie sich eben so wenig mit gleicher Geschwindigkeit und Leichtigkeit (s. Pneumatik), als die liquiden Körper.

Die Schwere der Gase hängt so innig mit den Betrachtungen über das Gewicht der atmosphärischen Luft zusammen, dass wir auf die Art. Gewicht u. Luft verweisen müssen, wo zugleich die Methoden der Bestimmung des absoluten und specifischen Gewichts der Gasarten näher erörtert werden. Wir beschränken uns deshalb auf eine alphabetisch geordnete Zusammenstellung der spec. Gewichte nach den genauesten vorhandenen Bestimmungen.

Die folgende Tafel enthält in der ersten Zahlenspalte die beobachteten und in der zweiten die aus dem Atomgewicht (s. d.) abgeleiteten specifischen Gewichte der Gasarten, das Gewicht eines gleich grossen Volumens atmosphärischer Luft von gleicher Wärme und gleicher Expansivkraft = 1 gesetzt. (Pogg. Ann. IX. 293.; XVII. 529; XXI.; XXV., 396, XXVI., 559; XXIX., 193; II., 417 (eine verbesserte Tafel von Poggendorff). Ann. de Chim. XXVIII., II., L., LXIII., LXVIII. Rammelsberg's Stöchiometrie, 1842, S. 167, Dove's Repert. d. Phys., IV. u. a.)

#### Specifische Gewichte gas- und dampfförmiger Körper.

Gase.	Beobachtet.	Berechnet.
Aether . . . . .	2.586 G.	2.5809
Alkohol . . . . .	1.6133 G.	1.6005
Ammoniak . . . . .	0.5967 B., A.	0.5912
Arsenige Säure . . . . .	13.85 M.	13.3
Arsenik . . . . .	10.6 M.	10.3654
Arsenik-Chlorür . . . . .	6.3006 D.	6.2518
Arsenik-Wasserstoff . . . . .	2.695 D.	2.6945
Atmosphärische Luft . . . . .	1.000	
Brom . . . . .	5.54 M.	5.393
Bromwasserstoff . . . . .		2.7311
Chlor . . . . .	2.47 G., T.	2.4403
Chlorbor . . . . .	3.942 D.	4.0353
Chlorphosphor, fester . . . . .	4.85 M.	4.79
Chlorphosphor, flüssiger . . . . .	4.875 D.	4.7414
		12 *

Gase.	Beobachtet.	Berechnet.
Chlorschwefel . . . . .	4.70 D.	4.658
Chlorwasserstoff . . . . .	1.2474 B., A.	1.2546
Cyan . . . . .	1.8064 G.	1.8188
Cyanwasserstoff . . . . .	0.9476 G.	0.9438
Fluorbor . . . . .	2.312 D.	2.3082
Jod . . . . .	8.716 D.	8.7011
Jod-Arsenik . . . . .	16.4 M.	15.64
Jodwasserstoff . . . . .	4.44 G.	4.3850
Kohlenoxyd . . . . .	0.9409 C., D.	0.9727
Kohlensäure . . . . .	1.524 B., D.	1.5240
Naphtha, Benzoë- . . . . .	5.409 D.	5.484
— Essig . . . . .	3.067 D.	3.0634
— Salpeter . . . . .	2.626 D.	2.6054
Phosphor . . . . .	4.42 D.	4.3256
	4.58 M.	
Phosphorwasserstoff } . . . . .	1.1214 D.	1.1896
	(1.100—1.191 R.	
Quecksilber . . . . .	6.976 D.	6.9785
	7.03 M.	
Quecksilber-Bromid . . . . .	12.16 M.	12.373
Quecksilber-Bromür . . . . .	10.14 M.	9.675
Quecksilber-Chlorid (Subl.) . . . . .	9.8 M.	9.42
Quecksilber-Chlorür (Cal.) . . . . .	8.35 M.	8.20
Quecksilber-Jodid . . . . .	15.6—16.2 M.	15.68
Salpetrige Salpetersäure . . . . .	1.72 M.	1.5906
Sauerstoff . . . . .	1.1026 B., D.	
Schwefel . . . . .	6.51—6.617 D.	6.6541
	6.9 M.	
Schwefelsäure, wasserfreie . . . . .	3.0 M.	2.7629
Schweflige Säure . . . . .	2.247 B.	2.2116
Schwefelkohlenstoff . . . . .	2.6447 G.	2.6394
Schwefelquecksilb. (Zinnob.) . . . . .	5.51 M.	5.39
Schwefelwasserstoff . . . . .	1.1912 G., T.	1.1778
Stickstoff . . . . .	0.9760 B., D.	
Stickstoffoxydul . . . . .	1.5204 C.	1.5273
Stickstoffoxyd . . . . .	1.0388 Bé.	1.0393
Terpentinöl, destill. . . . .	5.013 G.	
„ . . . . .	4.764 D.	4.765
Wasserdampf . . . . .	0.6235 G.	0.6204
Wasserstoff . . . . .	0.0688 B., D.	
	0.0693 Bo., D.	

B. bedeutet Berzelius; B., A.: Biot und Arago; B., D.: Berzelius und Dulong; Bo., D.: Boussingault und Dumas; Bé.: Bérard; C.: Colin; C., D.: Clément und Désormes; D.: Dumas; G.: Gay-Lussac; G., T.: Gay-Lussac und Thénard; M.: Mitscherlich; R.: H. Rose.

Die Elasticität der Gase oder das Bestreben nach Expansion, welches sich durch die Aenderung ihres Volumens bei Einwirkung äusserer Kräfte in vielen alltäglichen Erscheinungen kund gibt und

(gewöhnlich für die atmosphärische Luft) durch eine Menge von physikalischen Apparaten (Taucherglocke, Luftpumpe, Barometer, Heronsball, Heronsbrunnen, Windkessel, Druckpumpe u. s. w.) anschaulich gemacht wird, bewirkt, in Verbindung mit ihrer Fluidität, dass die Gase in gleicher Höhe und unter gleicher Temperatur und Compression stets gleiche Dichtigkeit und Elasticität haben, oder sich in's Gleichgewicht zu setzen streben, wenn die Dichtigkeit gestört ist. Die Beziehung, welche zwischen dem Volumen eines Gases und seiner Dichtigkeit und Elasticität stattfindet, wurde zuerst von Rob. Boyle \*) (1660), der sich anhaltend mit Experimenten über die Luft beschäftigte, und kurz darauf von Mariotte (Essai sur la nature de l'air, Paris 1676) aufgefunden, nach welchem es benannt wurde. (Ueber ihre Apparate u. s. w. s. Mariott. Gesetz.) Dies Gesetz lautet: Die Volumina stehen im umgekehrten, also die Elasticität und Dichtigkeit der Gase im geraden Verhältniss mit der zusammendrückenden Kraft. Die älteren Versuche von Beze, Amontons, Bouquer, s'Gravesande, Lambert, Fontana, Schuckburg, Roy, Saussure u. A. bestätigten das Gesetz für geringere Druckkräfte; die Abweichungen, welche sich bei einigen ergaben, sind gewöhnlich auf Rechnung beigemengter Wasserdämpfe zu setzen. Aber schon frühzeitig ward die Frage aufgeworfen, ob dies Gesetz (zunächst immer für die atmosphärische Luft), auch allgemeiner gültig sei. Man untersuchte, ob es sich auch bei sehr starker Compression bewähre \*\*) und fand, in Uebereinstimmung mit theoretischen Untersuchungen (d'Alembert, Tr. d. Fluides, I, c. 6; Euler, Comm. Petr. II., T. Mayer, Gött. Anz. 1822 u. s. w.), dass es bei permanenten Gasarten bis zu den Grenzen messbarer Zusammendrückung ganz allgemeine Gültigkeit hat, und dass auch bei den Dämpfen sich erst dann erhebliche Abweichungen ergeben, wenn dieselben so weit verdichtet worden, dass die Theilchen einander hinlänglich genähert sind, um in den liquiden Aggregatzustand überzugehen.\*\*\*) — Auf der andern Seite ist das Gesetz auch für die Dilatation der Gase geprüft worden, und wenn man auch nicht einer bis auf das 8000-, 10000-, ja 13679-fache gesteigerten Verdünnung der Luft durch Boyle (Hutton's Diction., I, 52.) Glauben schenken kann, so wird doch durch die Versuche von De Luc, Trembley u. A. \*\*\*\*) die Gültigkeit des Gesetzes ebenfalls bei Verdünnung der Luft, so weit unsre Erfahrungen reichen, dargethan.

\*) Boyle's Works, V. Lond. 1665. Speciell in: New Exper. touching the spring of the air, Oxford 1660; Continuation, Oxf. 1669; Rarefaction of air, Lond. 1671; Second continual, 1681. Gen. Hist. of the air; Lond. 1692.

\*\*) Sulzer, Mém. de Berlin. 1753; Robison Syst. of Mech. Phil. III. 637. Oerstedt und Swendsen (Edinb. Journ. of Sc. VIII., 224) bedienten sich eines bessern Apparats und bestätigten das Mariotte'sche Gesetz bis zu 8 Atmosphären. Die von der Pariser Akademie ernannte Commission (Arago, Ampère, Dulong, Girard u. Prony) bestätigten dasselbe bis zu einer Druckkraft von 27 Atmosphären (Ann. de Chim. T. XLIII.), und Oerstedt hält es selbst bis zu 66 Atm. gültig.

\*\*\*) Vgl. Despretz Ann. de Chim. t. XXXVI. Dove, Pogg. Ann. XXIII., 290. Pogg. Ann. XVIII., 437; Schweigg. J. XLV., 352, LI., 108.

\*\*\*\*) Vgl. Wollaston, Philos. Trans., 1822, pt. I.

Auch machen es die bisherigen Beobachtungen höchst wahrscheinlich, dass dasselbe bei allen Temperaturen stattfindet, und berechtigen zu der Annahme, dass auch alle diejenigen Gase, (so lange keine Veränderung im Aggregatzustand eintritt,) bei welchen noch keine directen Versuche in Betreff des Gesetzes angestellt worden, demselben unterworfen sind.

Wenn wir uns über die Gültigkeit dieses Gesetzes hier weitläufiger ausgelassen, so geschah dies deshalb, weil einige Physiker noch darauf ein besonderes Gewicht legen, um eine wesentliche Verschiedenheit zwischen permanenten Gasarten und Dämpfen daraus herzuleiten. Die Abweichung beider besteht nämlich darin: Wenn ein Volumen einer (permt.) Gasart bei einerlei Temperatur verschiedenem Druck unterworfen wird, so kann sie jeden Grad der Dichtigkeit annehmen, so weit die Erfahrungen reichen; wird hingegen eine gegebene Quantität Dampf durch Veränderung des Drucks der Verdichtung oder Verdünnung unterworfen, so verhält er sich zwar übereinstimmend mit den eigentlichen Gasarten, aber nur so lange nicht die Grenze erreicht ist, wo er (bei vermehrter Zusammendrückung) auf das Maximum der Spannung für die stattfindende Temperatur gebracht ist. Sobald die Dampfmasse ihre grösste Dichtigkeit erlangt hat, bewirkt eine fernere Verstärkung des Drucks keine weitere Verdichtung, sondern es schlägt sich ein entsprechender Theil in tropfbarflüssiger Gestalt nieder und der übrige Dampf behält das der Temperatur angehörende Maximum der Dichtigkeit. — Eine ähnliche Abweichung findet sich, wenn man ein Volumen einer Gasart der Wärmewirkung aussetzt. Gase und Dämpfe nehmen beide durch Erhöhung der Temperatur an Expansivkraft zu; werden sie dagegen abgekühlt, so giebt es keine Grenze der Verminderung der Expansivkraft; aber die Dämpfe unterscheiden sich von den Gasen durch eine theilweise Veränderung des Aggregatzustandes, indem, wenn das Maximum der Dichtigkeit durch Abkühlung erreicht ist, eine weitere Temperaturabnahme die Verdichtung eines bestimmten Theiles des Dampfes zum tropfbaren Körper zur Folge hat. Dies verschiedene Verhalten wurde für Luft und Wasserdampf bereits von Wallerius und De Luc angegeben, und dadurch zu Ende des vorigen Jahrhunderts die alte Theorie der Auflösung des Wassers in der Luft verdrängt. Dass diese Unterscheidung aber keineswegs so wesentlich ist, ergiebt sich aus den Versuchen, welche Faraday und Cagniard de la Tour über die Verdunstungsgrenze (s. d.) angestellt haben, wonach nicht verdunstende Körper als solche anzusehen sind, deren niedere Verdunstungsgrenze weit über, permanente Gase dagegen als solche, deren obere Verdunstungsgrenze weit unter den Temperaturen liegt, die wir zu erzeugen im Stande sind.

Da verschiedene Gase bei gleicher Temperatur und gleichem Druck verschiedene Dichtigkeit haben, so muss ihre Expansivkraft bei gleicher Wärme und Dichtigkeit verschieden sein. Setzt man die Expansivkraft der atmosphärischen Luft als Einheit und vergleicht damit die der übrigen Gasarten, so erhält man, bei gleicher Temperatur und Dichtigkeit, die specifische Expansivkraft derselben. Diese steht im umgekehrten Verhältniss der specifischen Gewichte und lässt sich daher aus obiger Tafel leicht ableiten. Bezeichnet man nämlich das spec. Gew. eines Gases mit  $S$ , atmosphärische Luft von derselben

Temperatur und Expansivkraft mit 1, und die spec. Expansivkraft (die Expansivkraft beider Gase zuerst = 1 gesetzt,) mit  $s$ , so ist nach dem Mariotte'schen Gesetz:  $S : 1 = 1 : s$ , also  $s = \frac{1}{S}$ . Will man sie, wie bei der atmosphärischen Luft, durch das Barometer ausdrücken, so multiplicirt man die Zahl noch mit der Barometerhöhe, welche die Expansivkraft der atmosphärischen Luft angiebt.

Die Abnahme der Dichtigkeit der Gase mit der Entfernung vom Boden eines Gefässes oder von der Erdoberfläche nach oben wird im Art. Luft erörtert, indem sich in der Atmosphäre die Erscheinung im weitesten Umfange zeigt.

Zwei verschiedene Gase oder zwei Mengen desselben Gases befinden sich nur im Gleichgewicht mit einander, wenn sie dieselbe Expansivkraft haben, und hierauf beruhen eine Menge von Apparaten (Sprütze, Heber, Pumpe u. s. w.). Die Bewegung der elastischen Flüssigkeiten, ihr Ausströmen aus Röhren (s. Gebläse), wobei Adhäsion und Reibung an den Gefässwänden eintreten, s. in den betreffenden Artikeln. In Betreff des Gleichgewichts der Dämpfe verhalten sie sich alle wie der Wasserdampf, mit dem Unterschiede, dass ihre Expansivkräfte bei gleicher Temperatur ebenfalls verschieden von der des Wasserdampfes sind.

Bei der mechanischen Mischung zweier Gase, welche jedoch dabei keine chemische, die Expansion und oft selbst den Aggregatzustand, (z. B. bei salzsaurem Gase und Ammoniak) verändernde Verbindung eingehen dürfen, findet ein höchst merkwürdiges Gesetz statt. Während viele tropfbare Flüssigkeiten bei solcher Mischung sich trennen und nach ihrem specifischen Gewicht übereinander lagern, findet bei den expansiblen eine vollkommene Durchdringung statt und nach der Theorie, welche nach Dalton (Manch. Mem. V., 543. Chem. Thl. d. Naturw. Berlin 1812, I, 470) benannt und auch von Berthollet (Mém. d'Arcueil, II, 463) und Graham \*) vielfältig empirisch geprüft worden, drücken die Luftarten, aus welchen z. B. unsere Atmosphäre zusammengesetzt ist, gar nicht aufeinander, sondern bilden eben so viele von einander gewissermassen unabhängige Atmosphären. Jede Gasart verbreitet sich in der andern grade eben so, wie im luftleeren Raume, nur in diesem mit grösserer Schnelligkeit, als in einem schon mit einer Gasart angefüllten. Jene Versuche haben ausserdem dargethan, dass verschiedene heterogene Luftarten unter übrigens gleichen Umständen sich nicht mit gleicher Geschwindigkeit durchdringen. — Diese Theorie, welche die Unhaltbarkeit aller der älteren unbestimmten Hypothesen (s. Fischer's Gesch. der Physik, II, 175) über die Beziehungen zwischen Luft und Wasserdampf, wie derer über eine das Wasser auflösende Kraft der atmosphärischen Luft (analog den tropfbaren Flüssigkeiten) auf das Entschiedenste darthat, war von höchster Wichtigkeit für die Betrachtung der Verdampfung und des Verhaltens der Dämpfe (zunächst des Wassers). Dalton wies 1803 nach, dass die Wärme beim Verdampfen die

\*) Quart. Journ. of Sc. III, 354; VII, 106. Edinb. Phil. Trans., XII, 222. Pogg. Ann. XVII, 341; XXVIII, 331.

Hauptrolle spielt und dass (auch nach Gay Lussac's genauen Versuchen) die Expansivkraft des Dampfes in einem luftleeren oder mit einem Gase erfüllten Raume bei einerlei Temperatur dieselbe ist. Ueber die Spannkraft der Wasserdämpfe, über Verdampfung s. d. A.

Treten Gase hingegen mit festen oder flüssigen Körpern in Berührung, so findet eine Verdichtung an der Oberfläche und in den Poren derselben statt, welche wir Absorption nennen (s. I. 15). Trockene feste Körper ziehen in einem mit Dämpfen erfüllten Raume einen constanten Theil derselben an, dessen Grösse allein von der Elasticität des Dampfes abhängig ist, und man nimmt an, dass der Dampf dabei zu tropfbarer Flüssigkeit verdichtet werde. (Vgl. Hygrometer.) Die Fähigkeit einer Gasart, absorbirt zu werden, richtet sich nach ihrer Condensibilität (zu tropfbarer Flüssigkeit). Flüssigkeiten verschlucken oft grosse Quantitäten einer Gasart. Bei den permanenten Gasarten geht die Absorption im Allgemeinen langsamer vor sich. Die Menge des absorbirten Gases hängt von seiner Natur, dem Druck, der Wärme und der Gegenwart anderer Gase ab. Bei Gasgemengen verhalten sich die absorbirten Mengen grade eben so, als wenn jedes Gas für sich absorbirt worden wäre. Viele Physiker nehmen an, dass auch bei den permanenten Luftarten eine wirkliche Condensation in den dichteren Aggregatzustand in den Poren fester Körper eintritt; doch ist dies noch nicht durch Erfahrung nachgewiesen. Wenn zwei Gase chemische Verwandtschaft zu einander haben, so tritt bei einigen eine wirkliche Verbindung durch blosse Berührung mit einem absorbirenden Körper ein; (so treten Sauerstoff- und Wasserstoffgas am Platinschwamm und andern fein zertheilten Metallen zu Wasser zusammen). Faraday sieht als Ursache dieser Erscheinung nicht eine blosse Absorption, sondern ebenfalls eine Condensation der Gase an der Oberfläche solcher Körper an.

Was das Verhalten der Gase gegen die Wärme betrifft, so erwähnen wir hier nur die allgemeinen Gesetze, welche für die Ansichten über die Structur dieser Körper von höchster Wichtigkeit sind.

Durch Compression der Gase wird Wärme entwickelt (s. pneumat. Feuerzeug), und zwar eben so viel als erforderlich ist, um das verminderte Volumen wieder auf das vor der Zusammendrückung von dem Gase eingenommene zu bringen. Durch Dilatation hingegen entsteht Abkühlung. Die Menge von Wärme oder Kälte, welche in beiden Fällen entsteht, ist bei allen Gasen dieselbe.

Die bisher allgemein angenommenen Gesetze: 1) dass alle Gase und Dämpfe (so lange deren Menge unverändert bleibt,) zwischen gleichen Temperaturgrenzen denselben Ausdehnungscoefficienten haben und 2) dass die Ausdehnung eines Gases zwischen denselben Temperaturgrenzen für gleiche Aenderungen des Quecksilberthermometers unabhängig ist von seiner anfänglichen Dichtigkeit, — sind nicht in ihrem ganzen Umfange streng richtig; sie genügen (nach Regnault's umfassenden Versuchen) den Beobachtungen nur um so mehr, je grösser der Zustand der Verdünnung eines Gases ist, und scheinen nur für den vollkommenen Gaszustand zu gelten. Bei atmosphärischer Luft beträgt die Ausdehnung bei 28" Barometerstand von 0 — 100° C. nicht, wie Gay-Lussac gefunden, das 1.375-fache des Volumens, welches sie beim Thaupunkt des Eises einnimmt, sondern

der Ausdehnungscoefficient ist nach Rudberg 0.3646, nach Magnus 0.3665, nach Regnault 0.36706. Regnault fand diesen Coefficienten für Wasserstoff 0.36613, Kohlenoxyd 0.36688, Kohlensäure 0.37099, Stickstoffoxydul 0.37195, Cyan 0.38767, schweflige Säure 0.39028; und Magnus' Versuche bestätigen, dass derselbe bei verschiedenen Gasen sehr ungleich und unter den bisher untersuchten Gasen am Grössten bei schwefliger Säure (0.3844) ist. (Ann. de Chim., 3. Sér., V. Pogg. Ann. LV., 1. 391; LVII., 115, 177, 199.) Diese grossen Unterschiede der Coefficienten für compressible Gasarten machen es auch sehr wahrscheinlich, dass die Dämpfe in geringer Entfernung von ihrem Liquefactionspunkte Ausdehnungscoefficienten besitzen, die von dem der Luft sehr verschieden sind. Ferner dehnt sich die Luft zwischen denselben Temperaturgrenzen um so beträchtlicher aus, je grösser die Dichtigkeit (bis zu 4 Atmosphären Druck) ist; bei der Kohlensäure wächst die Ausdehnung mit dem Druck weit rascher, als bei der atmosphärischen Luft.

Die neuern Versuche über die spec. Wärme der Körper scheinen zu dem Resultate zu führen, dass das von Dulong und Petit aufgestellte Gesetz: Die specifischen Wärmen der einfachen oder elementaren Körper überhaupt stehen bei gleicher Gewichtsmenge im umgekehrten Verhältniss ihrer Atomgewichte (und zwar unabhängig von der Temperatur), so dass die Producte beider eine constante Zahl liefern, — nicht allgemein gültig ist; sondern dass die spec. Wärmen der Atome einfacher Körper nur in einem einfachen Verhältniss unter sich stehen. Neumann und Regnault gelangten ferner zu dem Resultat, dass die Atome zusammengesetzter Körper, welche aus einer gleichen Anzahl einfacher Atome bestehen und gleiche Constitution haben, dieselbe spec. Wärme besitzen, oder dass sich ebenfalls bei gleichen Gewichtsmengen die spec. Wärme umgekehrt verhalte, wie das Atomgewicht. (Ann. de Chim. LXXIII., LXXXV., 72; 2. Sér. XXVI., 298; XXXV., 5; 3. Sér. I. Edinb. Phil. Trans., X., 195. Gilb. Ann. LXXVI., 289; Pogg. Ann. VII., X., 363; XVI., 438; XXIII., 1. XXVIII., LL) — Diese Gesetze sind mithin, so weit die Untersuchungen reichen, auch für die gasförmigen Körper gültig und von grösster Bedeutung für die Ansichten über die innere Structur der Körper überhaupt, denn sie weisen auf einen nothwendigen Zusammenhang hin, in welchem spec. Gewicht, spec. Wärme, Cohäsion und äussere Gestalt mit einander in der ponderablen Materie stehen. Eine nähere Erörterung muss dem Art. Wärme etc. vorbehalten bleiben, um so mehr, als die experimentelle Prüfung jener Gesetze noch nicht abgeschlossen ist.

Ueber die physische Ursache der Gasform ist bereits im Art. Flüssigkeit (dies. Bd. S. 85.) gesprochen worden. Nachdem wir die nur geschichtliches Interesse darbietenden älteren Hypothesen dort mit Stillschweigen übergangen oder nur andeutend berührt hatten, wurden die neuern Theorien in gedrängter Darstellung erwähnt. Wir bemerken hier nur noch Einiges nachträglich, was darauf in neuester Zeit Bezug hat.

Die Cartesius'sche Wirbeltheorie fand nicht nur in früherer Zeit,

sondern auch später unter zahlreichen Modificationen Anhänger,\*) worunter namentlich die sehr ausgeführte Hypothese von Le Sage (u. a. bei P. Prévost, Deux Traités de Physique. mécan., Paris 1818; De Luc's N. Jd. sur la Mét.) hervorzuheben ist. Nach ihm bestehen alle Gase aus festen und unelastischen Elementen, deren Durchmesser viel geringer ist als ihr Abstand von einander; sie befinden sich in einer sehr schnellen fortschreitenden Bewegung, als deren primitive Ursache er den Stoss des Aethers ansieht. — Newton schrieb die Expansibilität der gasförmigen Fluida einer die Theilchen von einander abstossenden Kraft zu. Lange hielt man sie für eine Folge eines sogenannten Elementarfeuers, bis endlich Amontons 1799 (Journ. de Phys., II.) die Hypothese aufstellte, dass sie durch die Wärme hervorgerufen würde. Weiter ausgeführt und mathematisch begründet wurde dieselbe von Laplace, welcher den Aggregatzustand der Körper aus anziehenden und abstossenden Kräften zwischen den Moleculen und den sie umgebenden Wärmeatmosphären herleitete (s. dies. Bd. S. 92). Ihm folgte Poisson\*\*, welcher (Ann. de Chim. XXIII, XLII., 145, Mém. de l'Acad., VIII., Gilb. Ann. LXXVII., 269) zugleich die Untersuchungen auf die Dämpfe ausdehnt, deren Verhalten er mit dem der permanenten Gase, wie fast alle Physiker der Gegenwart, für identisch ansieht. Die Anziehung (s. S. 92) der Theilchen hat bei der atmosphärischen Luft und wahrscheinlich bei allen Gasarten erst das Uebergewicht über die repulsiven Kräfte; dann nimmt jene schneller ab als diese und wird in Entfernungen unmerklich, wo die Abstossung noch merklich ist. Nach Cauchy's Vorstellung (Bull. d. Scienc. math. XI., 413, XII., 224) gehen die Molecularwirkungen (s. d.) in den Körpern, in Uebereinstimmung mit Poisson's Annahme, hervor: aus der Wirkung der materiellen Theilchen (nebst ihrem gebundenen Wärmestoff) auf einander, und zwar ist diese eine aus der Wirkung der materiellen Theilchen und des gebundenen Wärmestoffs zusammengesetzte Molecularwirkung; aus der Wirkung der Theilchen des freien Wärmestoffs auf einander und aus der Wirkung der materiellen Theilchen auf die Theilchen der freien Wärme. Seine Ansicht über das Verhältniss dieser drei Wirkungen in den drei Aggregatzuständen ist aber folgende: Bei den Gasen verschwindet die Wirkung der näheren wie der entfernteren materiellen Theilchen, welche um ein beliebiges Theilchen in der Gasmasse herum liegen, und kann vernachlässigt werden; nur die Wirkung des freien Wärmestoffs auf dieses Theilchen bleibt merklich. In den tropfbaren Fluidis verschwindet die Wirkung der jenem Theilchen zunächst liegenden materiellen Theilchen gegen die der etwas entfernteren (doch immer

\*) J. Bernoulli (Oper. III, 8.) suchte die Ursache der Elasticität in der Bewegung einer äusserst feinen, in den innern Zwischenräumen der Körper eingeschlossenen flüssigen Materie. Nach L. Euler (Comm. Petrop. II, 347.) besteht die Luft aus unzähligen hohlen Kügelchen mit jener Materie, die sich um so mehr ausdehnt, je schneller sie umläuft. Im Mittelpunkt aber ist ein leerer Raum, der durch Druck kleiner wird und der, wenn die Luft die grösste Dichtigkeit erlangt, ganz verschwindet.

\*\*\*) Vgl. auch die Untersuchungen von Ivory, Phil. Mag. v. LXVI, sq.; H. Meikle, Ed. N. Phil. J. N. 2, 4.

noch sehr nahe liegenden) Theilchen, und in den festen Körpern endlich macht sich auch die Wirkung der das Theilchen zunächst umgebenden Theilchen auf dasselbe merklich.

Da über die Ursache der Wärmeerscheinungen in neuerer Zeit zweierlei Ansichten herrschend geworden, so mussten sich dieselben auch in den Vorstellungen über die verschiedene Structur der Körper in den drei Aggregatzuständen aussprechen. Die Theorie eines materiellen Wärmestoffs und die Fortpflanzung desselben durch materielle Emission der Wärme (ganz ähnlich wie fortfließende, eigentlich materielle Substanzen), welche von den ausgezeichnetsten Analytikern angenommen und ausgebildet wurde, ist, namentlich durch die Entdeckung über die Gesetze der Wärmestrahlung, in der neuesten Zeit in ihren Grundlagen erschüttert worden (vgl. Melloni, *Compt. rend. d. l'Ac. franç.* t. XV.; *Pogg. Ann.* LVI., 514, LVII., 300); und die Vibrationstheorie, welche sich seit Baco v. Verulam und Cartesius allmählig entwickelte (s. Art. Wärme), gewinnt immer mehr Anhänger. Die Schwierigkeiten, welche sich dabei zeigten, wurden von Ampère, der zugleich auf Widersprüche in der Laplace'schen Theorie aufmerksam machte, in klarer und befriedigender Weise durch seine 1832 aufgestellte Hypothese (*Bibl. univ. de Genève*, XXXIX., 225; *Ann. de Chim.*, LVIII., 434.) dargelegt. Nach seiner Ansicht bestehen alle Körper aus Elementen, die in gewissen Abständen von einander geordnet und von einem Aether umgeben sind, welcher weit weniger dicht ist, als die Elemente. Ihre Vibrationen erzeugen eine Wellenbewegung dieses Aethers, durch welche die Elemente selbst wieder in Bewegung gesetzt werden. Nach seiner Unterscheidung sind jene Elemente (*Molécule*) aus Atomen (materiellen Punkten mit anziehenden und abstoßenden Kräften) zusammengesetzt und zwar sind dieselben bei allen Aggregatzuständen der Körper fest. Eine Veränderung der Aggregatsform wird durch verschiedenen Abstand der *Molécule* von einander erklärt; doch sind die *Molécule* der festen Körper zusammengesetzter als die der tropfbar- und elastischflüssigen, und diese Vereinigung mehrerer *Molécule* kann durch Vibrationen der Atome (die Wärme) wieder aufgehoben oder der Körper in den flüssigen Zustand versetzt werden. (Vgl. *Ann. de Mines* 1814.)\* W. Mn.

**Gasbeleuchtung.** Wenn man die ersten späterhin unbeachtet gebliebenen Wahrnehmungen, dass Steinkohlen in verschlossenen Gefäßen erhitzt, eine hellbrennende Luftart liefern, unberücksichtigt lässt, so datirt sich der Anfang der Gasbeleuchtung vom Jahre 1792, wo William Murdoch sein Haus und seine Werkstätte zu

\*) Die aus den Atomgewichten etc. hergeleiteten Vorstellungen über die Gestalt, den Abstand der Atome u.s.w. in den drei Aggregatzuständen, wonach u. a. G. Karsten kürzlich zu dem Resultat gelangte, dass in allen Gasarten die Abstände der Schwerpunkte der Atome gleich gross zu sein scheinen (*Pogg. Ann.* LVII., 259), stehen in so innigem Zusammenhange mit den darauf bezüglichen chemischen Artikeln, dass die Entwicklung derselben hier, schon der Wiederholungen halber, unzweckmässig erscheint. M. vgl. u. a. C. J. B. Karsten, *Philos. d. Chemie*, 1843, S. 31, 298 u. v. a.

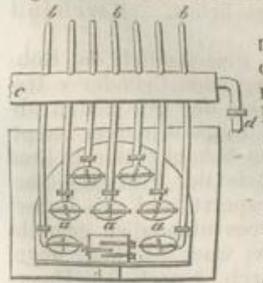
Redruth in Cornwall mit dem aus Steinkohlen erhaltenen Gase beleuchtete. Sein Verfahren wurde aber erst etwa 10 Jahre später allgemein bekannt, weshalb denn die Franzosen ihrem Landsmann Lebon, der 1801 mit einem aus Holz gewonnenen Gase seine Wohnung nebst Garten erleuchtete, diese Erfindung zuschreiben. Die erste Gasbeleuchtung im Grossen wurde von Murdoch 1804 in einer bedeutenden Baumwollenfabrik zu Manchester ausgeführt, wo sie 3000 Lichter zu ersetzen hatte. Von nun an fand die Gasbeleuchtung immer weitere und grossartigere Anwendung und ist in London unter allen Städten am umfassendsten geworden. Schon 1822 besass London ausser mehreren kleinen Gaswerken 4 grosse Gas-Compagnien, die 47 Gasometer mit 917,940 Kubikfuss Inhalt besassen und jährlich 397 Millionen Kubikfuss Gas für etwas über 68400 Brenner lieferten, so dass die gesammte, damals in London gelieferte Gasmenge auf 450 Mill. Kubikfuss das Jahr geschätzt wird. 1837 hatte London 18 öffentliche Gaswerke mit 176 Gasometern, in denen 1460 Mill. Kubikfuss Gas bereitet wurden, wozu 180,000 Tonnen Steinkohlen erforderlich waren. Der Verbrauch betrug am längsten Abend 7,120,000 Kubikfuss, die Zahl aller Strassen und Privatbrenner 169,700. (Ure.)

Zur Gasbeleuchtung eignen sich alle organischen nicht flüchtigen Stoffe, unter denen aber nur diejenigen im Grossen eine Anwendung finden können, welche bei geringen Preisen eine möglichst grosse Ausbeute geben, weshalb in den meisten Fällen Steinkohlen und Oel, seltener andere Substanzen, z. B. Harze, dazu dienen. Die Gasbereitung selbst besteht unter allen Umständen darin, dass man den organischen Körper in einem verschlossenen Behälter, Retorte, zum Glühen bringt, und die entstehenden gasförmigen Stoffe durch ein Rohr ableitet. In der Hitze nämlich gehen die Elemente der organischen Körper, Sauerstoff, Wasserstoff, Kohlenstoff, oft auch noch Stickstoff, einfachere Verbindungen ein, die bei gewöhnlicher Temperatur theils flüssig, theils luftartig sind, in beiden Fällen aber durch die hohe Temperatur in Gasform ausgetrieben werden. In der Retorte bleibt Kohle zurück; die condensirbaren Bestandtheile des Gasmisches werden durch Abkühlung abgeschieden und bilden den Theer, und die permanent luftartigen, welche theils aus dem helleuchtenden Kohlenwasserstoffgas (ölbildendes oder Leucht-Gas), theils aus wenig leuchtenden Gasen, als Grubengas (Kohlenwasserstoff mit dem Minimum Kohlengehalt) Kohlenoxydgas und Wasserstoff, unter Umständen auch Schwefelwasserstoffgas, und endlich aus nicht brennbarem kohlenurem und Stick-Gas bestehen, so geschieden, dass die gar nicht oder schwach leuchtenden Gase so viel als möglich entfernt werden. In dem glühenden Theil eines Dochtes, der mit Oel, Talg oder Wachs gespeist wird, findet dieselbe Zersetzung wie in der glühenden Retorte statt; da aber die Gase, welche die Flamme um den Docht bilden, gar keine Reinigung erfahren können, so ergibt sich hieraus, dass eine derartige Flamme immer dunkler als eine Gasflamme brennen muss. Uebrigens ist auch die Helligkeit des Gaslichts sehr verschieden, und richtet sich besonders nach dem Gehalt an Leuchtgas in dem brennenden Gasmisch, der nach dem angewandten Material, so wie nach der bei der Zersetzung stattgefundenen Hitze veränderlich ist, wovon das Nähere weiter unten. Den be-

deutendsten Theil des ganzen Gasvolumens macht das Grubengas aus, geringer sind die Mengen von Kohlenoxyd-, Stick- und Wasserstoff-Gas, welche durch die Reinigungsapparate nicht beseitigt werden, ausserdem aber sind drei von Faraday entdeckte flüssige Kohlenwasserstoffarten, die sich bei Compression des gewöhnlichen zur Beleuchtung dienenden Gases absetzen, für das Leuchtvermögen desselben von besonderer Wichtigkeit, da sie alle mit stark leuchtender und russender Flamme brennen und in Dampfform dem Gase beige-mengt sind. Obgleich sie nur in geringer Menge im Gase enthalten sind, so werden sie doch die Ursache, dass ein Gas, welches einige Tage steht, recht merklich an Leuchtkraft verliert, weil diese Dämpfe sich condensiren. (s. Kohlenwasserstoff.)

Den Gehalt an Leuchtgas bestimmt man durch Chlor, indem man ein abgemessenes Gasvolumen einige Stunden mit  $\frac{1}{2}$  Volumen Chlor stehen lässt, welches das Leuchtgas absorbiert, und damit einen öl-artigen Körper giebt. Ungefähr kann man die Zusammensetzung des Gases aus dem specifischen Gewicht beurtheilen, da man weiss, dass das Leuchtgas 0,980; das Grubengas 0,559 und Wasserstoffgas 0,069 zum specifischen Gewicht hat, woraus folgt, dass mit zunehmender Leuchtfähigkeit auch das specifische Gewicht steigt.

a. Gas aus Steinkohlen. Unter den Steinkohlen eignen sich nur diejenigen zur Gasbeleuchtung, welche in der Glühhitze während ihrer Zersetzung schmelzen, sich aufblähen und dabei zusammenbakken, weshalb man sie auch Backkohlen nennt. Die dahin gehörigen Kohlen enthalten im Vergleich zum Sauerstoff viel Wasserstoff, und geben daher vorzugsweise wasserstoffreiche Verbindungen bei der trockenen Destillation; die Cannelkohle ist in dieser Beziehung die beste, nach ihr folgen die Kohlen von Newcastle in England. Zur Gasbereitung dürfen die Kohlen keinen oder nur wenig Schwefel enthalten, auch nicht zu viel erdige Theile, weil dadurch die rückständigen Coaks als Brennmaterial an Werth verlieren.



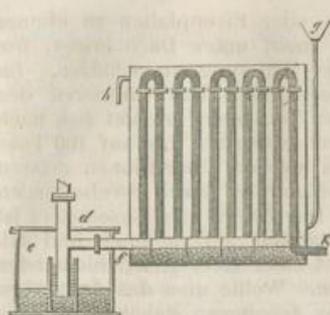
In den Gaswerken stehen je nach der Grösse mehr oder weniger Oefen von der Form des in der Zeichnung von der Vorderseite dargestellten nebeneinander. Ueber der Feuerung liegen 5 Retorten *a* in der bezeichneten Weise, häufig auch noch 2 andere zur Seite; sie sind von Gusseisen, röhrenförmig mit cylindrischem, halbcylindrischem oder meist elliptischem Querschnitt, 6 bis 7 Fuss lang, hinten verschlossen, vorn offen, und hier mit einem kurzen röhrenförmigen Mundstück zusammengeschrubt, von welchem die oben umgebogenen Gasleitungs-

röhren *b, b* abgehen, während das vordere Ende des Mundstücks mittelst eines Deckels dicht verschlossen und geöffnet werden kann. Die Retorten werden an mehreren Punkten unterstützt, damit sie sich nicht verbiegen, und vor der Stichflamme der Feuerung dadurch geschützt, dass man die unteren auf flache über die Feuerung gespannte Gewölbe legt, welche zur Seite der Retorten Oeffnungen haben, aus denen die Flamme aufsteigt. Ungeachtet dieser Vorkehrung brennen die Retorten doch nach und nach durch, und müssen durchschnittlich

alle 9 Monate erneuert werden. Dies ist der Grund, weshalb man das Mundstück, welches weniger der Hitze ausgesetzt ist und deshalb viel länger dauert, mit der Retorte nicht aus einem Stücke macht. Das Brennmaterial besteht aus Coaks oder schlechten Steinkohlen. Sobald die Retorten glühen, füllt man sie, aber nur etwa zur Hälfte, mit Steinkohlen, damit diese zum Aufblähen Raum haben, und breitet sie möglichst gleichmässig aus, worauf man die Mündung mit einem Deckel verschliesst, der mittelst einer Schraube fest angedrückt wird, welche durch einen quer über die Mündung gespannten Bügel geht. Das Entleeren und Füllen der Retorten muss möglichst schnell geschehen, um den immer dabei stattfindenden Gasverlust zu verringern, weshalb man statt des Einschaufelns sich auch blecherner Mulden bedient, die mit Kohlen gefüllt in die entleerten Retorten geschoben, darin umgekehrt und hierauf herausgezogen werden, oder man hat Drathkörbe, mit welchen die Steinkohlen eingelegt und als Coaks nachher herausgenommen werden. Die Dauer einer Destillation währt 4—6 Stunden und geht am schnellsten in elliptischen und halbcylindrischen Retorten vor sich. Wird sie länger fortgesetzt, so kommt zwar noch Gas, aber ein zur Beleuchtung unbrauchbares. Die angemessenste Hitze ist die Kirschrothgluth, bei höherer Temperatur werden nicht allein die Retorten mehr angegriffen, sondern auch die Kohlenwasserstoffverbindungen werden in der Weise zersetzt, dass sich die Kohle abscheidet, welche die Retortenwände überzieht und dem Graphit sehr ähnlich ist, während das Gasgemisch immer wasserstoffhaltiger und dadurch specifisch leichter wird. Ist andererseits die Temperatur zu niedrig, so condensirt sich an den weniger heißen Theilen der Retorte Theer, welcher herabtropft und eine Glanzkohle bildet, durch welche die Retorten stark angegriffen und selbst verstopft werden. Man hat deshalb auf einigen Gaswerken in die Retorten eiserne nach hinten abschüssige Böcke gesetzt, auf welche der Theer fällt, der nun nach hinten abfließt, wo er allmählig verkohlt und noch eine beträchtliche Menge Gas liefert. (Marchand Journ. f. prakt. Chemie XXVI. 478.)

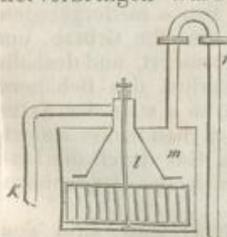
Die Gase mit den verflüchtigten Stoffen steigen durch die Röhren *b, b* auf, welche von oben in den quer liegenden Cylinder *c* treten und hierin die bereits condensirten Produkte der Destillation absetzen, so dass sich bald eine solche Menge Flüssigkeit in dem Hauptrohr *c* bildet, dass sich die abwärts steigenden Schenkel der Röhren *b, b*, mit ihrem offenen Ende unter der Oberfläche der Flüssigkeit befinden, wodurch jede von allen übrigen abgesperrt und das Ueberströmen des Gases aus einem Rohr in ein anderes unmöglich gemacht wird. Hat sich die Theermasse in *c* bis etwas über die Hälfte angesammelt, so fließt alles Hinzukommende durch *d* nach der Theercisterne ab, und im Hauptrohr bleibt das Niveau der Flüssigkeit sich nun gleich.

Nach dieser ersten Abscheidung der condensirbaren Substanzen kommt das Gas in den Kühlapparat, wo es abgekühlt und von Theer möglichst befreit wird. Das Hauptrohr *c* communicirt mit der Theercisterne *e* durch das Rohr *d*, welches bis auf den Boden eines kleinen Behälters reicht, der sich mit Theer füllt, und dadurch das Gas absperret. Sobald er voll ist, fließt der nachkommende Theer



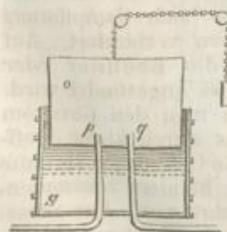
in das grosse Reservoir *e*, das Gas aber gelangt durch die Seitenröhre *f* in einen grossen eisernen Kasten, mit doppeltem Boden, in dessen oberem Boden eine grosse Anzahl heberförmig gebogener eiserner Röhren eingesetzt ist. Der Raum zwischen beiden Böden ist durch Querwände, die etwas vom unteren Boden abstehen, so getheilt, dass nur zwei, verschiedenen Röhren angehörige Schenkel communiciren. Durch *g* fliesst kaltes Wasser unten ein und durch *h* das warm gewordene oben ab. Der in den Röhren niedergeschlagene Theer sammelt sich unten in den Zellen an, sperrt diese endlich von einander ab und fliesst, wenn er eine gewisse Höhe erreicht hat, durch *f* gleichfalls der Theercisterne zu.

Das Rohr *k* bringt das Gas in den Reinigungsapparat, in welchem kohlen-saures Gas und Schwefelwasserstoffgas durch Kalkmilch weggeschafft werden, von denen das erstere wegen seiner Unverbrennlichkeit die Leuchtkraft des Gases schwächen, das letztere aber bei seiner Verbrennung das durch seinen Geruch sehr belästigende und die metallenen Brenner angreifende schwelligsaure Gas hervorbringen würde. Am gewöhnlichsten ist die in beistehender



Figur dargestellte Einrichtung. Das Gas tritt durch eine trichterförmige Erweiterung *l*, die an ihrem Ende einen umgebogenen mit vielen kleinen Löchern versehenen Rand hat, in das mit Kalkmilch gefüllte cylindrische, eiserne Behältniss *m*, in welchem ein von aussen drehbarer Rahmen die Kalktheilchen stets aufrührt und ihr Absetzen verhindert. Meist hat man zwei Reinigungsapparate, durch welche das Gas gehen muss, ein noch öfter wiederholtes Waschen würde

aber die zum Leuchten so wesentlich beitragenden oben erwähnten flüssigen Kohlenwasserstoffarten, die vom Wasser theilweise absorbirt werden, mehr oder weniger entziehen, weshalb man die Reinigung nur auf das Nothwendigste beschränkt. Mittelst des Rohres *n* führt man das gereinigte Gas nun in das Gasometer.



Die Gasometer bestehen aus einem cylindrischen oben geschlossenen Kasten aus Eisenblech, *o*, der mit seinem offenen Ende in einen etwas grösseren mit Wasser gefüllten Behälter *s* taucht. Das Rohr *p*, welches bis über den Wasserspiegel reicht, führt das Gas zu, von welchem *o* in die Höhe gehoben wird, so dass man aus der Stellung desselben die darin befindliche Gasmenge beurtheilen kann. Durch *q* wird das Gas an den Ort seiner Bestimmung geleitet. Der äussere Behälter ist entweder eine wasserdicht ausgemauerte Grube oder ein aus gut zu-

sammengefügten und verkitteten Holz- oder Eisenplatten zu ebener Erde aufgestellter Cylinder, den man meist unter Dach bringt, um ihn vor den Unbilden der schlechten Witterung zu schützen. Im Winter sucht man durch heisse Wasserdämpfe das Einfrieren des Wassers zu verhüten. Die Grösse der Gasometer richtet sich nach dem Gasverbrauch, und steigt bei den grössten bis auf 100 Fuss Durchmesser und 50 Fuss Tiefe; bei solchen Dimensionen müssen die Wandungen des eingetauchten Behälters *o* durch Strebestangen vor Verwerfungen gesichert werden. Der Zweck des Gasometers ist indess nicht allein, eine grosse Quantität Gas aufzunehmen und aufzubewahren, sondern auch das Gas mit einer stets gleich bleibenden Pressung durch die Röhre *q* zu treiben. Wollte man das Austreiben des Gases dem Gewichte des fast ganz gehobenen Behälters *o* allein überlassen, so würde der Druck anfänglich bedeutend sein, in dem Maasse aber nachlassen, als der Behälter in das Wasser herabsinkt, weil ja jeder Körper im Wasser so viel an Gewicht verliert, als das von ihm verdrängte Wasser beträgt. Es würde das Gas also aus den Brennern anfänglich mit grosser, nachher aber mehr und mehr abnehmender Geschwindigkeit ausströmen. Um dies zu vermeiden, ist der Behälter *o* mit einem Gegengewicht *v* versehen, welches an einer über Rollen fortgeleiteten Kette hängt, deren Gewicht so eingerichtet ist, dass, wenn *o* sinkt, so viel von der Kette nachgezogen wird, dass das Gewicht dieses Theiles dem halben Gewicht gleich kommt, um welches das Gasometer leichter geworden ist. Da nämlich die Kette bei *v* grade so viel steigt, als sie von *o* niedergezogen wird, so vermindert sich das Gegengewicht um dieselbe Grösse, um welche der herabgehende Theil der Kette sich vermehrt, und deshalb darf dieser Zuwachs nur dem halben Gewichtsverlust des Behälters *o* gleich sein. In manchen Fällen bedient man sich statt der Kette mit Gegengewicht blosser Gewichte, die man nach Bedürfniss auflegt oder fortnimmt. Der Druck, mit welchem das Gas durch die Leitungsröhren getrieben wird, übertrifft den Druck der Atmosphäre nur um eine Wassersäule von etwa 2—3 Zoll.

Die Hauptröhren, in denen das Gas fortgeführt wird, sind aus Gusseisen, die mit Blei luftdicht verbunden werden; sie sind durch Compressionspumpen in Bezug auf ihre Dichtigkeit geprüft, und werden so tief in die Erde gelegt, dass die Temperaturveränderungen wenig Einfluss auf sie üben. Da das Gas in den Gasometern Feuchtigkeit aufnimmt, so könnte dieselbe im Winter in den engen Röhren gefrieren, und diese verstopfen. Man lässt deshalb oft das Gas durch einen Behälter mit Spiritus gehen, welcher sich dampfförmig dem Gase beimischt und das Gefrieren desselben verhindert. Auf der Mündung der engen Röhren befinden sich die Brenner oder Schnäbel, aus denen das Gas ausströmt, wenn es angezündet wird. Durch einen Hahn in den Zuleitungsröhren kann man den Gasstrom reguliren. Es ist am zweckmässigsten, das Gas durch kleine Oeffnungen im Brenner austreten zu lassen, und diese Oeffnungen so nahe zu stellen, dass die einzelnen Flammen mit ihren Rändern zusammenfliessen, wodurch die Helligkeit ansehnlich vermehrt wird. Für Strassenlaternen bestehen die Brenner aus einer mit drei Löchern durchbohrten metallenen Kugel; um die Flamme einer Argand'schen

Lampe nachzuahmen, lässt man das Gas in den von zwei concentrischen Röhren gebildeten Zwischenraum treten, der unten verschlossen, oben aber mit einer Platte bedeckt ist, welche ringförmig gestellte Löcher hat. In diesem Fall bildet die Flamme einen hohlen Cylinder, der innen und aussen mit der Luft in Berührung steht. Ueber die Lichtstärke der Gasflammen bei verschiedener Höhe derselben und verschiedener Weite der Oeffnungen im Brenner haben Christison und Turner Versuche angestellt, woraus sich Folgendes ergeben hat: beträgt die

Höhe der Flamme in engl. Zollen	so ist bei gleichem Gasverbrauch die Lichtmenge bei Kohlengas	die Lichtmenge bei Oelgas
1		100
2	100	122
3	109	159
4	131	181
5	150	173
6	150	

Die grösste Helligkeit tritt also für Steinkohlengas bei 5 Zoll für Oelgas schon bei 4 Zoll ein. Auch die Breite und Entfernung der Ausströmungsöffnungen müssen bestimmte Dimensionen haben, wenn die Helligkeit ihr Maximum erreichen soll; für Kohlengas soll in diesem Fall der Durchmesser der Oeffnungen  $\frac{1}{2}$  Zoll und deren Abstand  $\frac{1}{4}$  Zoll, für Oelgas jener  $\frac{1}{6}$  Zoll und die Entfernung der Oeffnungen  $\frac{1}{8}$  Zoll betragen. Einfache Flammen erhalten etwas grössere Oeffnungen. Um das Flackern der Gaslampe zu verhüten, setzt man einen Glaszylinder darauf, der aber weder hoch noch breit sein darf, weil dadurch ein zu starker Luftzug hervorgebracht wird, (vergl. Flamme). Hieraus erklären sich die vielerlei Vorschläge, welche gemacht worden sind um Ruhe mit ungeschwächter Helligkeit zu verbinden. (Dingl. polyt. Journ. XVIII. 119. 465; XXXII. 417; Polytechn. Centralbl. 1843 I. 81. 354.)

Um die Menge des verbrauchten Gases bestimmen zu können, leitet man das Gas durch den Gasmesser (s. d.), bevor es in die einzelnen Röhren geführt wird.

Je länger die Destillation währt, desto mehr vermindert sich die Gasmenge. Peckston fand die aus einem Chaldron (fast 24 preuss. Scheffel) Kohlen von Newcastle in 18 Retorten entwickelte Gasmenge in der

1sten Stunde zu	2000 engl. Kubikfuss		
2ten	— — 1495	—	—
3ten	— — 1387	—	—
4ten	— — 1279	—	—
5ten	— — 1189	—	—
6ten	— — 991	—	—
7ten	— — 884	—	—
8ten	— — 775	—	—
in 8 Stunden		10000	— —

Ebenso nimmt der Gehalt an ölbildendem Gas ab, wie aus nachstehender, von Henry gegebener Uebersicht sich zeigt.

## 100 Volumen Gas aus Cannelkohle in der

	Spec. Gew.	durch Chlor absorb. Gas.	Grubeng.	Kohlen- oxydg.	Wasser- stoffg.	Stickg.
1sten Std.	0,65	13	82,5	3,2	0	1,3
2ten „	0,62	12	72	1,9	8,8	5,3
3ten „	0,63	12	58	12,3	16	1,7
5ten „	0,50	7	56	11	21,3	4,7
10ten „	0,34	0	20	10	60	10

Unter dem von Chlor absorbirten Gas sind auch die Dämpfe der flüssigen Kohlenwasserstoffarten enthalten.

b. Gas aus Oel wurde viel später als aus Steinkohlen im Grossen dargestellt, und wird auch gegenwärtig noch selten im Vergleich zu Steinkohlengas fabricirt. Das Oelgas brennt zwar heller als das Kohlengas, ist aber weit kostspieliger als dieses, was selbst nicht einmal durch die grössere Helligkeit beim Brennen aufgewogen wird. Nur der Umstand, dass man jedes schlechte, übelriechende und zu nichts Anderem mehr nutzbare Oel oder Fett noch zur Gasfabrikation benutzen kann, macht in gewissen Fällen die Verwendung zu Gas vortheilhaft, zumal auch der dazu dienliche Apparat weit einfacher als bei dem Kohlengase ist. Man hat auch hier eiserne Retorten, ungefähr von denselben Dimensionen, wie bei den Steinkohlen, füllt sie aber mit Coaks- oder Ziegelsteinstückchen und lässt das Oel oder geschmolzene Talg aus einem über dem Ofen befindlichen Kasten durch ein Rohr in einem feinen Strahle in die Retorten fliessen, sobald diese mit ihrem Inhalt in die rechte Gluth versetzt worden sind. Das Oel breitet sich auf den Coaks oder Steinen aus, erleidet die der Temperatur entsprechende Zersetzung und die dabei gebildeten Gase werden durch ein am anderen Ende der Retorte befindliches aufsteigendes Rohr in den luftdichten grossen Oelbehälter geleitet, aus dem die zuvor erwähnten Kasten über den Retorten mit Oel gespeist werden. In diesem grossen Behälter setzt das durchgehende Gas alle nicht völlig zersetzten und fortgerissenen Fetttheile ab, während das Gas unmittelbar in das Gasometer geleitet wird. Da sich allmählig die Poren der Coaks mit einer aus dem Oel abgeschiedenen Kohle füllen, so müssen die Retorten von Zeit zu Zeit mit frischen Coaks gefüllt werden. In höherer Hitze wird mehr Gas als in niedrigerer erhalten, weil die Zersetzung vollständiger ist; allein die Menge des Leuchtgases ist dann auch geringer, weil dasselbe in hoher Gluth zerlegt wird, wie auch aus nachstehender Tabelle hervorgeht, wo 1, 2 und 3 die Zusammensetzung eines aus Oel erzeugten Gases darstellen, von denen 1 und 2 in lebhafter Rothgluth und 3 bei möglichst niedriger Temperatur erhalten ist. No. 4 ist das Gas aus Thran von Taylor in London:

	Spec. Gew.	Durch Chlor absorb. Gas.	Grubeng.	Kohlen- oxydg.	Wasser- stoffg.	Stickg.
1.	0,464	6	28,2	14,1	45,1	6,6
2.	0,590	19	32,4	12,2	32,4	4
3.	0,758	22,5	50,3	15,5	7,7	4
4.	0,906	38	46,5	9,5	3,0	3

Bei der Verschiedenheit in der Zusammensetzung der in verschiedenen Gaswerken producirten Gasgemische ist die Ermittlung eines genaueren und für alle Fälle passenden Verhältnisses über die Helligkeit beim Verbrennen gleicher Volumina Oel- und Kohlengas nicht gut denkbar, dagegen aber wohl ein ungefährer Vergleich möglich, wie Christison und Turner als Mittel aus vielen Versuchen anstellten. Sie fanden, dass, wenn das specifische Gewicht von

Kohlengas.	Oelgas.	ist, die Helligkeit das Verhältniss	Kohleng. Oelg.
0,659	0,818	100 : 140	hat
0,578	0,910	100 : 225	
0,605	1,110	100 : 250	
0,407	0,940	100 : 354	
0,429	0,965	100 : 356	

In Vergleich mit Oel brennt Gas immer heller als das Oel, woraus es erzeugt ist, selbst wenn dieses in gut construirten Lampen verbrannt wird, und zwar verhält sich nach Clément die Helligkeit zwischen Oel und dem aus einer gleichen Menge derselben Oelart bereiteten Gas wie 100 : 133.

e. Gas aus Harz. Der Apparat dazu hat grosse Aehnlichkeit mit dem für die Bereitung des Oelgases dienlichen. Die Retorten werden mit Coakstückchen gefüllt, auf welche man Theer, Pech oder Colophonium, das man mit unreinem Terpenthinöl (Kienöl), oder mit dem bei der Gasbereitung selbst gewonnenen brenzlichen Oele zu einer zähflüssigen Masse auflöst, tropfen lässt, sobald die Retorten glühen. Man leitet das aus dem Retortenofen strömende Feuer unter die Gefässe, welche den harzigen Körper enthalten, wodurch dieser völlig geschmolzen und dünnflüssiger wird. Das auf den glühenden Coakstückchen gebildete Gas wird am anderen Ende der Retorte zunächst in einen von kaltem Wasser umgebenen Behälter geleitet, in welchem der grösste Theil des dem Gase beigemengten flüchtigen Oels sich niederschlägt, dann in einen zweiten Condensator geführt, von wo es in das Gasometer gelangt, da ammoniakalische Substanzen und Schwefelwasserstoff hier eben so wenig bei der Destillation des Oels sich bilden. Das Harzgas ist ebenfalls theurer als Kohlengas, und wo Steinkohlen vorhanden sind, nicht mit Vortheil anwendbar. Hinsichtlich seines Leuchtvermögens steht es im Allgemeinen zwischen dem Oel- und Kohlengase.

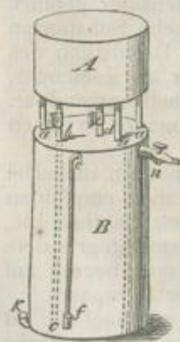
Ausser den hier aufgeführten Substanzen sind noch mancherlei andere thierische und pflanzliche Stoffe zur Gasfabrication empfohlen und auch benutzt worden. Sie haben aber eine ganz beschränkte, nur auf bestimmte Umstände in einzelnen Etablissements gegründete Anwendung, und auch die Darstellungsweise des Gases beruht auf denselben Principien, wie die des Kohlen-, Oel- oder Harzgases.

Um die kostspieligen Röhrenleitungen entbehrlich zu machen, hat man tragbares Gaslicht versucht, indem man das Gas in starke erprobte kupferne Behälter mittelst einer Compressionspumpe zu einer 20 bis 30 fachen Dichtigkeit zusammenpresst, und beim Gebrauch aus einer bis dahin durch einen Hahn verschlossenen Oeffnung strömend lässt. Da indess hierbei das Gas anfangs mit sehr grosser, nachher aber immer mehr abnehmender Geschwindigkeit aus dem

Behälter dringt, auch die Gefahr einer Explosion sich noch nicht hat beseitigen lassen, so hat das tragbare Gas noch keinen allgemeinen Eingang gefunden. Dagegen hat man in neuerer Zeit mit Erfolg eine Beleuchtung mit Gas, ohne es selbst zu fabriciren, auf die Weise, dass man das Gas uncompressirt in grossen luftdichten Säcken aus den Gaswerken kommen lässt, dasselbe in ein im Hause befindliches Gasometer entleert, von wo aus es durch Röhren an die Brenner geleitet wird.

Das Gaslicht gewährt vor anderen Leuchtmitteln mehrere Vortheile: es brennt heller als die von Oel, Talg oder Wachs unterhaltenen Flammen; es ist reinlicher, da es nicht Kohle absetzt, bei gehöriger Verbrennung keinen üblen Geruch verbreitet und nicht geputzt zu werden braucht; endlich ist es weniger feuergefährlich als bewegliche Flammen, da es seinen Ort nicht verlassen kann. Wenn es reich an Gruben- und Wasserstoffgas ist, also ein geringes unter 0,5 liegendes specifisches Gewicht hat, so kann es an Orten, wo Gasbeleuchtungen sind, mit Vortheil zum Füllen von Luftballons benutzt werden, wie auch geschehen ist. Es wird dazu noch brauchbarer, wenn man es durch ein glühendes mit Dräthen und Nägeln erfülltes Rohr streichen lässt. Aus dem Berliner Gas, dessen specifisches Gewicht 0,43 ist, erhielt Marchand in einem Versuche ein Gas von 0,212 und bei stärkerem Glühen von 0,172 spec. Gew. B.

**Gasometer** bezeichnet eigentlich einen zum Messen von Gasen bestimmten Apparat, der aber hauptsächlich nur zum Aufsammeln und Aufbewahren einer grösseren Quantität dient. Wie die ganz grossen Gasometer der Gaswerke eingerichtet sind, ist in dem Art. Gasbeleuchtung beschrieben; in chemischen Laboratorien bedient man sich gewöhnlich des 1802 von Pepys erfundenen Apparats, der aus Eisen oder besser Kupferblech verfertigt und aussen lackirt ist. Er besteht aus einem kürzeren cylindrischen Gefäss *A*,

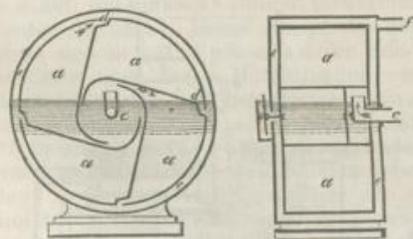


welches oben offen und mittelst dreier Ständer *a, a, a* auf dem unteren weit grösseren Cylinder *B* ruht. Zwei mit Hähnen versehene Röhren *b* und *d*, von denen die erstere *b* bis fast auf den Boden in *B* herabreicht, setzen *A* mit *B* in Verbindung; *k* stellt ein weites kurzes Rohr vor, auf welches ein Deckel luftdicht aufgeschraubt werden kann, *n* endigt in eine feine Spitze und *ef* ist eine gläserne fest eingekittete Röhre. Soll dies Gasometer gebraucht werden, so schliesst man *k*, öffnet aber *b* und *d*, und giesst in *A* Wasser. Dies fliesst in *B* und die verdrängte Luft sucht durch die Röhren *b* und *d*, und wenn auch *n* geöffnet ist, durch dieses Rohr einen Ausweg. Gegen das Ende muss man aber *n* verschliessen, weil sonst Wasser ausfliessen würde. Ist das Gasometer voll Wasser, so verschliesst man auch *b* und *d*, öffnet dagegen *k*, und lässt das aufzufangende Gas hier eintreten, und in ein untergesetztes Gefäss das vom aufsteigenden Gase verdrängte Wasser abfliessen. Die Glasröhre *cf* macht es möglich, das Volumen zu erkennen, welches das Gas innerhalb einnimmt,

da sie mit dem Innern des Gasometers communicirt, und folglich das Wasser in ihr und in *B* gleich hoch steht. Hat man genug Gas, oder ist der Apparat ganz gefüllt damit, so verschraubt man *k*, giesst in *A* Wasser und setzt auf die obere Mündung der Röhre *d* eine mit Wasser gefüllte Glocke oder ein anderes Gefäss, worin man das Gas haben will. Hierauf öffnet man die Hähne von *b* u. *d*, und es steigt dann das Gas in die Glocke, da es von dem aus *A* durch die Röhre *b c* kommenden Wasser in die Höhe gedrängt wird. Man muss daher von Zeit zu Zeit in *A* Wasser nachgiessen. Soll das Gas nicht in einer Glocke oder dergleichen aufgefangen, sondern durch ein Rohr fortgeleitet oder nach Art eines Gebläses in eine Flamme geführt werden, so lässt man es aus *n* ausströmen, indem man den Hahn bei *d* verschliesst, dagegen *b* und *n* öffnet. Hat die Glasröhre *ef* eine Einteilung, so kann man zugleich auch die Gasmengen messen, und so den Gebrauch des Gasometers mit seinem Namen in Uebereinstimmung bringen.

Ein recht zweckmässiger Apparat, welcher gestattet, dass man während seiner Füllung das darin befindliche Gas schon benutzen kann, ist der von Deville beschriebene und von Rammelsberg noch mehr vereinfachte Gasbehälter. Pogg. Ann. LVIII. 169. B.

**Gasmesser.** Die beiden zur Bestimmung des Gaslichtverbrauchs dienenden Messapparate, welche sich bis jetzt bewährt haben, sind eine Erfindung von Clegg, Director einer Gasanstalt in London.



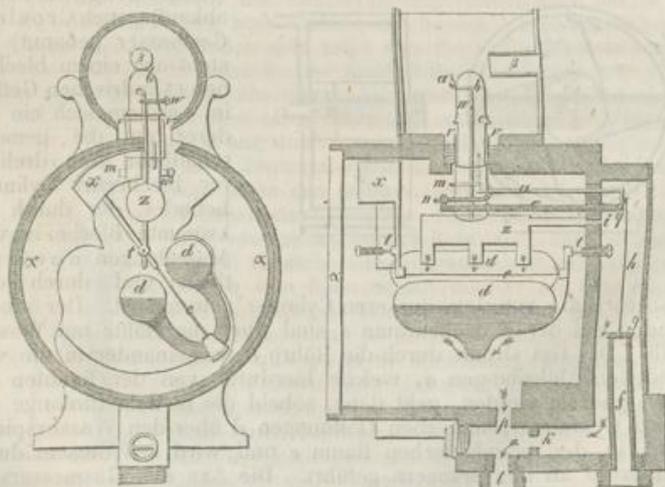
1. Der Wasser-Gasmesser (nach Crosley, welcher Clegg das Patent abkaufte, auch Crosley's Gasmesser genannt) besteht aus einem blechernen cylindrischen Gefäss, in welchem sich ein anderer um die gemeinschaftliche Axe drehbarer blecherner Cylinder befindet, der durch gekrümmte Bleche in vier Abtheilungen *aaaa* getheilt und durch den

Zwischenraum *e* von dem äusseren Cylinder getrennt ist. Der innere Cylinder und der Zwischenraum *e* sind über die Hälfte mit Wasser gefüllt. Das Gas strömt durch die Röhre *c* nacheinander in die verschiedenen Abtheilungen *a*, welche hierdurch von der Rechten zur Linken gedreht werden, geht dann, sobald die in dem Umfange des inneren Cylinders befindlichen Oeffnungen *d* über den Wasserspiegel treten, in den peripherischen Raum *e* und wird aus diesem durch die Röhre *f* zu den Brennern geführt. Die Axe des Gasmessers ist durch ein Räderwerk mit mehreren Zeigern von verschiedener Geschwindigkeit verbunden, welche auf eben so viel Zifferblättern die Anzahl der Umdrehungen der Axe und dadurch die Menge des durch den Apparat gegangenen Gases angeben.

Bei beständigem Wasserstande und überhaupt unverändertem Zustande des Apparates würde derselbe, unter der Voraussetzung, dass das Volumen des Gases der Leuchtkraft desselben proportional sei, ein genaues Mass des Nutzeffekts der Gasflammen abgeben. Da aber die Anzeigen des Apparates diesem Nutzeffekt bei Veränderungen in der Güte des Gases, der Temperatur, dem Barometerstande und der Menge des beständig verdunstenden Wassers im Gefäss nicht mehr genau entsprechen, auch das Eisenblech durch die beständige Berührung mit dem Wasser leicht rostet und schadhast wird; so suchte Clegg einen von diesen Mängeln befreiten Gasmesser zu konstruiren, welches ihm durch die Erfindung des

2) Trockenem Gas-Licht-Messers in hohem Grade gelungen zu sein scheint.

Lässt man eine constante Wärmequelle auf einen Körper wirken, während derselbe beständig auf gleiche Weise abgekühlt wird, so wird der Körper einen constanten Temperaturüberschuss über die ihn abkühlenden Körper erhalten, bei welchem er in einer gewissen Zeit eben so viel Wärme an letztere abgibt, als er in derselben Zeit durch die constante Wärmequelle erhält. Das Princip der Cleggschen Einrichtung besteht nun darin, einen kleinen bestimmten Theil des zu den Brennern gehenden Gases abgesondert für sich zu verbrennen und durch diese abgesonderte Flamme einen Körper zu erwärmen, um die constante Wärmeabgabe des Körpers an einen abkühlenden Gasstrom als bewegende Kraft zu benutzen, und durch sie eine Anzeige des Gasverbrauchs oder, wie Clegg lieber will, des Gaslichtverbrauchs zu erhalten.



Aus der Röhre, welche zur Fortleitung des für mehrere Brenner bestimmten Gases dient, tritt nach Oeffnung des in dieser Röhre befindlichen Haupthahnes das Gas in die Röhre *f*, und durch das

Ventil *g* in den mit einem gusseisernen, cylindrischen Behälter verbundenen gusseisernen Kanal *h*. In diesem Kanal theilt sich das Gas in zwei ungleiche Theile, etwa in dem Verhältniss von 1:6. Der grössere Theil desselben,  $\frac{5}{6}$  des Ganzen, wird unmittelbar durch die Oeffnungen *k* und *l* zu den Brennern geführt. Der kleinere Theil,  $\frac{1}{6}$  des Ganzen, tritt erst durch die,  $\frac{1}{7}$  des Querschnitts der Oeffnung *k* im Querschnitt haltende Oeffnung *i* in den messingenen hohlen Cylinder *z*. Aus diesem Cylinder geht dann ein ganz kleiner Theil dieses Siebentels durch die in den massiven Messingcylinder *b* gebohrte enge Röhre *c*, und wird bei ihrem Austritt aus der in einem Platinplättchen befindlichen Oeffnung *a* angezündet, um durch die kleine Flamme eine constante Wärmequelle zu liefern, welche dem massiven Cylinder *b* und durch diesen dem mit dem massiven Cylinder verbundenen hohlen Cylinder *z* eine constante Wärmemenge mittheilt. Diese dem Cylinder *z* mitgetheilte Wärme dient zur Erwärmung des übrigen grösseren Theiles jenes Siebentels, welches durch die vertikal abwärts gehenden Röhren mit einer constanten Temperaturerhöhung ausfliesst, dann einen der beiden Glasylinder *d, d* umgiebt, und nach dem Durchgang durch die Oeffnung *p* sich mit dem Hauptgasstrom, welcher durch *k* geht, vereinigt und mit diesem durch die Oeffnung *l* zu den Brennern geht. Die beiden Glasylinder *d, d* haben in einem für 6 Gaslichter bestimmten Messapparat ungefähr 1 Zoll Durchmesser und 3 Zoll Länge. Sie sind unten durch eine gebogene Glasröhre mit einander verbunden, mit Alkohol etwas mehr als zur Hälfte gefüllt und luftleer. An dem Scheitel der gebogenen Glasröhre ist durch eine Fassung eine zwischen beiden Cylindern hindurch gehende Zinnplatte *e* befestigt, welche verhindert, dass der aus *z* auf den unteren Cylinder niederfliessende Gasstrom den oberen Cylinder berührt. Diese Zinnplatte hängt an zwei Metallstücken, welche sich um die Spitzen zweier Schrauben *t, t* drehen, und an dem Ende einer dieser Metallstangen, welche über den Drehpunkt hinaus verlängert ist, befindet sich ein die drehbaren Theile balancirendes Gegengewicht *x*. Dadurch, dass das erwärmte Gas aus dem Cylinder *z* auf denjenigen Glasylinder niederströmt, welcher sich gerade unter den verticalen Röhren befindet, wird ein Theil des Alkohols in Gas verwandelt, welcher den übrigen tropfbarflüssigen Alkohol herunterdrückt und in den oberen Cylinder treibt. Durch die hiermit verbundene Verrückung des Schwerpunkts der sämtlichen drehbaren Theile drehen sich diese um die Punkte *t*, bis der obere Glasylinder unter die verticalen Röhren tritt, und der andere Cylinder, welcher nun zum oberen wird, die mit der gusseisernen cylindrischen Umfassung verbundene gusseiserne Masse berührt. An diese gusseiserne Masse giebt der vorhin erwärmte Glasylinder einen Theil seiner Wärme ab, wodurch sich der durch diese Wärmemenge in Gasgestalt verwandelte Alkohol wieder condensirt, während durch Erwärmung des unter die verticalen Röhren getretenen Cylinders in diesem ein Theil des Alkohols Gasgestalt annimmt, und den tropfbarflüssigen Alkohol in den oberen Cylinder drückt, so dass dieser wieder herunter sinkt, und die vorige Bewegung in entgegengesetztem Sinne wiederholt wird. Man sieht leicht, dass auf diese Weise ein stetes pendelartiges Hin- und Hergehen der beweglichen Theile ent-

steht, deren Hin- und Hergänge einzeln genommen zwar nicht von gleicher Dauer sind, da die beiden Glascylinder niemals vollkommen gleich verfertigt werden können, deren ganze Schwingungen aber bei gleichmässigem Gasstrom und sonstigen gleichen Umständen genau isochron sein müssen. Diese schwingende Bewegung wird nun durch Eingreifen in ein Räderwerk auf gewöhnliche Weise in eine rotirende Bewegung verwandelt, welche durch mehrere Zeiger auf eben so viel Zifferblättern die Zahl der Schwingungen anzeigt, und dadurch ein Maass für die Benutzung des Gaslichts abgiebt.

Die übrigen Theile des Apparates haben grösstentheils den Zweck, eine Benutzung des Gaslichts ohne die Thätigkeit des Messapparates und überhaupt den Betrug zu verhindern. Die sämtlichen drehbaren Theile sind durch den gusseisernen Cylinder *aa*, so wie das Ventil durch den mit diesem Cylinder verbundenen gusseisernen Kanal jedem Zugange verschlossen. Eben so ist der obere Theil des massiven Cylinders von einem kleinen gusseisernen Cylinder umgeben, und nur durch die Oeffnung *β*, um die Flamme in *a* anzünden und ausblasen zu können, zugänglich, die kleine Oeffnung *a* aber ist von einem Drathnetz umgeben. Um die Flamme beobachten zu können, ist die vordere Fläche des kleinen gusseisernen Cylinders von Glas. Der Ausfluss des Gases aus *a* wird durch den Hahn *w* regulirt. Damit das Gas nur dann zu den Brennern gelangen könne, wenn die Flamme in *a* angezündet und dadurch die schwingenden Theile in Bewegung gesetzt werden, ist an dem Cylinder *b* in *m* eine den Cylinder umgebende hufeisenförmige, ungleich schenklige thermometrische Feder\*) aus Messing und Stahl, die Messingseite nach innen mit dem Ende des kürzeren Schenkels befestigt. Der freie längere Schenkel berührt mit seinem Ende den an der Welle *o* befestigten kurzen Hebelarm, welcher durch die Welle mit einem längeren Hebelarm *q*, der sich ausserhalb des Cylinders in einem gusseisernen Kanal befindet, in Verbindung steht. Von diesem längeren Hebelarm geht ein Drath von Neusilber zu dem Ventil *g*, welches geschlossen bleibt, so lange der Apparat kalt ist, und nur durch eine kleine Oeffnung nach Oeffnung des Haupthahns genug Gas durchlässt, um die Flamme in *a* und ausserdem eine durch die Röhre *u* genährte ringförmige Flamme *v*, um den Cylinder anzünden zu können.

Diese ringförmige Flamme dient dazu, mit Hülfe der Flamme *a* im Anfange dem Cylinder *b* schnell die erforderliche Temperatur zu geben. So wie sich der Cylinder *b* durch diese beiden Flammen erwärmt und einen Theil seiner Wärme der thermometrischen Feder mittheilt, entfernen sich die Schenkel der Feder von einander. Der freie längere Schenkel dreht vermittelst des mit ihm in Berührung befindlichen kurzen Hebelarms die Welle *o*. Hierdurch hebt sich der längere Hebelarm *q* und verschliesst einerseits durch einen Korkstöpsel die Röhre *u*, und löscht dadurch die ringförmige Flamme aus, öffnet aber andererseits vermittelst des Drathes *h* das Ventil *g*, um

\*) Einige Theile des Apparats, wie die thermometrische Feder, der Hebelarm *q* und andere sind der Deutlichkeit wegen, wie man leicht sieht, in perspectivischer Ansicht gezeichnet. Auch ist aus demselben Grunde von der Zeichnung im Mining Journal etwas abgewichen.

dem Gase den Durchgang zu den Brennern und einen stärkeren Zufluss zur Oeffnung *a* zu gestatten.

Man sieht, dass dieser Gasmesser bei gleichmässigem Gasstrom, wenn stets dieselbe Zahl von Gaslichtern gespeist wird, sehr regelmässige Anzeigen geben muss, und in diesem Falle unbedingt dem leicht schadhafte werdenden und durch Verdunsten des Wassers veränderlichen Wasser-Gasmesser vorzuziehen ist. Ob er aber auch, wie Vignoles in dessen Beschreibung im Mining Journal No. 394, Jahrgang 1843 behauptet, bei verschiedenen Gassorten und bei Abänderung der Zahl der Flammen genau den Nutzeffekt des durchgegangenen Gases anzeigt, muss die Erfahrung lehren. Wenigstens scheinen uns die Demonstrationen Vignoles' nicht ganz genügend.

Unter der Annahme, dass sich die Intensität des aus einem Gase erhaltenen Lichtes wie die Menge der durch vollkommene Verbrennung entwickelten Kohlensäure, und die Wärmemenge wie die zur Verbrennung erforderliche Sauerstoffmenge verhalte, schliesst Vignoles aus folgender Tabelle:

	erforderliche Sauerstoffmenge zur Verbrennung von 100 Raumtheilen Gas	Erzeugte Kohlensäure.
Wasserstoffgas . . . . .	50	—
Gas von feuchten Holzkohlen . . . . .	60	35
- - Eichenholz . . . . .	54	33
- - trockenem Torf . . . . .	68	43
- - Cannelkohle . . . . .	170	100
- - Lampenöl . . . . .	190	124
- - Wachs . . . . .	220	137
Oelbildendes Gas . . . . .	284	179

dass die Heizkraft der Gase im genauen Verhältniss der Leuchtkraft derselben stehe, und dass also, da die Glascylinder im Verhältniss der Heizkraft bewegt würden, die Anzeigen des Gasmessers sich genau wie die Leuchtkraft der Gase verhalten. Wir müssen aber bemerken, dass 100 Raumtheile ölbildendes Gas zur vollkommenen Verbrennung, statt der angegebenen Zahlen 300 Raumtheile Sauerstoff zur vollkommenen Verbrennung bedürfen und 200 Raumtheile Kohlensäure entwickeln. Vergleichen wir, die obigen Voraussetzungen über die Leuchtkraft der Gase als richtig angenommen, die Leuchtkraft dieses Gases mit demjenigen von Grubengas, welches sein doppeltes Volumen Sauerstoffgas zur vollkommenen Verbrennung erfordert und dabei sein einfaches Volumen Kohlensäure entwickelt; so verhalten sich die durch gleiche Volumina beider Gase entwickelten Wärmemengen wie 3:2, während sich die Leuchtkraft wie 2:1 verhalten würde, und beide Verhältnisse würden bei keinem Gemisch beider Gase einander gleich sein.

Um zu beweisen, dass die Anzeigen des Apparates unter übrigens gleichen Umständen der Zahl der Gaslichter proportional seien, führt Vignoles an, dass nach den Beobachtungen Clegg's eine aus der Seitenfläche eines dünnen massiven, vertikalen Messingcylinders austretende Gasflamme diesem Cylinder einen constanten Wärmeüberschuss über die Umgebung ertheile, welches auch die Geschwindigkeit des ausströmenden Gases sei. Als Ursache dieser constanten

Temperaturerhöhung wird angegeben, dass sich bei stärkerem Druck, also bei grösserer Flamme, die Flamme weiter von dem Cylinder entferne, bei schwächerem Druck aber mehr an den Cylinder anlege. Hätte aber Clegg dadurch, dass er die Flamme aus einer horizontalen Röhre in einem vertikalen, oben kugelförmig abgerundeten Cylinder von bestimmten Dimensionen nahe an der abgerundeten Stelle ausströmen lässt, wirklich eine solche Lage der Flamme gegen die Austrittsfläche getroffen, dass die Flamme bei jedem Druck dem Cylinder, oder auch selbst dem durch den hohlen Cylinder  $\alpha$  strömenden Gase etwa bei doppelt so schnellem Durchgange dieselbe Temperaturerhöhung erteilte, so würde dieses Gas, da es auch doppelt so schnell an den Glascylindern vorbeiströmt, diesem doch nicht in der nämlichen Zeit die doppelte oder in der halben Zeit die nämliche Wärmemenge mittheilen, und also noch weniger die Zeiger des Apparates doppelt so schnell bewegen können. Vielmehr muss, da bei einer grösseren Zahl von Flammen der Druck im Apparat geringer wird, die Flamme in  $a$  bei schwächerem Druck dem Cylinder eine grössere Wärmemenge mittheilen, wenn die Bewegung der Zeiger der Zahl der Flammen proportional sein soll, und es ist immerhin möglich, dass Clegg bei seinen vielfachen Versuchen durch die Form des Cylinders und die Dimensionen des ganzen Apparates dieser Bedingung innerhalb gewisser Grenzen für die Praxis genügend entsprochen hat. Aus dieser kurzen Andeutung ergibt sich leicht, was noch hinsichtlich der Veränderung der Temperatur und des Barometerstandes zu bemerken wäre. Wir wollen indess durch unsere Erörterung, welche wir im Interesse des physikalischen Wissens machen zu müssen glaubten, nicht die praktische Zweckmässigkeit des Apparates zur Bestimmung des wahren Nutzeffekts der Gasflammen in Zweifel ziehen, welche vielmehr durch den Namen des Erfinders eine gute Bürgschaft erhält.

Rr.

**Gaylüssit**, ein von Cordier zu Ehren des französischen Chemikers Gay-Lussac benanntes Mineral, welches bei dem Dorfe Lageuilla unfern Merida in Südamerika in einem über kohlen-saurem Natron (Urao) gelagerten Thon gefunden wurde. Die Krystalle sind selten regelmässig ausgebildet, ihre Grundform ist eine schiefe rhombische Säule von  $111^{\circ} 10'$ , die Oberfläche meist rau und matt. Die Härte zwischen Steinsalz und Kalkspath, spec. Gew. 1.92—1.95; Farbe grau, weisslich oder wasserhell. Die durchsichtigen Krystalle zeigen starke doppelte Strahlenbrechung. In Wasser ist Gaylüssit wenig löslich, vor dem Lüthrohr decrepitirt er und schmilzt zu einer trüben Perle. Die krystallographische Untersuchung hat Cordier und später Phillips, die chemische Boussingault angestellt. Gaylüssit besteht aus kohlen-saurem Natron, kohlen-saurer Kalkerde und Wasser nach der Formel  $\text{Na } \ddot{\text{C}} + \text{Ca } \ddot{\text{C}} + 6 \text{H}$ . (Pogg. Ann. VII. 97. XVII. 556.) B.

**Gebälse** nennt man diejenigen Vorrichtungen, durch welche Gase in einen eingeschlossenen Raum gesammelt und mit mechanischer Kraft, gewöhnlich durch Druck, ausgeblasen werden. Sie unterscheiden sich hierdurch von den Essen oder Schornsteinen, in welchen durch Luftverdünnung ein natürlicher Luftzug hervorgebracht wird. Wirkt auf das Gass der Druck einer Flüssigkeitssäule, so wird das



Gebläse hydraulisches Gebläse genannt. Zum Unterschiede von diesen werden wir diejenigen Gebläse, in welchen das Gas nicht mit einer Flüssigkeit in Berührung kommt, trockene Gebläse nennen.

Trockene Gebläse.

1) Das einfachste, schon in den vorgeschichtlichen Zeiten bekannte Gebläse besteht in einer Blase oder einem häutigen oder ledernen Sack, Balg, welcher mit Luft angefüllt und dann zusammengedrückt wird. Dieses Gebläse, welches sich noch in dem bekannten Dudelsack erhalten hat, ist von Danger in Paris zweckmässig zum Glasblasen angewendet worden. Nach der Vorschrift Danger's befestigt man eine Blase oder einen ledernen Sack mittelst einer Fassung an den Glasblasetisch, und führt durch die Fassung in den an derselben herunterhängenden Balg zwei vertikale, oben umgebogene Röhren, von welchen die eine zum Einblasen der Luft dienende Röhre nach dem Munde des Arbeiters, die andere zum Ausströmen der Luft bestimmte Röhre zur Flamme geht. Beide Röhren sind so mit Ventilen versehen, dass diese sich in der beabsichtigten Richtung des Luftstroms öffnen, in entgegengesetzter Richtung schliessen. Ueber den Schlauch ist ein Netz von Bindfaden ausgebreitet, um durch ein angehängtes Gewicht den aufgeblasenen Schlauch zusammenzuziehen und dadurch einen gleichförmigen Luftstrom hervorzubringen, während von Zeit zu Zeit die ausgetriebene Luft durch Einblasen mit dem Munde ersetzt wird. Der eigentliche Vorzug dieser Einrichtung aber besteht darin, dass durch einen Druck auf einen mit dem Netz verbundenen Tritt, oder durch Zusammendrücken des Balges mit den Knien die Ausströmungsgeschwindigkeit der Luft nach Bedürfniss verstärkt werden kann.

Aus diesem ältesten Gebläse entstand

2) der gewöhnliche lederne Blasebalg dadurch, dass man zwei ebene hölzerne Wände durch Leder in Gestalt einer Pyramide, eines Keils, Cylinders oder Prismas luftdicht so mit einander verband, dass bei eigneter Anbringung von Ventilen durch Annäherung der Wände an einander die Luft ausgepresst, durch Entfernung der Wände von einander aber ein luftverdünnter Raum erzeugt wird, in welchen die äussere Luft einströmt. Um einen beständigen Luftstrom zu erhalten, verband man einen solchen einfachen Blasebalg noch mit einem zweiten ähnlichen Behälter, welcher die aus dem eigentlichen Blasebalg ausgepresste Luft aufnimmt und in einem gleichförmigen Strome wieder austreten lässt.

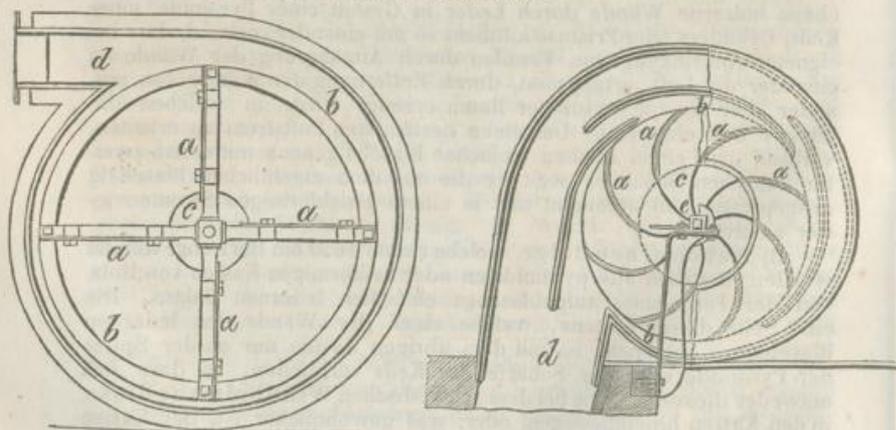
3) Die hölzernen Bälge, welche zuerst 1620 am Harz angewendet wurden, bestehen aus pyramidalen oder keilförmigen Kasten von Holz, von der Form eines aufgeblasenen einfachen ledernen Balges. Die eine Seite dieses Kastens, welche einer der Wände des ledernen Blasebalges entspricht, ist mit dem übrigen Kasten nur an der Spitze der Pyramide oder der Schärfe des Keils verbunden, so dass sich entweder diese Seite, wie bei dem schwedischen Windholmsgebläse, in den Kasten hineinbewegen, oder, was gewöhnlicher ist, der Kasten gegen diese Seite bewegen kann. In dem letzteren Falle ist diese Seite selbst wieder ein niedriger Kasten, um die verdichtete Luft aufzunehmen und ausströmen zu lassen, und wird Unterkasten genannt, während der übrige grössere Theil des Kastens der Oberkasten heisst.

Da die hölzernen Bälge wie die einfachen ledernen Bälge nur einen absetzenden Luftstrom geben, so wendet man, um einen beständigen Luftstrom zu erhalten, wenigstens zwei Bälge an, welche sich in entgegengesetzter Bewegung befinden.

4) Die Kastengebläse sind prismatische, in der Regel hölzerne Kasten, in welchen sich eine hölzerne Wand, der Kolben, auf und nieder bewegt, und entweder beim Aufgange oder beim Niedergange, oder bei beiden die Luft auspresst. In den beiden ersten Fällen hat der Kolben zwei symmetrische Ventile zum Einlassen, und der Kasten, welcher bloss an einer Grundfläche des Prisma's verschlossen ist, ein Ventil zum Auslassen der Luft. Es befinden sich dann, um einen beständigen Luftstrom zu erhalten, mehrere Kasten neben einander, deren Kolben durch eine gemeinschaftliche Welle bewegt werden. In dem letzten Falle ist der Kasten auf beiden Grundflächen geschlossen und hat in jeder dieser Flächen ein oder mehrere Ventile zum Einlassen und ein Ventil zum Auslassen der Luft, welche von beiden Auslassventilen in einen gemeinschaftlichen Kanal geführt wird.

5) Das Cylindergebläse. Da das Kastengebläse bei starker Pressung der Luft zwischen der Kolbenlinderung und den Wänden des Gefässes, durch die Fugen und sogar durch die Fasern des Holzes einen zu starken Windverlust erleiden würde, so sind, wo man grosse Windquantitäten oder stark gepressten Wind bedarf, eiserne Gebläse vortheilhafter, welche der genaueren Anfertigung wegen eine cylindrische Gestalt erhalten und Cylindergebläse genannt werden. Sie sind mit wenigen Ausnahmen doppelt blasend, wogegen die Kastengebläse meist nur einfach wirken, im Uebrigen aber von den Kastengebläsen nicht wesentlich verschieden.

6) Der Ventilator ist von den bisher betrachteten trockenen Gebläsen im Princip durchaus verschieden.



In einem cylindrischen Gehäuse von spiralförmig gekrümmter Seitenfläche und ebenen, vertikalen Grundflächen sind auf eisernen an ihren Enden, der grösseren Festigkeit wegen durch einen

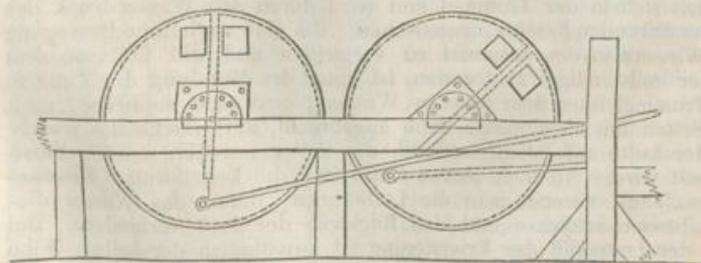
Kranz *bb* mit einander verbundenen eisernen Armen 4 bis 8 ebene oder gekrümmte Flügel aus Eisenblech *a,a* befestigt, welche durch eine horizontale Axe etwa 800 bis 1200 mal in der Minute umgedreht werden. Um die Axe befindet sich in jeder Seitenfläche eine Oeffnung *c*, durch welche die Luft zwischen die Flügel tritt, dann während der Umdrehung vermöge der Centrifugalkraft nach der Peripherie des Flügelrades getrieben wird und dasselbe in tangentialer Richtung verlässt, um in den zwischen dem Flügelrade und der spiralförmigen Seitenfläche des Gehäuses oder ähnlich gekrümmten Scheidewänden unter einer der Zahl der Umdrehungen entsprechenden Geschwindigkeit zum Ausmündungskanal geführt zu werden. Die Entfernung der beiden Seitenwände des Gehäuses ist ungefähr dem Durchmesser der Oeffnung *c* gleich. Dieses Gebläse, welches sich durch die geringen Kosten der Anlage empfiehlt, ist in der neueren Zeit, namentlich in England, mit gutem Erfolge statt des Cylindergebläses zu den verschiedenen Schmelzprocessen, mit Ausnahme des Hohofenbetriebs, angewendet worden.

#### Hydraulische Gebläse.

7) Die unter dem Namen Gasometer bekannten beiden Gebläsearten sind in den Artikeln Gasbeleuchtung und Gasometer näher beschrieben. Es ist hier nur noch zu bemerken, dass der in den Gasanstalten als Reservoir und Regulator dienende Gasometer, wenn er als eigentliches Gebläse wirken soll, zur Verminderung des schädlichen Raumes, mit einem aufstehenden, die Druckhöhe des Wassers etwas übertreffenden Rande um die obere Grundfläche des sich in dem Wasserbehälter bewegenden Cylinders, und in der Mitte dieser Grundfläche mit einer Büchse versehen wird, welche das obere Ende der Ausströmungsröhre beim tiefsten Stande des Cylinders aufnimmt. In dieser Büchse befindet sich auch ein Ventil zum Einlassen der äusseren Luft, so dass die Zuführungsröhre wegfällt.

Dieses Gebläse wird nach seiner Form auch Glockengebläse, und nach Baader, welcher dasselbe verbesserte und wieder in Anwendung brachte, auch Baader'sches Gebläse genannt.

8) Das Tonnengebläse. Zwei zur Hälfte mit Wasser gefüllte, neben einander liegende Tonnen von etwa  $5\frac{1}{2}$  Fuss Weite und 4 Fuss



Länge, werden vermittelst Krummzapfen um ihre horizontalen Axen hin und her um  $120^\circ$  bewegt. In jeder Tonne befindet sich eine durch die Axenlinie gehende ebene Scheidewand, welche bei der



mittleren Lage der Tonne vertikal von dem Scheitel der letzteren heruntergeht, unten aber 14 Zoll von der krummen Oberfläche entfernt bleibt. In dem einen Boden jeder Tonne, nahe an der Peripherie, und auf beiden Seiten der Scheidewand sind zwei Ventile zum Einlassen und in dem entgegengesetzten Boden zwei kleinere Ventile zum Ausströmen der Luft. Die Ausströmungsöffnungen jeder Tonne sind durch eine Röhre

von Kupferblech mit einander verbunden, welche knieförmig herunter geht, und in der Richtung der verlängerten Axenlinie in einen ledernen Schlauch mündet. Die ledernen Schläuche beider Tonnen sind durch eine blecherne Röhre mit einander verbunden, aus welcher die Luft weiter zur Düse geführt wird. Aus der Zeichnung ergibt sich leicht das Spiel der Maschine, indem die Luft durch den Druck des Wassers abwechselnd aus einem der beiden Räume *a, a* ausgetrieben wird, während sie in den anderen Raum von aussen eindringt.

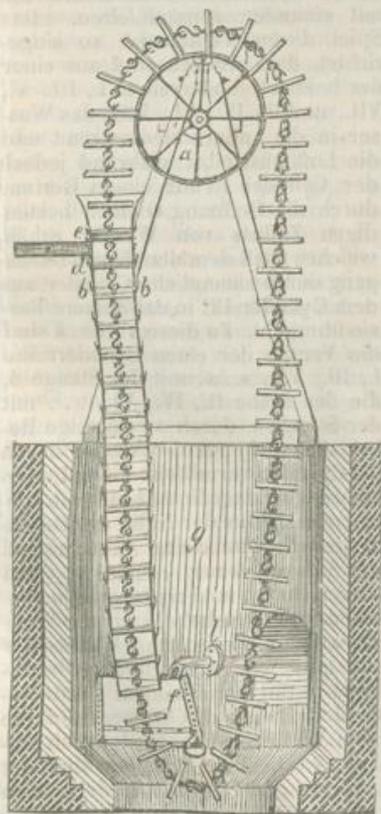
Dieses Gebläse giebt wegen des grossen schädlichen Raumes, in welchem die Luft, ohne ausgeblasen zu werden, nutzlos zusammengedrückt wird, einen geringen Effekt. Etwas vortheilhafter ist das Ringgebläse, welches aus dem Tonnengebläse entsteht, wenn in jede Tonne ein kleinerer Cylinder concentrisch eingeschoben und der ringförmige Zwischenraum oben von einer Scheidewand durchschnitten wird.

9) Die Wassertrommelgebläse haben zum Zweck, die Luft, welche herunterfallendes Wasser mit sich fortreisst oder absperrt, in einen Behälter zu führen und durch den Druck einer Wassersäule auszublasen. Bei dem einfachsten Gebläse dieser Art lässt man einen 10 bis 30 Fuss hoch herabfallenden Wasserstrahl von der kegelförmigen Erweiterung einer prismatischen oder cylindrischen vertikalen Röhre, Lutte, auffangen und das Gemisch von Wasser und Luft durch die Lutte in einen Kasten, Trommel, gehen, mit dessen Deckel die Lutte luftdicht verbunden ist. Die Trommel, welche unten offen ist, steht in einem Wasserbassin, welches das Wasser aufnimmt und oben abfließen lässt. Die mit dem Wasser gemischte Luft aber sammelt sich in der Trommel und wird durch den Wasserdruck des communicirenden Bassins ausgetrieben. Um eine zu heftige Bewegung des Wassers in der Trommel zu vermeiden und die Luft von dem Wasser vollständiger zu trennen, ist unter der Mündung der Lutte in der Trommel über dem inneren Wasserspiegel eine steinerne, nach den Seiten hin abschüssige Bank angebracht, auf welche das Wasser aus der Lutte aufschlägt, wodurch der Fall gebrochen und die Masse zertheilt wird. An dem oberen Ende, wo die kegelförmige Erweiterung anfängt, verengt man die Lutte gern, damit das Wasser dieselbe besser schliesse und den Rücktritt der Luft verhindere. Die Höhe der Lutte mit der Erweiterung ist gewöhnlich der halben Höhe des Gefälles gleich. Wo man kein hohes Gefälle hat, lässt man zuweilen das Wasser durch ein Gerinnen in einen mit der Lutte verbundenen sehr weiten Trichter strömen, um so der Luft Gelegenheit zu geben, sich in dem Trichter mit dem Wasser zu vermischen. Bei

einer anderen Abänderung dieses Gebläses ist die Erweiterung der Lutte mit einem Gerinne fest verbunden und beständig von Wasser bedeckt. Etwas unterhalb der Stelle, wo die Erweiterung anfängt, aber sind mehrere Luflöcher schräg abwärts von aussen nach innen in die Lutte gebohrt, durch welche, da im oberen Theil der Lutte die Geschwindigkeit des Wassers grösser ist, als die der Druckhöhe des Wassers entsprechende Geschwindigkeit, die Lutte eingesogen wird. Statt dieser Lufröhren führt man auch vertikale, nach unten verjüngte Lufröhren durch die Erweiterung in die Lutte und zuweilen lässt man die Luft durch Lufröhren und Luflöcher einsaugen.

Diese Art von Gebläsen kann wegen ihres geringen Nutzeffekts nur in gebirgigen Gegenden, wie in den Alpen und Pyrenäen angewendet werden, wo man ein hohes Gefälle nicht besser zu benutzen weiss.

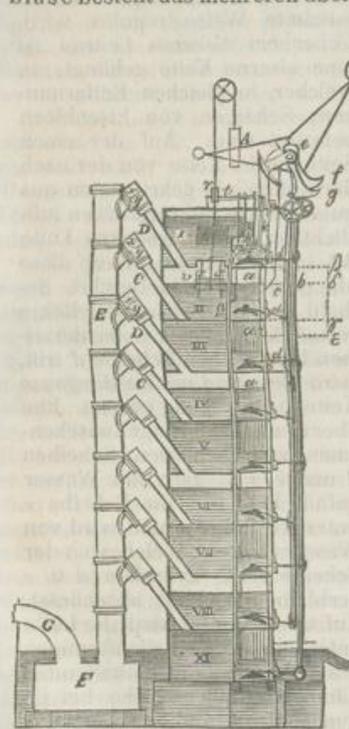
10). Das Kettengebläse, eine Erfindung des ingenüosen Oberbergraths Henschel in Kassel, ist ein Wassertrommelgebläse, in welchem der Zutritt der Luft auf bestimmte Weise regulirt wird.



Ueber ein eisernes Leitrad ist eine eiserne Kette gehängt, an welcher, in gleichen Entfernungen, Scheiben von Eisenblech befestigt sind. Auf der einen Seite ist die Kette von der nach der Kettenlinie gekrümmten aus gusseisernen Röhrenstücken luftdicht zusammengesetzten Lutte *bb* so umschlossen, dass diese die Scheiben nicht berührt. Sobald das Wasser aus der Röhre *c* auf die zunächst unter derselben befindlichen Scheibe *d* tritt, wird diese und mit ihr die ganze Kette in Bewegung gesetzt. Ehe aber der zellenförmige Zwischenraum zwischen den Scheiben *d* und *e* sich ganz mit Wasser gefüllt hat, tritt die Scheibe *e* unter die Röhre *c* und wird von Wasser bedeckt, welches mit der Scheibe *e* die zwischen *d* u. *e* verbleibende Luft abschliesst. Auf diese Weise wird die Lutte unterhalb *c* mit zellenförmigen Wasser und Luft enthaltenden Räumen erfüllt, welche bei ihrem Eintritt in die Trommel *f* die Luft in dieselbe abgeben, während das Wasser und die Scheiben aus der unten offenen Trommel in das communicirende Bassin *g* übergehen. Die Scheiben sind, damit sie bei ihrem

Durchgang durch das Wasser des Bassins einen möglichst geringen Widerstand finden, aus halbkreisförmigen Klappen zusammengesetzt, welche mit Charnieren auf geschmiedeten eisernen Stegen befestigt werden und sich im Bassin theils durch den Widerstand des Wassers, theils beim Aufgange durch ihre eigene Schwere von den Stegen zurückschlagen, auf diese aber beim Niedergange in sie wieder zurückfallen. Aus der Trommel *f* wird die Luft wie bei den einfachen Wassertrommelgebläsen durch den Druck des im Bassin enthaltenen Wassers in die Leitungsröhre *l* getrieben. Bei einem auf der Sollingerhütte unweit Uslar im Hanöverschen betrug der Raum zwischen zwei Scheiben 3,8864 Kubikfuss. Solcher Zellen gingen in einer Minute 137 durch die Lutte und lieferten in derselben Zeit einen Luftstrom von mehr als 400 Kubikfuss.

11) Das ebenfalls von Henschel erfundene Wassersäulengebläse besteht aus mehreren übereinander stehenden gusseisernen Cylindern I., II., III. — IX., welche durch



die mit Ventilen versehene Röhren *a, a* mit einander communiciren. Das Spiel dieser Ventile ist so eingerichtet, dass abwechselnd aus einer der beiden Cylinderreihen I., III., V., VII., und II., IV., VI., VIII. das Wasser in die andere niederströmt und die Luft austreibt, während jedoch der Cylinder I. aus einem Gerinne durch die Oeffnung *O* einen beständigen Zufluss von Wasser erhält, welches nach dem allmählichen Durchgang durch sämtliche Cylinder aus dem Cylinder IX. in das äussere Bassin übergeht. Zu diesem Zweck sind die Ventile der einen Cylinderreihe I., III., V. u. s. w. mit der Stange *b*, die der Reihe II., IV., VI., . . . mit der Stange *c* durch zweiarmige Hebel *d, d* verbunden, welche durch die Cylinder mittelst einer Lederdichtung wasserdicht hindurch gehen und sich in der Nähe der Durchgangsstellen um kleine Axen drehen. Die Stangen *b* und *c* sind an ihren oberen Enden mit Friktionsrollen versehen, auf welche die an der Wellfusswelle *e* befestigten Wellfüsse *f* und *g* treten und dadurch abwechselnd eine der Stangen herunterdrücken, während die andere durch den Druck des Wassers auf die Ventile gehoben wird. Das Spiel der Wellfusswelle wird durch folgenden Mechanismus bewirkt. In dem obersten Cylinder befindet sich der Steuerkasten *k*, welcher durch eine Röhre mit dem oben offenen Steuerzylinder und durch die Oeffnung *n* mit dem Cylinder

I., durch die Oeffnung *m* mit der Röhre *p* communicirt. In dem Steuerzylinder bewegt sich ein Kolben *i*, welcher mit der Wellfusswelle verbunden ist. Die Oeffnungen *m* und *n* werden, die erstere von innen, die letztere von aussen, durch Ventile geschlossen, welche durch die Steuerwelle *t* bewegt werden, so dass sich die eine Oeffnung schliesst, wenn die andere geöffnet wird. Die Drehung der Steuerwelle geschieht durch einen in der Leitung *aa* gehenden Schwimmer von Sandstein *v* mittelst eines Kettenseiles, welches einmal um die Seilscheibe *r* geschlungen ist und das den Schwimmer balancirende Gegengewicht *A* trägt. Der Boden des Cylinders I ist so gestaltet, dass er den aus dem Wasser hervorragenden Theil des Schwimmers beim höchsten Wasserstande aufnimmt. Während sich das Wasser aus den Cylindern II., IV., VI., VIII. in die Cylinder III., V., VII., IX. ergiesst und aus diesen die Luft durch die Röhren *D, C, D, C* austreibt, senkt sich der Schwimmer *v* und dreht die um die Steuerwelle *t* sich frei bewegende Seilscheibe *r* und mit dieser einen an der Seilscheibe befindlichen Faller um 180°. In diesem Moment, welchen die Figur darstellt, ist der Faller bis zum Ueberfall gehoben und dreht nun beim Niederfallen auf einen Ansatz der Steuerwelle *t* theils durch sein Gewicht, theils durch den erhaltenen Schwung, diese Welle um 90°. Hierdurch schliesst sich das Ventil *m*, der Steuerkasten communicirt nicht mehr mit der Röhre *p*, und das Ventil *n* öffnet sich, so dass das Wasser aus dem Cylinder I. in den Steuerkasten treten kann, und die Bewegung des Stempels *i* frei wird. Das Uebergewicht *B* dreht nun die Welle *e* und hebt dadurch zugleich den Stempel *i*, während das Wasser aus dem Kasten nachdringt. Der Wellfuss *f* verlässt die Stange *c*, welche sich durch den Druck des Wassers auf die Ventile II., IV. ... hebt, und der Wellfuss *g* tritt auf die Stange *b*, welche durch ihren Niedergang die Ventile I., III., V. ... öffnet. Hierdurch fliesst das Wasser aus I., III., V. ... in II., IV., VI. ... und treibt aus diesen Cylindern die Luft in die Röhren *C, C* ... während sich der Schwimmer *v* hebt und die Seilscheibe mit dem Faller rückwärts dreht. Bei dem höchsten Stande des Schwimmers fällt dann der Faller auf die entgegengesetzte Seite und dreht die Steuerwelle wieder um 90° zurück, so dass sich das Ventil *n* wieder schliesst, das Ventil *m* öffnet und der Steuerkasten wieder mit dem Rohre *p* in Communication tritt. Sobald dies geschieht, zieht die Wassersäule in *p* den Stempel *i* nach unten, und die Wellfusswelle *e* dreht sich wieder in entgegengesetzter Richtung, so dass die Stange *c* frei, die Stange *b* aber nach unten gedrückt wird, und das vorige Spiel wieder aufs Neue beginnt. Die Blaseröhren *D, C* ... sind mit Ventilen *y, x* versehen, von welchen die ersteren die atmosphärische Luft einlassen, und die letzteren die aus den Cylindern ausgepresste Luft in die Sammelröhre *E* führen. Aus dieser Röhre geht der Wind in die Trommel *F* und wird durch die Röhre *G* ausgeblasen. Die Cylinder füllen sich nicht ganz mit Wasser, sondern der tiefste und höchste Stand desselben ist, wenn die einzelnen Cylinder ungefähr eine Höhe von 3 Fuss haben, etwa 1 Fuss und 1 Zoll vom oberen Boden. Die Höhe der Wassersäule, durch deren Druck die Luft ausgetrieben wird, variirt daher, da die Fallröhren *a, a* .. be ständig unter Wasser münden, von  $\beta$  bis  $\delta$ .

Chem.-phys. Wörterb. II.

Dieses Gebläse kostet in der Anlage mehr als ein Cylindergebläse, liefert aber von allen Wassergebläsen den grössten Nutzeffekt.

Die specielle Einrichtung der einzelnen Theile der Gebläse, wie der Ventile, bei deren Anlage ein schädlicher Raum möglichst vermieden werden muss, der Stopfbüchse bei den Kasten- oder Cylindergebläsen, durch welche die Kolbenstange luftdicht gehen soll, der Linderung, durch welche der Zwischenraum zwischen dem Kolben und den Wänden des Gebläses ausgefüllt wird etc., übergehen wir, als zur technischen Ausführung gehörig. Hinsichtlich der Bezeichnung bemerken wir noch, dass man unter Düsen die bei grösseren Gebläsen mit der Röhrenleitung durch lederne Schläuche oder auf andere Weise beweglich verbundenen konischen Ansatzröhren versteht, durch welche man die Luft in den Ofen ausströmen lässt. Die Oeffnung des Ofens, durch welche der Wind in denselben gelangt, wird Form genannt. Windmesser nennt man die Vorrichtungen zur Bestimmung der Pressung der Luft. Man sehe über dieselben den Artikel Elaterometer.

Bei den Gebläsen, welche nicht, wie der Ventilator, das Wassertrömmel-, Ketten- und Wassersäulen-Gebläse, unmittelbar einen gleichmässigen Luftstrom geben, leitet man, um das Feuer gleichmässig mit Luft zu speisen, entweder den Wind von mehreren einander möglichst compensirenden Gebläsen durch eben so viele Düsen in dieselbe Form, oder man lässt zweckmässiger das Gebläse in einen eingeschlossenen Raum, Regulator, münden, welcher gross genug ist, um ungeachtet des ungleichen Windzuflusses die Luft mit fast gleichförmiger Geschwindigkeit der Düse zuzuführen.

Die Regulatoren sind

1) Regulatoren von unveränderlichem Inhalt, aus Eisenblech luftdicht zusammengesetzte Ballons, gemauerte Kammern, natürliche Höhlen etc. Zu Devon in Schottland z. B. eine in einen Sandsteinfelsen gehauene, durch Verpichen und Auskleben mit Werg und Papier luftdicht gemachte, 72 Fuss lange, 14 Fuss breite und 13 Fuss hohe Höhle.

2) Trockenregulatoren, ausgebohrte eiserne Cylinder, in welchen sich ein genau schliessender, mit einem passenden Gewicht beschwerter Kolben bewegt.

3) Wasserregulatoren, unten offene Kasten, welche mit Wasser gesperrt sind.

Man findet häufig, z. B. Gehler's Wörterbuch Bd. 4. S. 1144. nach G. G. Schmidt, d'Aubuisson, Traité d'Hydraulique p. 492. und fast bei allen Berechnungen über Gebläse für die Ausströmungsgeschwindigkeit der Gase eine mit der Gleichung

$$1 \dots \dots \dots v^2 = 2gh$$

übereinstimmende, dem Ausdruck für die Ausflussgeschwindigkeit tropfbarer Flüssigkeiten nachgebildete Gleichung angegeben, in welcher  $v$  die Ausströmungsgeschwindigkeit des Gases unter der dem äusseren Druck entsprechenden Dichtigkeit,  $h$  den durch eine Flüssigkeitssäule von der Dichtigkeit des eingeschlossenen Gases ausgeübten Ueberschuss des inneren Drucks über den äusseren und

$\pi$  die Geschwindigkeit, welche ein Körper während des freien Falles in einer Sekunde erhält, bezeichnet. Ist  $\rho$  die Dichtigkeit des Gases unter dem Druck einer Säule tropfbarer Flüssigkeit von der Höhe  $\pi$  und der Dichtigkeit  $r$ ,  $P$  und  $p$  respective der innere und äussere Druck, so ist  $h = (P - p) \frac{r}{\rho} \cdot \frac{\pi}{g}$ , und man hat für obige Gleichung folgende häufig gebrauchte Form

$$2. \dots\dots\dots v^2 = 2g \frac{r}{\rho} \pi \frac{P-p}{P}$$

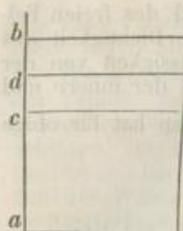
Bei der Bildung dieser Gleichung ist indess unberücksichtigt geblieben, dass das eingeschlossene comprimirt Gas, indem es durch die Oeffnung ausströmt, die Spannung des äusseren Mediums annimmt und dass also ausser der Kraft, welche erforderlich ist, um den inneren Druck, während eine bestimmte Menge des Gases ausfliesst, zu erhalten, oder, mit andern Worten, um das comprimirt Gas unter einem constanten Druck auszupressen, noch die Kraft in Rechnung gebracht werden muss, welche zur Zurückführung der ausgeströmten Gasmenge auf die innere Spannung nöthig ist. Um diese Bemerkung näher zu begründen, wollen wir die Berechnung in folgender Weise anlegen.

Es sei  $v$  das Volumen des auströmenden Gases, wenn dasselbe unter dem Druck  $\pi$  gemessen wird. Alsdann ist, wenn wir die vorigen Bezeichnungen beibehalten, und das Gewicht eines Körpers, dessen Volumen und specifisches Gewicht gleich Eins ist, zur Gewichtseinheit annehmen, die Masse desselben  $\frac{V \rho}{g}$  und die lebendige

Kraft  $\frac{1}{2} v^2 \frac{V \rho}{g}$ . Um die zum Auspressen dieser Gasmenge erforderliche Kraft zu berechnen, nehmen wir der Einfachheit wegen an, dass das Gas im Behälter mit einer prismatischen oder cylindrischen vertikalen Röhre communicire, deren Querschnitt der Flächeneinheit gleich sei. Ein in diese Röhre ohne Reibung gleitender und dem atmosphärischen Drucke ausgesetzter Kolben, wird noch mit einer Flüssigkeitssäule von der Höhe  $P - p$  beschwert werden müssen, um in dem Behälter die Spannung  $P$  zu bewirken. Da das unter dem Druck  $\pi$  gemessene Gasvolumen  $V$  in dem Behälter den Raum  $V \frac{\pi}{P}$  einnimmt, so wird sich die Flüssigkeitssäule während des Gasausflusses um  $V \frac{\pi}{P}$  Längeneinheiten abwärts bewegen, und die zum blossen Auspressen des schon comprimirt Gases erforderliche Kraft wird also derjenigen gleich sein, welche das Gewicht  $r(p - P)$  um die  $V \frac{\pi}{P}$  Längeneinheiten Setzen wir diese Kraft der lebendigen Kraft, welche das Gas durch den Ausfluss erhalten hat, gleich, so haben wir die mit der Gleichung (2) übereinstimmende Gleichung

$$\frac{1}{2} v^2 \frac{V \rho}{g} = r (P - p) V \frac{\pi}{P}; \text{ oder } v^2 = 2g \frac{r}{\rho} \pi \frac{P-p}{P}$$

Ehe aber das Gas unter dem Druck  $P$  ausgepresst werden kann, muss dasselbe zuvor von der gegebenen äusseren Spannung  $p$  auf die innere Spannung  $P$  gebracht werden. Es befinde sich das unter dem Druck  $p$  gemessene Gasvolumen  $V$  in der prismatischen oder



cyllindrischen vertikalen Röhre  $ae$  von dem Querschnitte Eins, und werde durch eine auf einen Kolben drückende Flüssigkeitssäule von erforderlicher veränderlicher Höhe stetig von  $ab$  bis  $ac$  zusammengedrückt, während die Spannung von  $p$  bis  $P$  zunimmt. Um das Gas von  $ad = x$  bis  $z - dc$  zusammenzudrücken, muss sich eine auf den Kolben in  $de$  ausser der Atmosphäre wirkende Flüssigkeitssäule von der Höhe  $\frac{ab}{z} p - p$  um den

Raum  $dz$  senken, und es wird daher zu dieser Zusammendrückung eine Kraft erfordert, welche das Gewicht  $rp \left( \frac{ab}{z} - 1 \right) dz$  um die Längeneinheit hebt. Die gesammte zum Zusammendrücken des Gases von  $ab$  bis  $ac$  erforderliche Kraft wird demnach ausgedrückt werden durch das Integral

$$\int_{ac}^{ab} rp \left( \frac{ab}{z} - 1 \right) dz = rp \left( ab \log. \text{nat.} \frac{ab}{ac} - bc \right),$$

welches sich, da  $ab = V \frac{x}{p}$ ,  $ac = V \frac{x}{P}$ ,  $\frac{ab}{ac} = \frac{P}{p}$ ,  $bc = V \pi \frac{P-p}{Pp}$ ,

$$\text{in } rp V \frac{x}{p} \log. \text{nat.} \frac{P}{p} - r V \pi \frac{P-p}{P}$$

verwandelt. Diese Kraft zu der vorhin berechneten zum Auspressen des Gases erforderlichen Kraft  $r(P-p) V \frac{x}{p}$  addirt und die Summe, welche sich auf das erste Glied des Integrals reducirt, der lebendigen Kraft des ausströmenden Gases gleich gesetzt, gibt

$$\frac{1}{2} v^2 \frac{Vg}{g} = r p V \frac{x}{p} \log. \text{nat.} \frac{P}{p}$$

oder

$$3 \dots v^2 = 2 g \frac{r}{g} \pi \log. \text{nat.} \frac{P}{p}$$

Es wird nicht unzweckmässig sein, dieser Ableitung, welche den Fehler der Formeln (1) oder (2) zeigt, eine direktere, zu einer anschaulichen Vergleichung zwischen dem Ausfluss von Gasen und tropfbaren Flüssigkeiten führende Ableitung hinzuzufügen. Wir gehen, wie vorhin, von dem Satze aus, dass die lebendige Kraft des ausströmenden Gases dem Gewicht gleich ist, welches um die Längeneinheit gehoben werden muss, um eine ununterbrochene Fortsetzung des Ausflusses zu bewirken. So oft in der Höhe Null unter dem äusseren Druck  $p$  eine Gasmenge von dem Gewicht  $G$  bei der innern Pressung  $P$  ausgeblasen werden soll, wird man aus einer Tiefe  $h$ , in welcher der Druck  $P$  statt findet; ein gleiches Gewicht Gas herauf zu holen haben. Geht man von der Tiefe  $h$  zur Tiefe  $h + dh$  über, so wird die Spannung  $P$  um die Höhe einer Flüssigkeitssäule vermehrt werden, welche mit einer Luftsäule von der Höhe  $dh$  und der Spannung  $P$  bei gleichem Querschnitt gleiches Gewicht hat. Ist die Dichtigkeit der Luft bei dem Druck  $\pi$  gleich  $q$ , und die Dichtigkeit der

Flüssigkeit  $r$ , so ist die Höhe der Flüssigkeitssäule  $\frac{P_0}{\pi r} dh$ , und man erhält die Differentialgleichung

$$dP = \frac{P_0}{\pi r} dh; \text{ oder } \frac{dP}{P} = \frac{g}{\pi r} dh,$$

welche unter der Bedingung, dass  $h=0$ , wenn  $P=p$ , gibt

$$h = \frac{\pi r}{g} \log. \text{ nat. } \frac{P}{p}$$

Man wird also das Gewicht  $G$  um  $\frac{\pi r}{g} \log. \frac{P}{p}$  oder das Gewicht  $G \frac{\pi r}{g} \log. \frac{P}{p}$  um eine Einheit zu heben haben. Dieser Ausdruck der lebendigen Kraft des ausströmenden Gases, welche  $\frac{1}{2} v^2 \frac{G}{g}$  ist, gleich gesetzt, gibt wie vorhin die Gleichung

$$\frac{1}{2} v^2 \frac{G}{g} = G \frac{\pi r}{g} \log. \frac{P}{p} \text{ oder } v^2 = 2 g \frac{\pi r}{g} \log. \frac{P}{p},$$

für welche man, wenn  $\frac{P}{p}$  nur wenig grösser als Eins ist, angenähert setzen kann:

$$4 \dots v^2 = 2 g \frac{\pi r}{g} \frac{P-p}{p}$$

Die Gleichung (3), so wie die Gleichung (4) gibt indess die wirkliche Ausflussgeschwindigkeit nur dann, wenn das Gas aus einer kleinen Oeffnung  $x$  durch eine Röhre ausströmt, welche die Gestalt des zusammengezogenen Strahls (der vena contracta) hat. In jedem andern Falle muss die durch die Formel gegebene Geschwindigkeit noch mit einem, von der Art des Ausflusses abhängigen, Coefficienten multiplicirt werden. D'Aubuisson findet aus seinen Versuchen für diesen Coefficienten beim Ausfliessen aus einer kleinen Oeffnung in einer dünnen Wand 0,65, aus kurzen cylindrischen Ansatzröhren 0,93 und aus kurzen konischen Röhren 0,95.

Will man die Kraft ausdrücken, welche, abgesehen von aller Reibung, zum Betriebe eines Gebläses erforderlich ist, welches bei der Temperatur  $t$ , dem Ausdehnungscoefficienten  $\alpha$  und dem atmosphärischen Druck  $p$  aus einer Oeffnung von  $O$  Quadratzoll in einer Minute  $V$  Kubikfuss Gas liefert, so erhält man, wenn ein Kubikfuss Gas bei dem Druck  $\pi$  in der Temperatur Null  $q'$  Pfund wiegt, und die Kraft eines Pferdes in einer Minute  $K$  Pfund einen Fuss hoch hebt, da  $\frac{V}{60O}$  die Ausflussgeschwindigkeit und  $\frac{V p q'}{g x (1 + \alpha t)}$  die Masse des in einer Sekunde ausfliessenden Gases ist, in Pferdekräften

$$\frac{1}{2} \left( \frac{V}{60O} \right)^2 \times \frac{V p q'}{g x (1 + \alpha t)} \times \frac{60}{K}$$

Die Pressung im Gebläse ( $P$ ) findet man, wenn  $\mu$  der Ausflusscoefficient ist, durch die Gleichung (3) oder angenähert durch (4), indem man für  $v$  und  $q$  respective  $\frac{V}{100\mu}$  und  $\frac{q'}{1 + \alpha t}$  setzt.

Noch müssen wir einer irrigen Berechnung der Höhe der Atmosphäre von H. H. Schmidt, Gilb. Ann. Bd. 62. p. 310., Gehler's Wörterbuch Bd. 1. S. 445. erwähnen. Sie beruht auf der Betrachtung

tung, dass die Grenze der Atmosphäre da sei, wo die Kraft, mit welcher ein Gastheilchen das über ihm befindliche abstösst, der Schwere des letzteren gleich ist. Die abstossende Kraft wird aus der Formel (1) berechnet, indem der Werth für  $v$ , welchen dieselbe giebt, wenn der äussere Druck Null ist, als beschleunigende Abstossungskraft des Gases gegen den leeren Raum genommen wird. Indess ist weder, wie wir glauben nachgewiesen zu haben, die Formel (1) richtig, noch ist  $v$  eine beschleunigende Kraft, sondern vielmehr die Endgeschwindigkeit des ausströmenden Gases, welche aus der Wirkung der Abstossungskraft der Gastheilchen in sehr kurzer Zeit resultirt.

Gehler's Wörterbuch Bd. VI., Prechtl's Encyclopädie Bd. VI., besonders Karsten's Eisenhüttenkunde. 3. Auflage. 1841. Bd. 2.

**Rr.**  
**Geddagummi**, das arabische Gummi, welches aus dem Hafen Gedda am rothen Meer kommt. Nach dem Hafen Tor wird es gleichfalls benannt.

M.

**Gefässbarometer** s. Barometer.

**Gefrieren** ist vorzugsweise der Uebergang wässriger Flüssigkeiten in den festen Aggregatzustand durch Entziehung der Wärme. Die Erscheinungen, welche dabei eintreten, lassen sich am besten bei der Eisbildung aus dem reinen Wasser betrachten. Wasser, welches offen in einem Gefässe ruhig steht, verdichtet sich durch Wärmeausstrahlung so lange, bis es die Temperatur von  $4,4^{\circ}$  Cent. erreicht hat. Von da ab dehnt es sich wieder aus. Die Folge davon ist, dass sich in den Temperaturen, welche das flüssige Wasser unter  $4,4^{\circ}$  C. annehmen kann, immer das kälteste Wasser an der Oberfläche befindet, weil das ausgedehntere Wasser zugleich das specifisch leichtere ist. Daher findet an der Oberfläche die stärkste Abkühlung statt. Hier tritt also auch in der Regel das Gefrieren zuerst ein; indem sich von dem Rande her nadelförmige Eiskörperchen nach der Mitte hin erstrecken, die zuerst gewöhnlich mit der Randlinie beliebige, meist spitze Winkel bilden. An jede dieser Nadeln setzen sich wieder unter spitzen Winkeln andere an, die aber bald so schnell und unregelmässig verwachsen, dass die ursprünglichen Nadeln wie mit kleinen Schuppen umgeben erscheinen. Auf diese Art vereinigt sich bald die ganze Oberfläche zu einer festen Schicht, in welcher eine bestimmte Richtung der ersten Nadeln nicht mehr zu erkennen ist. Die so gebildete Eisdecke wächst nun von oben nach unten, indem sich auch an dieselbe fortdauernd kleine Eisnadeln ansetzen, die unter mannigfaltigen Winkeln gegen die Oberfläche gerichtet, in das Innere hinabreichen. Die Gestalt dieser Nadeln erkennt man am besten, wenn man das Gefrieren durch Ausguss der Flüssigkeit aus dem Gefäss zu verschiedenen Zeiten unterbricht. Man sieht dann an den Wänden des Gefässes und an der unteren Seite der Eisdecke die Nadeln freistehend und kann Lage und Richtung derselben vergleichen. Es offenbart sich hier aber durchaus kein bestimmtes Gesetz der Krystallisation, da offenbar die ungleiche Abkühlung der Wände des Gefässes und der einzelnen Theilchen der Flüssigkeit, die ihr hydrostatisches Gleichgewicht in fortdauernder Bewegung auf-

suchen, den Ansatz der Eistheilchen bedingt. Wenn diese also auch eine bestimmte Krystallgestalt haben, so sind sie doch so klein anzunehmen und häufen sich so unregelmässig an einander, dass das Gesetz ihrer Bildung hier nicht hervortreten kann. Lässt man Quecksilber in einem etwas grösseren Gefäss durch künstliche Kälte gefrieren, so zeigen sich fast genau dieselben Erscheinungen. Auch in den sogenannten Fensterblumen, welche sich beim Gefrieren des aus dem Zimmer an die Glasscheiben anschlagenden Dunstes bilden, offenbart sich kein bestimmtes Gesetz der Krystallisation. Ist der Dunsthauch nur sehr gering, so erstarrt er rasch und bildet eine sehr dünne Eisschicht, die sich schon durch ihr Farbenspiel als höchst fein zu erkennen giebt. Ist die Wasserschicht von erheblicherer Dicke, wie z. B. wenn es kurz nach dem Abthauen des Eises von den Scheiben wieder friert, oder wenn man in dem dicken Eisbeschlag einer Fensterscheibe eine Oeffnung durch Hauchen hervorgebracht hat; so bilden sich krumme Linien, die gewöhnlich von unten auf vertikal emporsteigen und sich nach beiden Seiten hin wie überhangende Aehren krümmen. Die Erklärung dieser Erscheinung ist nicht schwer. Ein schon vorhandenes Eistheilchen bestimmt, dass ein zweites sich in dem gehörig abgekühlten Wasser an dasselbe ansetzt. Nun ist aber dieses zweite Eistheilchen zugleich im Sinken, indem es an der vertikalen Scheibe adhärierend herabgleitet. Die Linie, in der die Eisbildung fortschreitet, muss daher eine krumme werden. Aus der verschiedenen, durch die Temperatur und Dicke der Wasserschicht bedingte Geschwindigkeit des Herabsinkens ergibt sich denn auch eine grosse Mannigfaltigkeit dieser Curven, durch welche oft sehr artige Figuren gebildet werden. Da zur Bildung vollständiger Krystalle ein sehr allmähliges Erstarren nothwendige Bedingung ist, damit sich die kleinsten Theilchen ungehindert nach der Anziehung ihrer Krystallisations-Achsen ordnen können; so wird man auch die Eiskrystalle nur unter so günstigen Verhältnissen beobachten können. Zu einer Beobachtung dieser Art giebt der bei ruhiger, trockener und kalter Winterluft herabfallende Schnee Gelegenheit, der aus deutlichen sechstheiligen Sternchen besteht, deren einzelne Strahlen wieder nach demselben Gesetz verzweigt sind. Eine andere bis jetzt noch seltene Erfahrung ist die Auffindung regelmässig ausgebildeter Eiskrystalle, die bei einer langen constanten, aber wenig unter dem Gefrierpunkt erniedrigten Temperatur in mit Wasserdunst gesättigten Räumen entstanden waren. So fand Héricart de Thury (1805) in der Eishöhle zu Fondeurle (Dauphiné) grosse Eiszapfen, die im Innern hohl und mit sechseckigen und dreieckigen Krystallspitzen von  $\frac{1}{4}$  Zoll Durchmesser drusenartig besetzt waren, und Clarke sah (1821) bei einer Temperatur von  $-\frac{1}{2}^{\circ}$  unter einer hölzernen Brücke in Cambridge Eiszapfen, die an ihrer Oberfläche sich deutlich als ein Aggregat rhomboidischer Krystalle darstellten, deren Kanten zum Theil die Länge eines Zolles erreichten und Winkel von  $120^{\circ}$  und  $60^{\circ}$  bildeten. Die Gestalt erhielt sich auch beim Vermindern der Krystalle durch allmähliges Aufthauen. Diesen Beobachtungen gemäss ist man berechtigt, die Eisbildung als Krystallisation zu betrachten, bei der freilich nicht ein Ausscheiden der Krystalle aus einem heterogenen flüssigen Rückstande, sondern aus homogener Masse stattfindet. Durch

Brewsters optische Untersuchungen wird dies ausser Zweifel gesetzt: da nach diesen das Eis doppelte Strahlenbrechung hat und die einzige optische Axe desselben senkrecht gegen die Oberfläche des Wassers steht, auf dem sich das Eis gebildet hat. An einigen Stellen der Oberfläche des aus einem runden Wasserbassin entnommenen Eises bemerkte derselbe auch deutlich dreiflächige Spitzen stumpfer Rhomboëder.

Merkwürdig und noch nicht befriedigend erklärt ist die bei der Bildung des Eises beobachtete plötzliche Ausdehnung desselben, durch welche sich das spezifische Gewicht nahe auf 0,9 stellt, also das Volumen um den neunten Theil vermehrt; obgleich eine so beträchtliche Menge latenter Wärme (s. Wärme, latente) bei der Festwerdung aus dem Wasser entweicht, dass es dadurch im flüssigen Zustande um 75 Grad C. abgekühlt werden müsste. Diese Raumvergrößerung des Wassers bei der Eisbildung erfolgt mit unwiderstehlicher Kraft. Hohle Messingkugeln, deren Wandung über anderthalb Zoll Dicke hatten, wurden bei den Versuchen, welche die Florentiner Akademie anstellte, zersprengt, woraus Parrot einen Druck von nahe an 200 Centnern auf einen Cubikzoll berechnet. Bomben von Gusseisen, deren Wandung  $2\frac{3}{4}$  Zoll Metalldicke hatte, wurden bei den Versuchen Wahl's im Momente, wo eingeschlossenes Wasser bei einer Temperatur von  $-21^{\circ}$  C. gefror, lebhaft zersprengt, so dass aus den Rissen Eisscheiben hervorquollen und Stücke von anderthalb Centnern 20 Fuss weit auseinander geschleudert wurden. Die daraus berechnete bewegendende Kraft des Eises ist noch viel bedeutender. Diese heftigen mechanischen Wirkungen erfolgen selbst ehe das eingeschlossene Wasser noch vollständig erstarrt ist. So zersprangen im Arsenal zu Warschau zu dieser Untersuchung mit Wasser gefüllte und mit eisernen Schrauben verschlossene Bomben bei einer Kälte von  $-2^{\circ}$  bis  $-6^{\circ}$  C., noch während die Dicke der Eiskruste zwischen  $1\frac{1}{2}$  u.  $\frac{1}{2}$  Zoll betrug.

Die Erklärung dieser merkwürdigen Erscheinung ist noch nicht abgeschlossen. Wahrscheinlich wird, dass die Krystallisation, welche das vorwaltende Festwerden in gewissen Richtungen hervorbringt, Zwischenräume entstehen lässt, in welche sich erst später Krystalle einschieben und somit bis in die kleinsten Theilchen ein ausgedehnter Zustand entsteht. Dalton dachte sich die kleinsten Theilchen des Wassers in Kugelgestalt so übereinander gelagert, dass jede Kugel der nächst höhern Schicht von 4 Kugeln der niedrigeren getragen werde; wenn nun eine so über ein Quadrat aufgebaute cubische Säule plötzlich so verschoben wird, dass sie eine rhomboidale Grundfläche erhält, und das ganze Aggregat in einen Rhomboëder übergeht, bei welchem jedes obere Theilchen auf dreien der unteren Schicht ruht; so wächst das Volumen in dem Verhältnisse  $\frac{1}{3} \sqrt{7} : \frac{2}{3}$  oder 0,943 : 1, welches mit dem Dichtigkeitsverhältnisse des Eises 0,937 recht gut übereinstimmt. Ob nun dies der wirkliche Hergang im Eise sei, oder ob nach Winkler's Erklärung eine Zersplitterung der Kugelkörperchen in prismatische der Grund sei, bleibt problematisch, wie alle Erklärungen, die auf die Gestalt der Elementartheilchen zurückgehen. Quecksilber zeigt beim Gefrieren diese Erscheinung nicht; sondern vielmehr eine sehr beträchtliche Raumverminderung. Glas bietet in den heftigen expandirenden Wirkungen der inneren

Theilchen bei schneller Abkühlung eine ähnliche Erscheinung dar, indem man sich das heftige Zerstäuben der sogenannten Glaspfropfen (s. d.) kaum anders erklären kann, als dass die Theilchen im Innern, wegen zu rascher Erhärtung der Oberfläche, beim Erstarren nicht die ihnen angemessene gegenseitige Lage haben annehmen können, die sie beim Festwerden im Kühllofen erhalten. Ein solcher Glaspfropfen möchte daher einer noch nicht zersprungenen eisvollen Bombe vergleichbar sein.

Wie die heftige Bewegung des Wassers ein Hinderniss für die Bildung einer festen Eisdecke werden kann, so ist auf der anderen Seite eine gewisse Erschütterung desselben der Eisbildung förderlich. Ruhig stehendes Wasser kann bedeutend unter dem gewöhnlichen Gefrierpunkte erkalten, ohne dass es sich in Eis verwandelt. Bei einer geringen Erschütterung geht es dann plötzlich ganz und gar in Eis über, und die Temperatur desselben erhöht sich schnell fast bis zum Gefrierpunkte, nimmt aber dann im Eise sehr allmählig wieder ab, bis ein thermometrisches Gleichgewicht mit der Umgebung eingetreten ist. In sehr verdünnter Luft und im luftleeren Raume zeigt sich diese Erscheinung am auffallendsten. Wird eine Glasröhre halb mit Wasser gefüllt und, nachdem durch Sieden die Luft ausgetrieben ist, zugeblasen, so kann das Wasser bis zu  $-16^{\circ}$  C. abgekühlt werden, ohne seine Flüssigkeit zu verlieren, die es auch beim behutsamen Umwenden der Röhre noch zeigt. Bei einer Erschütterung gefriert es aber plötzlich. (Pogg. Ann. 1841. 42.)

Beim Gefrieren anderer Stoffe, wie auch beim Erstarren der Metalle, treten grösstentheils ähnliche Erscheinungen ein. Nur ist die Volumenvermehrung nicht wahrgenommen. Quecksilber wird entschieden beim Gefrieren nicht ausgedehnt. Weingeist ist bis jetzt noch nicht zum Erstarren gebracht worden. Denn die Angaben von Charles Hutton, der rectificirten Alkohol von 0,784 spec. Gew. bei  $-19^{\circ}$  C. erstarren sah, sind durch neuere Versuche mit der bedeutenderen, durch Verflüchtigung fester Kohlensäure erzeugten Kälte unermessen geblieben. Eine gewisse Verdickung, die auf die Möglichkeit des Gefrierens schliessen lässt, ist indess wahrgenommen worden.

A.

**Gefrierpunkt** ist die Benennung der Temperaturen, bei denen einige Flüssigkeiten fest werden. Der Gefrierpunkt des Wassers bestimmt bekanntlich den Nullpunkt der neueren Thermometerscalen. Er ist unveränderlich, und wenn die Thermometerangaben über ihn zuweilen fast einen halben Grad abweichen, so ist der Grund davon in der Beschaffenheit des Glases zu suchen. (S. Fischer's mechan. Naturlehre 4te Aufl. I. S. 427.) Näheres darüber s. Thermometer.

Erstarrungspunkte unter dem Nullpunkte der Scale, z. B. der des Quecksilbers, werden auch Gefrierpunkte genannt. S. Schmelzpunkt.

A.

**Gefühl** ist derjenige Sinn, durch welchen der thierische und menschliche Körper das Vorhandensein der Aussendinge im Raum wahrnimmt und die ersten Vorstellungen von ihrer Gestalt erhält, durch den auch die Wärmeveränderungen wahrgenommen werden.

Der Sitz des Gefühls ist das durch den ganzen Körper verbreitete Nervensystem, welches mit dem Rückenmark und mit dem Gehirn in continuirlicher Verbindung steht und sich für die übrigen Sinnesthätigkeiten in bestimmten Organen (Zunge, Nase, Ohr, Auge) der Beschaffenheit des Wahrzunehmenden gemäss eigenthümlich ausprägt. Die Nerven bestehen aus fadenförmigen Aggregaten eines zähen weisslichen Markstoffes, umgeben von einer hautähnlichen Hülle, welche man Neurilem nennt. Sie dienen theils zur Aufnahme eines äusseren Reizes und zu Fortpflanzungen desselben bis an den Centralpunkt der Lebensthätigkeit, welcher im Hirn und im Rückenmark zu suchen ist, theils zur Mittheilung eines Reizes von diesem Centralpunkt aus an die Muskeln, in denen durch diesen Reiz Bewegung bewirkt wird. Diesem gemäss ist die sensitive (empfindende) und die motorische (bewegende) Eigenschaft der Nervensubstanz zu unterscheiden. Gewisse Nerven besitzen beide, und zwar so, dass man an ihrem Ansatzpunkt bei dem Rückenmark mit Bestimmtheit diese beiden Gegensätze nachweisen kann. Durchschneidet man nämlich bei einem Frosche auf der linken Seite, nachdem das Rückgrat geöffnet und das Mark blossgelegt ist (eine Operation, welche die Frösche so leicht überstehen, dass sie nachher noch lebhaft herumhüpfen), auf der linken Seite alle 3 hinteren Wurzeln, auf der rechten Seite alle 3 vorderen Wurzeln der Nerven für die Hinterbeine; so wird dadurch an dem linken Beine die Empfindung, an dem rechten die Bewegung aufgehoben. Der Frosch zuckt schmerzhaft bei der Verletzung des rechten Beines, das er durchaus nicht bewegen kann, und zeigt keine Schmerzempfindung, selbst wenn man das linke Bein ganz abschneidet, in welchem sich fortdauernd lebhaft Bewegung zeigt. (Joh. Müller's Physiologie I. S. 629.)

Andere Nerven haben bloss die eine oder die andere dieser Eigenschaften. Als Gefühlsnerven betrachten wir daher die Nerven nur insofern sie die sensitive Wirkung hervorbringen, und zwar vorzugsweise nur insoweit, als diese Wirkung auf das Bewusstsein übergeht und eine Wahrnehmung bedingt. Denn unbewusst bleibt uns diese Wirkung und ihre Gegenwirkung bei den gewöhnlichen Lebensthätigkeiten, des Blutlaufs, der Athmung, der Verdauung etc., die zur Erhaltung des Individuums dienen. Hier wirkt der Reiz der Speisen z. B. auf die Nerven der Schleimhäute, diese bringen den Reiz zum Centralpunkt, von da aus geht, dadurch angeregt, ein neuer Reiz auf die Muskeln der Eingeweide über und bewirkt die Thätigkeit derselben bei der Verdauung etc., ohne dass wir von der Gestalt und Beschaffenheit des Verdaueten irgendwie ein Bewusstsein erlangen. Es ist vielmehr der normale, d. i. gesunde Zustand, keine Sinnesempfindung davon zu haben. Es würde uns zu weit in das Gebiet der Physiologie führen, wenn wir uns über diesen Gegenstand hier weiter verbreiten wollten. Die eigentlichen Gefühlsnerven communiciren alle mit dem Hirn, und zwar so, dass jedes Nervenfädchen von seinem peripherischen Punkt unter der Oberhaut bis zum Gehirn gesondert bleibt; wenn es sich auch an andere anlehnt und mit denselben einen grösseren Nervenstrang bildet. Solche Nervenstränge sind dann einer ungedrehten Schnur vergleichbar, in der alle Fäden von einem Ende bis zum anderen vollständig auslaufen. Jedem Punkte

der äusseren peripherischen Empfindung entspricht also ein bestimmter Punkt im Centrum, und hier ist der Sitz der Empfindung. Hieraus folgt, dass jede Reizung des Nervenfadchens an einem Punkte seiner ganzen Länge als ein Reiz am äussersten Ende wahrgenommen wird. Dies wird durch Versuche vollkommen bestätigt. Der bekannte Schmerz, den man bei einem Stosse am Ellenbogen in der Fläche und auf dem Rücken der Hand, so wie auch im vierten und fünften Finger empfindet, ist ein Beleg dazu. Bei einem solchen Stosse wird der Nervus cubitalis gequetscht, der die Fäden einschliesst, welche peripherisch an den genannten Stellen auslaufen. Es ist Thatsache, dass nach der Amputation eines Gliedes doch noch bestimmte Schmerzen in demselben empfunden werden. Johannes Müller a. a. O. S. 675. führt davon sehr interessante Beispiele an. Offenbar überträgt sich hier der Schmerz an dem durchschnittenen Nervenfasern für die Vorstellung auf denjenigen Theil des Körpers, zu dem dieser Faden in dem unverstümmelten Körper führte. Bei der unerträglichsten Fiebergluth ist bekanntlich die Temperatur des Körpers nur um ein bis anderthalb Grade erhöht. Fände diese Temperaturerhöhung bloss an dem äussersten Ende des Nervenfadens statt; so würde sie nicht das Gefühl der Hitze erzeugen, da sie aber in jedem Punkte desselben eintritt, und der Eindruck jedes Punktes nach der Oberfläche versetzt wird; so trägt dies neben andern, in der gestörten Hautthätigkeit begründeten Ursachen zur Erhöhung des subjectiren Gluthgefühls bei.

Offenbar wird die Bestimmtheit der Empfindung sich nach der Anzahl und Lage der in die Oberfläche ausgehenden Nervenfadchen richten. Da sich nun in die Fingerspitzen hin eine viel grössere Menge von Primitivfadchen verbreitet, als an anderen Theilen der Extremitäten, so sind diese auch der Sitz der bestimmtesten Gefühls-empfindung, welche man Tastsinn genannt hat. Wenn man die etwa drei Linien von einander abstehenden Spitzen einer gewöhnlichen Haarnadel gegen eine Fingerspitze drückt; so unterscheidet man noch deutlich die beiden Punkte durch das Gefühl, bei geschlossenen Augen. Schon am zweiten Gliede des Fingers wird dieses Gefühl undeutlich und ist in der inneren Handfläche schon ganz verschwunden. Der Druck scheint dort, dem Gefühl nach, nur von einer Spitze veranlasst zu werden. Man muss die Spitzen fast doppelt so weit von einander entfernen, um in der Vorderfläche der Hand das bestimmte Gefühl zweier Spitzen zu erhalten. E. H. Weber's genaue Versuche hierüber sind a. a. O. S. 683 mitgetheilt. Man wird überrascht, wenn man bei Wiederholung derselben findet, dass auf der Mitte des Armes zwei Spitzen noch in der Entfernung von 30 Linien, d. i.  $2\frac{1}{4}$  Zoll, das Gefühl einer einzigen hervorbringen. Nach diesen Beobachtungen ist die grösste Unterscheidbarkeit auf der Zungenspitze, wo die Entfernung der Spitzen von einer halben Pariser Linie wahrgenommen wird, nächst dem ist sie in den Fingerspitzen am bedeutendsten, weil hier der Abstand einer Linie bemerkt wird.

Da nun die Beweglichkeit der Finger mit ihren 15 Gelenken die Fingerspitzen in jede beliebige Lage bringen kann; so giebt uns das Getast die deutlichste Vorstellung von der Gestalt der Körper, und zeigt uns auch ihre Gestaltlosigkeit an, wie beim Greifen in Wasser und in Luft. Es ist bekannt, bis zu welcher Feinheit der Tastsinn

bei Blinden ausgebildet werden kann. Für Sehende ist er gewöhnlich nur der erste Gehülfe des Auges, das nachher selbstständig und leichter die Vorstellungen der Gestalt, wenn auch nur mittelbar, hervorruft. Doch wird auch von Sehenden bei der Beurtheilung der Glätte oder Rauheit einer Oberfläche oft das Gefühl benutzt, z. B. beim Prüfen feiner Gewebe und dergl. Für die Maieutik ist der Tastsinn von grosser Wichtigkeit.

Die Wahrnehmung durch's Gefühl ist eine Folge der Undurchdringlichkeit der Körper. Deshalb wird auch der Körper vorzugsweise als ein tastbares Ding definirt. S. Fischer's mech. Naturlehre I. § 4. Uebrigens zeigt sich auch in den Zehenspitzen der Tastsinn, jedoch weniger ausgebildet und auch, sowohl der Nervenvertheilung, als auch der Beweglichkeit der Glieder wegen, weniger ausbildbar. Denn nach den oben erwähnten Versuchen Weber's unterscheidet man an der Spitze des grossen Zehen bei einer Entfernung von 5 Linien die Doppelspitze noch nicht. Zum Unterschiede von dem Tastsinn bezeichnet man die Thätigkeit der Gefühlsnerven, welche zur Wahrnehmung des Schmerzes, der Wärme, des Missbehagens in Krankheiten u. s. w. führen, als Gemeingefühl.

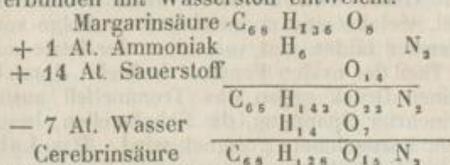
Das gesunde Gefühl kann weniger einer Täuschung unterliegen, wie das gesunde Auge, durch welches z. B. ein Spiegelbild als ein Gegenstand erscheint. Wie aber beim Verschieben der Augäpfel Doppeltsehen entsteht, so auch ein Doppeltfühlen beim Uebereinanderlegen der Finger. Legt man nämlich den Mittelfinger über den Zeigefinger und berührt nun mit beiden so gehaltenen Fingern die Nasenspitze, so glaubt man zwei Nasenspitzen zu fühlen. Da man nämlich bei dem gewöhnlichen Betasten der Gegenstände die Finger nie in dieser Lage hält, so ist der Sinneseindruck auf unser Bewusstsein jetzt so, als ob er von zwei Körpern herrührte, davon einer sich auf der rechten Seite des einen Fingergliedes, der andere auf der linken des anderen befände.

Nähere und sehr belehrende Auskunft über die Wirkungen der Nerven findet sich in dem genannten Müller'schen Werke. Einiges wird noch in dem Artikel Sinne in diesem Werke mitgetheilt werden. Ueber den Gesichtssinn vergleiche auch den Artikel Auge.

**A.**  
**Gehirn und Gehirnfette.** Die Zusammensetzung des Gehirns ist von mehren Chemikern untersucht worden. Couërbe hat sich besonders bemüht, eine genaue Charakteristik der einzelnen Verbindungen zu geben, von der jedoch Frémy gezeigt hat, dass sie auf sehr unsicheren Basen und falschen Versuchen beruhte. Vauquelin schon hatte die Bemerkung gemacht, dass das Gehirn sehr reich an Phosphor sei, ohne jedoch die Art und Weise zu erkennen, in welcher er in diesem Organe enthalten sei. Frémy wies nach, auf welche Weise er sich darin chemisch gebunden findet. — Vauquelin und Lassaigne haben die Bestandtheile des Gehirns quantitativ geschieden und dabei Unterschiede zwischen der grauen und weissen Substanz gefunden. Es enthält ungefähr 9,5% Albumin, welches sich von dem gewöhnlichen Eiweiss nicht unterscheidet, 10% Fett, welches zum grossen Theile aus Stearin besteht. Mit Wasser giebt es eine Emulsion, in welcher Eiweiss aufgelöst ist. Dieses ist

in krankhaften Veränderungen zuweilen geronnen, wodurch sich feste Concremente bilden, welche durch Cholestearin noch grössere Festigkeit erlangen.

Die chemischen Hauptbestandtheile des Gehirns sind Wasser (80%), welches milch- und phosphorsaure Salze aufgelöst enthält, Albumin, Cholestearin, eine kleine Menge Olein- und Margarinsäure, unverseiftes Margarin, und zwei eigenthümliche fette Säuren, Cerebrinsäure und Oleophosphorsäure, theils frei, theils mit Natron verbunden. Die letztere Säure zersetzt sich sehr leicht, woher das Gehirn häufig freie Phosphorsäure enthält. Das Cholestearin (s. d. A.) ist von Couërbe zuerst im Gehirn gefunden worden. Die Cerebrinsäure ist schon von Vauquelin und Couërbe bemerkt worden; der letztere nannte ein Gemenge von olein- und cerebrinsäurem Natron *Éléencéphol*. Das *Céphalot* von Couërbe ist ein Gemenge von olein- und cerebrinsäurem Natron und Eiweiss; sein *Stéaroconot* ein Gemenge von Eiweiss und cerebrinsäurem Natron. Die Cerebrinsäure enthält fast  $1\frac{1}{2}$  Phosphor und ist nach der Formel  $(C_{68} H_{128} N_2 O_{14}) + 2 P$ . zusammengesetzt. Die Cerebrinsäure ist die einzige stickstoffhaltige fette Säure, und die einzige, welche Phosphor enthält. Wir können eine Relation zwischen der Cerebrinsäure und der gleichfalls im Gehirn enthaltenen Margarinsäure aufstellen, welche einen Zusammenhang durch Zutritt von Ammoniak und Sauerstoff zeigt, von welchem letzteren die Hälfte bei der Verbindung zurückbleibt, die Hälfte als Wasser, verbunden mit Wasserstoff entweicht.



Die Cerebrinsäure ist also keine Proteinverbindung, und entsteht ausserdem aus dem Margarin des Gehirns. Auf eine ähnliche Weise entsteht gewiss die zweite, ihrer Zusammensetzung nach nicht bekannte Säure, die Oleophosphorsäure, welche mit der Oleinsäure innig zusammenzuhängen scheint. s. Frémy. J. f. p. Ch. XXV. p. 29. Jones Ann. d. Chem. und Pharm. 1841. Oct. M.

**Gehlenit.** Dieses nach dem Naturforscher Gehlen benannte Mineral findet sich am Monzoniberg im Fassathal in Tyrol, krystallisirt in rechtwinkligen Säulen mit meist rauher Oberfläche, und kommt auch derb vor. Es ist spaltbar parallel den Säulenflächen, oliven- oder lauchgrün oder grau, an den Kanten durchscheinend und von Härte des Feldspaths. Spec. Gewicht 2,89—3,06. Vor dem Löthrohr schmilzt der Gehlenit nur sehr schwer und in dünnen Splintern zu einem grauen Glase, gepulvert wird er leicht von Salzsäure gelöst. Fuchs und v. Kobell haben ihn analysirt und gefunden, dass er eine Verbindung von  $\frac{1}{2}$  kiesels. (Talk-) Kalkerde mit  $\frac{1}{4}$  kiesels. Thonerde-Eisenoxyd ist;  $2 Ca_2 Si + (Al_2, Fe_2) Si$ ; bei dem derben ist auch der zweite Theil der Formel  $\frac{1}{2}$  Silicat. (Schweigg. Journ. XV. 377, Berzelius Jahresbericht VI. 230.) B.

**Gehör.** Obgleich der Schall den Gehörsnerven durch die festen Theile des Kopfes zugeführt werden kann, wie man sich überzeugt, wenn man diese mit einem schallenden Körper unmittelbar oder durch andere feste Körper in Berührung setzt, so geschieht doch unter gewöhnlichen Umständen die Mittheilung hauptsächlich durch die Luft. In diesem Falle werden die Schallwellen zuerst vom äusseren Ohre (der Ohrenmuschel) aufgenommen, welche als eine Art von Hörrohr eine grössere Menge Schallstrahlen aufnimmt und in den Gehörgang führt. Das Ende des Gehörgangs ist verschlossen durch das Trommel- oder Paukenfell, das als eine gespannte Membran vorzüglich geeignet ist, die Schwingungen der Luft anzunehmen und auf feste und flüssige Körper zu übertragen. Es trennt den Gehörgang von dem zweiten Raume des Gehörorgans, von der Trommelhöhle, die mit Luft gefüllt ist und durch die Eustachische Röhre mit dem Schlunde in Verbindung steht; die Hauptbestimmung dieser Röhre scheint zu sein, die Luft der Trommelhöhle mit der äusseren Luft im Gleichgewicht zu erhalten, weil sonst das Trommelfell gewöhnlich von aussen oder von innen einen Druck erleiden würde. Von der Trommelhöhle führen zwei mit Membranen überspannte Oeffnungen nach dem Labyrinth, das runde und das ovale Fenster, durch welche die Schwingungen von dem Trommelfell durch die Trommelhöhle hindurch an das Labyrinthwasser übertragen werden. Dies geschieht theils durch die Luft der Trommelhöhle, theils und mehr noch durch die Gehörknöchelchen, Hammer, Ambos, Linsenbein und Steigbügel, welche eine ununterbrochene Folge vom Trommelfell zum ovalen Fenster bilden und von denen der letzte mit seiner Basis den grössten Theil des ovalen Fensters bedeckt; durch kleine Muskeln können sie einen Druck gegen das Trommelfell ausüben, welches dann, bei vermehrter Spannung, die Schallwellen, besonders tieferer Töne, weniger anzunehmen geeignet wird. Das Labyrinth, der dritte Raum des Gehörorgans, ist ein von Knochen gebildeter, aus mancherlei Höhlungen und Windungen bestehender und mit einer wässrigen Flüssigkeit gefüllter Raum. Es besteht aus dem Vorhof, einer Höhle, welche am ovalen Fenster liegt, der Schnecke, einer Knochenplatte von der Gestalt eines Schneckengehäuses, von  $2\frac{1}{2}$  Windungen, mit der einen Seite in den Vorhof, mit der andern an das runde Fenster ausmündend, und aus den Bogengängen, drei ungefähr halbkreisförmige Knochenröhren, welche mit ihren beiden Enden in den Vorhof ausmünden. Der Gehörnerv, welcher von dem unteren Theile des Gehirns kommt, theilt sich bei seinem Eintritt in das Labyrinth und verbreitet sich theils über die Windungen der Schnecke, theils in die Bogengänge und den Vorhof, über eine die Wände des Labyrinths überziehende Haut. Die Schwingungen der uns umgebenden Luft werden theils und hauptsächlich auf die bereits angegebene Art, theils auch durch die festen Theile des Labyrinthwasser und von diesem den darin ausgebreiteten Gehörnerven mitgetheilt. Einigen jener Theile, namentlich dem Gehörgang, der Eustachischen Röhre und der Schnecke wird auch eine Mitwirkung durch Resonanz zugeschrieben. Vorzügliche Untersuchungen über die Funktionen der Theile des Gehörorgans findet man in J. Müller's Handb. d. Physiol. II. 393—485.

Wir unterscheiden mit ziemlicher Sicherheit die Richtung, aus welcher ein Schall kommt, wenigstens wenn er direct zu uns gelangt, obgleich allerdings der Gehörsinn in dieser Beziehung dem Gesichtssinne bei weitem nachsteht. Man schreibt diese Unterscheidung der ungleichen Stärke zu, mit welcher der Schall auf die beiden Ohren wirkt. Doch reicht dies bei einer Stellung des Kopfes zu einer vollständigen Bestimmung nicht hin, da es wohl das Rechts oder Links, nicht aber das Vorn oder Hinten, Oben oder Unten in der Lage des schallenden Körpers bestimmt, mit andern Worten: da es die Stelle desselben nur auf eine Kegelfläche beschränkt; es würden im Allgemeinen drei verschiedene Stellungen des Kopfes nöthig sein, um die Linie zu bestimmen, auf der sich der schallende Körper befindet. Mit dieser Ansicht stimmen auch die Beobachtungen überein, welche Venturi im Freien und bei 120 bis 150 Fuss Entfernung angestellt hat. (Voigt's Magazin II. 1.) Doch scheint bei geringeren Entfernungen das Urtheil sogleich entschieden zu sein, auch wenn die Stellung des Kopfes nicht geändert wird, und also noch ein anderes Hilfsmittel zur Unterscheidung der Richtung vorhanden zu sein, vielleicht der Eindruck der Schallwellen auf die ihnen zugewendete Seite des Kopfes (?). Savart (Ann. de Ch. & Ph. XXXI. 293) setzt den Grund jenes Unterscheidungsvermögens in den Umstand, dass die Schwingungen auf ihrem Wege durch die Theile des Gehörorgans parallel der Richtung bleiben, in welcher sie die ersten Theile von der Luft empfangen; dabei ist jedoch zu bemerken, dass nach eben den hier zum Grunde liegenden Versuchen die Richtung dieser Schwingungen mit der Fortpflanzungsrichtung, wenigstens in der Nähe des tönenden Körpers, nicht identisch ist, und erst bei grösseren Entfernungen nach Poisson in dieselbe übergeht (vgl. den Art. Fortpflanzung des Schalles). — Ueber die Entfernung, aus welcher ein Schall kommt, bilden wir nur durch seine Stärke, auch wohl durch den veränderten Klang desselben, ein Urtheil, das daher auch leicht zu täuschen ist.

Wie beim Gesichte, so können auch beim Gehöre verschiedene Eindrücke nicht mehr einzeln unterschieden werden, wenn sie zu schnell aufeinander folgen. Man rechnet zehn Töne in einer Secunde als Maximum. Allein, wenn es sich um andere Unterscheidungen, als die der Höhe handelt, ist die Zahl 10 wohl zu gering. Wenn man die ersten zehn Zahlen, wie Lichtenberg angiebt, in einer Secunde sprechen und hören kann, so ist die Zahl der unterschiedenen Selbstläuten mehr als doppelt so gross als die der Silben. Nach Bessel können zwei Pendelschläge, die nur um  $\frac{1}{7}$  Secunde differiren, von einem einfachen Schläge unterschieden werden.

Ueber die Grenzen der Hörbarkeit nach Höhe und Tiefe ist Folgendes zu bemerken. Der tiefste auf musikalischen Instrumenten vorkommende Ton ist das 32 füssige C der Orgeln, welches einzeln schon kaum als Ton erkennbar ist. Da die Zahl der (ganzen) Schwingungen für diesen Ton 15—16 in einer Secunde ist, so schien, bei der Annahme, dass wir 10 Eindrücke in einer Secunde noch einzeln unterscheiden, mit 15 Erschütterungen die Grenze erreicht, wo diese sich zu dem gemeinschaftlichen Eindrucke eines Tones vermischen. Allein nach Savart (Ann. de Ch. & Ph. XLVII. 69.) kön-

nen noch tiefere Töne erzeugt werden. Von der Ansicht ausgehend, dass es hierbei darauf ankomme, den einzelnen Eindrücken eine solche Dauer zu verleihen, dass sie sich hinreichend mit einander vermischen, construirte er folgenden Apparat. Eine Eisenstange wird um eine durch ihre Mitte gehende, wagerechte Axe umgeschwungen und führt daher die Luft ihrer Umgebung mit sich herum. Lässt man sie nun durch eine von zwei wagerechten Brettern gebildete Spalte hindurch gehen, so presst sie erst die Luft gegen die eine Seite dieser Bretter und reisst sie dann von der andern Seite hinweg; indem die verdichtete Luft nach der Seite der verdünnten überströmt, entsteht jedesmal eine Erschütterung, einer schwachen Verpuffung vergleichbar. Folgen nun diese Erschütterungen bei schnellerer Umdrehung rascher auf einander, so vermischen sie sich zu einem Tone. Bei einer  $2\frac{1}{2}$  Fuss langen Eisenstange wurde ein Ton schon durch 7 bis 8 solcher Schläge in einer Secunde erzeugt, also eine Octav tiefer als das  $32$  füssige C.

Da man mit kleineren Apparaten nicht so tief gelangt, so vermuthet Savart, dass man mit grösseren auch wohl noch tiefer kommen könne. — Was die Grenze nach der Höhe anlangt, so sind die Angaben darüber von jeher ziemlich verschieden gewesen. Nach Wollaston ist diese Grenze für verschiedene Personen nicht dieselbe, indem Einige einen Ton noch hören, der für Andere schon zu hoch ist. Nach Savart liegt dies nur daran, dass die sehr hohen Töne gewöhnlich schwach sind, und sie können, wenn sie stark genug sind, von Jedermann gehört werden. Diese Ansicht lässt sich mit der Wollaston's vereinigen, wenn man annimmt, dass die Harthörigkeit bei Einigen mit der Höhe schneller zunimmt, als bei Anderen. An kleinen Stäbchen erhielt Savart Töne bis 15 — 16000 (ganze) Schwingungen in einer Secunde; noch höhere aber auf folgende Art. Wenn ein mit Zähnen besetztes Rad umgedreht und ein federnder Körper gegen die Zähne gehalten wird, so schlägt dieser gegen jeden Zahn und die so erzeugten Erschütterungen vermischen sich, wenn sie schnell genug aufeinander folgen, zu einem Tone. Je grösser das Rad ist und je mehr Zähne es hat, desto höher ist der Ton. Mit einem Rade von 30 Zoll Durchmesser und 720 Zähnen erhielt Savart noch einen Ton bei mehr als 24000 Erschütterungen in einer Secunde, trieb also die Höhe bis in die Mitte der siebengestrichenen Octav. Mit noch grösseren Apparaten würde man nach seiner Meinung noch höher gelangen können. (Ann. de Chim. & Phys. XLIV. 337.) S.

**Generator**, Erzeuger, wurde von Perkins ein Dampfentwicklungsapparat genannt, auf welchen er sich am 10. Dezember 1822 in London ein Patent geben liess. Derselbe bestand bei der ersten Anlage von Perkins aus einem metallenen Cylinder von 3" Wanddicke, im Lichten etwa 13" Durchmesser und 21" Höhe, welcher mit zwei Ventilen von respective 35 und 37 Atm. Druck, von denen das erstere zum Cylinder der arbeitenden Maschine und das andere in die Atmosphäre führte, versehen war. Dieser Generator wurde in einem cylindrischen Ofen, in welchem das Feuer durch ein Paar Blasebälge unterhalten wurde, auf 400° — 500° Fahrenheit erhitzt, die Entwicklung des Dampfes im Gefässe aber durch die

beiden Ventile verhindert und statt dessen durch eine Druckpumpe etwa 200 mal in der Minute, mit einem mehr als 35 Atm. betragen, den Druck neues Wasser in den Generator gepresst, wodurch jedesmal gleichzeitig das zum Cylinder der Maschine führende Ventil gelüftet und eine gleiche Quantität Wasser in diesen gespritzt wurde welches hier nach Perkins' Ausdruck augenblicklich vollständig in Dampf von sehr hoher Spannung „zerblitzte.“

Wie sehr auch die Unzweckmässigkeit dieses Dampfentwickelungsapparates schon wegen der geringen Heizfläche und der, den Wärmedurchgang erschwerenden grossen Metalldicke in die Augen springen musste, so ist doch kaum von einer Neuerung ein so grosses und zugleich unverdientes Aufheben gemacht worden, als von dieser.

Als Perkins versuchte, seinen Generator zu einem Dampfschiessgewehr zu benutzen, und im Jahr 1826 in Gegenwart des Herzogs von Wellington Versuche der Art anstellte, gab das Glasgow Mechanics Magazine N. 108. (Dingler's polytechnisches Journal Bd. 20. S. 223.) über dieselben folgende Mittheilung:

„In einer der Nabe eines Rades ähnlichen Vorrichtung, durch welche der ungefähr 6 Fuss lange Lauf hindurch ging, waren, senkrecht gegen den Lauf, wie Speichen eines Rades, Röhren angeschraubt, welche, jede mit 52 Musketenkugeln gefüllt und oben durch eine Schraube, an der Nabe aber mit einer Klappe verschlossen, vermittelst einer Kurbel, eine nach der anderen, über eine Oeffnung des Laufes gedreht wurden, so dass die Kugeln durch die Klappen in den Lauf fielen. Der Dampf zeigte sich eben so kräftig als Schiesspulver und zugleich hundert mal wohlfeiler. Bei einem Druck von 65 Atm. schoss das Gewehr 250 mal in der Minute, also 15000 mal in der Stunde, und brauchte hierzu nur 5 Bushel Kohlen, die hundert mal wohlfeiler sind als 15000 Ladungen Schiesspulver. Der Druck lässt sich aber mit aller Sicherheit bis auf 200 Atm. erheben. Bei dem Abschiessen von 1000 Kugeln in der Minute glich der Knall einer solchen Entladung dem stärksten Donner, und man konnte sich einen Beweis verschaffen, wie sehr die Wirkung dieser Maschine alle Einbildungskraft übersteigt. Von zwölf Brettern, jedes von der Dicke eines Zolls und einen Zoll weit hinter einander aufgestellt, wurden bis auf das letzte Brett alle übrigen durchschossen. Man befestigte einen zwei Fuss breiten Pfosten an einer Mauer horizontal und bewegte beim Abfeuern den wie die Röhre einer Feuerspritze nach jeder Richtung beweglichen Lauf etwas nach der Seite. Die Kugeln durchschlugen den Pfosten von einem Ende zu dem andern mit erstaunlicher Regelmässigkeit; die Löcher waren immer nur wenige Zoll von einander. Auf diese Weise könnte ein einziger Musketen-Lauf in ein Paar Sekunden eine ganze Compagnie Infanterie, die ihm in grader Linie gegenüber aufgestellt ist, niederschmettern. Wenn von 500 in jeder Minute aus einem solchen Gewehre abgefeuerte Kugeln nur eine unter zwanzig trifft, so tödten oder verwunden 10 solcher Gewehre täglich 150,000 Mann. Zum Vertheidigungskriege wird diese Erfindung noch weit brauchbarer sein, als zum Angriffe, Festungen werden dadurch uneinnehmbar, und keine Bresche (wenn anders unter Dampfkanonnen eine solche möglich wäre) kann erstürmt

werden. Es lässt sich nicht berechnen, welche Veränderung diese Erfindung noch in der Völker-Geschichte hervorbringen wird.“

In ähnlicher Weise klangen fast alle Anzeigen der Perkins'schen Parthei, doch sind die versprochenen grossen Veränderungen nicht eingetreten.

Perkins, der die Unrichtigkeit seiner Angabe, dass das bei einer Temperatur von 400° — 500° Fahrenheit aus dem Generator ausgespritzte Wasser sich vollständig in Dampf verwandele, während doch Wasser von  $t^{\circ}$  Celsius beim Verdampfen  $640 - t$  Wärmeeinheiten bindet, wohl eingesehen haben mochte, liess sich am 22. März 1827 ein neues Patent auf eine Verbindung von mehreren im Innern etwa  $1\frac{1}{2}$  Zoll weite Röhren geben, von welchen ein Theil dazu diente, um in denselben das Wasser zu erhitzen, ein anderer Theil aber angeblich, um den aus jenen Röhren in diese übergeblitzten Dampf zu überhitzen, worauf der Dampf in einem Wasserbehälter sich wieder sättigen sollte. Aber, obgleich Perkins dann den Dampf in der Maschine nach einander auf die Kolben zweier Cylinder mit sehr grosser Expansion wirken liess, so wetteiferte doch eine Maschine dieser Art mit einer Watt'schen Maschine in den Catharinendoks ohne sonderliches Glück, und als zu Ende des Jahres 1829 zu Vincennes auch die Versuche von Perkins mit Dampfkanonen keinen Erfolg hatten, indem vierpfündige Kugeln, auf ein 40 Schritte entferntes Schiffsgerippe geschossen, in demselben stecken blieben, verscholl die Perkins'sche Erfindung gänzlich.

Rr.

**Geigenharz.** Geigenharz Syn. mit Kolophonium. M.

**Geïn und Geïnsäure,** absolute Namen für Humin und Huminsäure. M.

**Gelbe Säure.** Acide jaune von Vauquelin und Fourcroy ist die von Mulder genau untersuchte Xanthoproteïnsäure. (s. d.) M.

**Génder,** ein javanesisches Instrument, bestehend aus Metallplatten, welche geschlagen werden; unter jeder Platte ist ein Bambusrohr, dessen Luftsäule, indem sie mit der Platte im Einklang steht, eine volle Resonanz erzeugt. Schweigger-Seidel's Jahrb. XXIII. 329. S.

**Genièvre** siehe Gin.

**Gentianin;** ein flüchtiger Stoff, der von Pelletier und Caventou in der Wurzel von *Gentiana lutea* aufgefunden. Beide schrieben diesem Stoffe den bitteren Geschmack der Wurzel zu, Trommsdorff aber hat später gezeigt, dass derselbe von einem Harze herrühre, und Gentianin im reinen Zustande geschmacklos sei. Es krystallisirt in gelben Nadeln, ist in kaltem und heissem Wasser schwer, in Alkohol und Aether leichter löslich. Es lässt sich vollständig sublimiren, wird von den stärksten Mineralsäuren zersetzt, und treibt, obgleich es nicht sauer reagirt, doch die Kohlensäure aus den Alka-

lien, mit denen es krystallisirende alkalisch reagirende goldgelbe Verbindungen liefert.

Journ. de pharm. 1821. p. 178. Ann. der Pharm. XXI. 134.

M.

**Geokronit** nannte Svanberg ein zu Sala in Schweden vorkommendes Mineral, das bis dahin mit dem Weissgültigerz verwechselt würde. Es findet sich nur derb, ohne Blätterdurchgänge, ist bleigrau, metallglänzend und sehr leicht schmelzbar. Specifisches Gewicht 5,88; Härte zwischen Kalkspath und Steinsalz. Es besteht aus Schwefelblei, verbunden mit Schwefelarsenik und Schwefelanti-

mon, entsprechend der Formel  $Pb_2(Sb_2A)$ , gehört also zu den Schwefelsalzen. Der Name ist aus  $\gamma\eta$  Erde, und  $\chiρόνος$  Saturn zusammengesetzt, mit Bezug auf die Bestandtheile, weil ehemals Antimon das Zeichen der Erde und Blei das des Saturns hatte. (Pogg. Ann. LI. 535.) Sauvage hat den Geokronit auch in Gallizien gefunden. (Das. LI. 78.)

B.

**Geothermen** siehe Isogeothermen.

**Geothermometer** werden Thermometer genannt, dazu bestimmt, die Temperatur in grossen Tiefen der Erde zu bestimmen. Es sind Thermometer, welche entweder mit nicht leitenden Substanzen in der Art umgeben werden, dass man voraussetzen darf, dass sie bei dem Herausziehen aus dem Bohrloch die Temperatur unverändert beibehalten, welche sie durch langen Aufenthalt auf dem Grunde desselben erhalten haben, oder Registerthermometer, welche das Maximum durch Ausfluss einer bestimmten Quecksilbermenge oder durch Verschieben eines Index anzeigen. Solche Instrumente sind von Magnus Pogg. Ann. XXII. 136. und von Walfredin, Pogg. Ann. LVII. 541 angegeben worden. Unter dem Namen Bathometer versteht man hiergegen auch die Thermometer, durch welche die Temperatur der Meerestiefen bestimmt wird, obgleich der Name eigentlich allgemein für die Instrumente gebraucht wird, welche Massen aus grossen Meerestiefen unverändert heraufschaffen sollen. Ein solches Bathometer hat Parrot angegeben; Poggend. Ann. XX. 73.

D.

**Geräusch** nennt man einen Schall, an welchem keine bestimmte Höhe unterschieden werden kann. Ein solches entsteht wenigstens, wenn es von einiger Dauer ist, durch eine unregelmässige Aufeinanderfolge von Erschütterungen. Da nach einer Beobachtung Savart's am Zahnrade, die sich auch an der Sirene bestätigen lässt, schon zwei schnell aufeinander folgende Erschütterungen hinreichen, einen Ton erkennen zu lassen, dessen Höhe von der zwischen ihnen verflossenen Zeit abhängt, so müssen bei einer unregelmässigen Folge von Erschütterungen je zwei aufeinanderfolgende einen Ton bestimmen, und es kann ein Geräusch als ein Schall von beständig wechselnder Höhe angesehen werden. Auch kann man, da sich unter vielen ungleichen Zwischenräumen zwischen den Erschütterungen stets eine Anzahl nahe gleicher befindet, aus einem Geräusche verschiedene

Töne ausscheiden, ja selbst Töne von jeder Höhe innerhalb gewisser Grenzen, wie die Versuche von N. Savart zeigen, welche im Art. Interferenz, 2. angeführt sind. S.

**Geraniin** In dem Geraniaceen fand Müller einen sogenannten Bitterstoff, neben vieler Gerbsäure. Jener ist vielleicht nur kleinen Theils Ursache der Wirkung, welche der Absud der Wurzeln jener Pflanzen bei Dysenterieen und Blutflüssen ausübt, und deshalb von den Landleuten häufig benutzt wird. Vgl. Archiv d. Pharm. XXII. 29. M.

**Geraniumöl.** Das flüchtige Oel von der Blüthe Pelargonium Radula ist bei gewöhnlicher Temperatur fest, und stellt krystallinische Nadeln dar, welche bei 20° schmelzen. Sein angenehmer Geruch erinnert an den der Rosen und des Geranium Robertianum, daher es zum Verfälschen des Rosenöls angewendet wird. Mg. f. Pharm. 20. 140. M.

**Gerben** nennt man diejenige Behandlung der Thierhäute, durch welche sie vor Zerstörung geschützt werden, ohne Festigkeit und Biegsamkeit zu verlieren. Die Häute werden theils mit ihrer haarigen Bedeckung, theils ohne dieselbe gegerbt; das Handwerk überhaupt zerfällt in mehre Zweige: Loh-, Weiss-, Sämisch- und Pergamentgerberei.

1) In der Lohgerberei bedient man sich zur Festigung des Leders des in der Eichenrinde und anderen Bäumen befindlichen Gerbstoffes. Je nach der Beschaffenheit des erzielten Leders zerfällt auch diese wieder in mehrere Zweige. — **Sohlleder** zu bereiten, nimmt man die dicksten Häute, weicht sie in Flüssen ein und löst die Haare durch Zerstörung der Epidermis, entweder durch Kalkmilch (Kalken), oder durch anfangende Fäulniss der über einander geschichteten Häute (Schwitzen), wobei man das Fortschreiten des Faulens dadurch abwehrt, dass man die Fleischseite mit Salz oder Holzsäure einreibt. Darnach werden mit einem stumpfen Schabeisen die Haare entfernt (Päten), das Fleisch der Innenseite abgeschnitten (Scheeren) und Kalk und Schmutz entfernt (Streichen). — Der Kalk ist bei diesem Verfahren in das Zellgewebe gedrungen, hat sich mit den Fasern verbunden und mit dem Fett verseift. Ihn zu entfernen werden nun die Häute in eine Essigsäure enthaltende Beize gebracht (Schwellen, Beizen), wozu man eine saure Getreidemaische oder saure Lohbrühe nimmt; dadurch werden die Häute aufgetrieben und zur Aufnahme der adstringirenden Gerbsäure die Oeffnungen erweitert. Sind die Häute hinreichend elastisch geworden, so kommen sie in eine schwache frische Lohbrühe (Farbe), wodurch sie röthlich gefärbt werden, darnach werden sie versetzt, d. h. in Gruben geschichtet und oben und unten mit alter, aber nicht fauler Lohe bedeckt. In gleicher Weise werden sie darnach noch zweimal mit frischer Lohe behandelt, wonach sich meistens eine genügende Menge Gerbsäure mit dem leimgebenden Gewebe der Häute verbunden hat, was man auf einer Schnittfläche der Häute leicht erkennt. — Schmal- oder Fahlleder wird fast in derselben Weise aus Kalbfellen bereitet, nur geschehen die einzelnen Operationen in kürzerer Zeit; auch wendet man dazu die sogenannte Schnellgerberei in Lohbrühen an — Das Verfahren,

was zur weiteren Bereitung von Kalbsleder noch angewendet wird, besteht in mechanischen Operationen, die dasselbe möglichst biegsam und gleich dick machen sollen (Krispeln und Schlichten).

Schaafleder bedarf wiederum einer eigenen Behandlung, damit die Wolle nicht verloren gehe. Man bestreicht deshalb die Felle auf der Fleischseite mit frischgelöschtem Kalk und Asche, und packt sie zu zwei aufeinander (Anschwöden). Nach 12 Stunden lässt sich die Wolle auf einem Schabebaum abraufen, und die weitere Behandlung ist wie beim Kalbsleder.

Juftengerberei wird besonders in Russland ausgeübt. Man gerbt die Häute in einer Brühe von Weiden- oder Ellernrinde unter oftmaligem Walken, trinkt sie mit Birkentheer an der Fleischseite und färbt sie auf der Narbenseite roth oder schwarz.

Saffiangerberei. Saffian oder Maroquin ist Ziegenleder, welches wie das Kalbleder, nur mit mehr Sorgfalt behandelt wird, und ausserdem vor dem Falzen und Schlichten in verschiedenen Farben gefärbt wird. Nach dem Schlichten werden sie noch geglättet und gekrispelt.

2) Weissgerberei unterscheidet sich von den vorigen Verfahrensarten besonders dadurch, dass statt der Lohe eine Auflösung von Alaun und Kochsalz angewendet wird. Gewöhnlich nimmt man Schaaf-, Ziegen- und Kalbsfelle, behandelt dieselben ganz in der oben beschriebenen Weise, nur dass mehr und frischerer Kalk angewendet wird, darnach bringt man sie kurze Zeit in die Alaunbrühe, worauf das Gerben vollendet ist, und sie nur noch appetirt werden. Sollen die Häute zu Handschuhen verwendet werden, so fügt man zu der Alaunbrühe noch Weizenmehl und Eigelb oder Milch, Eigelb und Olivenöl, um die Häute geschmeidiger und weicher zu machen. Sollen die Schaaffelle ihre Wolle behalten, so wird natürlich das Kalken unterlassen, während das Uebrige des Gerbens seinen gewöhnlichen Gang nimmt. Auch Ochsen-, Kuh- und Rosshäute zu Riemerarbeiten kommen in die Weissgerberei, sie werden aber weder gekalkt, noch gebeizt, sondern sie kommen gleich in die Alaunbrühe, nachdem man die Haare mit einem Putzmesser abrasirt hat. Nach der Brühe werden sie tüchtig gewalkt und über Feuer mit Talg eingestrichen. Diese Art der Gerberei nennt man Ungrische Weissgerberei.

3) Sämischerberei. Diese verfährt vorbereitend mit den Häuten, eben so wie die Weissgerberei, jedoch werden sie aus dem Kalk einmal herausgenommen, der obern Haut mit den Haarnarben beraubt, und wieder in Kalk gethan, darnach herausgenommen, ausgestrichen, eingölet und gewalkt. Hat sich das Oel mit der Faser genügend verbunden, so wird das überschüssige Oel durch Pottaschenlauge entfernt.

4) Pergamentgerberei behandelt die Felle Anfangs wie die vorigen, spannt sie aber nach dem Kalken in Rahmen aus, bestreut sie mit Kreidepulver und reibt dieses mit Bimsstein hinein. Von den trockenen Fellen reibt man das Pulver wieder mit einem Felle ab, spannt es hernach wieder ein, schabt die Narbenseite und reibt es mit Bimsstein glatt. Zu Schreibtafeln überstreicht man es ausserdem noch mit Bleiweiss und Leim und, wenn dieses getrocknet ist, mit Leinöl.

S. Hermbstädt chemisch-technologische Grundsätze der go-

samnten Ledergerberei. Berlin, 1805—1807. 2 Bde. und Kummer Handencyclopädie der neuesten Verbesserungen und Erfindungen im Gerben, Zurichten, Färben und Lackiren des Leders. Berlin, 1830. M.

**Gerbsäuren, Gerbstoff.** (Tannin, Tannigen.) In einer grossen Menge von Pflanzen kommen eigenthümliche Verbindungen vor, deren besonderer Charakter es ist, sich mit Leim und Collagen in constanten Verhältnissen zu vereinigen, und nun Stoffe darzustellen, die sich durch ihre Unlöslichkeit im Wasser, ihre Eigenschaft, nicht zu faulen, auszeichnen. Das Leder, welches dadurch bereitet wird, dass es unter gewissen Verhältnissen mit jenen Stoffen in Verbindung gebracht wird, nennt man gegerbt, und den Stoff, welcher dies bewirkt, Gerbstoff. Nachdem man lange Zeit über die Natur dieses Stoffes in Zweifel und Ungewissheit gewesen, klärte namentlich Pelouze unsere Kenntnisse hierüber auf, und zeigte, dass der Gerbstoff eine ganz entschiedene Säure sei, und aus diesem Grunde den Namen Gerbsäure führen müsste. s. d.

Der Gerbstoff ist jedoch in den verschiedenen Pflanzen verschieden, oder es giebt vielmehr mehrere Gerbsäuren, welche zu einem gemeinschaftlichen Genus gehören, von dem sie besondere Species bilden. Es ist nicht zu bezweifeln, dass eine Anzahl dieser Species später als eine und dieselbe erkannt werden wird, indessen ist das Studium dieser Verbindungen erschwert, besonders durch die grosse Leichtigkeit, mit welcher dieselben sich namentlich an der Luft verändern und neue Verbindungen hervorbringen. — Die Eigenschaften, welche die Gerbsäuren im Allgemeinen besitzen, sind folgende: sie röthen deutlich das Lakmuspapier, ohne einen sauren Geschmack zu besitzen. Dieser ist vielmehr adstringirend (s. Adstringentia), indem sie auf die lebende Haut dieselbe Wirkung äussern, wie auf die leblose, d. h. sich mit ihr chemisch verbinden, dabei stark zusammenziehen und verdicken. Nach Cavarra's Untersuchungen (Bull. de l'Acad. roy. de Méd. 1837. Jan.) unterscheidet sich die Wirkung auf die Haut der lebenden Thiere fast gar nicht von der auf die von dem Thiere getrennte. Hierauf gründet sich auch die medicinische Wirkung der Gerbstofflösungen. Die Lösungen des Gerbstoffs fällen die Auflösungen von Eiweiss und Leim, und werden durch eine hineingehängte Haut völlig des Gerbstoffs beraubt, so dass man dies als quantitativ-analytisches Mittel oft benutzt hat, die Menge des Gerbstoffs zu erfahren. Obwohl alle Gerbstoffsorten diese Eigenschaften besitzen, so wendet man nicht selten Gemenge von mehreren auf einmal an, und angeblich mit Vortheil. So liess Brewin sein Verfahren patentiren, bei welchem er ein Gemisch von Kino, Dividivi (Extract aus der Dividivischale) und Terra Japonica benutzte. Das Leder wird übrigens durch Anwendung dieser Gerbemittel braun, ungefähr wie bei Séguin's sogenanntem schnellen Verfahren, abgesehen davon, dass die Materialien sehr kostbar sind.

Die frühern Chemiker, deren Kenntnisse von den Eigenschaften der Gerbsäuren sehr unvollkommen waren, und die selbst durch die trefflichen Untersuchungen von Deyeux, Séguin und Proust nicht völlig aufgeklärt wurden, nehmen an, dass die Gerbsäuren ei-

gentlich die Eigenschaft des Gerbens und Fällens des Leimes, oder Verbindungen von Pflanzensäuren mit einer besonderen Pflanzensubstanz besäßen, während diese für sich nicht diese Reaction hervorbringen könnten. Gewisse Pflanzensubstanzen haben nämlich in ihrem wässrigen Auszuge nicht die Fähigkeit, den Leim zu fällen, bekommen sie jedoch durch Zusatz einer Säure. Dies rührt jedoch daher, dass sie gerbsaure Salze enthalten, welche nicht gerben, jedoch durch eine freie Säure zerlegt, jetzt die Gerbefähigkeit erlangen.

Die chemischen Charaktere der Gerbsäuren sind so indifferent, dass sie nur im geringen Grade den Charakter einer Säure besitzen, sich jedoch zu verschiedenen Salzen mit den Basen vereinigen. Diese sind meist unlöslich, und besonders zeichnen sich in dieser Beziehung die Alkaloide aus, mit denen sie fast ganz unlösliche Verbindungen bilden. Jedoch vereinigen sich nun auch umgekehrt die Gerbsäuren mit den Mineralsäuren und bilden mit ihnen Verbindungen, welche namentlich in freien Säuren fast unlöslich sind, sich jedoch in Wasser wieder auflösen, wenn die Säuren ausgewaschen sind.

Eigenthümlich wirken die Gerbsäuren auf die Entwicklung der Pflanzen. Oft will man bemerkt haben, dass dieselbe gehemmt ist, wenn gerbsäurehaltige Stoffe die Wurzeln umgeben. Payen, welcher directe Versuche darüber anstellte, fand dies bestätigt, und sah, wie die Wurzeln getödtet wurden. (Journ. f. p. Ch. III. 6.)

Goepfert, dessen Erfahrungen mit denen Payen's ziemlich zusammenstimmen, fand das Gegentheil von der Gallussäure. Sonst hat man ihnen eine besondere Fähigkeit zugeschrieben, chemische Reactionen zu beschleunigen, indessen geschieht dies entweder dadurch, dass sie selbst leicht Zersetzung erleiden, und dadurch andere Zersetzungen herbeiführen und beschleunigen oder namentlich dadurch, dass die Stoffe, welche die Gerbsäure enthalten, einen Gährungsstoff besitzen, der die Zerlegung bewirkt (s. u. Gerbsäure). Creutzburg empfiehlt z. B., die Maische mit Eichenrinde zu versetzen, um dadurch mehr Branntwein zu erhalten. Er wendete in Gemengen von 18 Lispfund Roggenschrot, 15 Lispfund Malzschrot, 1½ Pfund Eichenrinde an, und fand, dass er 5½ Branntwein mehr erhielt, als ohne die Eichenrinde. (J. f. p. Ch. IX. 299.)

Die Gerbsäuren besitzen die Eigenschaft, mit verschiedenen Metalloxydsalzen verschieden gefärbte Niederschläge zu geben (siehe Galläpfelinctur); namentlich aber zeichnen sich die verschiedenen Säuren durch ihr Verhalten gegen Eisenoxydsalze aus, welche von der einen Klasse schwarz oder blau, von der anderen grün gefärbt werden. Jene Eigenschaft hat man mit Unrecht einem Rückhalt von Gallussäure, diese einem kleinen Gehalt von Catechusäure zuschreiben wollen, welche auf diese Weise gegen Eisenoxydsalze reagiren. Ueber diese Eigenschaften sind von mehreren Chemikern sehr ausführliche Untersuchungen angestellt worden, ohne dass ein recht entscheidendes Resultat gewonnen worden wäre. Geiger hat im Mag. f. Pharm. 1829. Jan. III. März 129 eine Abhandlung darüber mitgetheilt, in welcher er darzuthun sucht, dass alle Gerbsäuren gleiche seien; diejenigen, welche das Eisenoxyd grün färben, verlören diese Eigenschaft durch das Sättigen einer in ihnen enthaltenen freien Säure durch ein Alkali oder Eisenoxyd. Den eisenschwärenden Gerbstoff ver-

wandele eine freie Säure, namentlich Weinsteinssäure, in den eisengrünenden. Wackenroder hat in dieser Beziehung eine Beobachtung über die Catechusäure mitgetheilt (Ann. der Pharm. XXXI. 72), welche von Wichtigkeit ist.

Die Catechusäure färbt die Eisenoxydsalze grün, z. B. das Eisenchlorid; ist das Salz jedoch in kalkhaltigem Brunnenwasser gelöst, oder mit wenig essigsäurem Kali vermischt, so ist die Färbung violett. Cavallius hat hierüber Versuche angestellt, welche in Berzelius' Jahresbericht B. XXI. 274 mitgetheilt sind: Die eisengrünenden Säuren geben mit essigsäurem Eisenoxyd blaue (schwarze) Verbindungen; ihre grüne Verbindung mit dem Eisen (aus einer stärkeren Säure als die Essigsäure) wird aber auch durch Zusatz von vielem Leim, ein Alkali, basisches oder neutrales essigsäures Bleioxyd, blau. Eine Verbindung einer eisengrünenden Säure mit Bleioxyd wird blau durch Zusatz von schwefelsäurem Eisenoxyd. Eine eisengrünende Gerbsäure wird, in Wasser gelöst und mit Eisenspähen gemischt, an der Luft blau. Diese blaue Farbe geht aber durch zugesetzte Essigsäure in grüne über. Die Eichengerbsäure, welche eisenschwärend ist, reagirt, mit Essigsäure gemischt, grün; sättigt man die Essigsäure durch eine Basis, so wird die Farbe blau. Es ist also die Eigenschaft der Basen, die Eisenoxydverbindungen schwarz oder blau, und die der Säuren, sie grün zu machen. Die eisenschwärende Säure hat vorzugsweise den Namen Gerbsäure erhalten, man benennt sie auch, da sie besonders in den Eichen erscheint, Eichengerbsäure, *Acidum quercitanicum*. Die grünenden erscheinen als 1) Chinagerbsäure (s. d. A), *Acid. cinchotanicum*, 2) Catechugerbsäure A. D. *minotanicum*, 3) die Kinogerbsäure *Acid. coccotanicum*. Mit diesen stimmen 3 Theile wenigstens ohne Zweifel überein, die Säuren, welche aus dem Splint der Tannen- und Eichenrinde gewonnen werden, welche ebenso, wie die in der Espenrinde von Bracconot gefundene, das Eisen grün färben. (Pogg. Ann. XX. 52.) Eine ähnliche enthält zu  $7\frac{1}{2}\%$  das Kraut von *Tropaeolum maj.* Dagegen fand Mulder im japanischen Thee eisenbläuende Gerbsäure. (Pogg. Ann. XLIII. 632.)

Ueber die Verbreitung der Gerbsäure im Pflanzenreiche hat Wahlenberg eine ausführliche Untersuchung angestellt: nach ihm kommt sie in einigen perennirenden Wurzeln jähriger Kräuter vor, z. B. der *Tormentilla erecta*, *Polygonum bistorta*, *Lythrum salicaria*; in den Rinden der meisten Bäume und im Holze von Sträuchern und den holzigen Pflanzen. Selten enthalten die Blätter der Kräuter die Säure, obwohl *Saxifraga crassifolia* reich daran ist; häufig erscheint sie in den Blättern der Bäume und Sträucher, in denen sie jedoch im Herbste sich vermindert. In den Schalen der Früchte und den unreifen Früchten ist sie häufig. Selten in den Blumenblättern; unter diesen namentlich in den Rosen und Granaten.

H. Davy hat in der *Agricultural Chemistry* (4to p. 79) eine Uebersicht seiner Versuche mitgetheilt über den Gerbsäuregehalt der verschiedenen Pflanzen und Pflanzentheile. Er fällte sie mit thierischer Haut aus. Hundert Theile folgender Pflanzenstoffe liefern:

Extract. Gerbestoff.

Innere weisse Rinde von alten Eichen 22,5 15

		Extract. Gerbstoff.	
Innere weisse Rinde	von jungen Eichen	23,12	16
"	" " edlen Kastanien	18,54	13,12
"	" " der Leicester Weide	24,37	16,46
Mittle gefärbte Rinde	von Eichen	8,96	3,95
"	" " der edlen Kastanien	8,54	2,92
"	" " Leicester Weide	7,08	3,33
Ganze Eichenrinde; im Frühjahr geschält		12,7	6,04
"	" " Herbst		4,36
"	Kastanienrinde . . . . .	11,04	4,37
"	Leicester Weidenrinde, von grossem Wuchs . . . . .	14,8	6,87
"	Ulmenrinde . . . . .		2,70
"	Weidenrinde . . . . .		2,28
"	Espenrinde . . . . .		3,33
"	Büchenrinde . . . . .		2,08
"	Rosskastanienrinde . . . . .		1,87
"	Ahornrinde (Pseudoplatanus) . . . . .		2,28
"	Italienische Pappelrinde . . . . .		3,125
"	Birkenrinde . . . . .		1,66
"	Haselrinde . . . . .		2,91
"	Schwarzdornrinde . . . . .		3,33
"	Eichenbuschholzrinde . . . . .		6,66
"	Lerchenbaumrinde (im Herbst geschält)		1,66
Sicilianischer Sumach . . . . .		34,37	16,25
Malagesischer Sumach . . . . .		33,5	16,47
Souchong - Thee . . . . .			10,08
Grüner Thee . . . . .			8,54
Catechu von Bombay . . . . .			54,37
" " Bengalen . . . . .			48,12
Galläpfel . . . . .		37,5	26,45
Tormentillenwurzel (Sprengel) . . . . .			34,0

M.

**Gerbsäure.** Eichengerbsäure, Acidum quercitanicum, wird auch gewöhnlich mit dem Namen Acid. tannicum bezeichnet. Die Zusammensetzung, wie sie durch Pélouze und Liebig gefunden, (J. f. p. Ch. II. 320. 328 cf. Berzelius Jahrb. XIX. 382), ist  $C_{14}H_{16}O_{12}$  ihr Vorkommen ist sehr ausgedehnt. (s. d. Art. Gerbsäuren.) Man hat zwar schon lange die Verbindung gekannt, und viele Methoden zu ihrer Darstellung angegeben; so hat Berzelius eine solche Pogg. Ann. X. 257 geliefert, nachdem er sie auch aus der Chinarinde, der Catechu und Kino ausser aus den Galläpfeln darstellte, jedoch erst durch Pélouze hat man eine Bereitungsart kennen gelernt, welche die Substanz rein liefert. Doebereiner hat eine ähnliche schon in Schweigg. Jahrb. 1831. I. 380 beschrieben, nach der auch das Catechu behandelte. In einem Deplacirungsapparat (s. Deplacirungsmethode) werden grob gestossene Galläpfel mit wasserhaltigem Aether ausgezogen. Das Wasser löst die Gerbsäure auf; der Aether andere Substanzen. Beide Flüssigkeiten trennen sich in zwei Schichten. Die obere (der Aether) wird abgegossen, die untere in luftleerem Raume

eingedampft. Der Rückstand wird in Wasser gelöst, filtrirt, mit Kohle gereinigt und wiederum abgedampft. Der Rückstand ist eine reine Gerbsäure mit hellgelber Farbe, ohne Spur von Krystallisation. An trockener Luft unveränderlich, wird sie an feuchter Luft nach und nach schwarz. Im wässrigen Alkohol ist die Säure löslich, fast nicht in Aether. Chlor zerlegt die Substanz schnell. Mit Schwefelsäure, Chlorwasserstoffsäure, Arseniksäure, Phosphorsäure, Bromwasserstoffsäure giebt die Gerbsäurelösung weisse Niederschläge, welche in Wasser und Alkohol fast unlöslich sind. Ihre Zusammensetzung ist nicht bekannt. Heisse Schwefelsäure und Kali verwandeln die Gerbsäure in Gallussäure. Die Eigenschaft, sich mit Collagen und Leim, der aufgelöst ist, innig zu einer unlöslichen Masse zu verbinden (Gerben), kann man anwenden, um die Verbindung aus der Flüssigkeit zu entfernen, und auch, um sie quantitativ zu bestimmen. Indessen wendet man die Alkaloïde dazu an, welche sich gleichfalls mit der Gerbsäure zu unlöslichen Verbindungen vereinigen. Namentlich eignet sich dazu das schwefelsaure Chinin, welches als gerbsaures (1 At. Basis, 2, At. Säure) sehr leicht bestimmt wird. Umgekehrt kann die Gerbsäure dazu dienen, die Alkaloïde aufzufinden und abzuscheiden, daher selbst als Mittel zur Alkaloïmetrie (Henry J. f. p. Ch. III. 4.). Auch zu gerichtlicher medizinischer Benutzung eignet sich die Gerbsäure, da Spuren von Alkaloïden durch sie aufzufinden sind.

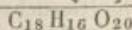
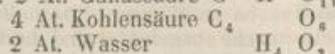
Dieses Mittel kann zugleich angewendet werden, um die Gerbsäure von der Gallussäure zu unterscheiden. Während jene durch Alkaloïdsalze reichlich fällt, wird die gallussaure Lösung schwach getrübt. Das gebildete Salz lässt sich leicht durch Haut, Leim, Zinn-, Blei-, Antimonoxydsalze, Baryt, Kalk, Magnesia zerlegen, wodurch die Basis wider abgeschieden werden kann. (Henry Ann. der Pharm. XV. 100.) In der Hitze bildet die Gerbsäure Metagallus- und Pyrogallussäure, durch Zersetzung geht sie in Gallussäure über.

Die Salze der Gerbsäure sind meist schwer löslich; in diesen ist die Säure zusammengesetzt aus  $C_{12}H_{10}O_9$ ; die wasserfreie Säure.

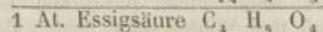
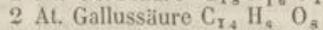
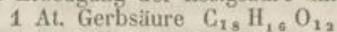
Die Umwandlung der Gerbsäure in die Gallussäure ist sehr merkwürdig. Man hat früher angenommen, es sei dazu Sauerstoff nothwendig, und die Erscheinung sei eine Oxydation, bei welcher sich Kohlensäure entwickelt. Hünefeld hat vergeblich gesucht, durch stark und schwach oxydirende Mittel Gerbsäure in Gallussäure zu verwandeln (J. f. p. Ch. XVI. 359). Dennoch ist es unzweifelhaft, dass der Sauerstoff die Substanz in Kohlensäure und Gallussäure verwandelt (Pélouze). Dabei bildet sich nach Erdmann's und meiner Erfahrung auch viel Ellagsäure. Robiquet suchte zu zeigen, dass die Galläpfel ein Ferment enthalten, welches diese Umwandlung bewirkt. (J. f. p. Ch. XI. 411.) Larocque, welcher eine ausführliche Untersuchung darüber angestellt hat, zeigte, dass dies in der That der Fall sei (a. a. Ann. XXIV. 42), dass dieser Stoff auch Zucker in Gährung versetze; ferner dass Bierhefe, Fleisch, Käse denselben Einfluss auf die Gerbesäure ausüben. Dabei ist kein Sauerstoff nöthig, und es bildet sich kaum etwas Gas. Es ist also keine sogenannte Eremaukausie. Eine Anzahl von Stoffen hindern diese Umwandlung, wie sie die Weingährung auch verhindern, z. B. Quecksilberoxyd (in Burgund wird, um die Gährung des Weines zu unterbrechen, diese Substanz in

die Fässer geschüttet), Alkohol, Salpetersäure, Salzsäure, Schwefelsäure, Brom, Terpenthinöl, Aepfelsäure, Essigsäure, Blausäure, weniger arsenigsaures Natron; Sublimat, Citronensäure, Zinnober hindern sie nicht. Weinsteinssäure scheint sie zu bewirken.

Nimmt man die Oxydation an, so zerfällt die Gerbsäure mit Aufnahme von 8 At. Sauerstoff in 2 At. Gallussäure  $C_{14}H_{12}O_{10}$



Wo die Kohlensäureentwicklung nicht stattfindet, wie bei der Umwandlung mittelst Schwefelsäure, und wo kein Sauerstoff Zutritt hat, könnte man die Erzeugung der Essigsäure annehmen:



Diese Substanz findet sich jedoch nicht unter den Produkten. Ob sie sich selbst wieder zersetzt und welche Stoffe es sind, die daraus entstehen, muss noch untersucht werden.

Die Gerbsäure, die unreine und reine, wird häufig in der Medicin angewendet, als Mittel gegen Blutflüsse, Tripper, Gegengift gegen Alkaloide. Man kann dazu die auf pharmaceutischem Wege gewonnene anwenden, welche durch Extraction der Galläpfel durch ein Gemenge von Alkohol, Aether und Wasser gewonnen wird. Sie enthält noch viele andere Stoffe, die jedoch nicht schädlich sind. Brandes fand diese von Béral benutzte Methode sehr vortheilhaft. (Arch. der Pharm. XXI. 320.) Unvortheilhafter ist die von Braconnot und Duve empfohlene, welche die Galläpfel mit Aether auspressen. M.

**Gerbstoff**, künstlicher. Unter diesem Namen versteht man eine Anzahl von wenig charakterisirten Verbindungen, welche durch Einwirkung der Salpeter- und Schwefelsäure auf organische Substanzen in der Hitze entstanden sind. Sie haben mehr oder weniger das Ansehen von Kohle, enthalten aber stets Wasserstoff und Sauerstoff nebst den Elementen der Säuren, durch welche sie hervorgebracht worden sind. In Wasser löslich, schlagen sie Leimauffösungen nieder, woher ihr Name, der sehr übel gewählt ist. Hatchett, welcher diese Substanzen zuerst entdeckte, unterschied drei Arten. Man kann deren jedoch mit Leichtigkeit 20 und mehrere darstellen. Auch Chevreul hat diese Verbindungen untersucht, aber gleichfalls nur einzeln. Vgl. Hatchett Gehl. Journ. I. 555. Chevreul Gilb. Ann. XLIV. 171. Unverdorben, Pogg. Ann. 485. Link, Schweigg. Journ. XI. 252. M.

**Geruch** nennt man sowohl die durch den Geruchsnerve (Nervus olfactorius) vermittelte Empfindung (Olfactus) als auch die Substanz selbst, welche diese Empfindung hervorbringt (Odor), die man passender durch Duft bezeichnet. In Bezug auf die ersten ist merkwürdig, dass der Geruchsnerve nur für diese eigenthümliche Empfindung allein empfänglich zu sein scheint, indem er sich (Job. Müller

Physiologie I. S. 758) gegen alle andere Reizungen unempfindlich zeigt. Die im Innern der Nase ausgebreitete schleimige Haut enthält das in ein Geflecht auslaufende äussere Ende des Geruchsnerven. Die ihn hier umgebende Feuchtigkeit ist zur Wahrnehmung des Geruchs nöthig; weil die trockne Nase nichts riecht. Die Düste scheinen daher erst von dieser Feuchtigkeit absorbiert zu werden und in dieser den Nerven zu afficiren. Deshalb darf auch den Fischen, deren Geruchsnerven sehr ausgebildet sind, und die ein stark riechender Köder anzieht, der Geruchssinn nicht abgesprochen werden. Bei den Thieren ist überhaupt dieser Sinn entwickelter als bei den Menschen, die ihn in der Kindheit erst spät erhalten und ihn im Alter früher verlieren. Das Thier hat ihn indessen auch vorzugsweise nur für gewisse Düste, die zur Unterscheidung seiner Nahrung dienen. Der Elephant liebt z. B. den Blumenduft, der den Hund ganz gleichgültig lässt. Die Aaskrähe riecht ihren Raub fast eine Meile weit. Der Hund spürt den Duft des Wildes oder seines Herrn an den Spuren der Tritte. Die riechende Substanz muss daher eine länger dauernde Atmosphäre um die festen Körper bilden, und namentlich von der lockern Erde zwischen dem Grase, wo die Luft auch mehr stagnirt, festgehalten werden, etwa wie Tabacksrauch in Gewändern. Eine Analogie dieses Spirduftes hat der Geruch, den man an den eignen Händen oft wahrnimmt, wenn man sonst an Zimmerluft gewöhnt, einige Stunden in freier Luft gewesen ist. Dass die Düste Theile der duftenden Substanzen sind, die in die Luft oder in das Wasser übergegangen sind, unterliegt jetzt keinem Zweifel mehr. Rudolphi's Ansicht, nach welcher der Duft als Modification der Luft, ohne Stoffbeimischung betrachtet wird, entbehrt der wissenschaftlichen Klarheit und Leslie's Beobachtungen, denen zufolge auch Düste, wie Wärme, Schall und Licht im Focus eines Brennsiegels gesammelt werden können, lassen auch eine andere Erklärung zu; da die parallel gegen die Axe des Brennsiegels strömende Luft nach dem Gesetze des elastischen Stosses auf den Focus zudringen und sich hier etwas verdichten muss, woraus eine grössere Anhäufung einer der Luft beigemischten Duftsubstanz an dieser Stelle natürlich folgt. Wollte man den Duft mit dem Schall parallelisiren, so müsste man, wie man gegen den Wind hört, auch beim Ausathmen riechen, was gegen die Erfahrung streitet. Die Erfahrung, dass viele Blumen des Abends stärker duften, kann ihren Grund, wie G. G. Schmidt vermuthet, darin haben, dass der von den Pflanzen reichlicher absorbierte Wasserdunst die Düste verdrängt, oder auch darin, dass der Wasserdunst selbst die riechende Substanz leichter absorbiert und schneller in den Schleim der Nervenhaut einführt. Borchard's Voraussetzung eines allgemeinen Riechstoffes, der sich jedesmal speciel modificirt, ist schon durch Hermbstädt beseitigt. Täuschungen des Geruchssinnes (subjective Gerüche) kommen in krankhaften Fällen vor. Der elektrische Reiz bringt bekanntlich einen phosphorähnlichen Geruch hervor, den Schönlein einem eigenthümlichen Stoffe zuschreibt und Ozon nennt.

A.

**Gervais'scher Apparat.** Der Weingährungs-Apparat der Demoiselle Gervais, welcher so eingerichtet ist, dass er den durch

die entweichende Kohlensäure herbeigeführten Weingeistverlust verhindern sollte. Gay-Lussac hat gezeigt, dass dieser Verlust höchstens  $\frac{1}{1000}$  des Alkohols beträgt. Beschrieben ist er in Dingl. pol. Journ. II. 414., auch Manuel de cours de chim. org. par Payen. 1843. T. II. 73.

M.

**Geschmack** bezeichnet sowohl den Sinn des Schmeckens (Gustatus) als auch die Eigenschaft der Körper, durch diesen Sinn unterschieden zu werden (Sapor). Die Zunge ist der Sitz der Geschmacks-Empfindung. An der Oberfläche derselben verlieren sich die Verzweigungen des Zungennerven (Nervus lingualis), der zugleich Bewegungsnerv dieses Organs ist, in den sogenannten Zungenwärtchen (Papillae) die von einer zarten Haut bedeckt sind. Die schmeckbaren Substanzen müssen diesen Wärtchen in flüssigem Zustande, den bei festen Körpern der Speichel vermittelt, genähert werden. Die trockne Zunge schmeckt nichts. Es bleibt unerklärlich, wie bei allen Nervenwirkungen, auf welche Art die Einwirkung auf den Geschmacksnerven geschieht. Die mechanische, der älteren Atomistik angehörige Erklärung, dass die Gestalt der kleinsten Theilchen den Eindruck bedinge, ist wohl als beseitigt anzusehen. Es scheinen chemische Wirkungen mit mechanischen sich zu vereinigen, erstere indessen die Hauptthätigkeit zu bestimmen. Die Bewegung der Speise auf der Zunge erhöht die Geschmacks-Empfindung, vielleicht, weil dadurch immer andere Papillen mit dem Gegenstande in Berührung gebracht werden. Es ist nämlich erwiesen, dass der Geschmack sich bald abstumpft. Die verschiedenen Papillen scheinen für verschiedene Geschmäcke eingerichtet zu sein. Manche Gegenstände werden überall auf der ganzen Zunge geschmeckt, andere nur an der Spitze, andere nur in der Mitte, noch andere nur an der Zungenwurzel. Auch der Zungenschlundkopf-Nerv (Nervus glossopharyngeus) scheint eine Analogie der Geschmacks-Empfindung zu haben. Hier wird namentlich, oft durch Kitzeln oder auch auf andere Weise, Ekel erzeugt und dadurch der Eingang des Stoffes in den Schlund abgewehrt. Der Geschmackssinn ist, wie viele Weinkenner beweisen, bei dem Menschen am vollkommensten ausgebildet und erhält sich bis ins hohe Alter. Die Zungennerven wirken neben dem Schmecken auch als Gefühlsnerven, und namentlich unterscheidet man mit der Zungenspitze genau die Gestalt der Körper. Das bekannte Kunststückchen in einen Kirschstengel mittelst der Zunge einen Knoten zu schürzen, beweist dies hinlänglich. Merkwürdig ist, dass eine dieser beiden verschiedenen Thätigkeiten der Zunge unbeschadet der andern cessiren kann. Elektrizität, Galvanismus und gewisse Krankheitszustände bringen Wirkungen auf die Geschmacksnerven hervor.

A.

**Geschwindigkeit** siehe Bewegung.

**Gesicht** siehe Sehen.

**Getreidefuselöl** siehe Fuselöl.

**Gewicht** (Pondus) ist der Druck eines ruhenden Körpers auf eine Unterlage. Dieser wird bekanntlich durch die Schwerkraft hervorgebracht, und da diese an derselben Stelle über der Erdoberfläche in allen Massentheilen gleich wirkt, so richtet sich das Gewicht nach der Menge der in einem Körper vorhandenen Massentheilen. Das Gewicht ist also der Masse proportional. Die Wage (s. diese) dient dazu, das Gewicht eines Körpers zu ermitteln, indem man mittelst desselben erfährt, wie sich das Gewicht eines Körpers zu einem als bekannt vorausgesetzten Drucke verhält. Bestimmt man dieses Verhältniss durch eine Zahl; so heisst diese das absolute Gewicht des Körpers. Ein Körper wiegt 4 Pfund heisst demnach: derselbe übt einen Druck auf die Wagschale aus, der viermal so gross ist als der Druck, den man Pfund genannt hat. Eine als bekannt vorausgesetzte Druckgrösse wird Gewichteinheit genannt, und irgend ein Körper, der diesen Druck ausübt, heisst gleichfalls ein Gewicht.

Die Festsetzung solcher Gewichte ist willkürlich, doch muss zur Uebereinstimmung der Wägungen dafür gesorgt sein, dass das einmal festgesetzte Gewicht unverändert bleibe. Dazu dienen Normalgewichte, die eben so wie die Normal-Masse unter Aufsicht von Staatsbehörden sorgfältig verwahrt und zur Regulirung der im Gebrauch kommenden Gewichte benutzt werden. Es ist ein zweckloses Streben, solche Gewichte darzustellen, die sich auch nach Verlust des Normalmaasses von selbst wiederauffinden liessen. Böte die Natur ein Mittel dar, eine bestimmte unveränderliche Druckgrösse jederzeit beliebig hervorzubringen, so würde dadurch begreiflicher Weise jedes Gewicht erhalten bleiben; so bald man nur ein für allemal jene Druckgrösse durch dasselbe bestimmt hätte, und die Zahl, welche dieses Gewicht ausdrückt, nicht verloren ginge.

Man hat bekanntlich in dem neu französischen Maass das Meter (s. diese) als den zehnmillionten-Theil des Meridianquadraten von Paris zur Längeneinheit angenommen, und zehnteilig in Decimeter, Centimeter und Millimeter eingetheilt. Das Gewicht eines Cubikcentimeters destillirten Wassers bei seiner grössten Dichtigkeit, d. i. bei einer Temperatur von  $4,4^{\circ}$  Cent. ist als Gewichtseinheit unter dem Namen Gramme eingeführt worden. — Für die Zusammensetzung so wie für die Theilung dieses Gewichts dient auch die Eintheilungszahl 10 und man hat also

1 Decagramm = 10 Gramme	und	1 Decigramm = $\frac{1}{10}$ Gramme.
1 Hectogramm = 100	-	1 Centigramm = $\frac{1}{100}$ -
1 Kilogramm = 1000	-	1 Milligramm = $\frac{1}{1000}$ -

Man würde sich aber sehr täuschen, wenn man glaubte, diese Bestimmung sei so vollständig in der Natur begründet, dass es eigentlich der Aufbewahrung eines Normalmaasses nicht bedürfe. Denn einerseits ist nicht der ganze Meridianquadrat von Paris gemessen, sondern nur höchstens der fünfte Theil desselben zwischen Dünkirchen und Barcellona. Anderweitige Messungen würden daher gewiss ein anderes Resultat geben, und selbst eine Wiederholung ganz derselben Messung würde schwerlich ganz genau mit der ersten übereinstimmen. Andererseits steht auch die Bestimmung des Punktes

der grössten Dichtigkeit des Wassers keinesweges so fest, dass nicht spätere Untersuchungen auch hierin eine Abweichung ergeben sollten. Ein durch eine zweite Messung ermitteltes Gramm würde also nicht mit dem jetzt bestehenden vollkommen übereinstimmen. Daher muss dieses auch durch Normalgewichte erhalten und vervielfältigt werden.

Das Grammgewicht hat aber wegen der zehntheiligen Eintheilung desselben und wegen der Erleichterung, die es für die Bestimmung des specifischen Gewichts darbietet, allgemeine Anwendung in den physikalischen Bestimmungen erhalten, so dass es zweckmässig ist, andere übliche Maasse damit zu vergleichen. Es hat demnach

1 Pfund Poids de marc	489,506	Grammen.
1 - Imperial Troy	373,2484	-
1 - Avoir du pois	453,6005	-
1 Preussisches Pfund	467,1101	-
1 Wiener	560,0164	-
1 Holländisches	492,14908	-
1 Schwedisches	425,4225	-
1 Russisches	408,9512	-
1 Marco Castiliano	230,3068	-

Ueber die Principien dieser Vergleichung sehe man Dove's Schrift über Maass und Messen 2te Aufl. S. 41. etc. Anderweitige Gewichts Vergleichen findet man vollständig gesammelt in Nelkenbrechers Taschenbuch der Münz-, Maass- und Gewichtskunde.

Die Einrichtung der Waage wird in einem besonderen Artikel beschrieben. Hier genüge es, dass auch mit einer unvollkommenen, wenn sonst nur empfindlichen Waage doch sehr genau gewogen werden kann; wenn man den zu wägenden Gegenstand auf eine Schaale legt und durch beliebige kleine Körper z. B. Schroot, Sand und dgl. auf der andern Schaale das Gleichgewicht herstellt; dann aber den zu wägenden Körper fortnimmt und statt desselben genaue Gewichte auf die Schaale so lange legt, bis das Gleichgewicht wieder hergestellt ist. Da diese Gewichte offenbar denselben Druck ausüben, den zuvor der Gegenstand hervorbrachte, so geben sie das absolute Gewicht desselben an.

Jede genaue Gewichtsbestimmung muss sich auf den leeren Raum beziehen. Man muss daher bei den Abwägungen in der Luft mit Hilfe des Barometer-, Thermometer- und Hygrometerstandes das nicht genau erhaltene Gewicht corrigiren, d. h. man muss so viel hinzurechnen, als die durch den Körper verdrängte Luft wiegt. Bei den Gewichten muss natürlicherweise dieselbe Correction eintreten, da auch diese in der Luft nach Verhältniss ihres specifischen Gewichts leichter werden. Wenn also in der Luft  $p$  Gramme denselben Druck hervorbringen wie ein Körper  $k$ ; und wenn die Gewichtsmasse  $a$  Gramme Luft verdrängt, der Körper hingegen  $\beta$  Gramme, so ist der Gewichtsdruck  $p(1-a)$ , das Gewicht des Körpers im Leeren also  $p(1-a) + \beta$ . oder  $p + \beta - ap$ .

So viel würde demnach der Körper an der Beobachtungsstelle im leeren Raume wiegen. Da indessen die Schwere nicht überall an der Oberfläche der Erde gleich ist, so bedarf die Vergleichung solcher Wägungen, die unter verschiedenen Breiten-

graden und bei verschiedenen Erhebungen über das mittlere Niveau der Erdoberfläche angestellt sind, zuweilen noch anderer Correcturen des Gewichts. Bei der Wägung auf einer Schaaale, wie wir oben beschrieben haben, ist diese Correctur nicht nöthig, weil die Aenderung der Schwere auf das Gewicht und auf die abzuwägende Sache gleichmässig wirkt. Eben so ist sie auch bei den üblichen Wägungen mit gleicharmigen Waagen so wie überhaupt bei allen Waagen, die auf der Theorie des Hebels begründet sind, nicht erforderlich. Bei Federwaagen, die auf den Elasticitätsgesetzen beruhen, würde sie nothwendig werden, wenn bei diesen überhaupt so grosse Genauigkeit der Abwägung möglich wäre, dass ein Bedürfniss nach diesen Correcturen entstehen könnte.

Man hat demnach für genaue Wägungen nur die oben mit  $\alpha$  und  $\beta$  bezeichneten Grössen zu ermitteln, um bei genauen Untersuchungen aus dem beobachteten Gewicht das absolute zu erhalten. Zu dem Ende ist erforderlich, das Volumen sowohl des gebrauchten Gewichts als auch des gewogenen Gegenstandes zu ermitteln und aus dem bekannten Gewicht einer Cubikeinheit Luft unter dem vorhandenen Barometer-, Thermometer- und Hygrometerstande die von dem Gewichtstücke und von dem ganzen Körper verdrängte Luftmassen zu erforschen. Das specifische Gewicht des Körpers,  $k$ , und die Gewichtsubstanz,  $\gamma$ , muss dazu bekannt sein, dann ist  $\frac{p}{k}$  bekanntlich das Volumen des Körpers in Cubikcentimetern und  $\frac{p}{\gamma}$  das des Gewichtes. Ist nun  $\lambda$  das Gewicht eines Cubikcentimeters Luft (siehe diese), so ist  $\beta = \frac{p}{k} \lambda$  und  $\alpha = \frac{p}{\gamma} \lambda$ , mithin das absolute Gewicht des Körpers im Leeren  $p + \frac{p}{k} \lambda - \frac{p}{\gamma} \lambda$  oder  $p + \frac{\gamma - k}{\gamma k} p \lambda$ . Dieser Werth würde noch mit einem von der geographischen Breite  $\varphi$  abhängigen Factor multiplicirt werden müssen, wenn der Druck bestimmt werden soll, den der Körper mit dem so bestimmten absoluten Gewichte im Vergleich zu dem Druck ausübt, den er unter dem 45sten Breitengrade ausüben würde. Dieser Factor hat im Allgemeinen die Form:  $1 - \delta \cos 2\varphi$ . Die Entwicklung des Werths von  $\delta$  ist unter dem Artikel Schwere zu suchen. Der Druck des Körpers ist demnach

$$p \left( 1 - \frac{\gamma - k}{\gamma k} \lambda \right) (1 - \delta \cos 2\varphi)$$

Für die Anwendung dieser Formel ist zu bemerken, dass nach den besten Ermittlungen  $\delta = 0,0025944$ ,  $\lambda = \frac{0,0017093 (b - \frac{1}{2}e)}{1 + 0,000365 t}$  ist, wenn  $b$  den auf  $0^\circ$  Quecksilbertemperatur reducirten Barometerstand,  $e$  die Spannkraft des Wasserdunstes in der Luft, beides in Metern dargestellt, und  $t$  die Temperatur der freien Luft in Centigraden ist. A.

**Gewicht, specifisches.** Bei gleichartigen Körpern von gleicher Temperatur verhalten sich die Volumina wie die Gewichte, und somit wie die Massen; bei ungleichartigen Körpern ist das nicht der Fall. Gleiche Volumina können dann sehr ungleiche Gewichte haben, in dem schwereren muss mehr körperlicher Stoff vorhanden sein, und da er doch nur denselben Raum einnimmt, als der in dem

schwereren dichter zusammengedrängt sei. Natürlich müssen sich dann die Dichtigkeiten verhalten, wie die Gewichte gleicher Volumina, oder erstere mit  $D, d$ , letztere mit  $P, p$ , bezeichnet, ist:  $\frac{D}{d} = \frac{P}{p}$ , und wenn wir  $d=1$  setzen, so ist  $D = \frac{P}{p}$ . — Die Dichte eines Körpers wird daher gefunden, wenn wir die Dichte irgend eines anderen Körpers, als Einheit gedacht, mit dem Gewichte  $\frac{P}{p}$  multiplizieren. Die so erhaltene Zahl lässt sich als das Verhältniss des Gewichts der beiden Körper bei gleichem Volumen denken, und heisst alsdann das specifische Gewicht des ersten Körpers. Es ergibt sich aus der Erklärung, dass die specifischen Gewichte zweier Körper  $S$  und  $s$  sich wie ihre Dichtigkeiten  $D, d$ , verhalten müssen.

Derjenige Körper, dessen Dichtigkeit als das Maass für alle übrigen betrachtet wird, ist das reine Wasser, entweder im Zustande seiner grössten Dichtigkeit, oder bei irgend einem anderen Temperaturgrade, meistens bei  $0^\circ$ , der jedoch angegeben sein muss, damit es möglich wird, das Gewicht auf  $0^\circ$  zu reduciren. Von diesem wiegt nun bei  $18\frac{1}{2}^\circ$  R. ein preuss. Kubikzoll genau  $1\frac{1}{2} = 1,222\dots$  preussische Lothe, und ein Kubikfuss preussischen Maasses genau 66 preuss. Pfunde, Zahlen, welche dann, wenn das specifische Gewicht der Körper bekannt ist, zur Bestimmung ihres absoluten Gewichtes nützlich gebraucht werden können.

Man sieht übrigens leicht ein, dass zwei Körper von gleichem absoluten Gewichte nur dann gleiche Volumina haben werden, wenn ihre Dichtigkeiten gleich sind. In allen anderen Fällen werden ihre Volumina sich umgekehrt verhalten müssen, wie ihre Dichtigkeiten, oder umgekehrt wie ihre specifischen Gewichte, d. h.  $V : v$

$$= \frac{1}{D} : \frac{1}{d} = \frac{1}{S} : \frac{1}{s},$$

wodurch es möglich wird, unter vorausgesetzter Kenntniss der absoluten und specifischen Gewichte die Volumina rechnend zu finden. Bei der Nachweisung der Methoden, das specifische Gewicht der Körper zu bestimmen, müssen wir die Körper nach ihrem Aggregatzustande unterscheiden.

a. Feste Körper. — Es kommt hier darauf an, zu finden, wie viel der Körper absolut (d. h. in Pfunden, Lothen, Granen, Grammen etc.) wiegt, sodann, wie viel ein gleich grosses Volumen Wasser von derselben Temperatur absolut wiegt. Letzteres Gewicht in das erstere dividirt, giebt das specifische Gewicht bei der Temperatur, die das Wasser hatte. Dies lässt sich in folgender Art erreichen.

1. Eine, in vielen Fällen brauchbare Methode ist folgende: Man lasse den flach übergebogenen Rand eines Glases von nebenstehender Figur, das etwa 8 bis 12 Kubikzoll Wasser hält, völlig eben und matt abschleifen. Zu demselben muss man eine völlig ebene matte runde Glasscheibe machen lassen, welche den Rand des Glases beinahe bedeckt, also von etwas geringerem Durchmesser ist, als der Rand des Glases. — Man fülle nun das Glas mit destillirtem Wasser so weit als möglich, so dass es über dem Rande eine convexe Oberfläche bildet, suche dessen Temperatur, und schiebe alsdann die matte Glastafel von der Seite her über den Rand. Die Tafel wird



das überflüssige Wasser abstreichen, und das Schieben wird zugleich verhindern, dass sich Luftblasen unter der Tafel fangen. Das Glas wird darauf sehr sorgfältig ringsum abgetrocknet, zu welchem Ende es zweckmässig ist, um einen Niederschlag am Glase zu verhüten, die Arbeit in einem Zimmer vorzunehmen, dessen Temperatur die des Wassers nicht übersteigt. Man bringe nun das Ganze auf die Schaale einer genauen Wage, und tarire dieselbe, bis die Zunge einspielt. Den abzuwägenden Körper, der jedenfalls eine Gestalt und Grösse von solcher Art haben muss, dass er in das Glas hineingeht, wonach man die Grösse des Glases zu wählen hat, legt man neben das Glas, und auf die andere Schaale so lange Gewichte, bis die Zunge einspielt. Dieses Gewicht  $P$  ist das absolute Gewicht des Körpers. Nun nehme man Glas und Körper von der Wage, hebe den Deckel ab, und thue den Körper in das Glas. Er verdrängt Wasser, welches überläuft; das zurückbleibende bildet abermals eine convexe Oberfläche, worauf man den Deckel, wie das erste Mal, hinaufschiebt, und Alles von aussen sehr sorgfältig abtrocknet, auch sich überzeugen muss, dass unter dem Deckel keine Luftblasen sitzen. Bringt man das Glas wieder auf die Wage, so ist das Gleichgewicht nicht mehr vorhanden, denn es fehlt genau so viel Wasser, als der Körper verdrängt hat, und man muss entweder von der andern Schale Gewichte abnehmen, oder neben dem Glase hinzuthun, um das Gleichgewicht wieder herzustellen. Dieses Gewicht  $p$  giebt an, wie viel das verdrängte Wasser, dessen Volumen dem des Körpers gleich ist, wiegt, und durch  $\frac{P}{p}$  erhält man das specifische Gewicht des Körpers.

Schwimmt der Körper im Wasser, so bleibt das Verfahren das nämliche, man legt aber vorher beim Tariren des Glases und Wassers ein hinreichend schweres Bleigewicht neben das Glas. Nachdem man den Körper nachher in das Glas gethan, drückt man ihn mit dem Deckel, so weit es geht, hinunter, und legt das Bleigewicht auf den Deckel, um ein Abheben dieses letzteren zu verhüten.

Poröse Körper, — und die meisten schwimmenden Körper sind porös, — gestatten immer nur eine schwankende Bestimmung des specifischen Gewichts. Sie sind von Luft durchdrungen, und ihr specifisches Gewicht ist daher aus dem ihrer körperlichen Theile, die fast immer schwerer als Wasser sind, und dem der eingeschlossenen Luft, welche weit leichter als Wasser ist, zusammengesetzt. Von letzterer kann so viel darin enthalten sein, daß die Summe beider Gewichte, das letztere als negatives Gewicht ausgedrückt, kleiner wird, als 1; dann schwimmt der Körper, während er, ohne die eingeschlossene Luft, sinken würde. Liegen solche Körper, wie z. B. Holz, lange im Wasser, so verdrängt das langsam eindringende Wasser einen Theil der Luft; aber Niemand weiss, wann der letzte Antheil entwichen ist, und darum werden die specifischen Gewichte solcher Körper ausserordentlich variiren. Nur in feiner Pulvergestalt, scheint es, würden diese Schwierigkeiten verschwinden, wenn die Erfahrung nicht zeigte, dass die Bestimmung des specifischen Gewichtes der Pulver eben so verschiedene Resultate giebt. Auch hier ist es sehr schwer, alle Luft zu entfernen. Fast unsichtbare Lufttheilchen heben die Pulvertheilchen, und sitzen durch Adhäsion so

fest, dass sie sich nie gänzlich entfernen lassen. Das specifische Gewicht der Pulver bestimmt man weit sicherer durch das Stereometer. Allerdings weichen seine Angaben von denen, die nach gewöhnlichen Methoden gefunden sind, bedeutend ab.

Soll das specifische Gewicht, das bei irgend einer andern Temperatur, als  $0^\circ$ , z. B. bei  $t$  gefunden wurde, auf  $0^\circ$  reducirt werden, so ergibt sich das Verfahren aus folgender Betrachtung. Es sei  $a$  die lineare Ausdehnung irgend einer Längeneinheit einer Substanz, um welche sich die Grösse derselben durch Zunahme oder Abnahme der Wärme um einen Thermometergrad ändert, ausgedrückt in Theilen der Einheit, so ändert sie sich bei  $t$  Graden um  $at$ , und die Einheit der Länge ist dann nur noch  $1-at$ , da wir im gegenwärtigen Falle immer nur mit einer Verminderung zu thun haben. Die körperliche Veränderung können wir mit einer für diese Fälle ausreichenden Genauigkeit  $= 3at$  setzen, und somit geht das Volumen  $v$  bei einer Verminderung der Wärme von  $t$  auf  $0$  Graden

über in das Volumen  $v' = v(1-3at)$ , und es ist  $\frac{v'}{v}$  des vorigen. Eben

deshalb würde es auch nur  $\frac{v'}{v}p$  Wasser von der Temperatur  $t$  verdrängen; wir setzen diesen Werth  $= p'$ . Verhält sich die Dichtigkeit des Wassers bei  $t$  Grad zu der bei  $0^\circ$  wie  $d$  zu  $1$ , so wird derselbe Raum mit Wasser von  $t$ , und dann mit Wasser von  $0^\circ$  gefüllt, Gewichte ergeben, die sich wie  $d:1$  verhalten, und nennen wir das

letztere Gewicht bei  $0^\circ = p''$ , so ist  $d:1 = p':p''$ , also  $p'' = \frac{p'}{d}$ .

Nun ist  $s = \frac{P}{p}$ , daher das corrigirte oder auf  $0^\circ$  gebrachte specifische

Gewicht  $s' = \frac{P}{p'} = \frac{P}{p} \cdot \frac{d}{1-3at} = \frac{sd}{1-3at}$ . Ist  $a$  nicht bekannt, wie

das meistens der Fall ist, so wird das Volumen des Körpers als unveränderlich in der Wärme angenommen, und dann setzt man

$s' = \frac{Pd}{p} = sd$ , allerdings nicht vollkommen richtig. Die Correctionen

der meisten Wägungen sind auf diese Weise gemacht.

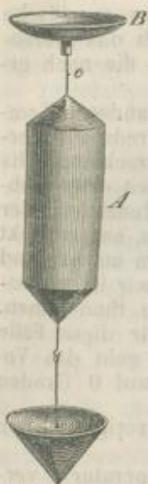
Soll das specifische Gewicht eines Körpers gefunden werden, der sich in Wasser auflöst, so muss statt des Wassers eine andere Flüssigkeit gewählt werden, in welcher er sich nicht auflöst, deren specifisches Gewicht,  $S$ , aber bekannt ist. Man verfährt mit ihr, wie

vorher; das gefundene  $\frac{P}{p}$  aber wird mit  $S$  multiplicirt, so dass demnach

$s = \frac{PS}{p}$ .

Um eine Correction wegen des Widerstandes der Luft zu vermeiden, ist es in allen Fällen gut, wenn das Glas nur wenig grösser als der Körper gewählt wird, den man darin abwägen will.

2. Vermittelst des Nicholson'schen Aräometers. Dieses Instrument besteht aus einem hohlen, kegelförmig zugespitzten Blech-



cylinder *A*, einer auf dem oberen Drathe befestigten hohlen Schaale *B*, und einem, an dem unteren Drathe hängenden Kegel, der oben eine vertiefte Schale hat, inwendig aber mit so viel Blei ausgegossen ist, dass das ganze Instrument im Wasser aufrecht schwimmt, und etwa zur Hälfte eingetaucht ist. Es gehört dazu ein Glascylinder, der etwas höher als das Instrument ist, aber nur wenig weiter, damit es sich nicht auf die Seite legen kann.

Füllt man den Glascylinder mit destillirtem Wasser, und setzt das Instrument hinein, so schwimmt es aufrecht, legt man Gewichte auf die Schaale *B*, so taucht es tiefer ein, um so mehr, je mehr man auflegt. Mit irgend einem Gewichte  $\pi$  wird es bis an den Hals gesunken sein, und die Stelle *o*, bis zu welcher es eintaucht, bezeichnet man mit einem Feilstrich, denn bis dahin sinkt es jedesmal, wenn es mit  $\pi$  belastet ist, dafern die Temperatur des Wassers dieselbe bleibt.

Soll nun das specifische Gewicht eines festen Körpers gefunden werden, so darf sein absolutes Gewicht nicht mehr als  $\pi$  betragen, wohl aber weniger. Man lege den Körper =  $P$  auf die Schaale, und dann so lange Gewichte, bis das Instrument bis *o* eintaucht. Seien diese Gewichte =  $g$ , so ist  $P + g = \pi$ , also  $P$  oder das absolute Gewicht des Körpers =  $\pi - g$ .

Hierauf nehme man den Körper von der Schaale ab, und lege ihn auf die Schaale des Kegels. Er taucht nun in das Wasser ein, verdrängt so viel, als sein Volumen beträgt, und wird mit dem Gewichte dieses Wassers gehoben =  $p$ , so dass sein Gewicht nur  $P - p$ . Das Instrument taucht jetzt nicht bis *o* ein, es muss in die Schaale *B* noch so viel Gewicht nachgelegt werden, bis es bis *o* eintaucht, nämlich eben so viel, als womit der Körper gehoben wird, nämlich  $p$ . Da nun das Gewicht des Körpers  $P$ , das Gewicht des Wassers von demselben Volumen  $p$  ist, so erhält man das specifische Gewicht  $s = \frac{P}{p}$ .

Einen schwimmenden Körper bindet man mittelst einiger Fäden auf den Kegel fest. Doch müssen die Fäden schon vorher übergebunden sein, weil sie mit wiegen, und man muss alsdann  $\pi$  bestimmen, das sich ein wenig verändert zeigt. Ausserdem ändert sich nichts. Alle Correctionen, wenn sie nöthig sein sollten, werden, wie oben angegeben, ausgeführt. Das Instrument ist bequem und leicht zu handhaben. Deshalb sind sehr viele specifische Gewichte mittelst desselben bestimmt, besonders Mineralien.

3. Vermittelst der hydrostatischen Wage. Jede genaue Wage, deren eine Schaale unten mit einem Haken versehen ist, kann dazu gebraucht werden. Soll nun ein Körper abgewogen werden, so kann dies nur geschehen, wenn er mittelst eines Fadens an den Haken der Schaale gehangen wird.

Man befestige den dazu bestimmten Faden oder Drath an den Haken der Schaale, setze dann ein hinreichend grosses Glas mit de-

stillirtem Wasser gerade darunter, und lasse den Faden in das Wasser hängen, so dass nur einige Zolle heraus bleiben. Darauf tarire man die andere Schaale, bis die Wage im Gleichgewichte steht, Jetzt lege man den abzuwägenden Körper auf die Schaale mit dem Haken, auf die andere Gewichte, bis die Zunge einspielt, so findet man sein absolutes Gewicht  $P$ . Man merke sich, wie weit der Faden eintaucht. Jetzt befestige man den Körper an den Faden, und senke ihn in's Wasser, bis der Faden eben so weit eingetaucht ist, wie vorher. Das Wasser hebt den Körper mit einem Gewichte, welches dem des verdrängten Wassers gleich ist. Das Gleichgewicht ist daher aufgehoben, und man muss entweder auf die Schaale, an welcher der Körper hängt, Gewicht nachlegen, oder von der andern wegnehmen, wenn die Zunge einspielen soll. Dieses Gewicht ist  $= p$ , und man findet das specifische Gewicht des Körpers abermals durch  $\frac{P}{p}$ . Suspendirt man nicht die Mitwirkung des Fadens, sondern rechnet sein Gewicht, wie häufig geschehen ist, für Nichts, so wird die Abwägung ungenau.

Das Gewicht eines schwimmenden Körpers kann mittelst dieser Methode nur gefunden werden, wenn man ihn an einen untersinkenden Körper, z. B. ein Stück Blei, befestigt. Das Bleistück wird in der Mitte des Fadens befestigt, und nun die Wage tarirt, wobei das Blei aber weder auf den Boden des Glases liegen, noch aus dem Wasser herausragen darf, sondern in demselben schweben muss. Man sucht darauf das absolute Gewicht des Körpers, und befestigt ihn dann mit dem herabhängenden Theile des Fadens am Blei, worauf das nachzulegende Gewicht  $= p$  ist, und  $\frac{P}{p}$  das specifische Gewicht ergibt.

Hängt man an den Faden einen genau gearbeiteten Kubikzoll von Metall, tarirt die Wage, und versenkt ihn dann in das Wasser, so giebt das nachzulegende Gewicht  $p$  das absolute Gewicht eines Kubikzolls Wasser von der Temperatur des angewandten.

Correkturen werden in der oben angegebenen Weise vollzogen.

Nach diesen verschiedenen Methoden ist das Gewicht einer grossen Menge von festen Körpern gefunden worden; und da es in vielen Fällen nöthig ist, dasselbe zu kennen, so stellen wir hier die Angaben für die wichtigsten festen Körper nach den besten Beobachtungen zusammen.

Achat, 2,590.	Antimonglanz, 4,10—4,620.	Augit, 3,23—3,350.
Ahornholz, 0,750.	Antimonoxyd, 5,560—5,778.	Auripigment, 3,48.
Alabaster, 2,700.	Antimonsilber, 9,44—9,820.	Balsam, peruvianisch., 4,150.
Alaun, 4,744—4,753.	Apatit, 3,428—3,225.	Baryt, 3,30—4,80.
Alaunerde, 4,20—4,740.	Apophyllit, 2,335—2,467,	- salzsaurer, 2,825.
Alaunschiefer, 2,34—2,588.	Arragonit, 2,920—2,934.	Basalt, 2,722—2,864.
Albit, 2,64—2,680.	Arsenige Säure, 3,698—3,738.	Bausteine, im Mittel, 2,500.
Aluminit, 4,66—4,705.	Arsenik, 5,766—5,96.	Benzoë, 4,063—4,09.
Analcim, 2,068.	Arsenikkies, 6,127—7,228.	Bergkork, 0,680—0,993.
Andalusit, 3,104—3,160.	Arseniksäure, 3,39,	Bergmehl, 0,360—4,372.
Anhydrit, 2,70—2,899.	Asbest, biegsam, 0,908—2,444.	Bergtheer, 4,130.
Anthracit, 4,40—4,480.	- gemeiner, 2,050—2,800.	Bernstein, 4,065—4,085.
Antimon, 6,646—6,723.	Asphalt, 4,07—4,160,	Bernsteinsäure, 4,350.

- Bimstein, 0,944—1,647.  
 Bitterkalk, 2,878.  
 Bittersalz, 1,750.  
 Bitterspath, 2,926.  
 Blätterkohle, 1,27—1,340.  
 Blättertellur, 7,00—8,910.  
 Blei, 11,333—11,445.  
 Bleiglatte, 9,277—9,5.  
 Bleiglanz, 7,568—7,585.  
 Bleispath, 6,460.  
 Bleivitriol, 6,298—6,70.  
 Bleizucker, 2,345—2,395.  
 Blende, 4,027—4,078.  
 Bolus, 4,60—2,000.  
 Boracit, 2,566—2,974.  
 Borax, 1,720.  
 Boraxglas, 2,600.  
 Brasilienholz, 1,034.  
 Braunkohle, 1,22—1,288.  
 Braunspath, 2,884.  
 Braunstein, 3,70—4,626.  
 Bronzit, 3,204—2,252.  
 Buchenholz, 0,852.  
 Buchsbaumholz, 0,912—1,33.  
 Bunkupfererz, 5,000.  
 Butter, 0,942.  
 Cacaobutter, 0,892—0,94.  
 Galomel, 7,44—7,70.  
 Campecheholz, 0,913.  
 Campher, 0,986—0,996.  
 Cannelkohle, 1,423.  
 Carneol, 2,620.  
 Caoutchouc, 0,925—0,9335.  
 Cererit, 4,912—4,930.  
 Chalcedon, 2,207—2,691.  
 Chinasäure, 4,637.  
 Chlorcalcium, 2,24—2,27.  
 Chlorcyan, 1,32.  
 Chlorhydrat, 1,20.  
 Chlorit, 2,743.  
 Chlorkalium, 4,826—4,86.  
 Chrom, 5,900.  
 Chromeisen, 4,362—4,498.  
 Chromoxyd, 2,5—2,6.  
 Chrysoberyll, 3,750.  
 Chrysolith, 3,34—3,440.  
 Citronenholz, 0,726.  
 Citronensäure, 4,617.  
 Cölestin, 3,858.  
 Copal, 1,045—1,139.  
 Corund, 3,90—3,98.  
 Cypressenholz, span., 0,644.  
 Datolith, 2,85—2,989.  
 Diamant, 3,50—3,53.  
 Dioptas, 3,278.  
 Disthen, 3,545—3,676.  
 Drechenblut, 1,196.  
 Ebenholz, 0,800—1,331.  
 Eibenbaumholz, 0,788—0,807.  
 Eichenholz, Kern, 1,470.  
 Eis, 0,916—0,9268.  
 Eisen, geschmiedet, 7,6.  
 - gegossen, 7,0—7,5.  
 - meteorisch, 7,600—7,830.  
 - phosphorsaures, 2,660.  
 Eisenchrom, 4,498.  
 Eisenhammerschlag, 5,48.  
 Eisenoxyd, roth, 4,93—5,250.  
 Eisenoxydhydrath, 3,922—3,940.  
 Eisenoxydul, 3,500.  
 Eisenvitriol, 1,832—1,970.  
 Eiweiss, getrocknet, 1,344.  
 Elemi, 1,018—1,083.  
 Elfenbein, 1,825—1,917.  
 Epheuharz, 1,294.  
 Epidot, 3,269—3,425.  
 Erdkobalt, schwarzer, 2,20—2,210.  
 Erdpech, 1,07—1,165.  
 Erlenholz, 0,66—0,680.  
 Eschenholz, 0,845.  
 Euklas, 3,098.  
 Fahlerz, 4,3—4,789.  
 Feldspath, 2,53—2,558.  
 Fernambukholz, 1,044.  
 Fett, Ochsen-, 0,923.  
 - Schweine-, 0,937.  
 - Hammel-, 0,924.  
 - Kalbs-, 0,934.  
 Feuerstein, 2,594—2,700.  
 Flussspath, 3,094—3,130.  
 Galmei, Zinkglaserz, 3,380.  
 - gemeiner, 4,442.  
 Gelberde, 2,240.  
 Glanzkohle, 4,482.  
 Glas, grünes, 2,642.  
 - engl. Spiegel, 2,450.  
 - Krystall-, 2,892—3,000.  
 - engl. Flint-, 3,373—3,442.  
 - franz. Flint-, 3,458—3,200.  
 - Körner's Flint-, 3,344.  
 - Frauenhofer's Fl., 3,779.  
 Glaubersalz, 1,470—1,484.  
 Glaukolith, 2,900.  
 Glimmer, 2,654—2,934.  
 Gold, gedieg., 14,867 18,000.  
 - gegossen, 19,238—19,253.  
 - gehämmert, 19,361—19,6.  
 Granat, gemein, 3,668—3,769.  
 - edler, 4,098—4,208.  
 Granit, ägyptischer, 2,654.  
 - gemeiner, 2,538—2,956.  
 Graphit, 1,8—2,24.  
 Grünsapn, krystall., 1,044.  
 Guajakharz, 1,12—1,205.  
 Gummi, arab., 1,34—1,452.  
 - Guttli, 1,207.  
 Gummilack, 1,139.  
 Gyps, 1,875—2,964.  
 - spöthiger, 2,310—2,322.  
 Harz, Fichten-, 1,073.  
 Holz, fossiles, 0,20—1,380.  
 Holzkohle, 0,280—0,440.  
 Hornblende, 2,922—3,467.  
 Hornsilber, 4,74—5,548.  
 Hübnererz, 1,090.  
 Hyacinth, 4,35—4,680.  
 Jaspis, 2,358—2,764.  
 Idokras, 3,08—3,400.  
 Indigo, 0,769.  
 Iod, 4,948.  
 Iodkalium, 3,07.  
 Iodsilber, 5,614.  
 Iridium, 15,588—15,862.  
 - gediegen, 21,85—23,00?  
 Kadmium, gegossen, 8,604.  
 - gehämmert, 8,694.  
 Kadmiumoxyd, 8,183.  
 Kali, kohlens., 2,600.  
 - schwefels., 1,73—2,636.  
 Kalihydrat, 1,708—2,100.  
 Kalium, 0,865.  
 Kalk, gebrannter, 2,3—3,179.  
 - kiesels., 2,76—2,90.  
 - phosphors., 3,180.  
 - salzs., 2,21.  
 Kalkspath, 2,744—2,724.  
 Kalkstein, 2,456—2,720.  
 Kieselerde, 2,660.  
 Klebschiefer, 2,08.  
 Kleesäure, 1,507.  
 Knochen, Ochsen-, 4,656.  
 Kobalt, gegossen, 8,71.  
 Kobaltglanz, 6,298.  
 Kochsalz, 2,12—2,170.  
 Kohle, Eichenholz-, 1,573.  
 Korallen, 2,690.  
 Kork, 0,240.  
 Korund, 3,90—3,979.  
 Kreide, 2,252—2,675.  
 Kupfer, gediegen, 8,584.  
 - gegoss., 8,667—8,7267.  
 - gehämm., 8,878—8,9.  
 - japanisches, 8,434.  
 Kupfererz, rothes, 5,30—600.  
 Kupferglanz, 5,695—5,735.  
 Kupferkies, 4,469—4,8.  
 Kupferlasur, 3,5—3,831.  
 Kupferoxyd, 6,093—6,40.  
 Kupferoxydul, 6,05.

Kupfer, phosphorsaures.	Perlen, oriental., 2,684.	Silberglanz, 6,9—7,200.
3,60—4,205.	- gemeine, 2,750.	Silberoxyd, 7,143—7,25.
- salzs., 4,43.	Petalit, 2,44.	Smaragd, 2,678—2,775.
Kupfervitriol, 2,494—2,300.	Pflanzenfaser, 4,483—4,535.	Spatheisenstein, 3,7—3,829.
Labrador, 2,714—2,754.	Pflaumbaumholz, 0,785.	Speckstein, 2,600—2,623.
Ladanum, 4,186.	Phosphor, 4,70—4,77.	Speiskobalt, 6,466.
Lava, 2,795—2,823.	Phosphoreisen, 6,700.	Spinell, 3,48—3,54.
Lazulith, 2,3—3,056.	Phosphorkupfer, 7,122.	Spinellan, 2,28.
Lepidolith, 2,949.	Phosphorsäure, 2,687.	Spodumen, 3,170.
Leucit, 2,483—2,500.	Platin, geschmolzen, 20,855.	Stärkemehl, 4,530.
Lindenholz, 0,604.	- gehämmert, 21,25.	Stärkezucker, 4,386—4,394.
Linsenerz, 2,926.	Platindraht, 21,4.	Stahl, 7,65—7,795.
Magnesia, natürl., 2,43—2,35.	Platinerz, 16—18,940.	- Guss-, 7,949.
Magnesit, 2,81.	Polyhalith, 2,65—2,769.	Steinkohlen, 4,232—4,510.
Magneteseisenstein, 5,095.	Porphyr, 2,70—2,800.	Steinsalz, 2,443—2,442.
Magnetkies, 4,4—4,630.	Porcellan, 2,146—2,493.	Stilbit, 2,161—2,95.
Mahagonyholz, 4,063.	Prehnit, 2,925.	Strahlkies, 4,69—4,847.
Malachit, 3,670—4,00.	Quarz, 2,652—2,690.	Strontian, 3,4—3,958.
Mangan, 8,013.	Quecksilber, gefroren, 44,394.	- kohlen-, 3,605—3,8.
Manganerz, rothes, 3,592.	Quecksilberoxyd,	- schwefels., 3,5—3,900.
- schwarzes, 4,722.	44,085—44,290.	Strontium, 4,0—5,000.
Manganerz, 3,950—4,045.	Quecksilberoxydul, 44,074.	Tafelspath, 2,805.
Manganoxyd, 4,328.	Quecksilbersublimat,	Takamahak, 4,046.
Marmor, 2,747—2,838.	5,139—5,42.	Talgstoff, 0,968.
Mastix, 4,04—4,074.	Raseneisenstein, 2,603.	Talkerde, 2,350.
Mauerstein, 2,000.	Realgar, 3,30—3,556.	Tannenholz, weiss, 0,550.
Meerschäum, 4,279—4,600.	Rhodium, 11,000.	- roth, 0,498.
Mennige, 9,096—9,49.	Rothgiltigerz, 5,42—5,846.	Tantalit, 6,294—7,900.
Mergel, 2,40—2,600.	Rubin, orient., 3,990.	Tellur, 6,115—6,258.
Messing, 7,80—8,400.	Rutil, 4,249.	Thon, 4,80—2,630.
Meteorstein, 3,55—3,600.	Salmiak, 4,45—4,528.	Thonschiefer, 2,76—2,880.
Milchzucker, 4,543.	Salpeter, 4,937—2,00.	Thonstein, 2,24.
Molybdän, 8,600.	Sandarach, 4,05—4,09.	Thorerde, 9,402.
Molybdänglanz, 4,4—4,590.	Sandstein, 2,2—2,500.	Titan, 5,300.
Muriacid, 2,899.	Saphir, orient., 4,29—4,830.	Titaneisen, 4,62—4,890.
Musivgold, 4,415.	- brasil., 3,430.	Topas, 3,560.
Natrium, 0,9348—0,972.	Sauerkleesäure, 4,507.	Traganth, 4,316.
Natronalaun, 4,60.	Schiefer, 2,636—2,672.	Tripel, 4,856—2,200.
Natronhydrat, 4,536.	Schiesspulv., gebäuft, 0,836.	Türkis, 2,86—3,000.
Natron, kohlen-, 4,423.	- geschüttelt, 0,932.	Tungstein, 5,9—6,075.
Nickel, gegossen, 8,279.	- gestampft, 4,745.	Turmalin, 3,076—3,300.
- gestreckt, 8,666.	Schillerspath, 2,694.	Ulmenholz, 0,674.
Obsidian, 2,34—2,395.	Schrifttellur, 5,723—5,800.	Umbra, 2,206.
Onyx, 2,638—2,816.	Schwarzeisenstein, 4,145.	Uran, 9,000.
Opal, 2,06—2,10.	Schwefel, reiner, 1,980.	Wachs, gelbes, 0,965.
Ophit, 2,560.	- gediegen, 2,07—2,100.	- weisses, 0,969.
Opium, 4,336.	- krystall., 2,033.	Walkererde, 4,82—2,198.
Opopanax, 4,622.	Schwefelblumen, 2,086.	Wallnussholz, 0,674.
Osmium, 10,000.	Schwefelkies, 4,60—5,03.	Wallrath, 0,943.
Osmium-Iridium-Erz,	Schwefelzinn, 5,267.	Weidenholz, 0,585.
40,44—24,148.	Schwerspath, 4,442—4,679.	Weihrauch, 4,224.
Palladium, gegossen,	Schwimmstein, 0,405—0,797.	Weinsteinsäure, 4,596—4,75.
44,30—44,800.	Selen, 4,30—4,32.	Weissgiltigerz, 4,6—5,322.
- gehämmert, 42,448.	Selenblei, 7,697.	Wetzschiefer, 2,72.
Pappelholz, 0,383—0,529.	Serpentin, 2,43—2,560.	Wismuth, gediegen,
Pech, weisses, 4,072.	Silber, gegossen, 10,474.	9,612—9,737.
Pechstein, 2,210.	- gehämm., 10,310—10,622.	- gegoss., 9,822—9,850.

Wittherit, 4,27—4,436.	Zinkglaserz, 3,3—3,5.	Zinn, gehämm., 7,299—7,475.
Wolfram, 6,8—7,600.	Zinkoxyd, 5,43—5,6.	Zinnkies, 4,350—4,78.
Wolframmetall, 17,22—17,60.	Zinkspath, 3,6—4,444.	Zinnstein, 6,30—6,960.
Wootz, 7,665.	Zinkvitriol, 4,942—2,036.	Zinnober, 8,424—8,098.
Würfelierz, 2,990.	Zinn, engl., gegossen, 7,295.	Zirkon, 4,0—4,505.
Yttererde, 4,842.	- Banka, - 7,246.	Zirkonerde, 4,300.
Zink, gegossen, 6,864—7,215.	- Malakka - 6,4256.	Zuckerand, 4,6065.
- gehämmert, 7,19—7,24		

### b. Flüssige Körper.

1. Mittelst des unter a. 1. beschriebenen Glases. — Glas und Deckel werden auf die Wage gebracht und tarirt. Dann wird das Glas mit destillirtem Wasser gefüllt, sorgfältig abgetrocknet und gewogen. Dies Gewicht, das man sich, künftiger Abwägungen halber, ein für allemal merken kann, ist  $p$ . Man giesse nun das Wasser aus, trockne das Glas in- und auswendig ab, und fülle es mit der Flüssigkeit, deren Gewicht bestimmt werden soll. Nachdem der Deckel aufgeschoben, und alles rein abgetrocknet ist, wiege man abermals, so erhält man das absolute Gewicht der in dem Glase enthaltenen Flüssigkeit  $P$ , und hierdurch  $\frac{P}{p} = s$ .

2. Mittelst einer Flasche. Man kann statt jenes Glases eine gläserne Flasche mit eingeriebenem Stöpsel anwenden, und so lange dieser einmal so tief wie das andere Mal hineingeht, weshalb man sich hüten muss, ihn viel zu drehen, erhält man das Gewicht in gleicher Art, wie vorher. Es werden Flaschen gearbeitet von einer Grösse, dass sie bei einer gewissen Temperatur genau 1000 Gran destillirten Wassers enthalten. Das Gewicht der leeren Flasche  $= f$  in Granen ist auf dem Boden eingätzt. Füllt man diese Flasche mit der zu bestimmenden Flüssigkeit, und wiegt sie, so muss das Gewicht, — es sei  $= Q$ , — in Granen ausgedrückt werden. Dann ist  $Q - f = P$ , und da  $p = 1000$ , so hat man von  $P$  aus nur rechts 3 Stellen durch ein Komma abzuschneiden, um  $s$  zu erhalten.

3. Durch hydrostatische Abwägung. — Man wähle irgend einen Körper, der sich in der zu bestimmenden Flüssigkeit nicht auflöst, bestimme sein absolutes Gewicht, befestige ihn dann an den Faden, versenke ihn in destillirtes Wasser, und suche das Gewicht  $p$  desselben, wie unter a. 3. gelehrt worden. Nachdem dies geschehen, versenke man ihn eben so in die zu bestimmende Flüssigkeit, und untersuche, um wie viel er darin leichter geworden ist, indem man von seinem absoluten Gewichte sein jetziges Gewicht abzieht, so erhält man  $P$ , und durch  $\frac{P}{p}$  das spezifische Gewicht der Flüssigkeit.

4. Vermittelst der Aräometer. Es können dazu eben sowohl die Skalen-Aräometer, als die mit Gewichten, (Fahrenheitsche Aräometer) gewählt werden. Letztere sind um deswillen sicherer, als die ersten, weil die Richtigkeit der Bestimmung nicht von der Richtigkeit der Skalentheilung abhängt. Wir verweisen hier auf den Artikel Aräometer.

Alle Correctionen, wenn sie nöthig sind, werden in der Weise ausgeführt, wie unter a. gezeigt worden.

Wir geben auch hier ein Verzeichniss des specifischen Gewich-

tes der am häufigsten vorkommenden Flüssigkeiten nach den besten Bestimmungen.

Aethersäure, 1,0150.	Hydriodsäure, 4,700.	Sassafrasöl, 1,0940—1,442.
Alkohol, 0,7920.	Kalmusöl, 0,995.	Sauerkleeäther, 1,0929.
Ameisenäther, 0,9457.	Kastanienöl, 0,927.	Schwefeläther, 0,7155.
Ameisensäure, 1,1468.	Kohlenwasserstoff $H^4C^2$ , 0,627.	Schwefelblausäure, 1,022.
Ammoniakflüssigkeit, 0,8750.	- HC, 0,85.	Schwefelkohlenstoff, 1,272.
Anisöl, 0,9958.	- $H^3C^2$ , 0,86.	Schwefelsäure, 1,845.
Baldrianöl, 0,9650.	Krausemünzöl, 0,9696.	- Nordhäuser, 1,860.
Benzoëäther, 1,0540.	Kreosot, 1,037.	Schwefelwasserstoff, $H^2S$ , 0,900.
Bergamottöl, 0,8855.	Kümmelöl, 0,9598.	- HS, 1,77.
Bernsteinöl, 0,800.	Kümmel römisch, 0,945.	Schwefliche Säure, 1,450.
Bernsteinäther, 1,036.	Lavendelöl, 0,877—0,948.	Seewasser, 1,0286.
Bier, 1,0230—1,0340.	Leberthran, 0,945.	- im toden Meere, 1,2122.
Blausäure, 0,7050.	Leindotteröl, 0,9252.	Selensäure, 2,524.
Blutwasser, 1,0250—1,0310.	Leinöl, 0,9395.	Senföl, fettes, 0,917.
Brenzl. Essiggeist, 0,7864—0,805.	Mandelöl, 0,948—0,920.	- ätherisches, 1,038.
Brenzl. Holzessiggeist, 0,798—0,8040.	Melissenöl, 0,975.	Spiköl, 0,749—0,877.
Brom, 2,9660.	Milch, 1,020—1,041.	Steinkohlenöl, 0,911.
Bucheckeröl, 0,9225.	Mohnöl, 0,9243.	Steinkohlentheeröl, 0,770.
Buttersäure, 0,9675.	Muskatblüthenöl, 0,9538.	Steinöl, 0,753—0,836.
Cajeputöl, 0,9274—0,9474.	Muskataussöl, 0,948.	Talgsäure bei 94°, 0,854.
Cascarillöl, 0,9380.	Nelkenöl, 1,066.	Terpenthinöl, 0,792—0,894.
Cassiaöl, 1,071.	Nussöl, 0,926.	Thran, 0,948—0,937.
Chloräther, 1,4340—1,227.	Oelsäure, 0,898.	Thranfett, 0,954.
Chlorcyan, 1,3200.	Oelstoff, 0,943—0,929.	Thymianöl, 0,905.
Chlorkohlenstoff, $CCl_2$ , 1,5526.	Oel des ölbildenden Gases $CH^2Cl$ , 1,220—1,256.	Ueberchloresäure, 1,650.
Chlorsäure, 1,3.	Olivenöl, 0,9176—0,9492.	Unterschweifelsäure, 1,347.
Chlorschwefel, 1,628.	Perubalsam, 1,140—1,150.	Wachholderöl, 0,935.
Chlorstickstoff, 1,653.	Petersilienöl, 1,045.	Wasserstoffüberoxyd, 1,453.
Citronenöl, 0,8470—0,8786.	Pfeffermünzöl, 0,955.	Wein, Rhein-, 0,9925—1,002.
Copalv balsam, 0,95—0,966.	Pomeranzenblüthöl, 0,9085.	- Franz-, weiss., 1,020.
Cyan, tropfbar, 0,900.	Pomeranzenschalöl, 0,888.	- Burgunder, 0,992.
Dillöl, 0,881.	Quecksilber, 13,568—13,597.	- Bordeaux, 0,994.
Eiweiss, 1,0408.	Rainfarnöl, 0,9345.	- Champagner, 0,962.
Essigäther, 0,866.	Rapsöl, 0,9436.	- Portwein, 0,997.
Essigsäure, 1,063.	Rautenöl, 0,911.	- Capwein, 1,021.
Fenchelöl, 0,999.	Ricinusöl, 0,9699.	- Canarien, 1,033.
Fluorarsenik, 2,730.	Rosenöl, 0,8320.	- Malaga, 1,015.
Flusssäure, 1,0609.	Rosmarinöl, 0,888—0,910.	- Madeira, 1,038.
Fuselöl, 0,824—0,835.	Rüböl, 0,9428—0,9468.	Weinkernöl, 0,9202.
Galbanumöl, 0,9242.	Sadebaumöl, 0,9455.	- schweres, 1,433.
Hanföl, 0,9288.	Salbeiöl, 0,864.	- leichtes, 0,9474—0,924.
Harn, 1,011.	Salpeteräther, 0,886.	Weinsteinöl, 1,540.
Haselnussöl, 0,9242.	Salpetersäure, 1,524—1,522.	Wermuthöl, 0,9725.
Honig, 1,450.	Salpetrige Salpeters., 1,454.	Wurmsamenöl, 0,9258.
Hopfenöl, span., 0,9465.	Salzäther, leichter, 0,845—0,874.	Zimmtöl, 1,008—1,074.
Hydriodäther, 1,9206.	Salzsäure, 1,2109.	Zuckersäure, 1,446.

c. Luftförmige Körper. Wir müssen hier die Gase von den Dämpfen unterscheiden, da das Verfahren für beide nicht dasselbe ist oder zu sein braucht. Als Einheit wird gewöhnlich die atmosphärische Luft angenommen.

A. Gase. Das gewöhnliche Verfahren fordert eine grosse Menge von Correctionen, deren Coefficienten zum Theil nicht sicher bekannt sind, und ist so weilläufig, dass ein abgekürzteres wünschenswerth ist. Uns scheint das folgende einfacher, weil die meisten dieser Correctionen vermieden werden.

Man suche sich zwei Glaskugeln von möglichst gleichem Inhalte zu verschaffen, je grösser um so besser. Jede derselben wird am Halse mit einer messingenen Fassung und einem genau schliessenden Hahne versehen, die an ihrem Ende eine vertiefte Schale trägt, und einen Haken, mit welchem sie an einem genauen, sehr empfindlichen Wagebalken angehängt werden kann. Lässt man die Schalen fort, so muss man die Kugeln an die Wageschalen anhängen. Durch die Fassung ist dafür Sorge zu tragen, dass beide Kugeln von völlig gleichem Gewichte sind, das wir  $G$  nennen wollen. Jede dieser Kugeln muss man nach abgenommener Schale auf den Teller der Luftpumpe aufschrauben können.

Nachdem man sich nun überzeugt hat, dass die beiden Kugeln am Wagebalken aufgehängt, im Gleichgewichte sind, nehme man die eine Kugel ab, und fülle sie mit destillirtem Wasser von  $0^\circ$  Temperatur, hänge sie dann wieder an die Wage, und bringe sie durch Gewichte in's Gleichgewicht, so giebt das aufgelegte Gewicht das Gewicht des Wassers an, das die Kugel bei  $0^\circ$  fasst. Es sei  $=g$ . Dividirt man diese Grösse, in Preuss. Lothen ausgedrückt, durch 1,22393 (als dem Gewichte eines Preuss. Kubikzolls Wasser von  $0^\circ$  in Lothen), so erhält man das Volumen des innern Raumes der Kugel  $=v$ , in Preuss. Kubikzollen, oder durch  $\frac{v}{1728}$  in Preuss. Kubikfussen.

Nachdem die Kugel geleert und völlig ausgetrocknet ist, wird sie auf den Teller der Luftpumpe geschraubt. Es ist rathsam, dies ebenfalls bei der Temperatur von  $0^\circ$  vorzunehmen, und diese Temperatur möglichst zu erhalten. Der Barometerstand sei  $=B$ . Man evacuire sie, so weit es geht, und bemerke den Barometerstand der Luftpumpe. Wir setzen ihn  $=b$ ; dann ist die Dichtigkeit der Luft in der Kugel  $=\frac{b}{B}$  von der Dichtigkeit der äusseren Luft, und sie hat  $\frac{B-b}{B}$  ihres vorigen Inhaltes verloren, dessen Gewicht wir  $=L$  setzen wollen.

Hängt man die Kugel wieder an den Wagebalken, so hält sie der anderen, deren Hahn geöffnet sein muss, nicht mehr das Gleichgewicht, sondern ist leichter, und um das Gleichgewicht herzustellen, ist man genöthigt, ein Gewicht  $=Q$  auf die Schale zu legen. Offenbar ist nun  $Q = \frac{B-b}{B} \cdot L$ , daher  $L = \frac{BQ}{B-b}$ . Aber  $L$  ist auch das Gewicht von  $\frac{v}{1728}$  Preuss. Kubikfussen, daher denn  $\frac{BQ}{B-b} = \frac{v}{1728} \cdot 1'$ , und somit wiegt ein Kubikfuss Atmosphärischer Luft von  $0^\circ$  bei dem Barometerstande  $B = \frac{1728 B Q}{v (B-b)}$  Preussische Lothe, wenn  $Q$  in solchen Lothen ausgedrückt ist. Ist z. B.  $B = 28''$ ,  $b = 1''$ ,  $v = 288$

Kubikzoll, so wiegt ein Kubikzoll  $= \frac{1728 \cdot 28 \cdot Q}{288 \cdot 27} = \frac{6 \cdot 28}{27} \cdot Q = \frac{56}{9} \cdot Q$   
 $= 6,222 \cdot Q$ . Hat man z. B. 106 Grane aufgelegt, so erhält man  
 $6,222 \cdot 106 = 659,553$  Gran als das Gewicht eines Kubikfusses at-  
 mosphärischer Luft. Da man den obigen Ausdruck in  $\frac{1728}{v} \cdot \frac{B}{B-b} \cdot Q$   
 zerlegen kann, so sieht man, dass ein Fehler in der genauen Bestim-  
 mung von  $Q$  durch die beiden anderen Factoren multiplicirt wird,  
 und dass er auf das Resultat den geringsten Einfluss hat, wenn beide  
 so klein werden, als möglich.  $\frac{B}{B-b}$  ist am kleinsten, wenn es  $= 1$

wird, d. h. wenn  $b = 0$  ist;  $\frac{1728}{v}$  wird um so kleiner, je grösser  $v$  ist.  
 Man wird daher um so genauer verfahren, je kleiner  $b$  ist, d. h. je  
 mehr man die Luft verdünnt, und je grösser  $v$  ist, d. h. je grösser  
 die Kugel ist, die man zu dem Versuche wählt. Sehr grosse Kugeln  
 halten indessen schwerlich eine weit getriebene Entleerung aus. Eine  
 Kugel von 7 bis 8 Zoll Durchmesser wird schon hinreichen.

Ob beide Kugeln gleichen Inhalt haben, wird man am sichersten  
 dadurch prüfen, dass man untersucht, ob die eine eben so viel Was-  
 ser fasst, als die andere. Haarscharf wird dies schwerlich zu er-  
 reichen sein; aber nahe kann man doch kommen, und eine geringe  
 Verschiedenheit, selbst wenn sie einen Kubikzoll erreicht, hat auf  
 das Ganze nur einen geringen Einfluss.

Hat man nicht bei  $0^\circ$  gearbeitet, sondern bei  $+t$  hunderttheili-  
 gen Graden, ist der Barometerstand nicht  $B$ , sondern  $b'$ , und will  
 dennoch das Gewicht eines Kubikfusses atmosphärischer Luft bei  
 $0^\circ$  und dem Barometerstande  $B$  finden, so verfährt man, wie vorher,  
 aber es ist nun eine Reduction nöthig, die in folgender Art erhalten  
 wird. Zunächst hat sich das Volumen  $v$  der Kugel geändert, und ist  
 jetzt  $v'$ . Betrachte die lineare Ausdehnung des Glases bei einem Grade  
 $= av$ , so ist bei  $t$  hunderttheiligen Graden sehr nahe  $v' = (1 + 3at)v$ .  
 Nun ist aber auch bei gleicher Dichtigkeit das Gewicht der in dieser  
 Kugel enthaltenen Luft  $L' = (1 + 3at)L$ , wo  $L$  das Gewicht der  
 Luft ist, welche das Volumen  $v$  hat. Man erhält aber durch die Ab-  
 wägung  $L' = \frac{Q b'}{b' - b}$ , und somit ist  $\frac{Q b'}{b' - b} = (1 + 3at)L$ , also  $L$

$= \frac{Q b'}{(b' - b)(1 + 3at)}$ . Es ist aber  $L$  das Gewicht der Luft von  $t$  Gra-  
 den. Das Gewicht derselben verhält sich zu dem Gewichte dessel-  
 ben Volumens Luft bei  $0^\circ$  oder  $L : L'' = 1 : 1 + 0,00366 \cdot t$ , also  $L''$   
 $= (1 + 0,00366 \cdot t)L = \frac{(1 + 0,00366 \cdot t) Q b'}{(b' - b)(1 + 3at)}$ . Dies ist das Gewicht der  
 Luft beim Barometerstande  $b'$ ; beim Barometerstande  $B$  würde es sein  
 $\frac{B}{b'}$  des vorigen, und somit ist die vorige Grösse noch mit diesem  
 Faktor zu multipliciren, um das Gewicht der Luft beim Barometer-  
 stande  $B$  und der Temperatur  $0^\circ$  zu erhalten, oder  $L''' = \frac{(1 + 0,00366 \cdot t) Q B}{(b' - b)(1 + 3at)}$ .

Nach Dulong und Petit ist die lineare Ausdehnung des weissen  
 Glases zwischen  $0$  und  $100^\circ = 0,000861$ . Setzen wir diesen Werth

in die Formel, so erhalten wir  $L'' = \frac{1+0,00366 \cdot t}{1+0,00258 \cdot t} \cdot \frac{B}{b'-b} \cdot Q$ . Will man das Gewicht eines Kubikfusses haben, so multiplicirt man  $L''$  noch mit  $\frac{1728}{v}$ . Sei z. B.  $B = 28''$ ,  $b' = 27''$ ,  $b = 1''$ ,  $t = 10^\circ$ , so hat man  $L'' = \frac{1,0366}{1,0258} \cdot \frac{28}{26} \cdot Q = 1,01053 \cdot 1,07691 \cdot Q = 1,08825 \cdot Q$  und das Gewicht eines Kubikfusses ist  $= \frac{1880,496}{v} \cdot Q$ .

Man erhält auf diese Weise nicht das Gewicht der reinen Luft, sondern das einer Luft, die Wasserdampf enthält. Man kann zwar die Luft grösstentheils von Wasserdampf befreien, und trocken in die Kugel steigen lassen, wenn man sie durch austrocknende Salze streichen lässt, gewinnt aber damit nichts, weil die äussere Luft, welche die Kugel hebt, wasserhaltig ist, und darum eine sehr verwickelte und unsichere Correction nöthig macht. Besser ist es, wenn man den Wassergehalt der Luft, in welcher die Abwägung veranstaltet wird, durch das Psychrometer ermittelt, und daraus das Gewicht der trocknen Luft herleitet.

Hat man so das Gewicht eines Kubikfusses atmosphärischer Luft bei  $0^\circ$  Wärme und  $28''$  Luftdruck gefunden, so gilt dies als Einheit für die übrigen Gasarten. Will man das spezifische Gewicht der Luft gegen Wasser bestimmen, so suche man das Gewicht eines Preussischen Kubikfusses atmosphärischer Luft bei  $23^\circ,44$  hunderttheilig, drücke dasselbe in Preussischen Lothen aus, und dividire durch  $66,32 = 2112$ . Noch einfacher ist es, das bei  $0^\circ$  erhaltene  $L$  der Luft oder das reducirte  $L''$  durch das Gewicht des in der Kugel Platz findenden Wassers  $g$  zu dividiren, wodurch man das spezifische Gewicht unmittelbar erhält.

Will man das spezifische Gewicht einer andern Gasart bestimmen, so lasse man dieselbe durch eine Röhre mit salzsaurem Kalke, aber unter keinem grösseren Drucke, als dem atmosphärischen, in die mit einer Flüssigkeit gefüllte Kugel steigen, unterbreche aber den Vorgang nicht eher, als bis das Gas die feste Temperatur angenommen hat. Man hänge die Kugel, nachdem man den Hahn geschlossen, an den Wagebalken, und bringe ihn durch aufgelegte Gewichte in's Gleichgewicht. Muss man das Gewicht  $K$  auf die mit atmosphärischer Luft gefüllte Kugel legen, deren Hahn offen ist, so nehme man  $K$  positiv, entgegengesetzten Falles negativ. Dann ist das Gewicht des Gases  $= L \pm K$ , oder wenn man reduciren müsste,  $L'' \pm K$ , und das spezifische Gewicht desselben gegen Luft ist  $\frac{L \pm K}{L}$  oder  $\frac{L'' \pm K}{L''}$ , worin  $L$  und  $L''$  die für atmosphärische Luft bestimmten Zahlen sind. Gegen Wasser erhält man das Gewicht durch  $\frac{L \pm K}{g}$  oder  $\frac{L'' \pm K}{g}$ .

B. Dämpfe. Das vorige Verfahren ist für Dämpfe nicht besonders geeignet, weil sie im kälteren Raume sich zum Theil niederschlagen, weshalb man dabei anders zu Werke gehen muss. Welche

Methode man aber auch wählen mag, so liegt ihnen allen der Satz zum Grunde, dass die Dichtigkeit der Dämpfe sich mit der Spannkraft und der Temperatur eben so ändert, wie die der eigentlichen Gase, nämlich im geraden Verhältnisse mit der Spannkraft, und im umgekehrten mit der Ausdehnung, welche durch  $1 + at$  gefunden wird, worin  $a$  der Wärme-Ausdehnungs-Coëfficient ist,  $t$  die Temperatur. Obgleich sich durch die neuesten Untersuchungen dieser Satz nicht als vollkommen richtig ausgewiesen hat, so ist doch einstweilen noch kein anderer aufgestellt, und bis dahin muss man ihn beibehalten. Ist daher  $d$  die Dichtigkeit eines Dampfes bei der Spannung  $b$  und der Temperatur  $t$ , so findet man seine Dichtigkeit  $d'$  bei der Spannung  $b'$  und der Temperatur  $t'$  durch die Formel:  $d' = d \cdot \frac{b'(1+at)}{b(1+at')}$ .

1. Gay-Lussac's Methode. Ein weites, an einem Ende verschlossenes Glasrohr, das genau graduirt ist, wird mit Quecksilber gefüllt, welches man darin auskocht. Hierauf kehrt man es in einem mit Quecksilber gefüllten Gefässe um, so dass es vollständig gefüllt bleibt. Man blase dann vor der Lampe ein Kügelchen von dünnem Glase, wiege es, fülle es mit der zu verdampfenden Flüssigkeit, schmelze es zu, und wiege es abermals, so giebt der Unterschied des Gewichts, das Gewicht der eingeschlossenen Flüssigkeit. Man bringe die Kugel in das Quecksilber, unter die Röhre, so wird sie darin aufsteigen. Darauf umgebe man die Röhre mit einem eben so hohen, aber weiteren, an beiden Enden offenen Glascylinder, der auf dem Boden des Quecksilbergefässes steht. Den Zwischenraum über dem Quecksilber zwischen der Röhre und dem Cylinder fülle man mit Wasser oder Oel an, stecke ein Thermometer hinein, und erhitze den ganzen Apparat langsam auf einem Ofen. Die Flüssigkeit in dem Kügelchen verwandelt sich endlich in Dampf, und sprengt es entzwei, der sich ausbreitende Dampf aber drängt das Quecksilber in der Röhre herab. Damit nun auch der letzte Rest der Flüssigkeit verdampfe, erhitze man den Apparat bis zu dem bekannten Siedepunkte derselben in freier Luft, und ziehe dann die Röhre etwas in die Höhe, so dass der Quecksilberspiegel in ihr etwas höher steht, als ausserhalb. Diesen Niveau-Unterschied, den wir  $h$  nennen wollen, messe man, und beobachte dann den Stand eines daneben aufgehängten Barometers,  $= B$ , beides, nachdem man es auf  $0^\circ$  reducirt, in Linien ausgedrückt, ferner die Temperatur des Quecksilbers im Apparate  $= t$ , und das Volumen, welches der Dampf in demselben einnimmt  $= nv$ , wo  $v$  das Volumen einer Abtheilung ist, es sei ferner  $a$  die kubische Ausdehnung des Gases für die angewandte Temperatur, und  $p$  das Gewicht der angewandten verdampften Flüssigkeit, so erhält man das Volum des Dampfes, welches eine Gewichtseinheit, z. B. ein Gran, der Flüssigkeit unter dem Drucke von 28" Barometerhöhe und bei der Temperatur  $t$  erzeugt hat,  $= V$  durch die Formel

$$V = \frac{nv(1+at)(B-h)}{336p}$$

Weiss man nun, welches Volumen eine Gewichtseinheit der Flüssigkeit bei  $0^\circ$  oder einer andern Temperatur  $t'$  einnimmt, das wir

=  $v'$  setzen, so erhält man die Dichtigkeit des Dampfes bei 28" Barometerhöhe, und  $t^{\circ}$ , im Verhältniss der Dichtigkeit seiner Flüssigkeit bei der Temperatur  $t'$ , durch  $\frac{v'}{V}$ .

2. Das Dumas'sche Verfahren. Es eignet sich am meisten für die Dämpfe schwerflüchtiger Substanzen, und besteht im Folgenden. — Ein Glasgefäss wird zu einer feinen Spitze ausgezogen, aber nicht geschlossen. Man wägt es luftvoll und offen bei dem Barometerstande  $b$  und der Temperatur  $t$ . Hierauf bringt man die zu verdampfende Substanz durch Erwärmen und Eintauchen der Spitze in das Gefäss, erhitzt die Flüssigkeit, damit sie sich ganz in Dampf verwandelt und die Luft austreibt, und schmilzt die Spitze beim Barometerstande  $b'$ , und der hohen Temperatur  $t'$  zu. Nachdem das Gefäss sich abgekühlt, wägt man es abermals bei dem Barometerstande  $b''$  und der Temperatur  $t''$ . Das Gefäss ist jetzt um  $P$  Gewichtseinheiten schwerer oder leichter, als vorher, also  $\pm P$  Gewichtseinheiten. Unter Quecksilber oder Wasser bricht man die Spitze des Gefässes ab, und bestimmt die Menge der eingetretenen Flüssigkeit durch Maass oder Gewichte. Ihr Volum in Kubikeinheiten sei  $V' - v$ , ihr Gewicht in Gewichtseinheiten  $Q$ , worin  $v$  das Volum der Luft ist, welche im Gefässe dem Dampfe beigemischt war, und von welchem wir annehmen, dass er sich beim Eintreten der Flüssigkeit vollständig niedergeschlagen habe. Dieses Luftvolum befinde sich unter dem Drucke  $b'''$  bei der Temperatur  $t'''$ . Bei demselben Drucke und derselben Temperatur fülle man endlich das Gefäss ganz mit der Flüssigkeit. Ihr Volum sei  $= V$ , oder ihr Gewicht  $= R$ . Aus  $R$  und  $R - Q$  lässt sich  $V'$  und  $v$  leicht finden. Das geringe Gewicht der niedergeschlagenen Flüssigkeit, und die noch geringere Menge des dabei zurückgebliebenen Dampfes wird hierbei vernachlässigt.

Man kann, da das ganze Verfahren nicht lange dauert, ohne merkliche Fehler annehmen, dass die vier Grössen  $b, b', b'', b'''$ , so wie die drei Grössen  $t, t''$  und  $t'''$  einander gleich sind. Eine kleine Verschiedenheit hat nur einen geringen Einfluss auf das Resultat.

Wir nennen nun beim Barometerstande  $= b$   
 das Gewicht eines Kubikcentimeters in Grammen bei der Temper.  $= t$ ,  
 des reinen Dampfes  $\sigma$ ,  
 der Luft  $s$ ,  
 des lufthaltigen Dampfes  $S$ ,  
 das Volum in Kubikcentimetern des Dampfes  $w$ ,  
 der beigemischten Luft  $v$ ,  
 des Glasgefässes  $= V$ ,  
 und alles dies bei der Temperatur  $t'$  mit einem Strich versehen, also  $\sigma', s', S'$  u. s. w.

Den Ausdehnungscoefficienten der Luft und des Dampfes in bisheriger Annahme seiner Unabhängigkeit von Druck, Dichte und Temperatur, so wie seiner Gleichheit für Luft und Dampf  $= \alpha$

Den Ausdehnungscoefficienten des Glases eben so  $= g$ . Dann ist  $\frac{S}{s}$  das specifische Gewicht des lufthaltigen, und  $\frac{\sigma}{s}$  das des reinen Dampfes, das der Luft  $= 1$  gesetzt, und zwar in bisheriger Annahme

für jeden Barometerstand und jede Temperatur, wenn sie für Luft und Dampf gleich genommen werden.

Nun ist  $V'S'$  das Gewicht des in dem Gefässe enthaltenen luft-haltigen Dampfes bei der Temperatur  $t'$ ,  $Vs$  das Gewicht der darin enthaltenen Luft bei der Temperatur  $t$ . Man setze  $V'S' - Vs = \pm P$ .

Da aber  $S':S = s':s$ , so ist  $S' = \frac{Ss'}{s}$ . Substituiren wir diese Grösse,

und bringen  $Vs$  auf die andere Seite, so erhalten wir  $\frac{V'Ss'}{s} = Vs \pm P$ , und daraus

$$\frac{S}{s} = \frac{Vs \pm P}{V's'} \dots \dots \dots (1)$$

Es ist aber  $V' = V \cdot \frac{(1+g t')}{(1+g t)}$  und  $s' = s \cdot \frac{(1+a t')}{(1+a t)}$ , und somit ist

$\frac{S}{s}$  durch bekannte Grössen ausgedrückt. Ist dem Dampfe gar keine Luft beigemischt, so erhält man schon hierdurch das specifische Gewicht genau, und wenn die Beimischung nicht mehr als ein drittel Procent beträgt, noch immer mit hinlänglicher Genauigkeit. Ist aber

mehr Luft beigemischt, so hat man  $\frac{\sigma}{s}$  zu berechnen. Dies geschieht *andermassen*:

Das Gewicht des reinen Dampfes im Gefässe ist  $\sigma \omega'$ , das der beigemischten Luft  $s'v'$ , und das von beiden =  $S'V'$ , Alles bei der Temperatur  $t'$ . Somit ist  $\sigma \omega' + s'v' = S'V'$ .

Allein es ist auch hier  $\sigma':\sigma = s':s = S':S$ , und daher  $\sigma \omega' + s'v' = S'V'$ . Ausserdem ist  $\omega' + v' = V'$ . Daher  $\sigma = \frac{S'V' - s'v'}{\omega'}$  und  $s$

$$= \frac{S'V' - \sigma \omega'}{v'} \text{ somit } \frac{\sigma}{s} = \frac{S'V' - s'v'}{S'V' - \sigma \omega'} \cdot \frac{v'}{\omega'}$$

Substituiren wir für  $V'$  seinen Werth  $\omega' + v'$  und für  $\sigma \omega' = S'V' - s'v'$ , so erhalten wir:

$$\frac{\sigma}{s} = \frac{S\omega' + Sv' - s'v'}{S\omega' + Sv' - S\omega' - S'v' + s'v'} \cdot \frac{v'}{\omega'} = \frac{S\omega' + Sv' - s'v'}{s'v'} \cdot \frac{v'}{\omega'}$$

$$= \frac{S\omega'v'}{s\omega'v'} + \left( \frac{Sv'}{s'v'} - \frac{s'v'}{s'v'} \right) \cdot \frac{v'}{\omega'}$$

und hieraus

$$\frac{\sigma}{s} = \frac{S}{s} + \left( \frac{S}{s} - 1 \right) \cdot \frac{v'}{\omega'} \dots \dots \dots (2)$$

Hierin ist  $v' = v \cdot \frac{(1+a t')}{(1+a t)}$  und

$$\omega' = V \cdot \frac{(1+g t')}{(1+g t)} - v \cdot \frac{(1+a t')}{(1+a t)}$$

In den seltensten Fällen nur ist diese äusserste Strenge nöthig, und in allen gewöhnlichen Fällen kann man statt des Faktors  $\frac{v'}{\omega'}$  nehmen

$\frac{v}{V-v}$ , so dass sich die Formel (2) verwandelt in

$$\frac{\sigma}{s} = \frac{S}{s} + \left( \frac{S}{s} - 1 \right) \frac{v}{V-v} \dots \dots \dots (3)$$

oder noch genauer, wenn man die 1 in der Klammer beseitigt, und setzt

$$\frac{\sigma}{s} = \frac{S}{s} + \frac{Sv}{s(V-v)} = \frac{S}{s} \cdot \frac{V}{V-v}$$

In diese Formel kann man aus der Gleichung (1) den Werth für  $\frac{S}{s}$  setzen, und erhält

$$\frac{\sigma}{s} = \frac{Vs \pm P}{V's'} \cdot \frac{V}{V-v} \dots \dots \dots (4)$$

Berücksichtigt man nicht die Ausdehnung des Glases, so setzt man  $V' = V$ , und so wird

$$\frac{\sigma}{s} = \frac{s}{s'} \cdot \frac{Vs \pm P}{(V-s)s} \dots \dots \dots (5)$$

wodurch aber das spezifische Gewicht des Dampfes zu gross gefunden wird, weil der Nenner zu klein ist.

Wenn aber das dem Dampfe beigemengte Luftvolum nicht bedeutend ist, kann man setzen:

$$\frac{\sigma}{s} = \frac{s}{s'} = \frac{(V-v)s \pm P}{(V-v)s} \dots \dots \dots (6)$$

wodurch das Resultat der Gleichung (5) noch genauer wird. Die Gleichung (6) wird am meisten angewendet, und man rechnet sowohl nach ihr, als nach (4) am besten mit Logarithmen. Setzt man in die Formel (4) die früher für  $V'$  und  $s'$  ermittelten Werthe, und  $\frac{1}{1+g(t'-t)}$  statt  $\frac{1+gt'}{1+gt}$ , was bei der Kleinheit von  $g$  gestattet ist, so erhält man

$$\frac{\sigma}{s} = \frac{V}{V-v} \cdot \frac{1}{1+g(t'-t)} \cdot \frac{1+at'}{1+at} \left(1 \pm \frac{P}{Vs}\right)$$

Wenn die Volume  $V$  und  $V-v$  nicht gemessen wären, sondern aus ihren Gewichten  $R$  und  $Q$  bestimmt werden müssten, so muss das absolute spezifische Gewicht der zur Ausmessung angewandten Flüssigkeit =  $c$  bekannt sein, nämlich das Gewicht eines Kubikcentimeters derselben bei  $0^\circ$  im luftleeren Raume gewogen, und dividirt durch das Gewicht eines Kubikcentimeters Luft bei  $0^\circ$  und 28" Barometerstand; sodann das Volum  $1+f(t)$ , in welches ein constantes Gewicht der Flüssigkeit übergeht, bei der Temperatur  $t$ , wenn es bei  $0^\circ = 1$  war. Der Barometerstand sei =  $b$ , in Linien ausgedrückt. Alsdann ist

$$R = c \cdot \frac{1+at}{1+f(t)} \cdot \left(\frac{336}{b} - 1\right) Vs$$

$$Q = c \cdot \frac{1+at}{1+f(t)} \cdot \left(\frac{336}{b} - 1\right) (V-v)s,$$

woraus sich  $V$  und  $V-v$  leicht ergeben. Es ist

$$V = \frac{Rb(1+f(t))}{(1+at)(336-b)cs}$$

$$V-v = \frac{Qb(1+f(t))}{(1+at)(336-b)cs}$$

3. Es kann endlich noch das spezifische Gewicht zusammengesetzter Gase und Dämpfe unmittelbar aus ihrer chemischen Zusammensetzung berechnet werden, sobald die specifischen Gewichte der Bestandtheile und das Verhältniss der Mengen, die sich zu dem gegebenen Gase verbinden, so wie die etwa eintretende Volumveränderung bekannt sind. Setzen wir, ein Gas oder Dampf bestehe

aus  $m$  Raumtheilen eines Stoffes, dessen specifisches Gewicht  $s$  ist, und aus  $n$  Raumtheilen eines andern von dem specifischen Gewichte  $s'$ , also aus  $m+n$  Raumtheilen. Nun ist die Masse des einen Bestandtheiles  $ms$ , die des andern  $ns'$ , und die des Ganzen  $ms+ns'$  somit das specifische Gewicht eines Raumtheiles oder Volums

$$= \frac{ms + ns'}{m + n}, \text{ unter der Voraussetzung, dass bei der Verbindung der}$$

beiden Bestandtheile weder Ausdehnung noch Zusammenziehung stattfand. Wäre aber  $m+n$  übergegangen in das Volumen  $V$ , so erhält man das specifische Gewicht durch  $\frac{ms+ns'}{V}$ .

Beispiel. Das Sumpfgas besteht aus einem halben Volum Kohle, und zwei Volumen Wasserstoff.

Das spec. Gew. des Kohlenstoffs ist = 0,84279, daher  $\frac{1}{2}$  Vol. = 0,42139  
 - - - Wasserstoffs - = 0,06910, -  $\frac{2}{2}$  - = 0,13820

Daher das specifische Gewicht der Sumpfluft 0,55959

Wir geben in folgender Zusammenstellung eine Uebersicht der specifischen Gewichte nur der wichtigsten gasförmigen Substanzen bei 0° Temperatur und 336'' Barometerstand, das Gewicht der atmosphärischen Luft = 1 gesetzt. Keine dieser Zahlen ist als absolut richtig anzunehmen, da allen der Gay-Lussac'sche Lehrsatz zum Grunde liegt, dass gasförmige Substanzen sich auf gleiche Weise ausdehnen, der sich durch die neuesten Untersuchungen nicht bewährt. Die Zahlen geben daher nur Annäherungen, und werden sich durch künftige Untersuchungen noch mehr oder weniger modificiren.

Aether = 2,58088.	Kohlenwasserstoff $C_2H_4$	Salpetersäure, wasserhaltig
Alkohol = 1,60049.	= 1,96078.	= 1,34258.
Ammoniak = 0,59420.	$C_2H_4$ = 2,38248.	Sauerstoff = 1,1057-1,1052.
Arsen = 10,36536.	-	Schwefel = 6,65445.
Arsenwasserstoff = 2,69454.	$C_2H_4$ = 2,80358.	Schwefelchlorür = 4,65838.
Atmosphär. Luft = 1,00000.	$C_2H_4$ = 3,22498.	Schwefelkohlenstoff
Bromwasserstoff = 2,73109.	-	= 2,63945.
Campher = 5,34565.	$C_2H_4$ = 3,64638.	Schweflige Säure = 2,21462.
Chlor = 2,44033.	$\frac{1}{2} C_2H_4$ = 2,66253.	Schwefelsäure = 2,76292.
Chloroxyd = 2,99463.	-	Schwefelwasserstoff
Chlorwasserstoff = 1,25456.	Methyl = 1,04949.	= 1,47782.
Cyan = 1,81879.	Naphta = 2,87237.	Selen = 5,45326.
Cyanchlorür = 2,42956.	Naphtalin = 4,58945.	Selenige Säure = 3,82923.
Cyanwasserstoff = 0,94379.	Oelbildend Gas (Elayl)	Selenwasserstoff = 2,79543.
Essigäther = 3,06338.	= 0,98039.	Stückstoff 0,972.
Fluor = 1,28894.	Phosgen gas = 3,44302.	Stickstoffoxyd = 1,03930.
Fluorwasserstoff = 0,67887.	Phosphor = 4,32562.	Stickstoffoxydul = 1,52730.
Holzäther = 1,60050.	Phosphorchlorid = 4,78845.	Sumpfgas = 0,55900.
Holzgeist = 1,44030.	Phosphorchlorür = 4,74190.	Tellur = 8, 84449.
Jod = 8,70444.	Phosphorwasserstoff	Tellurwasserstoff
Jodwasserstoff = 4,38496.	= 1,48460.	= 4,49089.
Kohle = 0,84279.	Quecksilber = 6,97848.	Terpenthinöl = 4,76435.
Kohlenoxyd = 0,97270.	Retinöl = 7,29272.	Wasser = 0,62010
Kohlensäure = 1,52400.	Salpeteräther = 2,60539.	Wasserstoff = 0,0694.
Kohlenwasserstoff	Salpetersäure, salpetrige	Weinöl $C_2H_6$ = 3,92456.
= 2,63945.	= 1,59060.	- $C_{16}H_{16}$ = 9,52870.
		K. F. K.

**Gewitter** wird jeder von elektrischen Entladungen begleitete Niederschlag genannt, die Form dieses Niederschlages mag fest oder flüssig sein. In den Artikeln Blitz, Donner, Elektrometeore sind die charakteristischen Seiten der elektrischen Erscheinungen des Gewitters bereits besprochen, es bedarf daher hier nur einer Erörterung des sie begleitenden meteorologischen Processes.

Eine Wolke überhaupt ist nichts Fertiges, Bestehendes, kein Produkt, sondern ein Process, sie besteht nur, indem sie entsteht und vergeht. Je lebhafter dieser immer erneuerte Niederschlag eingeleitet wird, desto eber wird die Wolke zur Gewitterwolke. Für diese immer erneuerte Bildung hat man sogar eine besondere Bezeichnung: den Drang der Wetterwolke. „Man bemerkt, sagt Reimarus (vom Blitze § 154), dass bei einem über uns schwebenden mit Regen begleiteten Gewitter der Platzregen vor jedem Blitze mit verdoppelter Gewalt und Schnelligkeit herabgestürzt wird.“ Mitunter sind die einzelnen Regengüsse bei von neuem erfolgenden Blitz und Donner durch vollkommenes Aufhören des Regens von einander getrennt (Dove in Pogg. Ann. XIII. 419). Auch bemerkt Pfaff (Wörterbuch I. 1002) dass der Blitz sich da entzündet, wo die Wolke am dicksten ist und die stärksten Regengüsse ausschüttet, und Howard erwähnt, dass zwischen Wolken, welche bei einem Gewitter ihre schwellend runde Gestalt am längsten behielten, noch Blitze hin und herfuhren, während die, welche ihre Cumulostratus-Form in die des *Nimbus* bereits umgerändert hatten, nicht mehr zu Entladungen Veranlassung geben. Aus ähnlichen Gründen ist der Eintritt eines Landregens häufig durch ein Gewitter bezeichnet, es mag wohl aber kaum vorkommen, dass ein Landregen mit einem Gewitter endet.

Aus diesen Beobachtungen folgt unmittelbar, dass die Zeit der heftigsten Niederschläge auch im Allgemeinen die gewitterreichste Zeit sein wird, und dass die Anzahl derselben überhaupt von der Aequatorialgegend, wo die kräftigsten Regengüsse erfolgen, nach den Polargegenden hin abnehmen wird. Unter den Tropen ist die vorwaltende Form daher überhaupt Gewitterformation, während weiter nach Norden die Anzahl der Niederschläge ohne begleitende elektrische Entladungen auf Kosten dieser immer mehr zunimmt, die absolute Anzahl der Gewitter innerhalb eines Jahres giebt daher kein genaues Bild dieser Verhältnisse, da Gegenden, wo eine regenlose Zeit mit einer bestimmten Regenzeit abwechselt, in dieser Beziehung nicht zu vergleichen sind mit den Gegenden, wo die Niederschläge im ganzen Jahre ziemlich gleichförmig vertheilt sind.

Während unter den Tropen daher die Gewitter zur Zeit des höchsten Sonnenstandes, in der Regenzeit, erfolgen, in der Zone der Moussons das Bezeichnende der Wendenormale sind, und auch während des westlichen Moussons häufig bleiben, treten sie an der äussern Grenze der Passate nur dann ein, wenn dieser der Sonne nach dem Aequator hin folgt und der vorher in den Passat aufgenommene Ort aus dieser heraustritt und in den Bereich der westlichen Winde gelangt. Erst wenn die Wolken, welche seit dem Oktober die Spitze des Pico von Teneriffa von Süden her umhüllen, sich auf den etwa 6000 Fuss hohen Kamm des Gebirges zwischen Orotava und der süd-

lichen Küste lagern, brechen sie in furchtbare Gewitter aus. In Italien sind sie am Ende und Anfang der Winterregenzeit am häufigsten. Daher sagt Lucrez:

Immer am häufigsten wird im Herbste das sternengezierte  
Himmlische Haus und der Kreis der Erd' erschüttert vom Donner.  
Auch wenn die holde Zeit des blühenden Lenzes sich aufschliesst.  
Daher können sie heißen des Jahrs kriegführende Zeiten.

Von der Schweiz an, nach Norden zu, fällt bekanntlich das Frühlings- und Herbstmaximum des Regens in einem Sommermaximum zusammen, es erfolgen das ganze Jahr Niederschläge, aber die meisten im Sommer. Um diese Zeit sind daher auch die häufigsten Gewitter. An der Westküste der skandinavischen Alpen, welche so steil in das Meer absteigen, dass die Querthäler desselben vom Meere erfüllt zu Fiorden werden, ist hingegen der grosse Temperaturunterschied der beschneiten Gipfel und des erwärmten Meeres Veranlassung zu den Wintergewittern, welche unter ähnlichen Bedingungen in Irland, auf den Hebriden, den Shetlandinseln und Orkneys stattfinden.

In den Polargegenden gehören Gewitter zu den seltenen Erscheinungen. In Kaafjord bei Alten unter  $69^{\circ} 58'$  kommen nach Hill im Sommer noch einige starke Gewitter vor. In Nova Semlja hörte Rakhamine in zwei Sommern und 26 Wintern nur dreimal donnern unter dem  $71-73$ sten Grade der Breite. Die auf Spitzbergen 6 Jahre lebenden russischen Matrosen hörten nur einmal donnern, während in Uieaborg unter  $65$  Breite noch  $7,3$  jährlich, in Archangel unter  $64^{\circ} 31'$  noch  $6,5$ .

Da der Courant ascendant und die Vermischung ungleich temperirter Winde die Hauptbedingungen des Niederschlages sind, so werden sie auch die Hauptursache der Gewitter sein. Unter den Tropen sind die Niederschläge des Courant ascendant die vorwaltende Form, in unsern Gegenden treten sie nur ein, wo hohe Bergwände den aufsteigenden Luftstrom gegen Seitenströme schützen. Die periodisch Mittags wiederkehrende Gewitter, wie sie Volta am Comer See beschreibt, gehören daher zu ihnen, eben so wie die tropischen der Regenzeit, welche in mehreren Gegenden so regelmässig erscheinen, dass man sich, wie Caldeleugh von Villa Rica in Brasilien berichtet, auf vor und nach dem Gewitter einladet. Da nun auch in der Ebene der Courant ascendant Veranlassung zu Gewittern wird, die von der Vermischung der Winde abhängigen Gewitter aber zu allen Zeiten des Tages gleichmässig eintreten, so sieht man unmittelbar ein, warum im Allgemeinen überall die Zahl der elektrischen Niederschläge nach der wärmeren Zeit des Tages hin zunehmen. Doch findet diese Erscheinung ein Gegengewicht darin, dass die während des Tages gesteigerte Verdampfung überhaupt die Niederschläge in der zweiten Hälfte des Tages kräftiger macht als in der ersten, daher auch Abends bis Mitternacht schwere Gewitter häufig sind.

Eine besonders in tropischen Gegenden häufige Form der Gewitter scheint die eines Wirbelwindes zu sein, dessen Achse mehr oder minder geneigt gegen den Horizont ist, ja sogar horizontal werden kann. Durch die heftig wirbelnde Bewegung werden untere warme feuchte Luftschichten mit oberen kalten gemischt und dadurch ein Niederschlag eingeleitet, von einer Mächtigkeit, wie er bei starken

Hagelwettern vorkommt. Diese Form erscheint als Trombe oder Wasserhose, wenn die Achse des Wirbels nahe senkrecht, hingegen sieht man auch bei uns bei schweren mit Hagel begleiteten Gewittern mitunter über der dunklen Wand der Gewitterwolken helle Wolkenstreifen in Form eines Wasserfalles sich ergiessen und vor dem Ausbruch des Wetters diese ganz überziehen. Ueberhaupt erscheint bei schweren Gewittern die heranrückende Masse oft als cylindrische horizontale Wolkensäulen, deren Bewegung senkrecht auf die Achse dieser Cylinder erfolgt und daher wohl eine wälzende ist. Diese Wolkensäulen erscheinen nach den bekannten Gesetzen der atmosphärischen Perspective als Bogen am Himmelsgewölbe.

Die gewöhnlichen Gewitter unserer Gegenden entstehen, wenn bei dem Verdrängen südlicher Winde durch nördliche eine rasche Vermischung ihrer ungleich temperirten Luftmasse erfolgt. Diese Gewitter gehören daher zu den Erscheinungen der Westseite. Ehe das Gewitter heraufkommt, wird also ein südlicher Wind wehen, nachher ein nördlicher. Da aber der kältere Wind zuerst unten einfällt und den vorher herrschenden südlichen zuerst in den unteren Gegenden der Atmosphäre verdrängt, nachher in den oberen, so wird unmittelbar vor der Gewitterwolke der kältere nördliche Wind herwehen, das Barometer während des Gewitters rasch steigen, die Temperatur sich nach demselben bedeutend erniedrigen. Die Drehung des Windes erfolgt von Süden durch Westen nach Norden gemäss dem Drehungsgesetz. Die mit Westwind aufziehenden Cumulostratus bewegen sich daher mehr oder minder senkrecht auf den in den höhern Luftregionen noch fortbestehenden Circus, und diess giebt eins der bezeichnendsten Anzeigen eines herannahenden Gewitters, bei welchen daher, wie Brandes Beobachtungen der atmosphärischen Refraction gezeigt haben, die Temperaturabnahme nach der Höhe langsamer erfolgt als gewöhnlich. Da aber unmittelbar vor dem Ausbruch des Gewitters zwei Winde gerade entgegenwehen, so wird dies eine Windstille erzeugen, welche man drückende Luft nennt. Die Umdrehung des Windes durch die Gewitterwolke und die nachfolgende Kälte sind daher nicht Wirkung der Elektrizität, sondern diese umgekehrt tritt dann am stärksten hervor, wenn jene Bedingungen eines kräftigen Niedersehlages vorhanden sind. Ein Gewitter, welches über eine lange Strecke hin verwüstend fortzieht, ist der am Himmel sich dunkel abzeichnende Weg eines kalten Luftstroms, welcher überall, wo er in die warme eindringt, den Process des Niederschlages erneuert und daher die Wolke scheinbar unverändert erhält, welche jene Regen oder Hagelmasse herabschleudert. Damit soll aber keinesweges geleugnet werden, dass die durch den starken Niederschlag entstehende Verdampfungskälte für den weitem Fortgang der Erscheinung eine mitwirkende Ursache werden kann. Ueberhaupt wird es wohl oft schwer sein, für die erste Ursache des Gewitters, welche oft sehr lokal zu sein scheint, allgemeine Ursachen nachzuweisen. Die kleinste wirbelnde Bewegung um eine nicht lothrechte Achse kann der Anstoss zu einer Wolkenbildung werden, deren energische Wirkung zuletzt mit der unscheinbaren Ursache in gar keinem Verhältniss steht. Die Bildung der Hagelwetter an den Stellen, wo die Gebirgsthäler sich in die Ebenen öffnen, zeigt, dass hier solche erste Ursachen

überwiegend vorhanden sind und der Einfluss der sogenannten Witterscheiden auf den Zug des Gewitters beweist, dass die Lokalität auch für den Fortgang der Erscheinung von Bedeutung wird.

Gewitter, welche mit Ostwinden aufsteigen, und überhaupt solche, welche durch Eindringen eines warmen Windes in einen vorher herrschenden kalten Strom erfolgen, ziehn langsamer und kühlen, so schwer sie auch sein mögen, die Luft nicht ab. Dies erfolgt erst, wenn ein Gewitter aus Westen, bei weiter erfolgender regelmässiger Drehung des Windes, aufzieht. Zu diesen nicht abkühlenden Gewittern gehören ausser schweren Sommergewittern auch einige in warmen Wintern erfolgende, welche überall, wo sie eintreten, Frühlingswärme verbreiten und nichts Anderes sind, als das rasche Vordringen eines warmen Südstromes in höhere Breiten.

Die gewöhnlichen Wintergewitter, zu welchen die elektrischen Graupelwetter einen natürlichen Uebergang bilden, gehören hingegen zur Form der Westgewitter. So sind sie auch in Norwegen, rasch vorübergehend, wenn der Wind durch West nach Nord geht, und die Luft reinigend und erkältend. Dichte Schneehauer begleiten bei uns dieselben, aber gewöhnlich erfolgen nur einige Donnerschläge.

Frühe Gewitter im Frühling gehören sehr häufig zur Form der Westgewitter. Sie geben daher hier ein Anzeichen noch nachfolgender Kälte, oder sind richtiger gesagt, das erste Anzeichen derselben.

Was die Vertheilung der Elektrizität und der Gewitterwolke betrifft, so denkt Faraday dieselbe sich analog den Erscheinungen, welche eintreten, wenn mehrere elektrisirte, von einander isolirte Körper von einer gemeinsam von ihnen isolirten Hülle umschlossen sind. Die vertheilende Wirkung dieser elektrisirten Körper wird so seyn, als wenn die Aussenseite der Hülle mit einer Kraft gleich der Summe aller ihrer Kräfte geladen wäre, und jeder Theil dieser an sich nicht geladenen Hülle wird einem nahe gebrachten Körper einen eben so langen und kräftigen Funken geben, wie wenn die Elektrizität aller Theilchen sich auf der Oberfläche der Kugel selbst befände. Die vertheilenden Effekte der einzelnen Bläschen der Wolke auf der Oberfläche der Erde werden also ganz dieselben sein, als wenn die Elektrizität selbst nur auf der Oberfläche dieser Wolke vorhanden wäre. (Pogg. Ann. 58. 608.)

Die Erscheinungen des sogenannten Rückschlages sind von Lord Mahon (Principes d'électricité Londres 1781. 8.) speciell erörtert worden. Sehr viele richtige Beobachtungen über Einzelheiten der Gewittererscheinungen finden sich in Reimarus vom Blitze. Hamburg 1781. 8. und Arago, sur le tonnerre. Die bei dem Ausbruche eines Vulkanes eintretenden sogenannten vulkanischen Gewitter, die Folge eines durch den Ausbruch bedingten grossartigen Courant ascendant, sind in allen Werken über vulkanische Erscheinungen ziemlich gleichförmig beschrieben, die elektrischen Phänomene der Tromben, aber vorzugsweise von Peltier erörtert: Observations et recherches expérimentales sur les causes des trombes. Brux. 1831. 8.

D

Gewürznelkenöl siehe Nelkenöl.

**Gibbsit.** Dieses nach dem um die Mineralogie verdienten Oberst Gibbs benannte Mineral wurde von Emmons in einer verlassenen Eisengrube bei der Stadt Richmond in Massachusetts gefunden. Es bildet weisse oder graue stalaktitische röhrenförmige Massen von divergirend fasriger Structur, etwas härter als Kalkspath, mit dem spec. Gew. 2,4 und vor dem Löthrohr unschmelzbar. Nach Torrey's Zerlegung ist es Thonerdehydrat mit 34,7 Proc. Wasser  $\text{AlH}_3$ , Berzelius Jahresb. III. 139.

**Gichtknoten.** Durch die Gicht werden die Knochen zum Theil selbst in ihrer chemischen Zusammensetzung verändert, zum Theil lagern sich auf ihnen feste Verbindungen ab, welche jetzt als fremde Körper wirken und Entzündung in ihnen hervorrufen. Namentlich findet die letztere Erscheinung an den Gelenkköpfen statt. Wollaston fand sie häufig bestehend aus reinem harnsaurem Natron mit wenig thierischer Substanz verbunden. Ich fand in einer solchen Concretion am Kniegelenk: harnsaures Natron 34,20; harnsaure Talkerde 2,12; kohlen-saures Ammoniak 7,86; Chlornatrium 14,12; Wasser 6,80; thierische Substanz 32,53; Verlust 2,37. Auch die Knochen selbst fand ich sehr in der Zusammensetzung verändert. Vgl. meine physiologische Chemie S 107. Die Heilung durch die Galvanisirung der Gichtknoten zugleich mit dem innerlichen Gerbrauche der Benzoësäure, welche sich dabei in Hippursäure verwandelt, scheint in vielen Fällen mit grossem Erfolge versucht worden zu sein. S. den Art. Hippursäure. M.

**Gigantolith** nannte Nordenskiöld ein von ihm bei Tam-mela in Finland aufgefundenes Mineral wegen der auffallend grossen Krystallgruppen, die es bildet. Es hat ein talkartiges Ansehen, ist grünlich-grau und härter als Kalkspath, aber ritzbar vom Flussspath, und fühlt sich weniger fettig an als Talk, spec. Gewicht 2,87. Die Krystalle sind rhomboëdrisch. Vor dem Löthrohr schmilzt es leicht zu einer grünlichen Schlacke, und giebt im Kolben Wasser. Der Gigantolith ist von Trolle-Wachtmeister und später von Komonen analysirt worden und nach der Formel  $\text{R Si} + \text{Al Si} + \text{H}$  zusammengesetzt gefunden, wo R Alkali, Talkerde, Eisen- und Mangan-oxydul vorstellt. Pogg. Ann. XLV. 558; Berzelius Jahresb. XIX. 295; XXII. 206. B.

**Gin.** Der englische Name für den Genievre, einen über zerquetschte Wachholderbeeren abdestillirten Branntwein. M.

**Gingkosäure,** von Peschier in Gingko-Biloba gefunden; vermuthlich nur eine Gallussäure. M.

**Glätte** ist Bleioxyd. s. d.

**Glanz** bezeichnet den Eindruck, den die Intensität der Lichtausströmung eines Körpers auf das Auge hervorbringt, und man ge-

braucht das Wort eben sowohl von selbstleuchtenden als von erleuchteten Körpern, indem man vom Glanz der Sonne, der Sterne, des Mondes, des Diamants, des Wassers und selbst des Himmels oder der Luft, der Morgenröthe etc. spricht. Zum Theil fällt der Begriff mit dem der absoluten und scheinbaren Helligkeit zusammen. Wir müssen jedoch in unserer Betrachtung den Glanz der selbstleuchtenden Körper von dem der erleuchteten scheiden, und werden uns zunächst mit dem ersteren beschäftigen.

Worin die verschiedene Lichtentwicklung der selbstleuchtenden Körper begründet ist, wissen wir nicht. Thatsächlich aber zeigen sich hierin überaus grosse Unterschiede, welche, photometrisch gemessen, weit grössere Differenzen zeigen, als das Auge selber abzuschätzen vermag, wie denn überhaupt das Auge für die Schätzungen des Glanzes als ein sehr unzureichendes Werkzeug sich ergiebt, und Vermehrungen und Verminderungen bis auf die Hälfte und darüber nicht empfindet. Nur photometrische, — bis jetzt freilich immer noch unvollkommene Messungen, weil sie meistens das Urtheil nach dem Eindrücke auf das Auge nicht ausschliessen, — vermögen ein angenähertes Resultat zu geben.

Die Intensität des Lichtes, welches jeder physische Punkt der scheinbaren Oberfläche eines Körpers ausstrahlt, nennen wir den wirklichen Glanz desselben und bezeichnen ihn durch  $I$ . — Ist die Menge dieser Punkte der scheinbaren Oberfläche  $= A$ , so erhält man durch  $A \cdot I$  die absolute Helligkeit der Fläche, und da die scheinbare Oberfläche sich vermindert, wie das Quadrat der Entfernung  $D$  zunimmt, so wird man die absolute Helligkeit in jeder Entfernung, von allem Uebrigen abgesehen, durch  $\frac{A \cdot I}{D^2}$  erhalten. Der Lichteindruck, den diese Fläche auf das Auge macht, ist abhängig von der Intensität des Lichtes, die eine mit ihr im Verhältniss stehende Empfindung hervorrufen muss, welche wir auf jedem entsprechenden Punkt in der Bildfläche des Auges den scheinbaren Glanz nennen und durch  $E$  bezeichnen, sodann von der Grösse der Bildfläche im Auge, die wir  $B$  nennen wollen, und so erhalten wir durch  $B \cdot E$  die scheinbare Helligkeit des Bildes im Auge. Nun aber nimmt die Bildfläche im Auge ebenfalls mit dem Quadrate der wachsenden Entfernung  $D$  des Gegenstandes ab, und somit wird die scheinbare Helligkeit durch die Formel  $\frac{B \cdot E}{D^2}$  gefunden werden. Es

verhält sich daher die absolute Helligkeit zur scheinbaren jederzeit  $= \frac{A \cdot I}{D^2} : \frac{B \cdot E}{D^2} = A \cdot I : B \cdot E$ , d. h. das Verhältniss der absoluten Helligkeit zur scheinbaren bleibt in allen Entfernungen sich gleich, und da  $A$  zu  $B$  ein constantes Verhältniss hat, so ändert sich auch  $I$  zu  $E$  mit der Entfernung nicht, d. h. der scheinbare Glanz behält zum wirklichen in jeder Entfernung dasselbe Verhältniss, oder der scheinbare Glanz nimmt durch die Entfernung nicht ab. Es versteht sich, dass hier die Mitwirkung eines Zwischenmittels, wie etwa der Luft, des Wassers etc. ausgeschlossen bleibt. Daraus erklärt sich das überaus starke Glänzen weit entfernter, von der Sonne beleuchteter Fenster, da die Meisten von der Voraussetzung ausgehen, der Glanz

müsse mit der Entfernung abnehmen, das helle Blitzen auf dem Felde zerstreuter, von der Sonne getroffener Glasstückchen, welche Gauss auf die Erfindung des Heliotrops führten, in welchem vorzugsweise auf diesen unverminderten Glanz weit von einander entfernter Spiegel gerechnet ist.

Es giebt indessen dennoch eine Weite, in welcher der Glanz sich mit der Entfernung vermindert. Der Erfahrung gemäss wird  $B$  zum eben noch empfindbaren physischen Punkte, wenn der scheinbare Durchmesser von  $A = \frac{1}{2}$  Minute wird, ja für viele Augen und in den meisten Fällen ist eine solche Verminderung nicht einmal nöthig, und schon eine Minute reicht hin. In dem Falle, wo daher  $A$  einen geringeren Durchmesser als den einer halben Minute durch wachsende Entfernung erhält, geht der Ausdruck für die scheinbare Helligkeit  $\frac{BE}{D^2}$  in  $\frac{E}{D^2}$  über, d. h. alsdann nimmt der scheinbare Glanz ab, umgekehrt wie das Quadrat der Entfernung. Oder, da die absolute Helligkeit zur scheinbaren sich verhält, wie  $A.I$  zu  $B.E$ , so verhalten sich für den vorausgesetzten Fall beide, wie  $A.I$  zu  $E$ , da  $B=1$  wird, und weil nun  $A$  als Fläche abnimmt, wie das Quadrat der Entfernung zunimmt, so ändert sich auch  $E$  oder der scheinbare Glanz umgekehrt wie das Quadrat der Entfernung. Denken wir uns die Sonne sich stätig entfernen, so wird zwar ihre scheinbare Helligkeit, nicht aber ihr scheinbarer Glanz abnehmen, so lange, bis ihr scheinbarer Durchmesser kleiner wird, als eine halbe Minute. Von nun an wird auch ihr scheinbarer Glanz abnehmen, dem unbewaffneten Auge aber wird dabei keine Verminderung ihrer scheinbaren Grösse sichtbar werden. Da, wo ihr Durchmesser nur noch  $\frac{1}{4}$  Minute beträgt, wird sie nur noch ein Viertel so hell erscheinen als da, wo er  $\frac{1}{2}$  Minute betrug, an beiden Stellen aber erblickt das Auge nur einen Punkt, der an der näheren Stelle freilich wegen der stärkeren Irradiation nicht als ein einfacher Punkt erscheinen wird, denn jeder glänzende Körper bringt eine solche Irradiation hervor, welche im Verhältniss zum Glanze steht, worüber wir auf den Artikel Irradiation verweisen. Man hat jenen Grundsatz von der Abnahme des Glanzes bei einer gewissen Weite in neueren Zeiten benutzt, um unter Voraussetzung gleichen wahren Glanzes und gleicher Grösse die verhältnissmässige Entfernung der Fixsterne erster, zweiter und folgender Grössen zu bestimmen, wobei nur zu wünschen wäre, dass der scheinbare Glanz der Sterne sicherer, als es bisher möglich ist, gemessen werden könnte. Bis zu welcher Grösse sich der scheinbare Durchmesser eines Sternes vermindern muss, um seinen scheinbaren Glanz gänzlich verschwinden zu lassen, ist unausgemacht, und jedenfalls individuell verschieden. Ohne allen Zweifel aber ist es ein geringer Bruchtheil einer Secunde. Dass es ausserdem von dem absoluten Glanze abhängig ist, versteht sich von selbst.

Bei erleuchteten Körpern ist der Glanz von der Intensität der Reflexion abhängig, und in der Regel spricht man nur bei mehr oder weniger spiegelnden Körpern vom Glanze. Da indessen die spiegelnden Körper ganz allmählig in nicht spiegelnde übergehen, so lässt sich auch keine Grenze für den Glanz angeben, und wir haben schon darauf aufmerksam gemacht, dass mitunter selbst vom Glanze der

Luft gesprochen wird, wiewohl etwas uneigentlich, denn der Glanz bei nicht leuchtenden Körpern ist offenbar eine Erscheinung der Oberfläche, und kann nur allein von ihr hervorgebracht werden. Wo ein Körper, wie die Luft, keine Oberfläche hat, kann zwar von ihrer Helligkeit und ihrem Lichte, nicht aber von einem eigentlichen Glanze gesprochen werden.

Alle glänzenden Körper müssen ebene oder gekrümmte glatte Oberflächen haben, welche im Stande sind, wenigstens einen Theil der parallel nebeneinander auffallenden Strahlen wieder parallel nach den Gesetzen der Reflexion zurückzuwerfen, und so mehr oder weniger vollkommen zu spiegeln. Wo die zurückgeworfenen Strahlen nirgend in der Ordnung, in welcher sie auffallen, parallel zurückgeworfen werden, d. h. wenn die an der Oberfläche erregten Lichtwellen durch ihre Interferenz keine den ankommenden Lichtwellen gleiche Curve in umgekehrter Lage bilden, so findet kein Spiegeln oder Glänzen statt. Jedes Aethertheilchen an der Oberfläche eines solchen Körpers wird zum Mittelpunkte neuer Wellen, was zwar auch bei den spiegelnden und glänzenden Körpern der Fall ist, weil sonst die reflectirenden Stellen nicht aus allen Richtungen gesehen werden könnten, aber doch nicht in so ausgezeichnete Weise, als bei jenen.

Der Glanz der Körper ist ein Moment von Wichtigkeit für ihre Kenntniss, weil er offenbar mit ihrer inneren Beschaffenheit zusammenhängt. Je grösser die Continuität eines Körpers ist, um so mehr wird er glänzen können, denn jede Unterbrechung seines Zusammenhanges wird eine regelmässige Zurückwerfung der Strahlen verhindern. In der That sehen wir auch die Aggregate, wie Kreide, Porcellanerde, dichten Kalkstein, Thon etc. ohne Glanz. Man sollte nun hiernach schliessen, dass ein Körper um so besser glänzen werde, je dichter er sei, was zwar im Allgemeinen richtig ist, aber doch so viele Ausnahmen gestattet, dass wir die Regel nicht als richtig erkennen können. Platin glänzt weniger als Gold oder Eisen.

Sehen wir davon ab, dass die Menge des reflectirten Lichtes von dem Winkel abhängt, unter welchem es auffällt, und halten wir uns hier allein an das senkrecht einfallende und zurückgehende, so hängt es ausserdem offenbar von der Beschaffenheit des Körpers ab, der es zurück giebt. Je grösser die Intensität der Schwingungen ist, die in dem reflectirenden Körper erregt werden, desto geringer muss die der reflectirten sein, denn die ursprüngliche wellenerregende Kraft erhält durch den Widerstand nur eine geringe Verstärkung. Je stärker ein Körper daher das Licht bricht, um so grösser wird sein Glanz sein, und das zeigt sich allerdings beim Diamante, Schwefel etc. Man kann den Satz aber nicht so ausdrücken: je mehr ein Körper Licht hindurch gehen lässt, um so weniger giebt er zurück, denn alsdann müsste ein Körper um so weniger glänzen, je durchsichtiger er wäre, und das ist nicht der Fall.

Vom Glanze der Körper hat man bisher fast nur in der Mineralogie, vorzugsweise in der Werner'schen Schule, einen wissenschaftlichen Gebrauch gemacht. Man unterscheidet darin die Art des Glanzes, und die Stärke desselben, aber nur empirisch nach dem sinnlichen Eindrücke. Dass die Art des Glanzes specifisch verschieden sei, ist schwer zu glauben, wenigstens nicht nachzuweisen; die ver-

schiedenen Arten scheinen meistens nur auf verschiedener Intensität zu beruhen, also ebenfalls nur der Stärke nach verschieden zu sein, so dass die einzelnen Grade der Stärke, oder die Art, noch wieder in drei Unterarten zerfallen, welche man durch die Worte: starkglänzend, glänzend und wenig glänzend unterscheidet. Als verschiedene Arten des Glanzes hat man folgende aufgeführt: 1) Metallglanz. Er findet sich bei undurchsichtigen Körpern, und bezeichnet die stärkste Reflexion. Nach Versuchen mit Ritchie's Photometer giebt ein Metallspiegel von dem senkrecht auf ihn fallenden Lichte etwa  $\frac{1}{3}$ , und Quecksilber  $\frac{1}{2}$  zurück. Bezeichnen wir das einfallende Licht mit 1, so werden uns die Zahlen 0,50 bis 0,66 etwa die Intensität, welche durch Metallglanz ausgedrückt wird, angeben. Man unterscheidet vollkommenen Metallglanz, wie er sich bei den verarbeiteten und gediegenen Metallen, den sogenannten Glanzen und Kiesen, auch bei einigen Erzen findet, und unvollkommenen Metallglanz, wie er sich am Tantalerz, Uranerz und der harzlosen Steinkohle zeigt. Ohne Zweifel ist der Reflexionswerth hier ein geringerer. 2) Diamantglanz oder Demantglanz, ist ein Metallglanz in Verbindung mit Durchsichtigkeit oder Durchscheinheit, und dürfte im Reflexionswerthe dem Metallglanz wenig nachstehen. Man unterscheidet den metallähnlichen, wie bei den dunkelrothen Abänderungen der Rubinblenden oder dem Rothgiltigerze, bei den dunkelfarbigen Abänderungen der dodekaëdrischen Granatblenden oder der Zinkblende, den grauen Varietäten des diprismatischen Bleibarites oder Weissbleierztes, und den gemeinen Diamantglanz. Letzteren zeigt der Diamant, die hochfarbigen Rubinblenden und mehrere Varietäten der vorhin genannten Blenden, und der Schwefel. 3) Fettglanz. Beruht offenbar in geringerer Reflexion als der Metallglanz. Oel spiegelt schlechter als Quecksilber, aber besser als Wasser. Wird Bergkrystall oft angefasst, so wandelt sich sein Glanz in Fettglanz um, wahrscheinlich nicht durch blosse Glättung. Einen Reflexionswerth vermögen wir nicht anzugeben. Er zeigt sich bei allen fetten Oelen, beim Granate, Pechstein, Elaeolith, Fettquarz. Werden die spiegelnden Flächen sehr klein, so vermindert sich der Fettglanz zum Wachsglanz. 4) Glasglanz. Hier ist die Reflexion bedeutend geschwächt. Versuche mit Ritchie's Photometer ergaben den Reflexionswerth für Glas = 0,025, für Wasser = 0,018, somit sehr viel geringer als beim Metallglanz. Wir finden ihn beim Glase, Quarz, Smaragd und den meisten übrigen Edelsteinen, beim Wasser, Eise etc. — Perlmutterglanz, findet sich nur da, wo Lamellen vorhanden sind, und das reflectirte Licht der vordern Fläche durch Reflexion im Innern an der hintern Fläche durch das vorn austretende Licht gleichartig verstärkt wird. Das Auge bleibt dabei ungewiss, wo eigentlich reflectirt wird, und der Glanz erhält dadurch etwas Schielendes. Es ergiebt sich daraus schon, dass Perlmutterglanz nur bei solchen Körpern vorkommen kann, welche durchscheinend sind, weil nur bei ihnen Licht bis zur hinteren Fläche und wieder zurück gelangen kann. Ferner müssen sich in den Körpern vermöge ihrer krystallinischen Structur und Spaltbarkeit Lamellen gebildet haben, sonst liegt die hintere Spiegelfläche zu weit entfernt, und endlich werden die Körper entweder wasserhell, weiss oder doch nur schwach gefärbt sein müssen, weil sonst

das Licht der vorderen Reflexion, welche durch die Farbe des Körpers keine Färbung annimmt, durch das Licht der hinteren Reflexion, welches allerdings durch die Farbe des Körpers gefärbt wird, nur unvollständig und nicht gleichartig verstärkt wird. Hiernach wird der Perlmutterglanz nur ein in angegebener Art abgeänderter Glanz der vorigen Arten, und kann bei jeder derselben vorkommen, wenn die übrigen Bedingungen nicht fehlen. Indessen unterscheidet man nur zwei Arten, den gemeinen, wie bei der Perlmutter, dem Kuphonspath, den Disthen und Talk, und den metallähnlichen, den der Schillerspath und Talkglimmer zeigen. — Der Seidenglanz oder Atlasglanz ist ein Perlmutterglanz bei fasrigen Körpern, wie bei der Seide, dem Asbeste, Fasergips etc. Er verträgt eine stärkere Färbung, da der Glanz der Oberfläche gegen den inneren Glanz untergeordnet erscheint. Was man nun bei allen Arten dieses Glanzes als Stärke des Glanzes unterscheidet, ist eigentlich nur die Regelmässigkeit der Reflexion. Man denkt sich die Körper mit ebenen Oberflächen, oder schleift und polirt dieselbe. Geben sie dann Bilder mit scharfen, deutlichen Umrissen, so sind sie starkglänzend, z. B. von Glasglanz; ist das Bild nicht scharf, so sind sie glänzend, erscheint nur eine Andeutung des Bildes, so sind sie wenig glänzend. — Besteht ein Körper aus einem Aggregate verschwindend kleiner Theilchen mit ebenen Oberflächen, so zeigt sich nur eine Andeutung des Glanzes, und er heisst dann schimmernd, wie z. B. Feuerstein, Thonschiefer etc. Im Sonnenlichte zeigt er scintillirende Farbenpunkte, wenn der Gangunterschied der von den Theilchen reflectirten Strahlen um eine, drei oder fünf halben Wellenlängen von den daneben gelegenen verschieden ist, ebenso wie bei fein gestreiften Flächen. Selbst glänzende Körper können dieses Schimmern zeigen, wie rother Siegellack. — Die Abwesenheit alles Glanzes wird durch matt bezeichnet, ein Ausdruck, der in vielen anderen Beziehungen doch nicht gleichbedeutend ist mit glanzlos, aber eingebürgert ist. Nur staubartige Körper und Conglomerate derselben ohne Bindemittel sind völlig glanzlos.

K. F. K.

**Glas** ist ein Gemenge aus verschiedenen kieselsauren Salzen, worin Kali und Natron die vorherrschenden Basen sind, zu denen aber noch immer andere hinzukommen, die theils absichtlich zugemischt werden, um auf die Härte oder Farbe des Glases einzuwirken, theils aus unreinen Materialien herrühren und also mehr zufällig in die Glasmasse gerathen sind. Da zwei kieselsaure Salze gemischt einen niedrigeren Schmelzpunkt haben, als jedes Silicat für sich, so wird Glas nie aus kieselsaurem Kali oder kieselsaurem Natron allein hergestellt, sondern man setzt entweder Kalk oder Bleioxyd hinzu, um den Schmelzpunkt zu erniedrigen, der besonders durch Blei bedeutend herabgebracht wird. Bei allen besseren Glassorten kommt zu den in dem erforderlichen Verhältniss gemischten Materialien, dem Glassatz, noch eine Substanz, welche in der Glühhitze Sauerstoff entwickelt, und dadurch bewirkt, dass die während des Schmelzens etwa in die Glasmasse gefallen Kohlentheilchen und in den Materialien zuweilen befindlichen Pflanzenreste weggebrannt werden, oder das wenige im Glassatze, aber fast nie fehlende Eisenoxydul sich in

Oxyd verwan­dele, welches dem Glase weniger leicht als das Oxydul eine Färbung ertheilt. Dergleichen oxydirende Stoffe sind Salpeter, Braunstein und weisser Arsenik (arsenige Säure), und da auch Men­nige unter denselben Umständen Sauerstoff abgiebt, so bedient man sich ihrer lieber als des Bleioxyds, wenn bleihaltiges Glas fabricirt werden soll. Der Salpeter hinterlässt Kali, welches verglast, der Braunstein wird zu Manganoxydul reducirt, welches mit einem Theil Kieselsäure zusammenschmilzt. Da es aber an der Luft und beson­ders im Sonnenlichte sich höher oxydirt und dann das Glas violett macht, so darf man nur wenig Braunstein zusetzen. Die arsenige Säure wird, indem sie Sauerstoff abgiebt, zu Arsenik, welches sich verflüchtigt; geschieht dies jedoch nicht vollständig, so wird das Glas trübe. Soll das Glas gefärbt werden, so bewirkt man dies mittelst verschiedener Metalloxyde, die weiter unten namhaft gemacht sind. Endlich setzt man jeder Glassorte noch derselben entsprechendes Bruchglas zu, theils um dasselbe noch zu benutzen, theils um dadurch die Schmelzung zu erleichtern.

Als Kieselsäure dient in den meisten Fällen Sand, der zu den feinen Glasarten möglichst weiss und eisenfrei ausgewählt wird. Zu der feinsten nimmt man auch Quarz (Feuerstein), den man zuvor glüht, in kaltem Wasser abschreckt und nun fein mahlt. Das Ver­hältniss der Kieselsäure zu den Basen ist sehr veränderlich, und lässt sich am einfachsten noch durch die Sauerstoffmenge in beiden aus­drücken; setzt man diese in den Basen zusammen 1, so ist sie in der Kieselsäure beim grünen Bouleillenglase 2, in dem gu­ten weissen Glase 4, in dem bleihaltigen im Mittel 8, woraus sich ergibt, dass die Anzahl aller Glassorten wegen der Verschiedenheit der Materialien in Menge, Reinheit und chemischer Beschaffenheit sehr ansehnlich ist. Sie lassen sich indessen ziemlich leicht in fol­gende, freilich nicht scharf begränzte Abtheilungen bringen: 1) Bou­teillen- oder grünes Glas, wozu Sand, Holzasche, Seifensieder­äsker, d. i. der Rückstand von der Bereitung der Kalilauge, Seifen­siederfluss (Chlorkalium und Chlornatrium), Basalt, Schmiede- und Hohofenschlacken, auch geringe Sodasorten, Kalk u. s. w. genommen werden. Die Farbe ist grün, braun oder schwarz und rührt von Metalloxyden, namentlich Eisenoxydul und Eisenoxyd her. Werden Sand, Pottasche oder Soda und Kalk in einem gewissen Grade der Reinheit angewandt, so erhält man halbweisses Glas, welches all­mählig aus dem ordinären grünen Glase in das weisse übergeht. — 2) Weisses Glas. Hierzu gebraucht man weissen Sand oder Quarz, gereinigte Pottasche, Kreide oder gebrannten und an der Luft zer­fallenen Kalk, und gewöhnlich Salpeter oder Braunstein mit arseniger Säure. Eine solche Zusammensetzung hat das sogenannte Kronglas (crown glass). Das englische Kronglas wird aber aus Sand, Soda und Kalk verfertigt, und zu Fensterscheiben benutzt; es ist also ein Na­tronglas. Man stellt in neuerer Zeit Natronglas auch ohne Anwendung von Soda dar, indem man Sand, Kalk, calcinirtes (wasserfreies) Glau­bersalz und auf einen Theil des letzteren  $\frac{1}{4}$  —  $\frac{1}{2}$  Kohlenpulverzusam­menschmilzt. In der Hitze wird hierbei das Glaubersalz in schweflig­saures Natron verwandelt, und durch die Kieselsäure das schweflig­saure Gas ausgetrieben, worauf sich die Kieselsäure mit dem Natron

verbindet. Ebenso kann man auch schwefelsaures Kali mit etwas Kohle zu Glas benutzen. Man setzt auch wohl Kochsalz zum Glasatz, wenn derselbe Pottasche und Kalk enthält, um Natronglas oder ein aus Kali- und Natronglas gemischtes darzustellen. Das Kochsalz oder Chlornatrium giebt mit der Pottasche (kohlen-saurem Kali) kohlen-saures Natron und Chlorkalium, von denen letzteres in der Glasgalle obenauf schwimmt, das erstere aber wie Soda zerlegt wird. Das in diese Abtheilung gehörige Glas hat noch einen schwachen Stich ins Gelbe, Blaue oder Grüne, und wird zu Fensterscheiben, Trinkgläsern, und das beste auch zu geschliffenen Waaren verarbeitet. — Nimmt man Pottasche oder Soda, Sand und Kalk, so wie die entfärbenden Mittel ganz rein, so erhält man das bleifreie Krystall- und Spiegelglas, die beide vollkommen farblos sind. Das Spiegelglas, welches gegossen wird, ist ein Natronglas, da Kaliglas sich weit weniger zu diesem Zweck eignet. — 3) Bleiglas, kenntlich an seinem hohen specifischen Gewicht 3 — 5, welches bei den anderen Gläsern merklich geringer ist. Hierzu gehören das schwere, gewöhnlich zu geschliffenen Gegenständen verarbeitete Krystallglas und das Flintglas, welches seinen Namen von dem englischen „flint“ Feuerstein hat, weil man ehemals zu seiner Darstellung sich des Feuersteins bediente. Es enthält mehr Bleioxyd als das Krystallglas, und dient wegen seiner starken Strahlenbrechung besonders zu optischen Gläsern. Die Materialien zu den Bleigläsern sind ausser Bleiglätte oder Mennige, feiner reiner Sand, gereinigte Pottasche, Salpeter, Brauhnstein und arsenige Säure, häufig die drei letzten zugleich. Soda wendet man beim Bleiglase nicht leicht an, da Natron demselben leicht eine gelbliche Färbung giebt. Das feinste Bleiglas ist der nach seinem Erfinder genannte Strass, der aus reinem, mit Salzsäure ausgezogenem Sande oder Bergkrystall, ganz reiner Pottasche und Mennige, welche die Hälfte des ganzen ausmacht, dargestellt wird. Er ist ein vollkommen klares, leicht schmelzbares Glas, welches die Grundmasse der künstlichen Edelsteine bildet. — 4) Gefärbte Gläser werden durch Zusatz von Metalloxyden zur weissen Glasmasse erhalten, die entweder ordinäres oder Krystallglas oder Strass ist, je nachdem das farbige Glas gewöhnlich, feiner oder ganz fein sein soll. Zu roth nimmt man Goldpurpur, Eisenoxyd oder Kupferoxydul. Ersteres giebt purpurroth bis rosa, Eisenoxyd fleischroth, letzteres dunkelroth und sehr intensiv, daher nur zu Ueberfangglas (s. unten) brauchbar. Zu gelb: Chlorsilber, antimonigsaures Kali oder Bleioxyd, auch Kohle in geringer Menge; blau: Kobaltoxydul, Smalte; grün: Kupferoxyd oder Chromoxyd; violett: Manganoxyd, welches aus Braunstein und Salpeter beim Glühen entsteht, schwarz: Braunstein, Kobaltoxydul (Zaffer) und Hammerschlag, weiss: Zinnoxid, milchweiss (opalisirend): Knochenerde. Ausser den genannten Stoffen, welche nur als Beispiele dienen sollen, werden noch viele andere Farben und Nüancen durch Mischen verschiedener Farbstoffe auf die mannigfaltigste Art hervorgebracht und dadurch jener Farbenreichthum in die Glaswaaren gebracht, der mit Recht in neuester Zeit so vielfach bewundert wird.

Zahlenbeispiele von Glassätzen zu geben, ist theils wegen der grossen Verschiedenartigkeit der Gläser theils darum hier unterblieben.

ben, weil fast jede Glashütte andere Sätze hat, die sich nach dem Fabricat und nach der Lokalität, aus welcher die Materialien bezogen werden, richten. Die Materialien werden gehörig zerkleinert, in dem zweckmässigen Verhältniss gut gemengt, und in den meisten Fällen sogleich in die heftig glühenden Schmelzgefässe, Glashäfen, gebracht, seltener noch zuvor auf einem besonderen, nach Art eines Flammofens eingerichteten Herde gefrittet, d. h. bis zum angehenden Schmelzen unter beständigem Umrühren erhitzt. Die Häfen sind aus feuerfestem Thon in Form eines Blumentopfes und stehen auf einer Bank am Umfange des runden oder viereckigen Schmelzofens. Die Feuerung befindet sich in der Mitte des Ofens, welcher oben überwölbt ist und in der Mitte der Wölbung, so wie zur Seite Abzüge hat, welche die Hitze in mehrere seitliche, zum Köhlen, Fritten, Calciniren, Austrocknen und Anwärmen der Häfen u. s. w. bestimmte Oefen führen, und diese dadurch heizen. Die inneren Wände des Ofens müssen aus feuerfesten Steinen aufgeführt, und die Steine im Gewölbe auf sehr sorgfältige Weise verbunden werden, da in der hohen Temperatur bedeutende Raumveränderungen eintreten, in Folge deren der Mörtel leicht reissen und in die Glashäfen fallen kann. Man fügt daher die Gewölbesteine auch wohl ohne Bindemittel zusammen, die nachher bei der Heizung des Ofens völlig dicht durch die Ausdehnung an einander schliessen sollen. Nicht minder nachtheilige Folgen können daraus hervorgehen, wenn, da das Alkali in der Schmelzhitze sich verflüchtigt und die innere Oberfläche des Gewölbes verglast, von diesem das unreine Glas in die offenen Häfen tropft. Die Zahl der Häfen beträgt in einem Ofen 6 bis 12; sie werden durch eine geräumige Oeffnung des Ofens, Aufbrechloch, eingesetzt, die dann wieder vermauert wird; oberhalb eines jeden Hafens befindet sich in dem Umfang des Ofens eine kleine Oeffnung, Arbeitsloch, durch welche der Arbeiter den Hafen füllen und das Glas herausnehmen kann. Wo man, wie in England, genöthigt ist, mit Steinkohlen zu feuern, müssen die Häfen, um den Russ abzuhalten, bedeckt sein; sie haben dann zur Seite eine schnabelförmige in das Arbeitsloch hineinreichende Verlängerung, die an ihrem Ende so weit ist, dass der Arbeiter in den Hafen gelangen kann. Eine solche Einrichtung aber schwächt die Wirkung der Hitze auf die Glasmasse, weshalb man in diesem Fall meist Bleiglas verfertigt. Auch Torf macht, wegen der Flugasche, bedeckte Häfen nothwendig. Gut getrocknetes, gedarrtes Holz ist das beste Brennmaterial.

Sind die Häfen in dem Nebenofen hinlänglich erhitzt und in starker Gluth, so werden sie durch das Aufbrechloch in den Glasofen gebracht, was eine sehr schwierige und viel Geschicklichkeit von Seiten der Arbeiter erfordernde Arbeit ist. In dem Glasofen, den man sogleich wieder zumauert, werden sie ebenfalls noch einige Stunden durchgebrannt, bevor man sie füllt. Dies geschieht in Portionen, und zwar trägt man die folgende nicht früher ein, ehe die vorhergehende nicht niedergeschmolzen ist, weil die Schmelzung dadurch erleichtert wird. In der hohen Gluth treibt die Kieselsäure aus den kohlen-sauren Salzen die Kohlensäure aus und verbindet sich mit den Basen; die nicht verglasbaren Stoffe, als Kochsalz, Chlorkalium, schwefelsaures Kali u. s. w., die besonders in unreinen Ma-

aterialien in grösserer Menge vorhanden sind, schwimmen oben auf und bilden die Glasgalle, welche abgeschöpft wird. Hat die Gasentwicklung aufgehört und die Glasmasse, Metall, sich geläutert, so erniedrigt man die Temperatur, damit das dünnflüssige Glas eine zähflüssige Consistenz annehme, in welchem Zustande es sich am bequemsten verarbeiten und ungefähr wie weiches Wachs biegen und zusammenkleben lässt.

Hinsichtlich der Verarbeitung unterscheidet man Hohl-, Tafel- und gegossenes Glas, von denen die beiden ersten mittelst der Pfeife durch Blasen erhalten werden. Unter Hohlglas versteht man alle hohlen Glassachen, wie Flaschen, Trinkgläser u. s. w., und die Verfertigung derselben beruht im Allgemeinen darauf, dass der Arbeiter die Pfeife, ein etwa 5 Fuss langes eisernes Rohr, das oben ein Mundstück hat, in die Glasmasse taucht, und wenn sich eine hinreichende Menge derselben daran befestigt hat, oben hineinbläst und sie dadurch zu einem birnförmigen hohlen Körper aufbläst. Dieser wird auf dem Marbel, einer eisernen oder nassen hölzernen Platte, hin und her gerollt, bis er glatt und cylindrisch ist, und nun mit Hülfe anderer Werkzeuge geformt. Hohlgläser, welche erhabene Verzierungen, oder solche, die möglichst gleiche Form erhalten sollen, werden in messingenen Formen aufgeblasen, welche die gewünschten Zeichnungen vertieft enthalten. Uebrigens müssen die Gegenstände während der Bearbeitung im Schmelzofen mehrere Male angewärmt werden, damit das Glas die erforderliche Bildsamkeit behalte. Das Tafelglas, welches zu Scheiben aller Art dient, wird auf die Weise erhalten, dass man einen grossen Cylinder zu erhalten sucht, zu welchem Ende man auch während des Blasens die Masse hin und her schwenkt, diesen der Länge nach mit einem heissen Eisen aufsprengt und in den Streckofen bringt, wo der mit der Spalte nach oben gerichtete Cylinder bis zum Erweichen des Glases erhitzt wird und sich auf seiner glatten Unterlage dann ausbreitet, auf der es durch zweckgemässe Werkzeuge völlig geebnet wird. In England und einigen anderen Gegenden befolgt man ein abweichendes Verfahren zur Anfertigung des Tafelglases. Es wird die Glasmasse zunächst zu einem Ballon aufgetrieben, dieser am Boden flach gedrückt, und mit der Mitte desselben an eine eiserne Stange befestigt, während die Pfeife an der anderen Seite abgesprengt wird. Das Glas wird nun in dem sehr grossen Arbeitsloch eines Nebenofens, Auslaufofen, angewärmt und schnell mittelst der eisernen Stange umgedreht. Durch die rotirende Bewegung verflacht es sich zu einer Scheibe, die 4—5 Fuss Durchmesser hat, in der Mitte etwas dicker als nach dem Rande hin ist, deshalb Mondglas heisst, und in Stücke von beliebiger Form und Grösse geschnitten wird. — Um Glasröhren zu machen, bringt man das dazu erforderliche Glas in Form eines Cylinders, an dessen einer Seite die Pfeife sitzt, und befestigt an der anderen einen Eisenstab, Hefeseisen. Zwei Arbeiter ziehen nun mittelst dieser Vorrichtungen den Cylinder in eine Röhre aus, indem sie schnell nach entgegengesetzter Richtung gehen. Auf dieselbe Weise werden massive Stäbe verfertigt.

Beim Giessen, welches besonders zur Darstellung sehr grosser Spiegelscheiben vorgenommen wird, füllt man das geschmolzene Glas

mittelst schmiedeeiserner Kellen in kleinere viereckige, zuvor erhitzte Häfen, und lässt es darin einige Stunden im Schmelzofen stehen, damit alle beim Umschöpfen etwa in das Glas gekommenen Luftblasen herausgehen. Dann zieht man mit grossen Zangen den Giesshafen aus dem Ofen, setzt ihn auf einen kleinen Wagen und fährt ihn schnell zu dem in der Nähe stehenden Giesstisch. Dieser besteht aus einer 6 Zoll dicken, 12 Fuss langen und nahe halb so breiten bronzenen Platte, welche auf einem starken hölzernen und durch Rollen beweglichen Gestell ruht. Vor dem Guss wird die Platte, mittelst glühender Kohlen angewärmt, diese dann rein abgefegt und der Giesshafen an einem Krahn in die Höhe gehoben und auf die Tafel entleert. Durch bronzene, vorher auf die Tafel gelegte Lineale wird ein Raum abgegrenzt, innerhalb dessen das ausgegossene Glas sich verbreitet, und auf welches schnell eine schwere Bronzewalze hingerollt wird, um die Glastafel zu ebnen. Ueber das Belegen der Spiegel s. Amalgam. — Zu den gegossenen Gegenständen aus Glas gehören auch noch die meist verzierten tellerförmigen Gefässe, Glasstöpsel, Messerböcke und andere massive Sachen, die zwischen Formen gepresst werden und daher auch gepresste Glaswaren heissen, eine Benennung, die man auch auf das oben erwähnte in Formen geblasene Hohlglas ausdehnt. Da dergleichen gepresste Gläser des scharfkantigen und glänzenden Ansehens der geschliffenen mehr oder minder ermangeln, so hilft man durch Schleifen oder Poliren nach, um sie diesen ganz ähnlich zu machen.

Alle Glassachen müssen, sobald sie die gehörige Form erhalten haben, in den bis zum schwachen Glühen erhitzten Kühlöfen gebracht werden, und darin allmählig abkühlen. Lange Röhren und Stäbe werden, damit sie in den Ofen hineingehen, in kürzere Stücke getheilt. Das langsame Köhlen ist eine für die Dauerhaftigkeit des Glases überaus wichtige Sache, da es nach zu schneller Kühlung sehr spröde ist und bei geringem Temperaturwechsel springt. Um solches Glas zu verbessern, stellt man es in Salzwasser oder besser noch in Oel, und erbitzt es damit so lange, bis ersteres siedet oder das Oel in Folge eintretender Zersetzung eine dem Kochen ähnliche Erscheinung zeigt, worauf man das Ganze kalt werden lässt. Die grössere Haltbarkeit des gut gekühlten Glases scheint darin ihren Grund zu haben, dass bei dem langsamen Festwerden die kleinsten Theile eine weniger leicht verschiebbare Lage anzunehmen im Stande sind, als bei schneller Kühlung, wo die Kürze der Zeit ihnen dies nicht gestattet.

Eine eigenthümliche, in neuerer Zeit sehr in Aufnahme gekommene Glasart ist das Ueberfangglas, welches ein mit einem farbigen Glase überzogenes farbloses ist. Am häufigsten kommt rothes, mit Kupferoxydul gefärbtes Ueberfangglas vor, bei welchem die färbende Schicht sehr dünn ist, und dennoch dem Ganzen eine intensive Färbung giebt. Schleift man die gefärbte Schicht fort, so entstehen wasserhelle Zeichnungen und Schriftzüge auf farbigen Grunde. Die Anfertigung solchen Glases ist sehr einfach. Es wird die Pfeife zuerst in farbloses Glas getaucht, eine möglichst gleichförmige Kugel desselben daran befestigt und diese in das farbige gebracht, um sich damit zu überziehen, worauf die Verarbeitung wie oben geschieht. Viele andere Methoden, farbige Figuren auf Glas hervorzubringen,

zu sehr in das Gebiet des Technischen, als dass sie hier erörtert werden könnten.

Analysen von Glas haben Dumas (Erdmann's Journ. IX. 35) und Berthier (das. X. 304) angestellt, denen nachstehende Beispiele entnommen sind:

	Kie- sels.	Kali	Na- tron	Kalk	Blei- oxyd.	Mag- nesia	Thon- erde.	Eisen- oxyd.	Man- ganox.	A	B	C
Bou- teillen	1 60,0	3,1		22,3	—	—	8,0	4,0	1,2	99,0	31,1:12,3	B
	2 59,6	3,2		18,0	—	7,0	6,8	4,4	0,4	99,4		B
Glas	3 53,6	5,5	—	29,2	—	—	6,0	5,7	—	100,0	27,6:13,6	D
	4 45,6	6,1	—	28,1	—	—	14,0	6,2	—	100,0	23,7:17,2	D
halb weiss.	5 71,6	10,6	—	10,0	—	—	3,0	1,5	0,3	97,0		B
	6 62,0	—	16,4	15,6	—	2,2	2,4	0,7	—	99,0		B
weiss: böhm.	7 71,7	12,7	2,5	10,3	—	—	0,4	0,3	0,2	98,1	37,2:6	B
	8 69,4	11,8	—	9,2	—	—	9,6	—	—	100,0	36:9,04	D
Krongl.	9 62,8	22,1	—	12,5	—	—	2,6	—	—	100,0	32,6:8,4	D
franz.	10 68,5	—	12,9	16,2	—	—	2,4	—	—	100,0	35,6:8,9	D
engl.	11 69,0	—	11,1	12,5	—	—	7,4	—	—	100,0	35,8:6,2	D
Spie- gel- Glas	12 68,6	6,9	8,1	11,0	—	2,1	1,2	0,2	0,1	98,2	35,6:7,8	B
	13 75,9	—	17,5	3,8	—	—	2,8	—	—	100,0	39,4:6,7	D
	14 73,8	5,5	12,1	5,6	—	—	3,5	—	—	100,5	38,4:7,2	D
Kry- stall- Glas	15 51,4	9,4	—	—	37,4	—	1,2	0,8	—	100,2		B
	16 59,2	9,0	—	—	28,2	—	—	0,4	1,0	97,8		B
Flintgl.	17 42,5	11,7	—	0,5	43,5	—	—	1,8	—	100,0	22,1:6,05	D
Strass	18 38,1	7,9	—	—	53,0	—	—	1,0	—	100,0	19,8:5,6	D

Die mit *A* überschriebene Spalte enthält die Summe der durch die Analyse gefundenen Bestandtheile, unter *B* bezeichnet die erste Ziffer die in der Säure und die zweite die in der Summe der Basen enthaltene Sauerstoffmenge; in der Spalte *C* bedeutet B: Berthier, und D: Dumas. Die Sorte No. 1. enthält noch 0,4 Phosphorsäure, die Bouteillen daraus sind ausgezeichnet und werden zu Souvigny bei Moulins verfertigt; No. 2 ist Glas von Epinac bei Autun, ebenfalls sehr gut; No. 3 von Sevres; No. 4 ebenfalls französisch. Das Bouteillenglas ist wegen des grossen Thonerdegehalts strengflüssiger als andere Glassorten. Das Eisen ist als Oxydul und Oxyd darin. No. 5 und 6 ist blass hellgrün und dient zu Medicingläsern, chemischen Geräthen und anderen gewöhnlichen Glaswaaren. No. 7 ist von Neuwelt in Böhmen, sehr klar und schön. No. 9 deutsches Kronglas von vorzüglicher Qualität. No. 10 weiches Fensterglas, No. 11 englisches Fensterglas, No. 12 Glas von altem venetianischen Spiegelglas herrührend, von den Optikern gerühmt; auf dem Schnitt hat es einen schwach rauchigen Schein, ohne grüne oder blaue Nuance. No. 13 und 14 französisches Glas. No. 15 von Newcastle in England, No. 16 gleichfalls englisch, wird in London zu physikalischen und chemischen Apparaten benutzt. No. 17 Glas von Guinand (s. unten), und No. 18 aus der Fabrik von Douauld-Wieland in Paris, enthielt Spuren von Arseniksäure und Borax.

Eigenschaften. Völlig farblos, selbst in dickeren Schichten, ist das Glas nur, wenn es aus den reinsten Materialien verfertigt ist; meist lässt auch das in dünneren Tafeln weisse Glas, wenn man mehrere übereinander legt, eine schwache Färbung wahrnehmen, und zwar eine grünliche bei Ueberschuss an Kali (aus der nicht chemisch reinen Pottasche), eine blaue von zu vielem Natron, eine graue düstere von Bleioxyd, eine bräunliche von etwas Russ. Je mehr Kieselsäure das Glas enthält, desto härter ist es, und desto besser lässt es sich poliren. Kaliglas schmilzt schwerer als Natronglas und läutert sich daher auch schwieriger als dieses. Man bedient sich daher am vortheilhaftesten des Kaliglasses zu den Verbrennungsröhren bei organischen Analysen. Am leichtesten schmilzt Bleiglas, welches sich wegen seiner starken Farbenzerstreuung mit Kronglas zu optischen achromatischen Gläsern vortrefflich eignet, aber auch zu vielen anderen Gegenständen, besonders geschliffenen, wegen seines starken Glanzes und Klanges (Klingglas) verarbeitet wird. Das geringste spec. Gewicht hat Kaliglas, das höchste Bleiglas, bei ersterem fängt es mit 2,3 an, wird aber durch vermehrten Kalkgehalt höher und steigt beim Bleiglas auf 3 bis 5. Fehler des Glases sind, wenn es Blasen hat, also bei der Verarbeitung noch luft- (kohlen säure-) haltig nicht gehörig geläutert war; wenn es ungeschmolzene oder unverglaste Stückchen enthält, oder wenn es Schlieren oder Streifen zeigt, die auf eine Ungleichartigkeit der Masse hindeuten, und von denen die ersten durch die bereits oben erwähnten vom Ofengewölbe in die offenen Häfen herabtropfenden verglasten Brocken entstehen. Am schwierigsten ist es, Flintglas zu optischen Zwecken so homogen zu erhalten, dass das Licht in allen Theilen des Glases gleich gebrochen wird; denn da das Bleioxyd, welches über die Hälfte vom Gewicht des Glases ausmacht, die übrigen Bestandtheile an Schwere bedeutend übertrifft, so senkt es sich in der geschmolzenen Glasmasse und es werden die unteren Schichten im Hafen dichter als die oberen. Umrühren hilft hier wenig, weil dadurch Luft in das Glas kommt, die erst nach längerer Ruhe wieder entweicht. Die vollkommensten Objective aus Flintglas verfertigten Fraunhofer in München und Guinand zu Brennetz bei Genf. Aus der Anstalt des Ersteren ging der grosse Refraktor für die Dorpater Sternwarte hervor, welcher über 14 Zoll Oeffnung hat. Das Verfahren beider Männer scheint aber auch nach ihrem Tode Niemanden genau bekannt geworden zu sein. In England bemühte sich Faraday durch borsaures Bleioxyd mit oder ohne Kieselsäure das Flintglas zu ersetzen, und beschrieb das Verfahren (Pogg. Ann. XVIII. 515. Ueber Gläser zu opt. Gebrauch s. auch Pogg. Ann. VII. 119; XV. 248 251.). Die spec. Wärme eines Glases, woraus Röhren fabricirt werden, fand Regnault 0,19768, die Ausdehnung durch die Wärme nicht allein bei verschiedenen Sorten, sondern selbst bei derselben Sorte, je nachdem sie Röhren oder Kugelform besitzt, verschieden. Der Ausdehnungscoefficient für 0—100° C betrug bei grünem Glase 0,002299, bei 3 Sorten weissem Glase 0,002514 0,002592; 0,002648; bei gewöhnlichem Krystallglas 0,002101. In allen Fällen sind Röhren untersucht, und in den vier ersten Fällen fielen die Angaben geringer aus, wenn das Glas Kugelform hatte. Bei einem schwedischen Glase,

wo die Röhre 0,002363 gab, wurde von der Kugel ein grösserer Coëfficient erhalten. (Pogg. Ann. LI. 70; LV. 584.)

Je höher die Temperatur war, bei welcher Glas geschmolzen wurde, und je grösser sein Gehalt an Kieselsäure ist, desto mehr widersteht es dem Einfluss der Witterung, der Säuren und ätzenden Alkalien. Natronglas ist in dieser Beziehung dauerhafter als Kaliglas; dieses wird an der Luft leichter trübe, indem die Feuchtigkeit unter Mitwirkung der Kohlensäure das Kali auszieht, wodurch das Glas feine Risse bekommt, welche die an altem Glase bekannten Regenbogenfarben veranlassen. Dieselbe Veränderung erfährt das Glas unter der Erde. Selbst destillirtes Wasser greift bei anhaltendem Sieden das Glas an; man prüft daher die Güte des Glases zu chemischem Gebrauch, indem man concentrirte Schwefelsäure darin kocht. Glas ist der Anziehung des Wassers zum Alkali wegen so hygroskopisch, dass es schwer von anhaftendem Wasser ganz zu befreien ist, und wenn man die innere Oberfläche eines Glaskolben durch mehrstündige Digestion mit Schwefelsäure oder Aetzlauge von allem Staub und dergleichen vollkommen reinigt, so ist die Adhäsion des Wassers so gross, dass es erst bei 105° C darin zum Sieden kommt. (Marcet, Pogg. Ann. LVII. 218.) Werden gleiche Theile salpetersaures und salzsaures Ammoniak zwischen zwei Uhrgläsern mittelst einer Spirituslampe zum Schmelzen gebracht, so wird dem unteren das Alkali entzogen, und die Kieselsäure als eine weisse weiche Masse zurückgelassen. Die Corrosion erstreckt sich bis auf die halbe Dicke des unteren Glases, und findet selbst bei Anwendung des salpetersauren Salzes für sich in schwachem Grade statt. (Pogg. Ann. XXIV. 192.)

Um Glasröhren zu zertheilen, feilt man mit einer dreieckigen Feile einen etwas tiefen Strich quer über das Glasrohr, wo die Trennung stattfinden soll, und bricht es dann durch, indem man den Strich nach aussen kehrt und mit beiden Händen nahe an demselben die Röhre kräftig auswärts drückt. Soll von Kolben, Retorten u. s. w. etwas abgesprengt werden, so fährt man mit einem glühenden Eisen an der Trennungsstelle entlang oder macht einen Feilstrich daselbst und führt die glühende Spitze von Sprengkohle gegen den Kerb, und wenn der Sprung erfolgt ist, leitet man sie immer weiter sprengend bis zu Ende. Die Sprengkohle macht man aus gleichen Theilen Tragant und arabischem Gummi, die mit heissem Wasser in einen zähen Schleim verwandelt werden, mit dem man 12 Theile gepulverte Holzkohle und ein wenig in Weingeist aufgelöstes Benzoëharz mischt, zu runden Stengeln von Dicke eines Federkiels formt und trocknet. Zum Durchbohren des Glases bedient man sich dreieckiger Stahlspitzen, z. B. der Feile, und befeuchtet die Bohrstelle mit einer Auflösung von Kampfer in Terpenthinöl. (Berzelius Jahresb. XV. 199.) Diese in chemischen Laboratorien so häufig vorkommenden Operationen mögen die Beschreibung der Schleiferei und anderer Bearbeitungen des Glases vertreten, welche ausschliesslich der Technik angehören.

Döbereiner hat durch Zusammenschmelzen von Kieselsäure, kohlen saurem Kali und Natron nacheinander mit kohlen saurem Baryt, kohlen saurem Strontian oder Wismuthoxyd, alle in äquivalenten Mengen, Cölestin-, Baryt- und Wismuthglas dargestellt, die alle schön und klar waren. (Pogg. Ann. XV. 242.) B.

**Glaselektricität** ist ein von Dr. Fay herrührender Name für die positive Elektricität, aus dem Umstande hergenommen, dass mit Wolle oder Seide geriebenes Glas diese Elektricität annimmt. R.

**Glaserz** ist natürliches Schwefelsilber. s. d.

**Glasur** ist ein glasartiger, glänzender Ueberzug auf den aus Thon gefertigten Waaren, der bestimmt ist, die Masse für Flüssigkeiten undurchdringlich zu machen, wie bei dem gemeinen porösen Töpferzeug, oder wenn die Masse an sich dicht ist, wie Steingut oder Porzellan, ihr eine glatte Oberfläche zu geben, die sich leichter reinigen lässt, als eine unebene. Die Glasurmasse ist im Allgemeinen ein leichtflüssiges Gemisch kieselsaurer Salze, unter denen am häufigsten kieselsaures Blei vorkommt, oft durch Metalloxyde gefärbt. Das Material richtet sich nach der Art der Geschirre und ist im Artikel Thon für die verschiedenen Thonwaaren mit dem Verfahren beim Auftragen der Glasur näher angegeben. B.

**Glasurerz** ist Bleiglanz, s. Alquifoux.

**Glauberit**, gleichbedeutend mit Brogniartin, s. d. In optischer Beziehung hat Brewster das Mineral untersucht. Nach ihm müssen drei auf einander senkrecht stehende Axen doppelter Strahlenbrechung angenommen werden; für rothes Licht besitzt er zwei Axen, für das violette eine. Beim Erwärmen rücken die beiden Axen für das rothe Licht immer mehr aneinander, fallen endlich zusammen und gehen bei fortgesetzter Erhitzung wieder auseinander, jedoch in anderer Weise. Bei zunehmender Kälte rücken dagegen dieselben Axen weiter von einander. Aehnliche Eigenthümlichkeiten bieten die anderen Farben dar. Pogg. Ann. XXI. 607; XVII. 480. B.

**Glaubersalz** ist schwefelsaures Natron, s. d.

**Glaucin.** Ein von Probst im Glaucium luteum entdecktes Alkaloid, welches erhalten wird, wenn man die einjährige, von Wurzeln und Blättern befreite Pflanze mit Zusatz von Essigsäure auspresst, erwärmt, und durch Ammoniak fällt. Der Niederschlag wird in Schwefelsäure gelöst, mit Alkohol und vielem Ammoniak versetzt, die Flüssigkeit abfiltrirt, durch Schwefelsäure sauer gemacht und der Alkohol abdestillirt. Die erkaltete, filtrirte Lösung wird mit schwefelsaurem Natron vermischt, um die Löslichkeit des Glaucin zu mindern, und mit Ammoniak versetzt. Dabei fällt das Glaucin. 50 Pfund Kraut geben  $4\frac{1}{2}$  Scrupel. In Aether gelöst, abgedampft, erwärmt und in Wasser umkrystallisirt, stellt es krystallinische Rinden dar. Besser ist es, den ausgepressten Saft mit Bleiessig zu vermischen, aus der abfiltrirten Flüssigkeit das Blei zu entfernen, diese mit Eichenrindendecoct (Galläpfeltinctur) zu fällen, den Niederschlag noch feucht bei gelinder Wärme mit Kalkhydrat und Alkohol zu digeriren, die Lösung durch Kohlensäure von Kalk zu befreien, den Rückstand abzudampfen und in heissem Wasser umzukrystallisiren. Ist

die Substanz noch braun, so wird sie mit Bleizucker vermischt und durch Schwefelwasserstoff zersetzt. Das Schwefelblei nimmt den Farbestoff auf.

In Wasser ist das Glaucon, namentlich in heissem, ziemlich leicht löslich, sehr leicht in Alkohol und Aether. Aus der wässrigen Lösung scheidet es sich in kleinen perlmutterglänzenden Schuppen aus, welche sich zu Rinden vereinigen. Aus Aether erhält man eine terpenhinartige Masse, welche erst bei Zusatz von Wasser und nach längerer Zeit brüchig wird. Aehnlich wird es aus seiner Salzlösung durch Säuren gefällt. Es schmilzt unter  $100^{\circ}$  C. zu einem Oele. Durch höhere Temperatur wird es zersetzt. Es besitzt einen scharfen Geschmack, bläut geröthetes Lakmuspapier. An der Luft wird es röthlich. Seine Salze sind weiss, brennend scharf, werden durch Gerbsäure gefällt. — Das chlorwasserstoffsäure Salz erstarrt aus der concentrirten Auflösung butterartig, ist leicht in Wasser und Alkohol, nicht in Aether löslich. Wird am Lichte röthlich. Das schwefelsäure Salz krystallisirt gut. Ein Ueberschuss an Schwefelsäure färbt es in der Hitze indigblau; durch Verdünnen mit Wasser wird die Farbe roth. — Die Zusammensetzung der Substanz ist nicht bekannt. Ann. der Pharm. XXXI. 241. M

#### Glauconsäure s. Fumarsäure.

**Glauconpicrin.** Nach Probst erhält man dieses Alkaloid, wenn man die durch Ammoniak gefällten Wurzelauzüge mit Essigsäure neutralisirt und dann mit Gerbsäure behandelt. Die fernere Behandlung ist die des Glaucons. Die Substanz krystallisirt in blendend weissen Körnern, die sich in kaltem Wasser, leichter in heissem lösen; schwerer in Alkohol und Aether. Thierkohle nimmt es wie das Glaucon auf. Es schmeckt bitter, so auch seine Salze; diese zugleich ekelregend. Es bildet krystallisirbare Salze mit Schwefelsäure und Salzsäure. Die Zusammensetzung ist nicht bekannt. M.

**Glauconotin.** Ein Zersetzungsprodukt des Chelerythrin (s. Sanguinarin), welches gebildet wird, wenn die schwefelsäure Lösung des Chelerythrin mit concentrirter Salzsäure vermischt, der Niederschlag von reinem salzsaurem Chelerythrin entfernt und die überstehende Flüssigkeit mit Ammoniak versetzt wird. Es fällt das rothbraune Glauconotin, welches sich in Alkohol mit blaurother, in Säuren mit spinatgrüner Farbe löst. Es scheint gleichfalls basische Eigenschaften zu besitzen. Ann. der Pharm. XXXI. 241. M.

**Glaukolith** (von *γλαυκός* blau) wurde von Bergemann ein am Baikalsee gefundenes Mineral wegen seiner lavendelblauen Farbe genannt. Das spec. Gewicht desselben ist 2,721, vor dem Löthrohr schmilzt es nur schwierig an den Kanten und verliert dabei seine Farbe. Es ist eine Verbindung von neutralem kieselsaurem Alkali und Kalk mit basisch ( $\frac{1}{2}$ ) kieselsaurer Thonerde  $N_a \ddot{S}_i + 3 C_a \ddot{S}_i + 4 \ddot{A}l \ddot{S}_i$ . Pogg. Ann. IX. 267. B.

**Gleichgewicht.** Nach den Grundbegriffen der Statik halten mehrere Kräfte einander Gleichgewicht, wenn sie dem Körper, auf welchen sie gleichzeitig einwirken, oder allgemeiner ausgedrückt, dem Systeme ihrer Angriffspunkte, keine Bewegung ertheilen. Befindet sich also das System in dem Augenblicke der Einwirkung von Kräften, welche einander Gleichgewicht halten, in Ruhe, so wird diese durch solche Kräfte nicht gestört; der Begriff des Gleichgewichts findet aber auch eben so Anwendung, wenn man sich das System in Bewegung begriffen vorstellt, indem Kräfte, welche einander Gleichgewicht halten, keinen Einfluss auf diese Bewegung ausüben. Die Gesetze des Gleichgewichts, deren Herleitung Gegenstand der Statik ist, nehmen zwar für verschiedenartige Systeme sehr verschiedene Formen an; es liegen jedoch denselben ohne Ausnahme zwei gemeinsame Principien zu Grunde, nämlich 1) das Parallelogramm der Kräfte, durch welches die Bedingungen des Gleichgewichts von Kräften, die auf denselben Punkt wirken, gefunden werden, und 2) der zuerst von Newton aufgestellte Grundsatz der Gleichheit von Wirkung und Gegenwirkung (Action und Reaction) durch welche die Art, wie verschiedene materielle Punkte auf einander wirken können, festgestellt, und die Bestimmung der Widerstände, innern Kräfte, Spannungen möglich gemacht wird, welche bei Punkten, die mit einander verbunden sind, eintreten müssen, wenn äussere Kräfte an jenen angebracht werden. Indem nun das Gleichgewicht äusserer Kräfte an einem System nur durch Vermittelung der inneren zu Stande kommt, nämlich so, dass an jedem einzelnen Punkte des Systems zwischen den unmittelbar auf ihn wirkenden äusseren und inneren Kräften Gleichgewicht besteht, so kommt die Untersuchung des Gleichgewichts bei einem System von Punkten auf die Bestimmung jener innern Kräfte oder Widerstände zurück. Der allgemeinste Lehrsatz den die theoretische Statik hierüber liefert, ist folgender: Bedeuten  $L=0$ ,  $M=0$ ,  $N=0$ , u. s. f. Gleichungen zwischen den rechtwinklichen Coordinaten der Punkte des Systemes, durch welche die Art, wie dieselben mit einander verbunden sind, angegeben wird, so müssen Kräfte, welche an diesem System einander Gleichgewicht halten, sich ausdrücken lassen, wie folgt:

$$X = \lambda \frac{dL}{dx} + \mu \frac{dM}{dx} + \nu \frac{dN}{dx} + \dots, \quad Y = \lambda \frac{dL}{dy} + \mu \frac{dM}{dy} + \nu \frac{dN}{dy},$$

$$Z = \lambda \frac{dL}{dz} + \mu \frac{dM}{dz} + \nu \frac{dN}{dz}.$$

In diesen Gleichungen sind  $X, Y, Z$  die Axen-Componenten der am Punkte  $(xyz)$  wirkenden äusseren Kraft;  $\frac{dL}{dx}$ , u. s. w. sind partielle Ableitungen der Ausdrücke  $L, M, N, \dots$  nach den Coordinaten des Punktes  $(xyz)$ ;  $\lambda, \mu, \nu, \dots$  bezeichnen unbestimmte Coëfficienten, von denen jeder für alle Punkte des Systems denselben Werth behält, welcher wichtige Umstand eine Folge des zu Grunde liegenden Gesetzes der gleichen Wirkung und Gegenwirkung ist. Alle diese Gleichungen werden in dem Satze der virtuellen Ge-

schwindigkeiten in eine einzige zusammengefasst, aus welcher sie, umgekehrt, sich wieder herleiten lassen. Die nähere Entwicklung dieser Sätze muss in den Lehrbüchern der Statik nachgesehen werden; man vergleiche namentlich die *Théorie générale de l'équilibre et de mouvement des systèmes*, welche sich als Anhang in den *Elemens de Statique* von Poinso't findet. Mdg.

**Gleichschwebend** siehe Temperatur.

**Gletscher** (Glacier). Der Schnee in den höchsten Thälern der Gebirge zwischen den Gipfelkuppen derselben erleidet durch die Einwirkungen des Temperaturwechsels eigenthümliche Veränderungen, die zu sehr mannigfaltigen nach der Oertlichkeit verschiedenen Erscheinungen Veranlassung geben. In den höchsten Regionen bewirkt die trockne Luft gleichzeitig mit dem Aufthauen die Verdunstung; so dass die Schmelzung desselben in die Tiefe nicht eindringt. Nur an der Oberfläche verändert sich dieser Schnee im Sommer und nimmt eine mehr körnige Gestalt an. Der im nächsten Winter darauf fallende neue Schnee erleidet in dem dann folgenden Sommer dieselben Veränderungen und die ganze Masse zeigt sich daher als eine lockere körnige Anhäufung festen Schnee's, welche man in den Alpen *Firn* (*Névé*) zu nennen pflegt. Die physikalische Ursach der eigenthümlichen Bildung dieses Firns ist also Aufthauung ohne Einsickerung. Die Einsickerung kann erst da eintreten, wo die Menge des durch Schmelzung entstandenen Wassers zu gross ist, um durch Verdunstung in die Luft überzugehen. In diesem Falle wird der lockre Firnschnee von dem an der Oberfläche geschmolzenen Schneewasser durchzogen, und es bilden sich in den Lücken durch neuen Frost Eiskörper, die der ganzen Masse eine grössere Festigkeit und continuirlichen Zusammenhang geben. Der Firn geht über in Gletscher-Eis. Dieses bedeckt die weit ausgedehnten Eisfelder in den hochgelegenen Thälern und hängt an den Ausmündungen solcher Thäler zwischen den Bergen bis zu bedeutender Tiefe herab; gleichsam als ob Eisströme die Schluchten herunter drängen. Dies sind die eigentlichen Gletscher. Nach Unten wird ein solcher Gletscher gewöhnlich durch einen bedeutenden Bach fortgesetzt, der aus grossen Wölbungen unter dem Eise hervorströmt. Der Uebergang der Firnmasse in Gletscher-Eis ist ein allmählicher und während das Gletschereis unten fest, im Innern sogar klar und durchsichtig ist, findet man oben jene lockere aber festkörnige Masse. Eine bestimmte Grenze des Firns hat Hugi in den Alpen nachzuweisen gesucht und sie *Firnlinie* genannt; indessen ist diese doch nicht unveränderlich und wird auch dadurch unsicher, dass sich auf der Oberfläche der Gletscher in den höchsten Gegenden alljährlich neuer Firn bildet, dessen Verwandlung in Gletschereis in manchen Jahren rascher beendet wird als in anderen. Die Seitenränder der Gletscher, wo diese die einschliessenden Bergmassen berühren, sind mit Erde und Geröll bedeckt und bilden dadurch im Sommer oft einen unfruchtbaren schlammigen Boden; die sogenannten *Moränen*. Die Oberfläche der Gletscher ist nie eben, sondern gewöhnlich gewölbt und nach den Seiten hin abschüssig ge-

gen die einschliessenden Thalwände. Diese Krümmung ist offenbar durch das Abschmelzen bedingt und ändert sich daher auch nach der Lage des Thals und der Steilheit seiner Wände, weil dadurch der Einfluss der Sonne bedingt ist. Die Oberfläche der Gletscher ist auch nicht glatt, sondern rauh und holprig; daher man leicht über dieselbe hinwegschreiten kann. Manche zeigen sich dabei in blendender Weisse, wie die Gletscher von Rosenlaur und Thours, oder sind ganz mit Erde und Schutt bedeckt, wie der Unteraar-, Unter Grindelwald- und Zmuttgletscher, so dass, wer sie betritt, oft nicht weiss, dass er Eis unter seinen Füßen hat. Viele Gletscher sind sehr zerklüftet und bieten eine ununterbrochene Aufeinanderfolge von Schründen und Spalten dar, die das Reisen über dieselbe sehr erschweren, oft unmöglich machen. Die Seitenwände dieser Spalten zeigen klares Eis, nicht selten mit deutlich abgesetzten Schichtungen, welche die aufeinanderfolgenden Schneefälle andeuten, die nicht nothwendig mit den Jahrgängen übereinstimmen. Ausserdem werden häufig trichterförmige Löcher in den Gletschern wahrgenommen; deren Entstehung Sandanhäufungen zugeschrieben wird, die, von der Sonne stärker erwärmt, das Eis unter sich lebhafter schmelzen, einsinken und so zunächst Löcher bilden, in die aufs Neue Sand zusammengetrieben wird. Hat das in solchen Löchern gesammelte Wasser im Sommer nach unten einen Abzug gefunden, so bleiben die hohlen Kegel zurück. Da sie im Winter durch neuen Schnee wieder angefüllt werden, so begreift sich leicht, dass auch diese trichterförmigen Versenkungen mit jedem Jahr Gestalt und Lage wechseln werden, wie denn überhaupt die Ansicht der Gletscher in derselben Gegend sich fortwährend ändert, so dass Reisende dieselbe Stelle nach einiger Zeit kaum wiedererkennen. Als eigenthümliche Erscheinung an den Gletschern sind noch die Querklüfte zu bemerken, welche von einem Thalrande zum entgegengesetzten reichen, in der Regel mit einer Krümmung nach oben hin. Sie entstehen plötzlich mit hörbarem Getöse und erweitern sich oft in kurzer Zeit so, dass dem Reisenden der Rückweg abgeschnitten wird. Nächst dem verdienen Beachtung die sogenannten Gufferlinien, welche sich parallel mit den Thalrändern auf den Gletschern der Länge nach hinziehen und bedeutende Anhäufungen von Schutt und kleineren Felstrümmern enthalten, die den höher gelegenen Bergthälern angehören. Diese Gufferlinien sind aus den Randmoränen der höher gelegenen Theile des Gletschers entstanden. Denn die Gletscher haben trotz ihres festen Zusammenhanges eine thalwärts gehende langsame Fortbewegung. Was also in den oberen Regionen auf dem Rande derselben liegt, gleitet mit ihnen herunter. Erde und Staub wird abgeschlemmt, grösseres Gerölle, oft bedeutende Steinmassen bleiben darauf liegen und bilden, während der Gletscher durch neuen Schneefall zu beiden Seiten im erweiterten Thale wächst, nun deutlich bemerkbare Parallelstreifen von Steinanhäufungen. Da die Gletscher aus verschiedenen Hochthälern in tieferen Thälern zusammentreten und sich zu gemeinschaftlich weiter thalwärts vorrückenden Eismassen vereinigen; so finden sich in den niedrigen Gegenden oft mehrere Paare von Gufferlinien, den Wagengeleisen ähnlich, die aus verschiedenen kleinern Seitenwegen in einen breitem und grös-

sern über- und in demselben noch neben einander fortgehen. Die eben erwähnte Bewegung der Gletscher ist vielfach Gegenstand der Untersuchung der Naturforscher gewesen. Bei Erklärung derselben müssen viele Umstände berücksichtigt werden. Die vorzüglichsten darunter sind: a) die nach unten zu stattfindende Erweiterung der Gletschermassen, wie der Thäler, in denen sie liegen: dadurch wird ein Einfluss der Schwerkraft bei beträchtlicher Neigung des Bodens, auf dem die Gletscher ruhen, bedingt.

b) Die Wirkung der Sonnenstrahlen auf die Thalwände, die im Sommer bedeutend erwärmt werden und diese Wärme den unter dem Eise befindlichen Theilen des Bodens mittheilen.

c) Der Einfluss des von der Oberfläche des Gletschers abthauenden und in die Schründe eindringenden, so wie an den Seiten herablaufenden Wassers, das an der Oberfläche eine Temperatur von mehren Graden über  $0^{\circ}$  annimmt und diese unter den Gletscher bringt, so dass hier ein vermehrtes Abschmelzen von unten erfolgen muss. Es erscheint daher oft der Gletscher, von unten gesehen, wie ein auf kürzern oder längern breiten Eissäulen ruhender Eisfelsen. Zwischen diesen Eissäulen fließt das geschmolzene Wasser am untern Rande des Gletschers zu Tage.

d) Die Einwirkung des Nachtfrostes, der oft selbst in den Sommermonaten an der Oberfläche des Gletschereises stattfindet und hier jederzeit wieder einen festen Zusammenhang des Eises herstellt.

e) Die schlechte Wärmeleitung des Eises, wodurch es möglich wird, dass im Innern der Gletschermasse im Sommer noch eine Temperatur unter  $0^{\circ}$  besteht, während sowohl oben als unten diese merklich höher ist. Auch hiedurch ist ein Aneinanderfrieren solcher Theile, die durch andere Einwirkungen getrennt waren, erklärlich und der Gletscher demnach als ein Aggregat von Eis zu betrachten, das im Herabgleiten zum Thale durch den Einfluss des Bodens und der hemmenden Wände oft mannigfaltig gehindert, zerklüftet, durch weitem Frost aber wieder verbunden wird. Befördert wird das Herabgleiten durch die Verminderung der Berührungspunkte mit dem festen Boden, gehemmt durch die aus dem Boden hervorragenden Erhebungen und durch Verengerungen des Thales. Man begreift aber leicht, dass im Sommer, in welcher Jahreszeit das Fortrücken auch am meisten bemerkt wird, die begünstigenden Umstände den Sieg über die hemmenden gewinnen müssen. Wenn ein Eiswürfel auf einer ebenen Horizontalfäche liegt und durch Schmelzung an der unteren Grundfläche vermindert wird, so wird er dem Gesetz der Schwere gemäss einsinken, aber an derselben Stelle bleiben; da sein Schwerpunkt beim Einsinken sich in der vertikalen bewegt, die normal zur horizontalen Ebene ist; anders verhält es sich auf einer schiefen Ebene. Liegt auf dieser ein Eiswürfel, der soviel Reibung hat, dass er nicht herabsinken kann, so wird er beim Abschmelzen der Grundfläche während des Einsinkens auch zugleich eine tiefere Stelle auf der schiefen Ebene einnehmen, so dass wenn, das unten Abgeschmolzene die Dicke  $d$  hat, sich die Weite der Fortrückung durch  $d \tan \varphi$  darstellt, wenn  $\varphi$  der Neigungswinkel der schiefen Ebene gegen die horizontale ist. Was hieraus für grosse Gletschermassen in geneigten Thälern folgt, ist leicht einzusehen. Denkt man

sich aber eine solche Eismasse auf einer gekrümmten Fläche ruhend, deren Krümmung, wie es meistens in der Sohle der Bergschluchten der Fall ist, ihre Convexität nach oben kehrt; so ist Winkel  $\varphi$  von oben nach unten hin zunehmend und die niedrigen Theile der Eismassen werden dann durch Abschmelzung in einer grössern Fortbewegung erhalten als die oberen. Dies muss entweder ein vermehrtes Fortrücken der oberen oder eine Trennung der zusammenhängenden Eismassen bewirken, also Queersprünge auf derselben bilden. Nicht selten werden beide Wirkungen zugleich eintreten, an einer Stelle die eine, an einer andern die andere. Auf diese Weise erscheint die Einleitung einer solchen Bewegung begreiflich. Ihr Umfang würde aber mit der an den Gletschern beobachteten nicht übereinstimmen, wenn nicht noch ein zweites Moment hinzukäme, nämlich verminderte Reibung. Bei dem oben beispielsweise angenommenen Eiskwürfel haben wir die Reibung als constant gesetzt. Diese wird aber offenbar bedeutend vermindert. Man denke sich als Unterlage eine trockne Erdmasse oder eine mit Schutt und Staub bedeckte Steinmasse. Wenn diese, durch die Schmelzung des Eises an der untern Seite, angefeuchtet wird; so verwandelt sich die Oberfläche der Unterlage in eine teigartige Masse, die das Fortgleiten sehr erleichtert. Demnach wird der durch das Einsickern eingeleitete Bewegungsprocess durch das Beharrungsvermögen in gewissem Grade fortgesetzt werden können und der Würfel müsste in der That eine grössere Geschwindigkeit annehmen. Seine Bewegung würde sogar bei fortwährend gleichförmiger Neigung in eine beschleunigende übergehen. Die mannigfaltige Struktur des Gletscherthals lässt einerseits die Annahme einer Vermehrung in dem Fortschritt durch Verminderung der Reibung recht wohl zu, bietet aber auf der andern Seite auch Anhaltspunkte genug, um diejenigen Hemmungen zu erkennen, wegen welcher die Bewegung nicht in eine beschleunigte übergehen kann; sondern immer nur eine stossweise in unregelmässigen Intervallen veränderlich wirkende sein muss. Da die Gletscher erweislich unten im Sommer ausgehöhlt sind und gleichsam nur mit Eissäulen auf der Unterlage stehen, so ist zugleich ersichtlich, dass bei einem Einsickern derselben sogleich auch mehr Berührungspunkte entstehen und bei sehr geneigter Lage des Bodens, dennoch nicht ein plötzliches Herabstürzen erfolgen wird, weil die Reibung mit dem Weiterücken zunimmt. Die hier etwas ausführlicher angedeutete Theorie vom Fortrücken der Gletscher ist zuerst oberflächlich von Altmann (1751.) und später begründeter von Horace Benedict Saussure (1764.) aufgestellt worden. Sie empfahl sich gleich anfänglich durch das Naturgemässe in der Auffassung und Uebereinstimmende mit den physikalischen Naturgesetzen. Früher 1723 hatte Scheuchzer in der Beschreibung seiner Alpenreise die Bewegung des Gletschereises durch die Ausdehnung des in die Spalten herabfliessenden Wassers beim Wiedergefrieren desselben zu erklären versucht. Diese Erklärungsweise fand darin ihre Widerlegung, dass die Gletscherspalten im Sommer, wo die Bewegung statt findet, in der Regel nicht mit Wasser gefüllt sind, weil dieses seinen Ausweg nach unten findet und dass in den wenigen, die unten zufällig verstopft sind, die in kalten Nächten entstehende Eisrinde nur an der äussersten Ober-

fläche sich zeigt. In neuerer Zeit haben Venetz, Charpentier und Agassiz eine ähnliche Erklärungsweise versucht, indem sie nicht das in den Spalten gesammelte, sondern das von dem Gletscherschnee eingesogene Wasser als neugefrierend und durch die dann entstehende Ausdehnung das schon vorhandene Eis forttreibend darstellten. Das durch schöne Kupfertafeln gezielte Werk von Louis Agassiz, „Etudes sur les Glaciers,“ auch Deutsch unter dem Titel: „Untersuchungen über die Gletscher, Solothurn 1841“ führt diese Theorie bis ins Einzelste durch. Es leidet aber keinen Zweifel, dass die Wirkungen des Nachtfrostes nicht sehr tief in den Gletscherschnee eindringen können und eine bedeutend unter 0 hinabreichende Temperatur darf zur Sommerhit im Innern der Gletschermasse nicht angenommen werden; weil dann noch kein Eindringen des Wassers überhaupt möglich wäre, da es schon an der Grenze gefrieren müsste. Diese und andre Einwürfe sind mit gründlicher Kenntniss gegen die neue Theorie aufgestellt von Peter Merian, Rathsherrn in Basel (vgl. Pogg. Ann. LX. 417 u. 527), der das Beste und Neueste über die Gletscher zusammengestellt hat und als genauer Beobachter an Ort und Stelle viel Vertrauen auf seine Angaben verdient. An die Scheuchzer-Agassiz'sche Theorie haben die Verfechter derselben die Behauptung geknüpft, dass die grossen Blöcke alpinischer Gebirgsmassen, die sich zerstreut zwischen den Alpen und dem Jura und auf dem südlichen Abhänge des Juragebirges vorfinden, einst durch Gletscher, die weit an den Alpen hinausreichten, dahin gebracht seien, und dass der gegenwärtigen geologischen Epoche eine Eiszeit vorgegangen sei, in welcher die gemässigte Zone fast ganz mit Gletschereis bedeckt gewesen wäre, dessen Fortschreitung den Granit an vielen Stellen so abgerundet und mit Schliffrinnen versehen habe, wie man sie vorzugsweise in der felsigen Unterlage der Gletscher wahrnehme. Es gehört nicht hieher, weder diese Ansicht, die vorzüglich Agassiz verfochten hat, noch die begründeten Entgegnungen ausgezeichneter Geologen hier aufzuführen. Der erwähnte Aufsatz von Merian enthält auch hier das Wesentlichste, was darüber gesagt werden kann.

A.

**Gliadin.** Taddei zog aus Beccarias Gluten durch kochenden Alkohol ein Gemenge von Pflanzenleim, Gummi und Saussures Mucin aus, welches er für einen eigenen Stoff hielt, und Gliadin, von *γλινία* Leim, nennt.

M.

**Glimmer** ist der Name einiger Mineralien, die in mehreren wesentlichen Eigenschaften übereinstimmen, und daher früher für einerlei gehalten wurden, und auch gegenwärtig, wenn die unterscheidenden Merkmale nicht deutlich hervortreten, ohne nähere Untersuchung leicht miteinander verwechselt werden können. Alle haben ein ausgezeichnet blättriges Gefüge, kommen tafel- oder schuppenförmig vor, und sind in grösseren Blättern elastisch biegsam; ihre Härte liegt zwischen der des Gypses und Kalkspaths, ihr spec. Gewicht zwischen 2,8—3,1. Hinsichtlich der Krystallgestalt, der optischen Eigenschaften und der Zusammensetzung weichen sie von einander ab. Obwohl die Glimmerarten sehr oft analysirt sind, so

lässt sich dennoch aus den bisher gefundenen Resultaten keine genügende Formel bilden, weshalb im Nachstehenden nur das Ergebniss der chemischen Zerlegung angegeben ist. Die verschiedenen Glimmerarten sind:

1) Der zweiachsig hat seinen Namen davon, dass er zwei Axen doppelter Strahlenbrechung besitzt. Er krystallisirt in schiefen rhombischen Säulen von ungefähr  $120^\circ$ , mit höchst vollkommenem Blätterbruch parallel der Grundfläche, oft mit abgestumpften scharfen Seitenkanten, so dass die tafelartigen Säulen sechsseitig erscheinen. In dünnen Schichten ist er völlig durchsichtig, in dickeren Massen durchscheinend oder undurchsichtig; seine Farben sind vorherrschend hell, weiss, weingelb, rauchgrau, röthlich, grünlich, braun bis ins Schwarze. Auf den Bruchflächen ist er perlmutterglänzend, metallähnlich, auf den übrigen glasglänzend. Vor dem Löthrohr wird er weiss oder grau, und schmilzt an den Kanten zu einem grauen blaugelben Glase. Von Schwefelsäure wird er nicht angegriffen. In einem Kolben erhitzt giebt er Wasser mit Spuren von Fluss-Säure. Von den nachstehenden Analysen bezieht sich I. auf einen Glimmer von Utön, II. auf einen von Broddbo bei Fahlun, III. auf einen weissen Glimmer von Ochotzk, IV. auf Glimmer von Kimito in Finnland, V. auf einen braunen aus Cornwall, VI. auf eben solchen aus New-York. Die ersten 4 Resultate rühren von H. Rose (Schweigg. Journ. XXIX. 282. Pogg. Ann. I. 75., III. 163.), No. 5. von Turner (Pogg. Ann. VI. 477.), No. VI. von Meitzendorff (Pogg. Ann. LVIII. 158.) her.

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
Kieselsäure	47,50	46,10	47,19	46,358	36,54	41,30
Thonerde	37,20	31,60	33,80	36,800	25,47	15,35
Eisenoxyd	3,20	8,65	4,47	4,533	27,06	1,77
Manganoxyd	0,90	1,40	2,58	0,002	1,92	Talkerde 28,79
Kali	9,60	8,39	8,35	9,220	5,47	9,70
Kalkerde	—	—	0,13	—	0,93	Natron 0,65
Fluss-Säure	0,56	1,12	0,29	0,705	2,70	Fluor 3,30
Wasser	2,63	1,00	4,07	1,840	—	Glühverlust 0,28
	101,59	98,26	100,88	99,518	100,09	101,14

In III. ist in 2,58 Manganoxyd noch Talkerde mit inbegriffen; ausserdem finden sich in manchen Glimmersorten Spuren von Titansäure. Wegen des bedeutenden Kaligehaltes heisst der zweiachsig Glimmer auch Kaliglimmer.

Der zweiachsig Glimmer ist unter allen Arten der Gruppe der häufigste. Er findet sich im Granit, im Gneiss, Glimmerschiefer, in denen er einen wesentlichen Bestandtheil ausmacht, und bei deren Zerstörung in den daraus entstehenden Sand oder Grus übergeht. Ausgezeichnet grosse Glimmertafeln kommen vor in Finnland, Sibirien am Ural, zu Utön in Schweden, Skutterud in Norwegen und Zwiesel in Baiern. Feine Glimmerschuppen, mit Sand untermengt, werden nicht selten als Streusand nach der Farbe des Glimmers Silber- oder Goldsand genannt, in den Handel gebracht; die grossen uralischen Glimmertafeln gewinnt man durch Tagebau aus dem Granit, und spaltet sie mittelst zweischneidiger Messer in dünne Scheiben, und

bedient sich ihrer wie Fensterglas, besonders auf Schiffen, wo sie wegen ihrer Elasticität die Erschütterungen viel besser ertragen, als Glas, doch sind sie nicht so klar als dieses.

2) Der einaxige hat nur eine Axe doppelter Strahlenbrechung, und krystallisirt sechsgliedrig, gewöhnlich in sechsseitigen Tafeln mit vollkommenem Blätterbruch parallel der Endfläche. Diese Glimmerart zeichnet sich durch dunkle Farben aus, als grünlich-schwarz, schwärzlich-braun und pechschwarz, in dünnen Blättchen durchsichtig, sonst durchscheinend oder undurchsichtig, hinsichtlich des Glanzes mit dem vorigen übereinstimmend. Er schmilzt sehr schwer zu einem grauen oder schwarzen Glase nur an dünnen Kanten, wird in dünnen Blättchen von concentrirter Schwefelsäure vollständig zersetzt, und giebt im Kolben erhitzt Flusssäure enthaltendes Wasser. Unter den folgenden Analysen war die unter I. stehende vorgenommen von H. Rose (Gilb. Ann. LXXI. 13.) mit einem Glimmer von Miask in Sibirien; II. mit einem Glimmer von Monroe bei New-York III. von Karosulik in Grönland, beide von v. Kobell (Berzelius Jahresb. VIII. 215.); IV. mit Glimmer von Pargas in Finnland und V. von Rosendahl bei Stockholm von Svanberg (das. XX. 234.); VI. mit einem Glimmer vom Vesuv von Bromeis (Pogg. Ann. LV. 112).

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
Kieselsäure . . . .	40,00	40,00	41,00	42,585	44,407	39,75
Thonerde . . . .	12,67	16,16	16,88	21,677	16,856	15,99
Eisenoxyd . . . .	19,03	7,50	4,50	10,394	—	8,29
Talkerde . . . .	15,70	21,54	18,86	10,268	11,259	24,49
Manganoxyd . . . .	0,63	—	—	—	—	—
Manganoxydul . . . .	—	—	—	0,752	0,457	—
Eisenoxydul . . . .	—	—	5,05	—	20,710	—
Kali . . . .	5,61	10,83	8,76	8,452	4,050	8,78
Kalkerde . . . .	—	—	—	0,257	0,901	0,87
Flusssäure . . . .	2,10	0,53	Spur	0,509**	0,411**	—
Titansäure . . . .	1,63*	0,20	—	—	—	—
Wasser . . . .	—	3,00	4,30	3,350	1,131	0,75
Calcium . . . .	—	—	—	0,557	0,431	—
Unzersetztes Mineral	—	—	—	—	—	0,10
	97,37	99,76	99,35	98,801	101,603	98,62

Von No. VI. ist das optische Verhalten zwar nicht untersucht, alle Umstände sprechen aber dafür, dass dieser Glimmer hierher gehöre.

Der einaxige Glimmer, wegen seines Gehalts an Talkerde oder Magnesia auch Talk- oder Magnesia-Glimmer genannt, ist weit seltener als der zweiaxige, und kommt vorzüglich in vulkanischen Gesteinen vor, in Lava, Basalt, Dolerit u. dgl. an den bereits genannten und an anderen Orten.

3) Der Lepidolith (von *λεπίς*, die Schuppe in Bezug auf die feinschuppigen Abarten) oder Lithionglimmer kommt in ähnlichen

\*) Die Titansäure war eisenhaltig. — \*\*) Diese beide Zahlen bedeuten Fluor nicht Flusssäure.

Krystallen wie der zweiaxige vor, und hat ebenfalls zwei Axen doppelter Strahlenbrechung. Er ist rosen- oder pfirsichblüthenroth, gelb oder graugrün, krystallisirt, körnig und kleinschuppig. In einem Kolben erhitzt giebt er Wasser und Flusssäure, in eine Flamme gehalten, färbt er dieselbe purpurroth, und schmilzt sehr leicht zu einem farblosen Glase. Die Analysen haben sehr abweichende Resultate ergeben; I. ist die eines Lepidoliths von Rozena in Mähren, von Kralowansky (Schweigg Journ. LIV. 230.); II. von Penig in Sachsen, nach C. Gmelin (Pogg. Ann. III. 43.); III. eines grauen aus Cornwall und IV. eines braunen ebendaher, von Turner (Pogg. Ann. VI. 477.); V. eines Lepidoliths von Mursinsk im Ural, nach Rosales (Pogg. Ann. LVIII. 154).

	I.	II.	III.	IV.	V.
Kieselsäure	49,08	52,254	50,82	40,06	48,92
Thonerde	34,01	28,345	24,33	22,90	19,96
Manganoxyd	1,08	—	—	—	4,67
Manganoxydul	—	3,663	Spur	1,79	—
Eisenoxydul	—	—	9,08	oxyd. 27,06	—
Kalkerde	—	—	—	—	0,42
Talkerde	0,41	—	—	—	—
Kali	4,19	6,903	9,86	4,30	10,96
Natron	—	—	—	—	2,23
Lithion	3,58	4,792	4,05	2,00	2,77
Flusssäure	3,50	5,069	4,81	2,71	—
Fluor	—	—	—	—	10,22
Chlor	—	—	—	—	1,16
Wasser	4,15	Spur	—	—	—
	100,00	101,026	99,95	100,82	101,01

Den Lithionglimmer findet man hauptsächlich auf Zinnerzlagernstätten zu Zinnwald, Altenburg und Penig in Sachsen, in Cornwall, und im Granit am Berge Hradisko bei Rozena, Utön, Elba, Massachusetts u. s. w. Man gebraucht ihn zur Darstellung des Lithions, zu Streusand und den feinkörnigen bisweilen auch zu Vasen und andern kleinen Luxusartikeln.

B.

**Globulin** nennt Berzelius die eiweissähnliche Proteinverbindung, welche mit dem Haematin verbunden das Blutroth darstellt. Liebig sieht sie als Albumin an; Simon sucht sie als Käsestoff nachzuweisen, was jedoch keinesfalls richtig ist.

M.

**Glocke.** Glocken und überhaupt runde Gefässe theilen sich gewöhnlich beim Schwingen durch 2, 3, 4 etc. diametrale Knotenlinien in 4, 6, 8 etc. gleiche Sectoren, von denen je zwei neben einanderliegende entgegengesetzt schwingen. Die Zahl der Schwingungen ist in diesen Fällen nach Euler's Theorie (Nov. Comment. Acad. Petropol. X.) den Zahlen 1,  $\sqrt{6}$ ,  $\sqrt{20}$ ,  $\sqrt{50}$ , etc. proportional. Nach Chladni's Beobachtungen sind die Intervalle nicht so gross, sondern den Zahlen 2<sup>2</sup>, 3<sup>2</sup>, 4<sup>2</sup>, 5<sup>2</sup> etc. proportional. Doch richtet sich dies nach der Gestalt der Glocken, und die Intervalle

sind zuweilen noch grösser als sie Euler berechnet. Auch habe ich bisweilen Knotenlinien von anderer Lage und mit ihnen andere Töne wahrgenommen, als die vorhin bezeichneten. An benetzten Glocken kann die Lage der Knoten durch Aufstreuen von Sand, an mit Wasser gefüllten durch die Kräuselungen dieses Wassers erkannt werden. Der Einfluss, welchen die Grösse, Dicke und der Stoff der Glocke auf die Höhe des Tones ausüben, ist an den Glocken ebenso wie an den Scheiben, nämlich die Zahl der Schwingungen an zwei Glocken von ähnlicher Gestalt proportional der Dicke, umgekehrt proportional dem Quadrat des Durchmessers und proportional dem Höhenmodulus der Elasticität. S.

**Glockenspiel.** Das elektrische Glockenspiel besteht aus einem horizontalen messingenen Stabe, von welchem 3 Glocken, die beiden äussersten (*A* und *B*) an Metallketten, die mittlere (*C*) an einer Seidenschnur bis zu gleicher Höhe herabhängen. Ferner hängt in der Mitte zwischen *A* und *C*, und zwischen *B* und *C* an einem Seidenfaden ein Metallknöpfchen bis zu eben dieser Höhe herab, so dass, wenn der horizontale Stab mit dem Conductor einer Elektrisirmaschine, und die Glocke *C* durch eine Kette mit dem Fussboden in leitender Verbindung steht, beim Umdrehen der Maschine die Knöpfchen zuerst von *A* und *B* angezogen, alsdann nach *C* hin abgestossen, und wenn sie dieser Glocke ihre *E* mitgetheilt haben, von neuem nach einander angezogen und abgestossen werden, und dadurch die Glocken zum Tönen bringen. R.

**Glockenharmonica** siehe Harmonica.

**Glucinsäure.** Bei der Einwirkung der verdünnten Schwefelsäure auf Zucker entsteht eine Anzahl von Stoffen (s. Zucker und Humus), unter denen sich die von Péligot entdeckte und von Mulder genau untersuchte Glucinsäure und die Apogluccinsäure (s. diese) befinden. Die rothbraune, von Humus- und Ulminsäure getrennte Flüssigkeit wird mit Kreide gesättigt, abgedampft, durch möglichst wenig Wasser ausgezogen, durch Alkohol gefällt, die Flüssigkeit von dem apogluccinsäuren Salze getrennt, durch Kohle entfärbt und abgedampft. Sie enthält nicht krystallisirbaren Zucker und glucinsäure Kalkerde. Im luftleeren Raum abgedampft bilden sich Krystalle von doppelt glucinsäurer Kalkerde; die freie Glucinsäure bildet eine feste, nicht hygroskopische Masse, ist leicht in Wasser und Alkohol löslich. Durch Sieden an der Luft, durch Schwefelsäure, Salzsäure u. s. w. wird sie durch Apogluccinsäure, die sich bildet, braun. Die Zusammensetzung der Säure ist:  $C_4 H_{10} O_5$ . Sie entsteht aus dem Zucker durch Wasserabgabe 2 At. Zucker  $C_{12} H_{22} O_{11}$   
3 At. Glucins.  $C_4 H_{10} O_5$   
7 At. Wasser  $H_7 O_7$

Die Glucinsäure wird nicht durch Einwirkung des Kalks auf den Rohrzucker gebildet, s. Mulder J f. p. Ch. XXI. 231.

M.

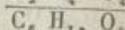
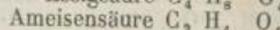
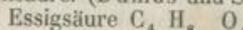
**Glairine.** Ein von Anglada in den Schwefelwässern der Pyrenäen aufgefundenener organischer, oft roth bis bluthroth gefärbter Stoff, welcher jedoch nach Turpin und Nees v. Esenbeck d. J. aus Produkten von Oscillatorien u. s. w. besteht. M.

**Gluten.** S. Pflanzeneiweiss und Pflanzenleim.

**Glutinunterschwefelsäure.** S. Sulfoglutinsäure.

**Glühlampe** siehe Lampe.

**Glycerin.** Das Glycerin wurde von Scheele bei der Verseifung der fetten Oele entdeckt und von ihm, seines süßen Geschmacks wegen, Oelzucker, Oelsüss genannt (Scheele, Opusc. 2. 175 s. Crell's Arch. 1784. 2. 328). Chevreul (Rech. sur les corps gras. 209. 338) fand, dass sich die Verbindung auch bei der Behandlung des Schweineschmalzes mit Schwefelsäure bildete. Schon Frémy (Ann. de Chim. a. R. 63. 25) fand, dass die Substanz nicht der weinigen Gährung fähig sei, daher den Namen Zucker nicht verdiente. Später haben besonders Pelouze und Liebig sich damit beschäftigt, die Zusammensetzung und die Constitution der Substanz zu erforschen. Nach den Ansichten von diesen Chemikern bildet das Glycerin einen Alkoholähnlichen Stoff, dessen Radikal das Glyceryl sein müsste  $C_3 H_{11}$ . (s. das.) Mit 5 At. Sauerstoff und 1 At. Wasser verbunden bildet dieses das Glycerin  $C_3 H_{11} O_5 + Aq$ ; eine Zusammensetzung welche Chevreul gefunden und Pelouze bestätigt hat. (J. f. p. Ch. 287). Die Verbindung findet sich in den fetten Oelen vereinigt mit fetten Säuren, welche damit, schon nach Chevreul's Ansicht, gewissermassen zusammengesetzte Aetherarten bilden. Am besten erhält man das Glycerin bei der Bereitung von Bleipflaster mit Olivenöl. Es bleibt im Wasser gelöst und kann sehr leicht durch Schwefelwasserstoff von dem aufgelösten Bleioxyd befreit werden. Durch Kohle entfärbt und unter der Luftpumpe abgedampft, bildet es eine farblose Flüssigkeit von 1,27 sp. G., sehr süß schmeckend, in Alkohol, Wasser, nicht in Aether löslich. Bei der Destillation zersetzt sich die Substanz; Salpetersäure verwandelt sie in Oxalsäure; Schwefelsäure und Braunstein, oder chromsaures Kali in Kohlensäure und Ameisensäure. Schwefelsaures Kupferoxyd wird von ihr zu Metall reducirt. Chlor und Brom zersetzen die Verbindung, das letztere erzeugt einen Körper, welcher von Pelouze zu  $C_3 H_{11} Br_2 O_5$  (?) zusammengesetzt gefunden worden, jene  $C_3 H_{11} Cl_2 O_5$ . Von Jod wird es gelb gefärbt, ohne verändert zu werden. Kali verwandelt, mit dem Glycerin geschmolzen, dieses unter starker Wasserstoffentwicklung in Essigsäure und Ameisensäure. (Dumas und Stas. J. f. p. Ch. XXI. 370).



Sollte sich aus Glycerin eine Glycerinsäure bilden, so müsste diese unter Aufnahme von 2O und Ausscheidung von 4H, die Zusammensetzung haben, wie die Summe jener beiden Säuren. Mit Schwefelsäure giebt das Glycerin die Glycerinschwefelsäuren. M.

**Glycerinschwefelsäure.** Die Verbindung entsteht durch Vermischen von 1 Th. Schwefelsäure und  $\frac{1}{2}$  Th. Glycerin. Dabei entwickelt sich viel Wärme. Die neue Säure ist der Aetherschwefelsäure ähnlich, und liefert mit Baryt, Kalk u. s. w. auflösliche Salze. Sie besteht aus  $2SO_3 + C_6H_{14}O_5 + Ag$ . In den Salzen verliert sie dieses Wasser gegen 1 At. Basen. S. Pelouze a. a. O. M.

**Glyceryl.** Das unbekannte Radikal  $C_6H_{14}$  des Glycerins. Es kommt nur in dieser Verbindung vor, wenn man nicht das Mannit zu seinen Oxydationsstufen rechnen will. S. Radika'e, org. M.

**Glycium** syn. mit Süssholzzucker oder Glycyrrhizin. s. d.

**Glycyrrhizin.** Der süsse Stoff aus der Süssholzwurzel (*Glycyrrhiza glabra* und *echinata*), welcher besonders in dem Lakrizen enthalten ist. Man hat diesen Stoff zu den Zuckerarten gerechnet. Da er jedoch nicht der weinigen Gährung fähig ist, und auch in keinen gährungsfähigen Zucker übergehen kann, so darf er eben so wenig wie das Mannit als Zuckerart betrachtet werden. Nach Vogel jun. wird die Verbindung folgendermaassen gut dargestellt: Eine Infusion von der Wurzel wird mit Bleiessig tropfenweis vermischt, so dass das Salz nicht neutral wird. Der ausgewaschene Niederschlag wird durch Schwefelwasserstoff zersetzt, die Flüssigkeit wird mehrere Mal aufgeköcht, wodurch sich das Schwefelblei sehr gut und schnell abscheidet, filtrirt, bis zum Trocknen abgeraucht, mehrere Mal in Alkohol umgelöst. Es bildet dann das Glycyrrhizin hellgelbe Stücke, welche in kochendem Wasser leichter als in kaltem löslich sind, sehr leicht in Alkohol. Bei  $200^\circ C$  schmilzt es zu einer dunkelbraunen Masse. Es ist durchaus unkrystallisirbar. Mit den Metalloxyden und Erden liefert es unlösliche Verbindungen. Aus der Bleiverbindung folgt das Atomgewicht 1950, die Zusammensetzung wird ausgedrückt durch  $C_{16}H_{24}O_6$ . Mit Schwefelsäure verbindet sich das Glycyrrhizin zu einer in kaltem Wasser schwer löslichen Masse, welche sich in Alkohol löst. Die Verbindung enthält 7,34% Schwefelsäure, oder auf 3 At. Glycyrrhizin, 1 At. Schwefelsäure. S. J. f. pr. Ch. XXVIII. 1. M.

**Glycose** nennt Dumas den Traubenzucker, s. d.

**Göthit.** Der Name für eine Abtheilung von Brauneisensteinen. S. Eisenoxyd.

**Gold.**  $Au = 1243,013$ . — Das Gold war schon den ältesten Völkern bekannt, und vielleicht früher als die meisten, wenn nicht alle andere Metalle, da es so oft in losen Körnern und Stücken im Sande der Flüsse gediegen sich findet, und in diesem Zustande leicht zu gewinnen und zu bearbeiten ist. Man bezog es im frühesten Alterthum aus Asien, namentlich aus Lydien, Phrygien, Kolchis und den östlichen Satrapien des Perserreichs. Besonders war Indien seines Goldreichthums wegen berühmt, und daher im ganzen Mittelalter die Ansicht herrschend, dass Gold nur in südlichen und heissen Ländern in ergiebiger Menge zu finden sei. So schrieb 1495 der Stein-



schneider Jaime Ferrer \*) an den Admiral Chr. Columbus: „So lange Ew. Herrlichkeit nicht schwarze Menschen finden werden, können Sie nicht grosse Dinge, wirkliche Schätze, wie Specereien, Diamanten und Gold erwarten.“ Columbus sagte in einem vom 14. November 1492 datirten Schreiben, als er längs der Küste von Cuba segelte: „Nach der vielen Hitze, die ich leide, muss das Land reich an Gold sein.“ Diese Meinung fand in den ansehnlichen Goldmengen welche seit der Entdeckung Amerika's aus den warmen Ländern dieses Erdtheils nach Europa kamen, eine überraschende Bestätigung; denn das spanische Amerika allein lieferte in den 311 Jahren von 1592 bis 1803 an Gold 3625000 Mark, und Brasilien fast das Doppelte, nämlich 6300000 Mark. Indess hat seit dem Anfange dieses Jahrhunderts die Goldgewinnung in Amerika bedeutend nachgelassen, wogegen von 1814 an am östlichen Ural ein überaus ergiebiges Goldlager in einem Sande entdeckt wurde, dessen Mächtigkeit zwar gering ist, meist nur 9 Zoll und sehr selten bis zu 14 Fuss sich erhebend, der aber eine Ausdehnung von 14 Breitengraden hat. Nach der Tiefe nimmt in diesem Sande der Goldgehalt ab, und ist in den obern Lagen am bedeutendsten. Uebrigens wurde Bergbau auf Gold schon seit 1754 zu Beresow betrieben. Der Ertrag der uralischen Goldwäschereien wurde durch die 1830 am Altai entdeckten Goldlager noch ansehnlich vermehrt, und 1837 betrug die Gesamtausbeute vom Ural und Altai 469 Pud \*\*) oder 32830 Mark, d. i. 7211000 Thlr. preuss. Sie hat sich seitdem noch immerfort erhöht, stieg 1839 auf 532 Pud, 1840 auf 586 Pud, 1841 auf 691 Pud, 1842 auf 970 und 1843 auf 1342 Pud in ganz Sibirien. Uebrigens scheint den alten Völkern der Goldreichthum Nord-Asiens nicht ganz unbekannt geblieben zu sein, viele Umstände vereinigen sich, die Issedonen und die einäugigen Arimaspen, welche die goldhütenden Greife des Goldes berauben, in jene Gegenden zu versetzen, da man noch kürzlich im südlichen Russland wenige Zoll unter dem Rasen Stücke gediegenen Goldes von 13 bis 24 russischen Pfunden schwer gefunden hat.

Seit dem Jahre 1824 ist auch in Nordamerika, in Karolina und Georgien viel Gold gefunden und ausgebracht worden. Es kommt hier nicht allein lose im Sand, sondern auch auf Gängen von Quarz und Talkschiefer vor. 1824 gewann man 46 Mark, 1829 schon 1287 M. und 1834 bereits 8254 M., doch hat, soviel bekannt geworden ist, seitdem die jährliche Goldproduktion sich in den genannten Gegenden über diese Zahl nicht erhoben. Gewisse Länder Afrika's scheinen gleichfalls einen grossen Goldreichthum zu besitzen, so Nubien, Habessinien und vorzüglich die Goldküste von Oberguinea, wo das Gold zu allerlei Geräthschaften verwendet wird. In Europa sind mit Ausschluss von Russland, Ungarn und Siebenbürgen die goldreichsten Länder, in denen jährlich über 5000 M., und in Oesterreich überhaupt etwa 600 M. gewonnen werden; die übrigen Länder Europa's liefern zusammen kaum 70 M.

Das meiste Gold kommt lose als Körner, Blättchen und abgerundete Stücke im Sand der Flüsse und des aufgeschwemmten Landes

\*) Ueber die Schwankungen der Goldproduktion von A. v. Humboldt. Deutsche Vierteljahrsschrift 1838 Heft IV.

\*\*) 1 Pud = 40 Pfund russisch = 34,98 Pfund preuss. = 69,96 Mark.

vor. Gewöhnlich ist der goldführende Sand eisenhaltig, so dass man die Vermuthung aufgestellt hat, es sei ursprünglich das Gold in Schwefelkies eingeschlossen gewesen, und durch dessen Verwitterung bloss gelegt worden. Dass das Gold wenigstens nicht immer, wie man gemeint hat, aus dem Gebirge abstammt, aus welchem der Fluss kommt, in dessen Bett man es findet, ergibt sich daraus, dass in vielen Flüssen das Gold nur in einem bestimmten Distrikt gefunden wird und keineswegs oberhalb desselben, wo man es doch in noch reichlicherer Menge antreffen müsste, wenn es aus den Gesteinen herausgewaschen wäre, welche der Fluss im Gebirge durchbricht. So ist z. B. der Rhein goldreicher bei Strassburg als bei Basel, der Ticino führt Gold nur unterhalb des Lago maggiore, in welchem er es doch müsste abgesetzt haben, wenn es aus den Alpen fortgeschwemmt wäre, und Aehnliches lässt sich noch von manchem andern Flusse sagen. In solchen Fällen ist man zu der Annahme gezwungen, dass das Gold in dem das Flussbett bildenden Erdreich vorhanden sei. Die Goldstücke, die man im Alluvialboden gefunden hat, sind zuweilen von beträchtlicher Grösse gewesen. 1826 erhielt man aus dem Grossbach, der sich in die Mosel ergiesst, ein Stück von  $3\frac{1}{2}$  Loth Gewicht; das grösste in Choko in Südamerika gefunden, wog 25 Pfund, ein anderes in Cavaeras County 28 Pfund, und ein 1842 bei Miask am Ural ausgegrabenes Stück 2 Pud 8 Pfund = 76 Pfund preuss. Ueberhaupt ist der Bergwerkbezirk von Slatoust, wozu Miask gehört, sehr ergiebig, denn an dem Flüsschen Targanka fand man allein 52 Stücke Gold, deren Gewicht zwischen 1 bis 7 Pfund beträgt. In Peru soll ein Stück von 45 Pfund und in Anson County in Nordamerika eins von 48 Pfund gefunden sein, beide sind aber nicht hinlänglich verbürgt.

Ausser dem Vorkommen auf sekundärer Lagerstätte trifft man es auch auf Gängen mit Quarz, Kalkspath, Schwerspath, Eisenerzen und verschiedenen Schwefelmetallen in Granit, Gneuss, Glimmerschiefer, Thonschiefer und anderen Gesteinen des Ur- und Uebergangsgebirges, z. B. in Mexiko, Peru, Chili, in den Provinzen Antioquia und Choko, in Ungarn, Siebenbürgen, Tyrol, Salzburg, Dauphiné u. a. a. O. — Ueber Vorkommen und Ausbeute des Goldes am Harz: s. Pogg. II. 418. XIII. 575; an der Mosel X. 136; in Amerika XVIII. 275; am Ural XIII. 566. 567. XVIII. 275 LIX. 174.; am Altai XL. 641; Haude- und Spenersche Zeit. 1841 St. 82. 1842 St. 85 u. 15. December 1842; in Nordamerika Glocker, Mineralog. Jahreshefte I. 89. 235. 402.

Gewinnung des Goldes. Sie richtet sich nach der Art des Vorkommens; findet sich das Gold im Sande, so wird es daraus ausgewaschen, worauf sich für das goldhaltige Erdreich der Name Seifengebirge, und für das so erhaltene Gold der Name Waschgold bezieht. Das Waschen wird theils in hölzernen Näpfen vorgenommen, die man mit Goldsand füllt, und diesen mit Wasser so lange schüttelt, bis der Sand möglichst fortgespült ist, oder auf schräg geneigten Tafeln, Wasch- oder Schlämmerden, die zuweilen noch mit wollenem Tuch überzogen sind. Im Alterthum bediente man sich zu demselben Zwecke auch der Thierhäute, woraus die Sage vom goldenen Vliess entstanden sein soll. Das Waschgold ist übrigens kein völlig reines Gold, sondern vermischt mit schweren Körnern und anderen

Metallen, es enthält aber in der Regel weniger Beimengungen als das durch andere Prozesse ausgebrachte Gold. Bisweilen zieht man den mehrmals ausgewaschenen Sand noch mit Quecksilber aus, welches auch die feinsten Goldtheilchen auflöst, wodurch ein keineswegs geringfügiger Verlust vermieden wird. Am vollständigsten wird indess, wie Versuche am Ural ergaben, das Gold durch Ausschmelzen aus dem Sande geschieden, indem hierbei 25 bis 30 mal mehr Gold als durch Verwaschen gewonnen wird, nur stehen diesem Verfahren im Grossen so erhebliche Schwierigkeiten im Wege, dass man sich eher zur Vervollkommnung der alten Methode, als zur Befolgung der neuen veranlasst sieht. (Pogg. Ann. XLI. 202.) Einen Apparat, um im Kleinen mittelst Säuren das Gold aus dem Sande vollständig auszuziehen zu können, beschreibt Nördenskiöld (Pharmaceut. Centralblatt 1842 S. 812.) Der Goldstaub wird in Graphittiegeln zusammengeschmolzen.

Umständlicher ist die Gewinnung des eingesprengten Goldes. Findet es sich, was oft der Fall ist, im Schwefelkies fein vertheilt, so lässt man die Kiese verwittern oder röstet sie, um die Zertheilung der festen Masse zu beschleunigen, mahlt sie dann und wäscht sie aus. Ist das Erz reich an Gold, so unterwirft man es, nachdem es zu Mehl gepocht ist, sofort der Amalgamation (s. diese S. 135). Dasselbe geschieht auch mit ärmeren Erzen, nur müssen diese zuvor geröstet werden, wodurch sie aufgelockert und die Goldtheilchen dem Quecksilber zugänglich gemacht werden. Hierauf mahlt und amalgamirt man sie. In anderen Fällen bedient man sich der Eintränkarbeit, welche darin besteht, dass man die goldhaltigen Schwefelmetalle röstet, dann schmilzt, wobei man ein von der die Erze begleitenden Gangart befreites Produkt erhält, welches Rohstein heisst, und aus Schwefelmetallen besteht, in welchen das Gold angesammelt ist. Den Rohstein röstet man abermals, schmilzt ihn mit Bleiglätte oder Blei ein, und erhält dann Blei, welches das im Rohstein befindliche Gold in sich aufgenommen hat, und durch das Abtreiben (s. dieses) vom Golde geschieden wird. Sind die Erze kupferhaltig, so ist es vortheilhafter den Rohstein zu zermahlen und mit Quecksilber zu behandeln.

Das so erhaltene Gold enthält gewöhnlich kleine Beimischungen von anderen Metallen und stets Silber. Am vortheilhaftesten trennt man dieses durch die Scheidung in die Quart oder Quartirung, die davon ihren Namen hat, dass, wenn das Silber vollständig vom Golde getrennt werden soll, dieses höchstens  $\frac{1}{4}$  der Legirung ausmachen darf, ist mehr darin, wovon man sich durch eine Probe überzeugt, so muss so viel feines Silber der Legirung zugemischt werden, dass dasselbe mindestens  $\frac{3}{4}$  darin beträgt. Man schmilzt dann das Metallgemisch, granulirt und erhitzt es in einem Kessel aus Gusseisen oder Platin mit concentrirter Schwefelsäure. Früher gebrauchte man dazu die weit theurere Salpetersäure, woher diese den Namen Scheidewasser erhielt; im Kleinen bedient man sich ihrer auch jetzt noch, da sie schneller und ohne Mitwirkung der Wärme zum Ziele führt. Die Säure löst nun das Silber auf und hinterlässt das Gold, welches man in einem Graphittiegel mit Salpeter und Borax einschmilzt. Derselben Methode bedient man sich auch, um die kleine Menge Gold

noch zu gewinnen, welche gewöhnlich im Silber enthalten ist. Siehe Affiniren.

Um chemisch reines Gold zu erhalten löst man Gold, wie es im Verkehr sich findet, in Königswasser auf, dampft die Auflösung ein, damit die freie Säure ausgetrieben werde, und löst das entstandene neutrale Chlorgold in Wasser auf, das mit Salzsäure versetzt ist. In diese Auflösung bringt man aufgelösten Eisenvitriol, worauf schwefelsaures Eisenoxyd und Eisenchlorid entstehen, und Gold als ein rothbraunes Pulver niederfällt, welches man auswäscht und einschmilzt.

Eigenschaften. a) des natürlichen Goldes. Die Krystalle des Goldes sind meist sehr klein, ohne deutliche Spaltungsrichtungen und gehören dem regulären Systeme an; Würfel, Achteck, Dodekaëder und Vierundzwanzigfläch (Leucitoïd) sind die gewöhnlicheren Formen. Weit häufiger als krystallisirt kommt das Gold drath-, haar-, moosförmig, in Blättchen, Blechen und derben Stücken oder Körnern vor; seine Härte liegt zwischen der des Gypses und des Kalkpaths, seine Farbe variirt von dem reinen Goldgelb ins Messinggelbe und Blasse, was darin seinen Grund hat, dass alles natürliche Gold mehr und weniger Silber enthält. Daher ist auch das spec. Gewicht sehr veränderlich, von 14—19, und zwar desto geringer, je silberreicher das Gold ist. Indess haben Boussingault und G. Rose auch Ausnahmen hiervon gefunden. Der Silbergehalt steigt in manchen Goldstufen auf 38 Procent, und zu diesem silberreichen Gold gehört auch das bereits den Alten bekannt gewesene Elektrum (s. dies.), ausserdem enthielten fast alle von G. Rose untersuchten Varietäten aus verschiedenen Gegenden des nördlichen Asiens geringe Mengen von Kupfer und Eisen. Boussingault hielt alle die von ihm analysirten Legirungen dieser Art für feste chemische Verbindungen, was G. Rose widerlegte, indem er zeigte, dass der Silbergehalt im Gold sehr unbeständig, und dies aus der Isomorphie beider Metalle auch erklärlich sei. Neuere Untersuchungen von Avdeef mit Goldkrystallen haben dies bestätigt. (Pogg. Ann. X. 313. XXIII. 161. LIII. 153.) Palladiumhaltiges Gold aus Brasilien beschreibt Johnson und Gold mit Rhodium aus Mexiko Del Rio (Glocker, Mineralog. Jahreshfte VI. 532; Pogg. Ann. X. 322). Unter dem Namen Ouro poudre (faules Gold) erhielt Berzelius eckige Körner von unreiner Goldfarbe aus der Capitania Porpez in Südamerika, und fand sie aus 85,98 Gold; 9,85 Palladium und 4,17 Silber zusammengesetzt. (Jahresb. XV. 205).

b) des reinen Goldes. Es hat eine schöne gelbe Farbe, nimmt gute Politur an, das spec. Gewicht des geschmiedeten ist 19,5, des gegossenen 19,2. Die spec. Wärme nach Regnault 0,03244, nach Dulong und Petit 0,0298. Es ist das geschmeidigste und dehnbarste aller Metalle; das dünnste Blattgold hat nur eine Dicke von  $\frac{1}{25000}$  Linie, eine noch grössere Vertheilung aber lässt sich dadurch hervorbringen, dass man eine dicke Silberstange mit Gold überzieht, und sie in dünnen Drath verwandelt, dessen Oberfläche noch grösser wird, wenn man ihn zwischen Walzen platt drückt. Réaumur giebt einen solchen Fall an, wo eine Unze Gold einen Drath von fast 68 geogr. Meilen Länge überzog und die Dicke des Goldüberzuges nur  $\frac{1}{25000}$  Linien betrug; häufig nimmt man nur  $\frac{1}{2}$  der angegebenen Goldmenge, und erhält dann eine so dünne Schicht als Ueberzug, dass mehr als 2 Millionen erforderlich sind, um einen Zoll dick zu werden.

In ganz dünnen Blättchen ist es mit grüner Farbe durchscheinend. Es schmilzt bei 32° Wedgewood oder nach Daniell bei 2590° F. Da es sich beim Schmelzen stark ausdehnt, und beim Erkalten wieder bedeutend zusammenzieht, so lässt es sich nicht gut in Formen giessen, sondern muss durch Schmieden in die gewünschten Gestalten gebracht werden. Mit Salpeter eingeschmolzen nimmt es eine röthliche, mit Borax eine blasser Farbe an. Man kann es lange Zeit im geschmolzenen Zustand der Luft aussetzen, ohne dass es an Glanz oder Gewicht verliert, dagegen wird es im Focus grosser Brennspiegel, im Knallgasgebläse und, wenn es zur Entladung einer elektrischen Batterie dient, verflüchtigt, wobei es sich metallisch auf die umgebenden Körper niederschlägt. Beim Erkalten spritzt es nicht wie Silber umher, krystallisirt aber ziemlich leicht in Würfeln und Oktaedern, wenn die Abkühlung langsam vor sich geht. Es hält sich in feuchter Luft unverändert, und dient daher unter andern zum Ueberziehen solcher Gegenstände, die man vor dem Einfluss der Witterung schützen will. Schwefel-, Salpeter- und chlorfreie Salzsäure greifen das Gold nicht an, wohl aber Königswasser, worin es sich zu Goldchlorid auflöst. Im fein vertheilten Zustand bildet es einen purpurfarbigen bräunlichen Staub.

Anwendung. Feines Gold wird nur zu Blattgold (s. dies.) und zum Malen auf Glas und Porcellan gebraucht. Zu dem letzten Zweck benutzt man es, wie es durch Eisenvitriol gefällt ist, mischt es mit Kienruss und ein wenig Wismuthoxyd als Flussmittel, und reibt es mit Spieköl zu Farbe, diese wird dann aufgetragen, eingebrannt und mit Blutstein polirt. Zu allen anderen Zwecken eignet sich feines Gold wegen seiner grossen Weichheit nicht, da es nicht allein un bequem zu bearbeiten ist, sondern sich auch zu sehr abnutzt. Man vermischt es daher mit Silber oder Kupfer, bisweilen mit beiden zugleich, und nennt solche Gemische, die weit härter als feines oder reines Gold sind, weisse, rothe oder gemischte Karatirung. Um auf eine leichte Weise die Zusammensetzung solcher Legirungen ausdrücken zu können, theilt man die Mark =  $\frac{1}{2}$  Pfund in 24 Theile oder Karate zu 12 Grän, und giebt nur die Anzahl der Karate Gold an, so dass die Ergänzung davon zu 24 die Menge des Zusatzes ausdrückt. In Deutschland verarbeitet man in der Regel 8, 14 und 18karätiges Gold, worin also bezüglich 16, 10 und 6 Karat Kupfer oder Silber enthalten sind. Kupfer macht die Legirung röthlich, Silber blass; 18karätiges mit Silber legirtes Gold sieht grünlich, 14karätiges mit Kupfer roth, und 14karätiges mit Silber weiss aus. Dieser Farben, zu denen noch die gelbe des reinen Goldes kommt, bedienen sich die Goldarbeiter, um ihren Arbeiten Mannichfaltigkeit zu geben. Soll das legirte Gold wie reines aussehen, so glüht man die daraus gefertigten Gegenstände schwach, kocht sie einige Minuten in sehr verdünnter Schwefel- oder Salpetersäure und hängt sie dann in die siedend heisse Farbe, d. h. in eine concentrirte Auflösung von Salpeter, Kochsalz und Alaun, die man kurz vor dem Gebrauche auch wohl noch mit etwas Salzsäure versetzt. Durch die Einwirkung der Salze wird das Kupfer von der Oberfläche weggenommen, selbst das Gold ein wenig angegriffen, weshalb alte Farbe Gold enthält, welches man durch Eisenvitriol wieder ausfällt. Man spült die Waare gleich nach der Herausnahme in heissem Wasser

ab, und dann in kaltem, taucht sie wieder in die Farbe, und wiederholt das Ganze bis die erwünschte Färbung der Oberfläche, ein schönes mattes Gelb, vorhanden ist. Ist das Gold schlechter als 14karätig, so kann es in der Farbe nicht behandelt werden, weil es schwarz dadurch wird, wie denn überhaupt solche Legirungen blind werden an der Luft und selbst Grünspan ansetzen.

Ausser der Benutzung des Goldes zu Schmucksachen wird es auch vermünzt, und dazu gewöhnlich gutes Gold genommen. Das beste Gold enthalten die österreichischen Dukaten, welches  $23\frac{1}{2}$  karätig ist; die holländischen Dukaten sind  $23\frac{1}{4}$  k.; die Sovereignes 22 k.; die preussischen Friedrichsd'or  $21\frac{1}{2}$  k.; die Napoleond'or haben 21 Karat  $7\frac{1}{2}$  Grän. — Den Feingehalt einer Goldwaare ermittelt man durch die Kupellation (s. diese).

Eine eigenthümliche Anwendung des Goldes erwähnt Larrey. Die Egypter und Araber, sagt er, belegen das Gesicht junger und reicher Personen, um es vor der zerstörenden Einwirkung der Variole (kleine Blattern) zu schützen, im Moment des Auftretens der Krankheit mit Goldblättchen; ein Verfahren, welches von Legrand mit dem besten Erfolge wiederholt ist (Ann. der Pharm. XXXI. 93.).

Der Werth des Goldes ist im Verhältniss zum Silber in neuerer Zeit ziemlich gleich geblieben, obgleich sich in Asien so bedeutende Schätze eröffnet haben. Man muss dies der gegenwärtig schnellen Verbreitung der edlen Metalle durch den lebhaften Handelsverkehr unter den civilisirten Völkern zuschreiben, denn in früheren Zeiten konnte sich das Gold an manchen Orten so ansammeln, dass bedeutende Schwankungen in dem Preise desselben möglich waren. So war zu Herodots Zeiten das Werthverhältniss zwischen Silber und Gold 13 : 1; zur Zeit Alexanders des Grossen, wo man die reichhaltigen Bergwerke in Thracien und Attika ausbeutete 10 : 1; in Rom nach der Eroberung von Syrakus  $17\frac{1}{2}$  : 1, und in der Zeit des Julius Caesar durch die Beraubung der unterjochten Völker  $8\frac{1}{2}$  selbst  $7\frac{1}{2}$  : 1. In dem laufenden Jahrhundert ist das Verhältniss ziemlich constant  $15\frac{1}{2}$  : 1 geblieben. Die jährliche Ausbeute an Gold schätzt man in der alten Welt auf 122710 Mark, und in der neuen auf 41391 Mark.

Verbindungen. Das Gold hat nur geringe Verwandtschaft zum Sauerstoff, und giebt mit ihm ein Oxyd und ein Oxydul; eine dritte, zwischen diesen stehende, purpurfarbige Oxydationsstufe, das Sesquioxidul, welches bei Einwirkung des Goldchlorids auf organische Substanzen entstehen soll, ist noch zweifelhaft. Das Gold verbindet sich ferner mit Schwefel, den Haloiden, und bildet mit vielen Metallen Legirungen, von denen schon oben mehrere genannt sind. Goldhaltige Erze sind ferner Blättererz, Weisstellur und Schrifterz, die nur selten und zwar in Siebenbürgen vorkommen.

**Goldoxyd.**  $\text{Äu} = 2786,03 - 89,23 \text{ G}; 10,77 \text{ S}$ . Um es darzustellen setzt man zu einer Auflösung von Goldchlorid Bittererde etwas in Ueberschuss, wobei eine Verbindung von Goldoxyd und Bittererde niederfällt. Letztere zieht man mit Salpetersäure aus, und erhält als Rückstand gelbes Goldoxydhydrat, welches beim Trocknen dunkelbraun und beim Erwärmen schwarz wird, indem es sein Wasser verliert, und sich auch ein wenig zersetzt. In der Hitze und im Sonnen-

licht wird es reducirt, desgleichen im Tageslicht, nur langsamer. Von Salzsäure wird es leicht in Goldchlorid verwandelt, sonst aber von verdünnten Säuren nicht aufgelöst; concentrirte lösen es, aber bei Zusatz von Wasser fällt das Oxyd wieder heraus. Mit Glas zusammen geschmolzen, ertheilt es diesem eine schöne Purpurfarbe. Es verbindet sich mit Basen, namentlich mit den stärkeren, und verhält sich also wie eine Säure; weshalb es auch oft Goldsäure genannt wird. Am merkwürdigsten ist das

Goldsaure Ammoniak oder Knallgold, welches entsteht, wenn man Goldchlorid mit einem Ueberschuss von Ammoniak digerirt. Man erhält ein gelbbraunes Pulver,  $(\text{N H}_3)_2 \text{Au} + \text{H}$ , welches man abfiltrirt und behutsam trocknet. Es ist ein gefährliches Präparat, welches beim Erhitzen, Schlagen, Reiben, heftig und mit schwacher Flamme explodirt, wobei Stickgas, Wasserdampf und Gold entstehen; es lässt sich daher ohne Gefahr gar nicht aufbewahren.

**Goldoxydul.**  $\text{Au} = 2586,03 - 98,13 \text{ G.}; 3,87 \text{ S.}$ , wird als ein grünes Pulver erhalten, wenn man Goldchlorür mit Kali übergiesst. Lässt man es längere Zeit mit Kali in Berührung, so zersetzt es sich in Gold und Goldoxyd, welches aufgelöst wird. Beim Erhitzen wird das Goldoxydul in seine Bestandtheile zerlegt. Salze desselben kennt man nicht.

**Goldpurpur.** (Purpur des Cassius) ein braunes oder rothes Pulver, welches zum Färben des Glases und Malen auf Porzellan dient, da es eine schön rubinrothe Farbe giebt. Seine Darstellung beruht darauf, dass eine Zinnchlorür und Zinnchlorid haltende Auflösung mit einer stark verdünnten Solution von Goldchlorid vermischt wird, wobei sich Goldpurpur niederschlägt. Zinnchlorür oder Chlorid allein giebt keinen Purpur. Man hat viele Vorschriften zur Bereitung desselben, am sichersten führt die von Fuchs zum Ziele, welche darin besteht, dass 1 Th. Gold in Königswasser gelöst, und die neutrale Lösung mit 360 Th. Wasser verdünnt wird. Die geeignete Zinnauflösung erhält man durch Zumischung von Eisenchlorid zu aufgelöstem Zinnchlorür, was man so lange fortsetzt, bis die Flüssigkeit ihre braune Farbe verliert, und blassgrün wird, d. h. bis sich so viel Zinnchlorür in Chlorid verwandelt hat, als unter diesen Umständen möglich ist. Die Auflösung enthält dann das Zinn als Sesquichlorür. Diese Auflösung mischt man nun unter stetem Umrühren mit der Goldlösung, so lange noch Goldpurpur niederfällt, den man hierauf gut aussüsst und trocknet, wobei er eine dunkelbraune Farbe annimmt. Um den Uebergang der braunen Farbe in die grünliche besser wahrnehmen zu können, empfiehlt Capaun die Eisenchloridlösung (nach der preuss. Pharmacopöe dargestellt) mit 3 Th. Wasser zu verdünnen und das Zinnchlorür in 6 Th. Wasser und einigen Tropfen Salzsäure aufzulösen, und nach dem Mischen beider, wenn sich die grünliche Farbe zeigt, wieder mit 6 Th. Wasser zu verdünnen (Journ. f. pract. Chemie V. 318; XXII. 152.)

Beim Erhitzen giebt der Goldpurpur Wasser, aber selbst in der Glühhitze keinen Sauerstoff, und verändert seine Farbe in ziegelroth.

Frisch bereitet ist er ganz löslich in Königswasser, und Salzsäure zieht das Zinnoxid mit Hinterlassung von metallischem Golde aus, nach dem Glühen dagegen bleibt Zinnoxid zurück und Gold wird gelöst, wenn man den Purpur mit Königswasser behandelt. Alkalien lösen den Goldpurpur nicht auf, wenn man den frischen Niederschlag aber mit Ammoniak umrührt, so erhält man eine purpurrothe unklare Auflösung (?) aus der sich nach längerem Stehen der Farbstoff zu Boden senkt, und die obere Schicht der Flüssigkeit sich klärt, so dass man geneigt wird, die Auflösung für die Suspension eines fein vertheilten Körpers (Zinnoxid, gefärbt durch Goldstaub?) zu halten. Mengt man den Purpur mit Quecksilber und erhitzt bis zu 100–150°, so löst dasselbe das Gold auf, und entfärbt das Präparat.

Ueber die Zusammensetzung des Goldpurpurs ist viel verhandelt worden, ohne dass man zu einem entscheidenden Resultat gekommen wäre. Buisson folgerte aus seinen Versuchen, dass er ein Gemenge von Zinnoxid und fein zertheiltem Golde sei, was von mehreren Chemikern, namentlich von Berzelius bestritten wurde, der die Auflöslichkeit in Ammoniak und die Veränderung der Farbe beim Glühen mit einem mechanischen Gemenge der bezeichneten Art unverträglich findet (Jahresber. XI. 117; XII. 114). Gay-Lussac schmolz Silber, Gold und Zinn unter einer Bedeckung von Borax zusammen und behandelte den Regulus hierauf mit Salpetersäure, welche ein purpurfarbenes Pulver hinterliess, das beim Glühen nur Wasser gab. Bei der Annahme, dass das Gold in diesem Falle von Salpetersäure nicht angegriffen, das Zinn aber in Oxyd verwandelt wird, führen die Zahlenresultate zu der Ansicht, dass im Goldpurpur metallisches Gold mit verschiedenen Proportionen Zinnoxidhydrat verbunden sei. Endlich fand Fuchs, dass, wenn das von ihm entdeckte Sesquioxid des

Zinns,  $\text{Sn} = \text{Sn Sn}$ , oder das entsprechende Sesquichlorür zur Darstellung des Purpurs benutzt wird, derselbe immer und sehr schön entsteht. Fuchs giebt mehrere Versuche an, die beweisen sollen, dass das Gold im oxydirten Zustande im Purpur enthalten ist, unter denen am meisten folgender für diese Ansicht spricht: wenn eine Auflösung von Goldpurpur in Ammoniak in einer verschlossenen Flasche täglich von der Sonne beschienen wird, so setzt sie metallisches Gold ab, nachdem sie zuvor violett und dann blau geworden ist, und in der Auflösung bleibt Zinnoxid-Ammoniak. In der Glühhitze wird der Purpur nicht zersetzt, auch färbt er nach wie vor Glasflüsse roth, und löst sich in Ammoniak. Daher giebt Fuchs ihm die Formel  $\text{Au Sn}$

+  $\text{Sn} + 3\text{H}$ , und sieht das Gold also als oxydirt an, worin ihm Mehrere beistimmen, obgleich nicht zu verkennen ist, dass die erste Ansicht, es sei das Gold metallisch im Purpur, viel Wahrscheinliches für sich hat. (Berzelius Jahresb. XIII. 101; XIV. 121. Pogg. Ann. XXVII. 634.)

Die Ergebnisse der Analyse waren nach Berzelius, Buisson und Gay-Lussac: 30,6 Gold und 69,4 Zinnoxid; Fuchs dagegen findet: 17,87 G., 82,13 Z.

Zum Malen auf Glas oder Porcellan mengt man den Purpur mit einem leicht schmelzbaren Glase und Terpenthinöl, trägt ihn mit ei-

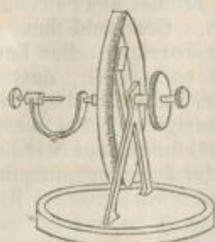
nem Pinsel auf und brennt ihn ein. Will man aber Rubinglas machen, so wird kein fertiger Goldpurpur der Glasmasse zugesetzt, sondern das Material dazu, Zinnoxid und Goldchlorid, welche mit dem bleihaltigen Glassatze vermischt werden. Nach dem Schmelzen sieht das Glas gelblich oder ganz farblos aus, und erhält die schöne rubinrothe Farbe erst dadurch, dass man das Glas der russenden Flamme des Glasofens aussetzt. Kleine Stücke können durch die Löthrohrflamme geräthet werden. Welche chemische Veränderungen hierbei vor sich gehen, ist nicht bekannt. (Pogg. Ann. LXI. 144.) B.

**Gong-gong**, oder Tam-tam, auch Tschoung oder Lou genannt, ist ein chinesisches Instrument, in Form eines runden nicht tiefen Gefässes, dessen Boden nach auswärts getrieben ist. Die Metallmasse, aus welcher es besteht, ist von Glockenmetall zusammengesetzt, nämlich 78 p. Ct. Kupfer, 22 p. Ct. Zinn nach Klaproth (Gehler's Journ. IX. 408). Obgleich dieselbe sehr spröde und hart ist, so sind doch diese Instrumente sichtlich unter dem Hammer gearbeitet. Dies erklärt sich dadurch, dass nach Darcey diese Mischung wenn man sie glühend in kaltem Wasser ablöscht, weicher, durch neues Glühen und langsames Erkalten aber wieder hart wird. Auch kann nach Wollaston das Metall etwas unter Glühhitze gehämmert werden (Gilb. Ann. LVI. 104). Das Gong-gong giebt einen sehr starken Ton, wenn man es mit einem hölzernen beleederten Klöppel schlägt. Man bedient sich desselben in sehr rauschender Opernmusik, auch wohl in Menagerien, um die wilden Thiere aufzuregen.  
S.

**Goniometer**, ein Instrument zur Messung der Winkel, welche Krystallflächen mit einander bilden. Mit den gebräuchlichsten Goniometern misst man unmittelbar den Winkel, um welchen man den Krystall um die Kante des zu bestimmenden Winkels drehen muss, damit die zweite Fläche desselben in diejenige Ebene kommt, in welcher vorher sich dessen erste Fläche befand, d. h. man misst das Supplement des gesuchten Winkels.

Am sichersten wendet man hierzu das Fernrohr an, welches man so richtet, dass vor der Drehung ein von der ersten Fläche reflektirtes Bild eines fernen linearen Gegenstandes mit einem der Kreuzfäden desselben zusammentrifft, und dreht alsdann den Krystall bei unverändertem Fernrohrstande um seine Kante, bis das von der zweiten Fläche reflektirte Bild desselben Gegenstandes wiederum mit demselben Kreuzfaden zusammentrifft. Bei der von Malus angewendeten Einrichtung befindet sich der Krystall auf der Alhidade eines getheilten horizontalen Kreises so, dass die Kante des zu messenden Winkels vertikal steht und in der Drehungs-Axe des letzteren liegt. Das Fernrohr hat dann gleichfalls eine horizontale Lage.

Im Wollaston'schen Goniometer steht der getheilte Kreis vertikal und lässt sich durch eine horizontale Welle drehen, welche der Länge nach durchbohrt ist, und eine zweite Welle umschliesst, die sich mittelst eines Kopfes drehen lässt, ohne den Kreis mitzubewegen. Am entgegengesetzten Ende der innern Welle befindet sich ein Bogen, der sich bei der Drehung um seinen, in der Richtung der



Drehungsaxe liegenden, Durchmesser bewegt. In der Richtung dieses Durchmessers trägt der Bogen einen Stift, an welchem der Krystall mit Wachs so befestigt wird, dass seine Kante in der Drehungsaxe liegt.

Zur Messung sind zwei entfernte, Horizontallinien bildende, senkrecht über einander befindliche Visiobjekte nöthig, wie die Arme von Fensterkreuzen eines entfernten Hauses, oder eine entfernte Horizontallinie und deren in einem Planspiegel reflektirtes Bild.

Sind  $S$  und  $S'$  jene Linien, so muss, während der Index auf Null steht, mittelst der innern Welle der Krystall so gewendet werden, dass man durch ein auf dessen Kante gerichtetes Fernrohr das von der ersten Fläche reflektirte Bild von  $S$  mit der direkt gesehnen Linie  $S'$ , zusammenfallen sieht. Alsdann wird die äussere Welle, welche die innere mit sich führt, gedreht, bis diese Coincidenz auch auf der zweiten Fläche statt findet. Der Index am Kreise zeigt sodann den Drehungswinkel. Dass die Kante des Krystalls der Drehungsaxe parallel ist, erkennt man daran, dass auf beiden Flächen die Coincidenz vollständig wird.

Das Instrument ist von Mitscherlich durch eine besondere Einrichtung des Fernrohrs und des Krystallhalters zu einer besondern Vollkommenheit erhoben. Das erste, welches sich in einer gegen die Drehungsaxe des Kreises senkrechten Ebene um eine feste Axe bewegen lässt, ist so eingerichtet, dass es nach Entfernung des Oculars als Mikroskop dienen kann. Der Halter besteht aus zwei parallelen Messingstäben, die auf dem beweglichen Theil eines Schlittens senkrecht stehen. Der unbewegliche Theil ist in einer Querichtung auf dem beweglichen Theil eines zweiten Schlittens befestigt, dessen unbeweglicher Theil fest mit der innern Welle des getheilten Kreises so verbunden ist, dass er diesem Kreise parallel steht. Die beiden Halterstäbe stehen sonach senkrecht gegen den Kreis, bewegen sich (parallel mit sich) in der Richtung des einen oder der darauf senkrechten des anderen Schlittens, je nachdem man den Schieber des einen oder des anderen durch eine Mikrometerschraube fortbewegt. Enthalten daher die Halterstäbe den Krystall in einer solchen Lage, dass die Kante des zu messenden Winkels senkrecht gegen den Kreis steht, so lässt sich dieselbe in jede geforderte, auf dem Kreise senkrechte Lage, also auch in die Axe des Theilkreises, bringen. Der Krystall lässt sich nun im Centrum eines durch eine Schraube um dieses Centrum beweglichen Kugelsegments festklemmen, welches zwischen den Halterstäben sich befindet. Durch Bewegung dieses Kugelsegments wird die Krystallkante senkrecht gegen den Kreis gestellt. Um die Richtigkeit dieser letzten Stellung zu erkennen, betrachtet man durch das Fernrohr dies in der Krystallfläche abgespiegelte Bild eines in einiger Entfernung vor dem Instrumente vertikal herabhängenden Fadens, und sieht zu, ob bei einer Drehung der innern Stelle dieses Bild seine Lage ändert. Um zu erkennen, ob die Kante genau in der Drehungsaxe des Kreises liegt, nimmt man das Ocular des Fernrohrs fort, und sieht durch das als Loupe dienende Objektiv, welches gleich-

falls hiezu mit einem Fadenkreuz versehen ist, ob bei einer Drehung der innern Welle die Kante ihre Lage ändert. Geschieht dies, so wird durch die Schlittenbewegung die Stellung corrigirt. Das Fernrohr selbst wird vor diesen Operationen erst so gestellt, dass es sich in einer Vertikalebene bewegt. Zu diesem Behuf lässt sich die Lage seiner Drehungsaxe durch Schrauben corrigiren. Bei diesem Geschäft benutzt man den vorher erwähnten Lothfaden, aus welchem bei der Drehung des Fernrohrs um seine Axe der Durchschnittspunkt der Kreuzfäden nicht heraustreten darf.

R.

**Granat** krystallirt in Formen des regulären Systems, unter denen das Rhombendodekaëder und nächst ihm das Leucitoid (Vierundzwanzigflach) die gewöhnlichsten sind, nicht selten die Combination beider. Die Krystalle sind parallel den Dodekaëderflächen spaltbar, aber sehr undeutlich. In Härte ist der Granat dem Quarze gleich, in manchen Varietäten noch härter, in anderen weicher. Das spec. Gewicht schwankt zwischen 3,6 und 4,3, was in der grossen Mannichfaltigkeit der chemischen Bestandtheile seinen Grund hat. Vor dem Löthrohr schmelzen alle Granaten ziemlich leicht, die eisenreichen zu einem grauen oder schwarzen, die anderen zu einem grünlichen oder braunen Glase. Nach dem Schmelzen ist das spec. Gewicht geringer, wie Magnus gefunden hat (Pogg. Ann. XXII. 391). Salzsäure zersetzt die Granaten nur unvollständig, nach dem Schmelzen werden aber alle vollkommen davon zerlegt (v. Kobell, Kastner's Arch. V. 164).

Die zahlreichen Abänderungen des Granatgeschlechts haben zu vielen Analysen Veranlassung gegeben, unter denen die von Hisinger, Graf Trolle-Wachtmeister, Karsten und v. Kobell die neuesten und umfassendsten sind. Aus ihnen ergibt sich, dass alle Granaten  $\frac{1}{2}$  kieselsaure Salze sind nach der Formel  $\hat{R}, \hat{Si} + \hat{K} \hat{Si}$ , worin  $\hat{R}$  Kalkerde, Talkerde, Eisen- und Manganoxydul bezeichnet, die sich gegenseitig ersetzen und ergänzen, und  $\hat{K}$  die isomorphen Basen Thonerde, Eisenoxyd und Manganoxyd bedeutet. Hinsichtlich der numerischen Ergebnisse der Analysen muss auf die Abhandlungen verwiesen werden, da eine specielle Aufführung bei der grossen Zahl derselben zu viel Raum erfordern, und ein Auszug immer etwas Lückenhaftes sein würde. (Berzelius Jahresb. II. 101; III. 150; XIII. 171. Pogg. Ann. II. 1. Schweigg. Journ. LXV. 320.)

Man unterscheidet folgende Abänderungen:

1) Almandin, edler oder orientalischer Granat, ist härter als Quarz, von kolombinrother (dunkelroth mit etwas blau) bräunlich- oder blutrother Farbe, durchsichtig bis durchscheinend, glasglänzend, sp. Gew. 3,7—4,3. Unter den Basen herrschen Thonerde und Eisenoxydul vor. Der Almandin findet sich meist krystallirt und eingewachsen in Gneuss, Talk- und Glimmerschiefer, im Fichtelgebirge, an vielen Orten in den Alpen, zu Fahlun in Schweden, zu Kongsberg, in Tyrol, Steiermark u. s. w. Auf Ceylon und in Pegu kommt er in schönen Vierundzwanzigflächen im Sande der Flüsse vor.

2) Kaneelstein oder Hessonit, hyacinthroth und pomeranzen-



gelb, von Quarzhärte, spec. Gewicht 3,5, fettartig glänzend, durchsichtig und durchscheinend, krystallisirt und in Körnern. Enthält besonders Thon- und Kalkerde als Basen, und wird auf der Mussalp in Piemont, im Kulla-Kalkbruch in Finnland, in Rossshire in Schottland und in losen Körnern auf Ceylon gefunden. Der citrongelbe Topazolith ist gleichfalls hierzu zu rechnen.

3) Grossular, spargel- oder apfelgrün, auch in's Graue sich ziehend; härter als Quarz, durchscheinend, glasglänzend, spec. Gew. 3,6. Ist der Zusammensetzung der vorigen gelben Granaten ähnlich, aber reicher an Eisenoxyd. Findet sich am Wilui (daher Wiluit) in Kamtschatka, und am Monzoniberge in Tyrol. Dem Grossular schliessen sich an der lauchgrüne Aplom und der ölgrüne Allochroit, der zu Drammen in Norwegen und Berggiesshübel in Sachsen u. a. a. O. vorkommt.

4) Melanit, Pyrenait oder schwarzer Granat, von samtschwarzer Farbe, gewöhnlich krystallisirt in vulkanischen Gesteinen. Spec. Gewicht 3,7, härter als Quarz, glasglänzend. Die Basen sind hauptsächlich Eisenoxyd und Kalkerde. Man findet den Melanit zu Frascati und Albano bei Rom, in den Auswürflingen des Vesuvs, am Kaiserstuhl im Breisgau, zu Barèges in den Pyrenäen u. s. w.

5) Braunsteinkiesel oder Mangangranat, rothbraun bis leberbraun, schwach fettglänzend, undurchsichtig oder an den Kanten durchscheinend, spec. Gew. 3,9. Die vorwaltenden Basen sind Thonerde und Manganoxydul. Kommt eingewachsen in Granit und Grünstein in der Gegend von Aschaffenburg und Suhl vor.

6) Gemeiner Granat, von verschieden brauner und rother Farbe, undurchsichtig oder an den Kanten durchscheinend, fettartig glänzend spec. Gewicht 4,0—4,3, und etwas härter als Quarz. Er enthält alle in der allgemeinen Formel zusammengefassten Basen, und kommt im Granit, Gneuss, Glimmerschiefer und ähnlichem Gestein sehr häufig vor. Die Krystalle haben zuweilen abgerundete Kanten, und sehen wie geflossen aus. Eisengranat oder Rothföfit und Pechgranat oder Kolophonit sind gleichfalls hierher gehörige Varietäten.

7) Der Pyrop oder böhmische Granat wird meist den Granaten beigezählt, wegen einiger Eigenthümlichkeiten von manchen Mineralogen auch als eine besondere Gattung aufgeführt. Er findet sich selten krystallisirt und zwar in Würfeln, gewöhnlich in Körnern eingewachsen, in Serpentin zu Züblitz in Sachsen, oder lose im Schuttlande des böhmischen Mittelgebirges zu Meronitz und Podsedliz, auch zu Arendal und Egg in Norwegen. Er hat eine blutrothe Farbe, spec. Gewicht 3,7—3,9, ist glasglänzend, durchsichtig oder durchscheinend, und nähert sich in der Härte dem Topas. Er ist schwer schmelzbar, und wird nach dem Schmelzen nur unvollkommen von Salzsäure zersetzt, enthält ausser den Bestandtheilen des gemeinen Granats noch Chrom, von welchem man nicht weiss, in welcher Verbindung, ob als Säure oder Oxyd, es im Granat enthalten ist, daher denn auch noch keine mit dem Granat übereinstimmende Formel für den Pyrop aufgestellt werden konnte. Analysen s. Berzelius Jahresh. VI. 229; Kastner's Archiv V. 165; VIII- 447. IX. 344.

Die braunen und grünen Granaten werden, wo sie sich in hinreichender Menge finden, als Zuschlag beim Eisenschmelzen benutzt,

die schönen Abänderungen dagegen, der Almandin, Kameelstein und Pyrop dienen als Schmucksteine, die zwar, wenn sie klein sind, keinen erheblichen Werth haben, aber sehr kostbar werden, sobald sie die Grösse von  $\frac{1}{2}$  Zoll oder darüber erlangen. Die in Böhmen lose in der Erde vorkommenden Pyropen werden ausgewaschen und die kleinen lothweise für desto geringeren Preis verkauft, je mehr auf 1 Loth gehen; solche aber, von denen 24—30 auf das Loth kommen, verkauft man stückweise. Missfarbige rissige Granaten werden gepulvert, geschlämmt und als Schleifmittel für andere Steine benutzt.

B.

**Granatin.** Aus den unreifen Granatfrüchten zog Landerer einen krystallisirten Stoff mit Alkohol aus, welcher sich in Säuren löste, aber durch Salpetersäure blutroth gefärbt und in eine wachsartige Substanz verwandelt wurde. (Buchner, Rep. XVIII. 363.)

M.

**Grannenhygroskop.** Die Fortsätze der Saamenkapseln mehrerer Pelargonienarten haben die Eigenthümlichkeit, sich schraubenförmig zu winden. Die Zahl der Windungen nimmt mit der Trockenheit zu und vermindert sich mit der Feuchtigkeit. In absolut feuchter Luft bilden sie eine gerade Linie. Sobald aber nur wenig an diesem Sättigungspunkt fehlt, zeigen sich auch schon 2—3 Windungen, während die äusserste Spitze geradlinig bleibt. Man hat schon vor langer Zeit diese Beschaffenheit der Saamenkapselspitzen zu hygroskopischen Untersuchungen benutzt. Es war aber nicht möglich, sichere Messungen darauf zu gründen. Deshalb zog man das Haarhygrometer und Fischbeinhygrometer vor und achtete auf diese Eigenschaft der vegetabilischen Substanzen nicht weiter. In neuerer Zeit machte Schön (Kastner's Archiv 1. 315) wieder darauf aufmerksam, ohne eine Beobachtungsmethode anzugeben. Die ausführlichste Andeutung findet sich dann in Fischer's Lehrbuch d. Phys. 4. Aufl. bearbeitet von August, Berlin 1837, S. 839, wo ein Instrument unter dem Namen Grannenhygroskop beschrieben ist, das wir hier



durch die Zeichnung erläutern wollen. Auf der Mitte *A* einer kleinen Fassung von Messingblech, die sich an eine Wand aufhängen lässt, ist das Saamenkorn so aufgesteckt, dass die Rückenfläche der gewundenen Granne (wie wir diesen Fortsatz der Saamenkapsel nennen wollen) nach oben gekehrt ist. Ein Kreis umgiebt diesen Mittelpunkt. Er ist in 10 Theile getheilt und enthält am obersten Theilpunkte 0, an den übrigen links herum die Zahlen 1, 2, 3 etc. bis 9. Bei der Zählung der Grade giebt die Anzahl der Umwindungen die Zehner an, die Zahl aber, über welcher der gerade Fortsatz der Granne steht, bezeichnet die Einer. Denken wir uns in der Zeichnung die Granne über 8 stehend, so würde, da die Granne 3 Windungen macht, 38 die Zahl der bezeichneten Grade sein. Das Instrumentchen ist sehr empfindlich, besonders zwischen 60 und 95 Proc. Feuchtigkeits-

gehaltes der Luft (s. Hygrometrie) und stimmt in seinen Anzeigen lange Zeit mit guten Hygrometern überein. Am besten eignet sich nach des Bearbeiters dieses Artikels Erfahrungen die Granne von *Erodium cicutarium* dazu. Man sucht unter einer sehr grossen Anzahl die gesunden Körner aus, welche gleich viel Windungen haben, bringt durch Einweichen in Wasser und Schaben mit dem Rücken eines Messers die Oberhaut vorsichtig von der Granne herunter; dann bleibt eine harte Substanz von der Consistenz des spanischen Rohrs. Die kleinen Grannen werden aufgesteckt und bei verschiedenen Feuchtigkeitszuständen verglichen. Nur die übereinstimmenden werden beibehalten. Nach dem Psychrometer wird bestimmt, was ihre Anzeigen bedeuten. Sie bleiben, wenn sie der Luft fortgesetzt ausgesetzt sind, lange Zeit brauchbar. Es ist gut, Grannen erst anzuwenden, wenn sie mehrere Jahre alt sind. Gute Hygroskope der Art nach den Angaben des Unterschriebenen liefert der Hof-Mechanicus Maywald in Berlin. — Herr Prof. Stiefel in Karlsruhe hat den Grannenhygroskopen (er nennt sie Grannenhygrometer) viel Fleiss zugewendet. Nach seinen Angaben wird ein Kern einer Pelargonienart angewendet, dem die Oberhaut nicht abgestreift ist. Die Kapsel, welche die befestigte Granne einschliesst, ist von Blech, durchbohrt und mit einer Glasscheibe versehen. Die Scheibe ist in 12 Theile getheilt. Ein besonderes Täfelchen ist jedem Instrument beigegeben, aus welchem man bei Berücksichtigung der Windungszahl und der Zahl der Scheibe über welcher der Zeiger steht, den Feuchtigkeitsgehalt der Luft nach Procenten der Dunstsättigung erfährt. A.

**Granuliren**, ein Metall in Körnerform bringen. Bei den leichtflüssigen, wie Blei, Zinn u. dgl. erreicht man dies dadurch, dass man das geschmolzene Metall in eine, innen mit Kreide bestrichene, hölzerne Büchse giesst, einen ebenso überzogenen Deckel darauf bringt, und nun kräftig schüttelt, bis die in zahlreiche Tropfen zertheilte Masse zu Körnern erstarrt ist. In anderen Fällen giesst man das flüssige Metall in kaltes Wasser und rührt es schnell darin um, wozu man sich im Grossen eines Besens bedient. B.

**Graphit**, welcher seinen Namen (von *γράφω* ich schreibe) in Bezug auf seine Anwendung erhalten hat, kommt meist in dichten oder blättrigen Massen, selten in sechsseitigen Täfelchen krystallisirt vor, die parallel der Erdoberfläche leicht spaltbar sind. Er ist stahlgrau oder eisenschwarz, metallisch glänzend, weich und abfärbend, ein Leiter der Elektrizität und fühlt sich fettig an. Sein spec. Gewicht variirt zwischen 1,8 — 2,4, worin sich die Ungleichheit der Zusammensetzung ausspricht. Er ist unschmelzbar, schwer verbrennlich und besteht aus reinem Kohlenstoff, gemengt mit mehr oder weniger Gebirgsart, die beim Verbrennen als Asche zurückbleibt und nach den Untersuchungen von Karsten höchstens 15 Proc. ausmacht. Aeltere Untersuchungen gaben im Graphit einen Eisengehalt von 5 Proc. an, weshalb man den Graphit für ein Carburet des Eisens ansah, was aber zuerst durch Karsten, und später von Sefström, Fuchs und Prinsep widerlegt ist, die entweder kein oder veränderliche geringe Eisenmengen, und sicherlich aus den mechanischen Beimischungen

herrührend, darin fanden. Einen sehr reinen Graphit von Wunsiedel, der nur 0,33 Proc. Asche gab, analysirte Fuchs. (Untersuch. über d. kohlig. Substanzen des Mineralreichs v. Karsten 92. Pogg. Ann. XVI. 168. Mineralog. Jahreshfte v. Glocker I. 74. 220; V. 122.)

Graphit erzeugt sich auch künstlich, wenn geschmolzenes Guss-eisen mit vieler Kohle in Berührung kommt. Es wird dann Kohle aufgelöst, die sich beim Erkalten des Gusseisens in krystallinischen glänzenden Blättchen aussondert; auch dringen Graphittheilchen mit den Dämpfen in die Steine, aus denen die Hohöfen erbaut sind, was für die Erklärung über das Vorkommen des natürlichen Graphits nicht unwichtig ist. Im Uebrigen ist der künstliche Graphit in Allem übereinstimmend mit dem natürlichen; bei jenem fand indess Regnault die spec. Wärme 0,19702, bei diesem 0,20187.

Man findet den Graphit auf Gängen und lagerartig im Urgebirge und Thonschiefer: im Gneuss bei Passau, in Marmor zu Wunsiedel im Fichtelgebirge und Pargas in Finland, im Thonschiefer zu Borrowdale in Cumberland u. a. a. O.

Man gebraucht den Graphit zu Schmelzriegeln, welche aus einem Gemisch von 2 Theilen Graphit und 1 Th. Thon geformt und scharf getrocknet werden. Sie eignen sich wegen ihrer glatten Oberfläche hauptsächlich gut zum Schmelzen von Metallen, Gold, Silber, Messing u. s. w. Mit Fett dient der Graphit zum Einschmieren bei Maschinen, mit Oel zum Anstrich auf Eisen, auch verhindert ein aus Talg und Graphit zusammengesetzter Ueberzug in Dampfkesseln das feste Ansetzen des Kesselsteins. Den besten Graphit, ganz fein geschlämmt, hat man mit Erfolg zum Einschmieren des Räderwerks der Uhren statt des Oels benutzt. Sehr bedeutend ist aber der Verbrauch zu den sogenannten Bleistiften. Zu Borrowdale kommt der Graphit so rein und dicht vor, dass er sogleich zu Stiften zersägt werden kann, die man in England in das wohlriechende Cedernholz (*Juniperus virginiana*) einlegt. Um diesen werthvollen Graphit in einem angemessenen Preise zu erhalten, werden die Gruben alle Jahr nur auf 6 Wochen geöffnet und dann sorgfältig wieder verschlossen, und dennoch soll der Werth des in dieser kurzen Zeit gewonnenen Graphits schon auf 30—40000 Pfund Sterling gestiegen sein. Da ein so reiner Graphit indess eine Seltenheit ist, so werden Bleistifte auch noch auf andere Weise verfertigt. Man glüht den blättrigen Graphit oder die Abgänge des feinen, mahlt und schlämmt sie und mischt sie mit eisenfreiem fettem, gleichfalls geschlämmtem Thon in bestimmten Verhältnissen. Aus dem Teige werden dann die Stifte geformt, getrocknet und in mässiger Rothglühitze gebrannt, wobei sie vor Luftzutritt geschützt werden müssen, da sie oberflächlich verbrennen würden. Hierauf legt man sie in Holz. B.

**Graubraunsteinerz**, ist Mangansuperoxyd, s. d.

**Graumanganerz**, ist nat. Manganoxydhydrat, s. d.

**Graupeln**, Schneegraupeln, Riesel (in Süddeutschland), grésil. Man bezeichnet hiemit diejenige von den drei Arten Hagel (s. d.), welche aus kleinen, undurchsichtigen, weissen, schneeballartigen Ku-

geln besteht und durch Zusammenbacken von Schneeflocken während der Bildung und des Niederfalls entstanden scheint. Sie zeigen selten Hervorragungen und Ecken, haben gewöhnlich einen geringen Durchmesser, bis zu 1 Linie; nur in wenigen Fällen erreicht derselbe bis  $2\frac{1}{2}$  Linie und dann findet sich oft ein dünner Eisüberzug über den mehr oder weniger lockern Schneekern, eine Mittelform bildend zwischen Graupeln und Hagel im engeren Sinne, der sich von jenen durch die Eisschicht, die Form und die beträchtlichere Grösse der Körner unterscheidet.

Die Graupeln bilden sich am häufigsten beim Uebergange der kälteren in die wärmere Jahreszeit, besonders im Frühlinge und bei milderer Winterwitterung; die Luft ist dabei unruhig und heftige Windstöße pflegen mit kurzen Windstillen zu wechseln. Die Wolken sind stark elektrisch und während des Falls zeigen sich heftige Schwankungen in der Luft-Elektricität; doch sind Graupelschauer sehr selten von eigentlichen Gewittern begleitet. — Sie sind häufig auf hohen Bergen, z. B. den Alpen (auch in der heissen Zone), und kommen überhaupt noch in grössern Höhen vor als der Hagel im engeren Sinne (s. d.). Die geographische Verbreitung, wie die Vertheilung in der täglichen und jährlichen Periode wird im Art. Hagel erörtert werden, da Graupeln und Hagel nicht wesentlich verschieden sind und die Witterungsbeobachter in ihren Journalen häufig beide Phänomene zusammenfassen.

Die Entstehung der Graupeln schreibt Musschenbroek dem Gefrieren von Regentropfen zu;\*) der hieraus entstehende Hagel unterscheidet sich indess durch seine Durchsichtigkeit und innere Structur von den oben erwähnten beiden Arten. Wahrscheinlich und jetzt fast allgemein angenommen ist die Ansicht, dass bei windigem Wetter in der kälteren Jahreszeit die Niederschläge in geringen Höhen durch Einwirkung kalter Luftströme gefrieren und herabfallen. Viele Meteorologen nehmen an, dass dabei die Körner fortgetrieben werden und wie ein gerollter Schneeball anwachsen; dafür spricht u. a. auch die Beobachtung, dass Graupeln öfter in Schneeflocken übergehen, wenn die Luft ruhiger wird. Kämtz meint, man könne dabei an ein ähnliches Phänomen denken, als bei der körnigen Krytallisation von Salzen. Durch Beobachtung ist darüber nicht entschieden, und da Saussure's Bemerkung, dass die Graupeln der höhern Luftschichten sich erst bei ihrer Bewegung durch die tiefer gelegnen in Hagel verwandeln, von Andern bestätigt worden, so verweisen wir in Betreff der Theorien über ihre Bildung auf den Art. Hagel.

Literatur: s. Hagel.

W. Mn.

**Grauspiessglanzerz**, ist Schwefelantimon, s. dass.

**Gravimeter** siehe Hydrometer.

**Gravitation**. Allgemeine Anziehung der Materie. Nachdem Copernikus das System der Bewegungen der Himmels

\*) Introd. §. 2395. Vgl. dessen Essai de Phys., trad. par Massuet Leyden 1739. t. II. p. 803.

körper aufgefunden, Kepler die empirischen Grundgesetze der Planetenbewegungen bestimmt und Galileo in den Trabanten des Jupiters ein dem Sonnensystem ähnliches kleineres System entdeckt hatte, fehlte es nicht an richtigen Vermuthungen über die mechanische Ursache dieser Bewegungen.

Ogleich schon in der Aristotelischen Schule Andeutungen über die allgemeine Gravitation als die Ursache der himmlischen Bewegungen vorkommen, so ist doch Kepler als derjenige anzusehen, welcher diesen Gegenstand zuerst mit Bestimmtheit auffasste. Er sagt in seinem Werke über den Mars, dass die Körper ein Bestreben hätten, sich einander zu nähern, und dass zwei Körper, wenn nichts sie hinderte, vermöge dieses Bestrebens gegen ihren gemeinschaftlichen Schwerpunkt im umgekehrten Verhältniss ihrer Massen zueilen würden. Dieser allgemeinen Anziehung schreibt er die krummlinige Bewegung der Himmelskörper, der Anziehung des Mondes die Ebbe und Fluth und der vereinten Anziehung der Erde und der Sonne die Unregelmässigkeiten in der Bewegung des Mondes zu. Er nahm an, dass sich die Anziehung der Körper im umgekehrten Verhältniss des Quadrats der Entfernung verändere, und wenn er auch von dieser richtigen Annahme wieder abging, und die Anziehung der einfachen Entfernung umgekehrt proportional setzte, so lässt sich doch bei dem Scharfsinn und dem ausdauernden Fleisse Kepler's nur annehmen, dass ihn der damalige höchst unvollkommene Zustand der Mathematik verhinderte, die Theorie derjenigen Bewegungen zu finden, deren Gesetze er so genügend nachgewiesen hatte.

Nach Kepler wurde die Idee der allgemeinen Schwere weiter verfolgt. Fermot schrieb den Fall der Körper auf der Erde der Anziehung aller Theile der Erdmasse zu, und schloss daraus, dass ein Punkt im Innern der Erde im Verhältniss seiner Entfernung vom Erdmittelpunkt angezogen würde. Bouillaud, der nicht an die Anziehung glaubte, bemerkt in seiner Astronomie, dass, wenn Anziehung vorhanden sei, diese nach dem Quadrat der Entfernung abnehmen müsse.

Am meisten aber beschäftigte sich Hooke mit der astronomischen Aufgabe der damaligen Zeit, ohne sie jedoch zu einer genügenden Lösung zu führen.

Im Jahre 1666 schlug er vor, die Abnahme der Schwere auf der Erde mit der Entfernung vom Mittelpunkt durch den Gang einer Pendeluhr zu messen, und zeigte vor der Societät der Wissenschaften zu London einige Experimente, um die Bewegung der Planeten zu erläutern, indem er eine an einem langen Faden aufgehängte Kugel in eine ellipsenförmige Bewegung versetzte und ferner dem System dieser Kugel, in einer mit derselben durch einen kurzen Faden verbundenen kleineren Kugel, welche in eine rotirende Bewegung um die grössere Kugel gebracht wurde, eine ähnliche Bewegung mittheilte. Im Jahre 1674 stellte er in einer Schrift „Ein Versuch, die Bewegung der Erde aus Beobachtungen zu beweisen“ unter andern die Hypothese auf:

„Alle Himmelskörper ohne Ausnahme besitzen eine Anziehung oder Schwerkraft gegen ihre Mittelpunkte, vermöge welcher sie nicht

bloss ihre eigenen Theile, sondern auch alle anderen innerhalb ihrer Wirkungssphäre befindlichen Körper anziehen,“ ohne jedoch, nach seinem Geständniss, das Gesetz der Aenderung dieser Kraft mit der Entfernung auffinden zu können. Als später im Jahre 1679 die Societät Newton's Meinung über ein System der physischen Astronomie verlangte, und Newton in einem Schreiben an Hooke, den Sekretair der Societät, den Vorschlag machte, die Abweichung eines fallenden Körpers nach Osten und dadurch die wirkliche Umdrehung der Erde durch einen Versuch darzuthun, behauptete Hooke, dass ein fallender Körper nicht nach Osten, sondern nach Südosten abweichen müsse, und er soll nicht allein diese Behauptung durch Versuche bestätigt, sondern zugleich unter der Annahme, dass sich die Anziehungskraft umgekehrt wie das Quadrat der Entfernung verhalte, bewiesen haben, dass der Weg eines fallenden Körpers im leeren Raum eine excentrische, in einem widerstehenden Mittel eine elliptische Spirale sei. Gegen die Vollständigkeit dieses Beweises, mit welchem zugleich der Grundstein zur Theorie des Himmels gelegt gewesen wäre, sprechen indess mehrere Umstände. Halley hatte im Januar 1684 aus dem dritten Kepler'schen Gesetze geschlossen, dass die aus der krummlinigen Bewegung der Planeten hervorgehende Centrifugalkraft und somit die Anziehungskraft der Sonne sich im umgekehrten Verhältniss des Quadrats der Entfernung ändere. In einer Zusammenkunft zwischen Wren, Halley und Hooke behauptete der Letztere, dass er aus diesem Princip alle Gesetze der Bewegungen der Himmelskörper bewiesen hätte. Halley aber bekannte, dass seine Bemühungen erfolglos geblieben wären, und Wren erbot sich, um die Nachforschung zu beleben, demjenigen ein Buch von 40 Schilling Werth zu schenken, welcher ihm in zwei Monaten einen überzeugenden Beweis bringen würde. Hooke bestand auf seiner Behauptung, erklärte aber, dass er seine Methode noch einige Zeit geheim halten wolle, versprach jedoch, sie Wren zu zeigen, und Halley ging im August 1684 nach Cambridge, um Newton über diesen wichtigen Gegenstand zu befragen. Bei den Ansprüchen, welche Hooke vor der Societät erhob, als diese in seiner Gegenwart am 28. April 1686 die Neuheit und den Werth der in den handschriftlich vorgelegten Principiis Newton's enthaltenen Arbeiten anerkannte, erinnerte man sich indess nicht der von Hooke angeblich gemachten früheren Mittheilungen und bei dem späteren friedlichen Verständniss zwischen Hooke und Newton behauptete Hooke zwar, dass er das Gesetz der Aenderung der Gravitation gefunden, und dass Newton die Ideen von ihm habe, bekannte aber, dass der Beweis für die aus diesem Gesetz hergeleiteten Curven gänzlich Newton gehöre, während Newton einräumt, aus dem Briefwechsel mit Hooke verschiedene neue Ideen erhalten zu haben und anerkennt, dass Wren, Hooke und Halley unabhängig von einander das Gesetz der Gravitation aus den Kepler'schen Gesetzen hergeleitet hätten.

Aus diesem allen ergiebt sich, dass Hooke, ausser dem von mehreren seiner Zeitgenossen gefundenen und aus dem dritten Kepler'schen Gesetz mit Hilfe des Hugsen'schen Theorems über die Centrifugalkraft leicht abzuleitenden Gesetze der Aenderung der Gravi-

tation, die theoretische Astronomie nicht durch einen einzigen streng bewiesenen Satz gefördert hat. Selbst seine vorhin erwähnten Hypothesen, die man zuweilen angeführt findet, in welchen er noch die Anziehungskraft auf eine gewisse Wirkungssphäre zu beschränken scheint, gehen nicht über das hinaus, was Kepler bereits aufgestellt hatte. Eben so wenig genügen seine experimentellen Erläuterungen der Bewegungen der Himmelskörper durch das Pendel, da die Kugel bei verhältnissmässig kleinen Schwingungen gegen den Mittelpunkt der Ellipse im geraden Verhältniss ihrer Entfernung von demselben getrieben wird, während auf die Planeten eine beschleunigende Kraft wirkt, welche sie gegen den Brennpunkt der Ellipse im umgekehrten Verhältniss des Quadrats ihrer Entfernung von diesem treibt. Endlich muss auch der angebliche experimentelle Beweis Hooke's, dass ein fallender Körper nach Südosten abweiche, schon aus dem Grunde bezweifelt werden, weil (siehe Art. Fall) die Abweichung nach Süden so sehr gering ist.

Das eigentliche Verdienst Hooke's bestand in der Anregung der astronomischen Fragen, aber die Lösung derselben harrete eines Mannes, der zugleich fähig war eine neue Bahn der mathematischen Behandlung zu brechen. Dieser Mann war Newton, der Erfinder der Fluxions- oder Differentialrechnung.

Als die Pest im Jahre 1666 Newton veranlasste, Cambridge zu verlassen, sass er allein im Garten seines Geburtsortes, des Dörfchens Wolthorpe, und dachte über die Natur der Schwere nach, wozu ihn nach Einigen der Fall eines Apfels vom Baume veranlasst haben soll. Da die bisherigen Versuche keine merkliche Verminderung der Schwere mit der Entfernung vom Mittelpunkt der Erde ergeben hatten, so hielt er es für wahrscheinlich, dass sich die Anziehungskraft der Erde bis zum Monde erstrecke und denselben in seiner Bahn um die Erde erhalte. Die Bewegung der Planeten um die Sonne so wie der Trabanten des Jupiters um diesen einer ähnlichen Anziehungskraft zuschreibend, schloss er dann aus dem dritten Keplerschen Gesetz, dass sich die Anziehungskraft in dem umgekehrten Verhältniss des Quadrats der Entfernung ändern müsse. Da man gefunden hatte, dass der Mond 60 Erdhalbmesser von der Erde entfernt ist, so musste nach diesem Gesetz der Fall eines Körpers auf der Erdoberfläche in einer Sekunde gleich dem Fall des Mondes gegen die Erde in einer Minute, also gleich dem Sinus versus des vom Monde in einer Minute beschriebenen Kreisbogens sein. Zur Berechnung dieses Sinus versus nahm er, da ihm das Resultat der zu diesem Zweck hinreichend genauen Gradmessung von Norwood nicht bekannt oder nicht gegenwärtig war, mit den Geographen und Seefahrern seines Landes den Grad zu 60 (statt ungefähr  $69\frac{1}{2}$ ) englische Meilen an, und fand so für den Fall des Mondes eine um ungefähr  $\frac{1}{4}$  zu kleine Zahl. Diese Differenz zwischen dem gefundenen und berechneten Fallraum liess ihn vermuthen, dass auf den Mond ausser der Anziehungskraft der Erde noch eine andere, ausser dem Bereich der Beobachtungen liegende beschleunigende Kraft wirke. Er brach daher von diesem Gegenstande ab, beschäftigte sich, nach Cambridge zurückgekehrt, mit seinen optischen Untersuchungen und erfand die Fluxionsrechnung. Erst durch den Briefwechsel mit Hooke, namentlich durch

dessen oben erwähnte angebliche Nachweisung, dass ein im umgekehrten Verhältniss des Quadrats der Entfernung von einem bestimmten Punkte angezogener Körper eine excentrische Ellipse beschreibt, wurde er veranlasst, sich wieder der Astronomie zuzuwenden. Unter der Voraussetzung, dass die Planeten nach diesem Gesetz gegen die Sonne angezogen werden, bewies er die Kepler'schen Gesetze. Aber das Fehlschlagen seines früheren Versuchs, den Fall des Mondes gegen die Erde aus dem Fall der Körper in der Nähe der Erdoberfläche abzuleiten, machte ihn ungewiss, eine solche Anziehung als die einzige auf die Planeten wirkende beschleunigende Kraft anzunehmen, bis ihm im Jahre 1682 als er in London einer Sitzung der Societät beiwohnte, die eben vollendete Gradmessung Picard's bekannt wurde. Er nahm eine Abschrift des von Picard erhaltenen Resultats, wiederholte mit demselben seine frühere Rechnung, und konnte vor Freuden die seine Vermuthung vollkommen bestätigende Rechnung nur mit Hülfe eines Freundes zu Ende führen. Er entwickelte dann in kurzer Zeit diejenigen Theorien, welche den hauptsächlichsten Inhalt seiner Principia philosophiae naturalis ausmachen. Der allgemeinen Deutlichkeit wegen hat Newton in diesem Werk die Beweise in der schwerfälligen Form der synthetischen Geometrie gegeben, obgleich es wahrscheinlich ist, dass er die Resultate durch Hülfe der Fluxionsrechnung gefunden hat. Es würde zu weit führen, den reichhaltigen Inhalt dieses Werkes, in welchem Newton ausser den astronomischen noch andere physikalische Untersuchungen niederlegte, specieller anzugeben. Für unseren Zweck mögen folgende Andeutungen genügen.

Das Fundament der Principia ist die Lehre von der Gravitation. Es wird gezeigt, dass ein Körper, welcher, gemäss des zweiten Kepler'schen Gesetzes, sich so bewegt, dass die Radii vectores um einen Punkt in gleichen Zeiten gleiche Flächenräume beschreiben, von einer beschleunigenden Kraft getrieben wird, welche den Körper in der Richtung des Radius entweder gegen den Punkt hinzuziehen, oder von demselben zurückzutreiben strebt. Aus dem ersten und dritten Kepler'schen Gesetz ergibt sich dann, dass sowohl derselbe Planet, als die verschiedenen Planeten im umgekehrten Verhältniss ihrer Entfernungen von der Sonne gegen dieselbe hingezogen werden. Dieses Gesetz der Anziehung, betrachtet als die allgemeine Beziehung eines jeden Massentheilchens des Universums zu jedem anderen, verbunden mit dem Gesetz, dass die Anziehungen in gleichen Entfernungen den Massen proportional sind, ist das Gesetz der allgemeinen Gravitation. Dasselbe findet sich nach den Berechnungen Newton's bestätigt in dem Umlauf der Trabanten um ihre Hauptplaneten, der Kometen um die Sonne, den Störungen, welche die Himmelskörper in ihren Bewegungen durch ihre gegenseitige Anziehung erleiden, den Erscheinungen der Ebbe und Fluth, und in der Bestimmung der ellipsoidischen Gestalt der Erde gelangte er zu einem damals noch unbekanntem, erst später durch die Beobachtung bestätigten Resultat. Ueber die, selbst bei dem jetzigen Zustande der Physik noch gänzlich ausserhalb des Bereichs der Beobachtung liegenden, Ursachen einer solchen Wirkung in die Ferne verlor er sich nicht, wie vor und noch nach ihm geschah, in unfruchtbare Spekula-

tionen. Indess zeigte er die Unzulänglichkeit der von Descartes aufgestellten und von Huygens weiter ausgebildeten Wirbeltheorie, nach welcher ein um alle Körper wirbelnder Aether die Massen auf ähnliche Weise einander nähern soll, wie in einer in einem Gefäss enthaltenen wirbelnden Wassermasse feste Körperchen auf dem Boden sich in der Mitte ansammeln.

Bei der durch die Vervollkommnung des Calculs bedingten ferneren Ausbildung der Astronomie durch spätere Theoretiker, namentlich durch Laplace in dessen *Mécanique céleste* ist an dem Newton'schen Gesetz der Gravitation Nichts geändert worden. Und wenn Encke bei der genauen Berechnung der Bahn eines wiederkehrenden Kometen allerdings auf die Annahme eines den Weltraum erfüllenden widerstehenden Mediums geführt wurde, so betrifft diese wichtige Entdeckung wohl eine ausser der Gravitation auf die Himmelskörper in der Richtung der Tangenten wirkende Kraft, welche indess nur bei der geringen Dichtigkeit der Kometen merklich wird, keinesweges aber eine Aenderung des Gesetzes, nach welchem die Himmelskörper sich gegenseitig zu nähern streben.

Als Beispiel der Anwendung des Gravitationsgesetzes entwickeln wir die

Anziehung eines homogenen Ellipsoids. Bezeichnet man, um die Anziehung eines Körpers auf einen materiellen Punkt zu bestimmen, die Masse des angegebenen Punktes durch  $\mu$ , die Masse eines beliebigen Elements des anziehenden Körpers durch  $dm$ , die Entfernung beider Massentheilchen von einander durch  $r$  und die gegenseitige Anziehungskraft zweier Masseneinheiten in der Einheit der Entfernung durch  $k$ , so ist nach dem Newton'schen Gravitationsgesetz die Kraft, mit welcher beide Elemente einander anziehen

$$\frac{\mu k dm}{r^2} \text{ oder } \frac{\mu k \rho dv}{r^2}$$

wo  $\rho$  die Dichtigkeit und  $dv$  das Volumen des Elements bedeutet. Zerlegt man diese Kraft parallel mit dreien auf einander senkrechten Axen, so erhält man, wenn  $\alpha, \beta, \gamma$  die Winkel bezeichnen, welche die von dem angezogenen Punkt  $\mu$  nach dem anziehenden Element gezogene gerade Linie mit den Axen bildet, für die den Axen parallelen Seitenkräfte der Gesamtanziehung des Körpers

$$A = \mu k \iiint \frac{\rho \cos \alpha \cdot dv}{r^2}; \quad B = \mu k \iiint \frac{\rho \cos \beta \cdot dv}{r^2};$$

$$C = \mu k \iiint \frac{\rho \cos \gamma \cdot dv}{r^2}$$

wo ausser  $\cos \alpha, \cos \beta, \cos \gamma$  und  $r$  im Allgemeinen auch  $\rho$  von Element zu Element veränderlich ist, mithin als Funktion der Coordinaten desselben ausgedrückt werden muss, und die Integration sich auf das ganze Volumen des anziehenden Körpers erstreckt. Eignet sich die Form des Körpers zur Anwendung von Parallelcoordinaten, so setzt man, wenn die Coordinaten des angezogenen Punktes durch  $\xi, \eta, \zeta$ , die des anziehenden Elements durch  $x, y, z$  bezeichnet werden

$$dv = \delta x \delta y \delta z; \quad \cos \alpha = \frac{x - \xi}{r}; \quad \cos \beta = \frac{y - \eta}{r}, \quad \cos \gamma = \frac{z - \zeta}{r};$$

$$r = \sqrt{(x-\xi)^2 + (y-\eta)^2 + (z-\zeta)^2},$$

indem man die Wurzelgrösse positiv nimmt, da die Kräfte  $A, B, C$  positiv oder negativ sind, je nach dem sie die Coordinaten des angezogenen Punktes im positiven Sinne zu vergrössern oder zu vermindern streben. Für den vorliegenden Fall eines Ellipsoids ist es zweckmässiger zu Polarcordinaten überzugehen

Wird das Element einer Kugeloberfläche von dem Radius Eins, deren Mittelpunkt der angezogene Punkt ist, durch  $\delta\omega$  bezeichnet, so kann  $\delta v$  als ein Prisma angesehen werden, dessen Grundfläche  $r^2 \delta\omega$  und dessen Höhe  $\delta r$  ist. Alsdann ist  $\delta v = r^2 \delta r \delta\omega$ , und die obigen Ausdrücke verwandeln sich, indem man noch, da das vorausgesetzte Ellipsoid homogen sein soll,  $\rho$  als constant annimmt, in

$$A = \mu k \rho \iiint \cos \alpha \delta r \delta\omega; \quad B = \mu k \rho \iiint \cos \beta \delta r \delta\omega;$$

$$C = \mu k \rho \iiint \cos \gamma \delta r \delta\omega$$

Bezeichnet man die absoluten Entfernungen des angezogenen Punktes von den beiden Punkten, in welchen eine beliebige durch jenen Punkt gezogene Gerade von der Oberfläche des Ellipsoids geschnitten wird, durch  $r'$  und  $r''$ , so erhält man durch Integration in Bezug auf  $r$ , je nachdem der angezogene Punkt sich im Innern oder ausserhalb des Ellipsoids befindet, indem man im erstern Falle von  $-r''$  bis  $r'$  und im letzteren von  $+r'$  bis  $r'$  integrirt, die Gleichungen

$$1) \quad A = \mu k \rho \iint (r' + r'') \cos \alpha \delta\omega; \quad B = \mu k \rho \iint (r' + r'') \cos \beta \delta\omega;$$

$$C = \mu k \rho \iint (r' + r'') \cos \gamma \delta\omega$$

oder

$$2) \quad A = \mu k \rho \iint (r' - r'') \cos \alpha \delta\omega; \quad B = \mu k \rho \iint (r' - r'') \cos \beta \delta\omega;$$

$$C = \mu k \rho \iint (r' - r'') \cos \gamma \delta\omega.$$

Nehmen wir, da über die Lage der Axen noch keine Bestimmung gemacht ist, den Anfangspunkt der Coordinaten in dem Mittelpunkt des Ellipsoids und die Coordinatenaxen in der Richtung dreier Halbachsen desselben, deren Länge wir durch  $a, b, c$  bezeichnen, an, so ist die Gleichung der Oberfläche

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} + \frac{z^2}{c^2} = 1.$$

Wird hierin  $x = \xi + r \cos \alpha$ ,  $y = \eta + r \cos \beta$ ,  $z = \zeta + r \cos \gamma$  gesetzt, so verwandelt sich diese Gleichung in

$$p r^2 + 2q r + l = 0,$$

wo

$$p = \frac{\cos^2 \alpha}{a^2} + \frac{\cos^2 \beta}{b^2} + \frac{\cos^2 \gamma}{c^2}$$

$$q = \frac{\xi \cos \alpha}{a^2} + \frac{\eta \cos \beta}{b^2} + \frac{\zeta \cos \gamma}{c^2}$$

$$l = \frac{\xi^2}{a^2} + \frac{\eta^2}{b^2} + \frac{\zeta^2}{c^2} - 1,$$

und man erhält

$$r' + r'' = -\frac{2q}{p}; r' r'' = \frac{l}{p}; \text{ und demnach } r' - r'' = \frac{2\sqrt{q^2 - pl}}{p}$$

Diese Ausdrücke für  $r' + r''$  und  $r' - r''$  in die Gleichungen (1) und (2) gesetzt, geben,

wenn der angezogene Punkt im Ellipsoid liegt

$$3) A = -2\mu k q \iint \frac{q \cos \alpha \cdot \delta\omega}{p}; B = -2\mu k q \iint \frac{p \cos \beta \cdot \delta\omega}{p}; \\ C = -2\mu k q \iint \frac{q \cos \gamma \cdot \delta\omega}{p},$$

wenn der Punkt ausserhalb des Ellipsoids liegt

$$4) A = 2\mu k q \iint \frac{\sqrt{q^2 - pl}}{p} \cos \alpha \delta\omega; \\ B = 2\mu k q \iint \frac{\sqrt{q^2 - pl}}{p} \cos \beta \delta\omega; C = 2\mu k q \iint \frac{\sqrt{q^2 - pl}}{p} \cos \gamma \delta\omega.$$

Wir beschränken uns auf die weitere Entwicklung des ersten Falls, da es bis jetzt nicht gelungen ist, die in den Gleichungen (4) enthaltenen Ausdrücke zu integriren. Indem man zunächst in  $A$  den obigen Ausdruck für  $q$  einsetzt, ergibt sich

$$A = 2\mu k q \left\{ \frac{\xi}{a^2} \iint \frac{\cos \alpha^2 \delta\omega}{p} + \frac{\eta}{b^2} \iint \frac{\cos \alpha \cos \beta \cdot \delta\omega}{p} \right. \\ \left. + \frac{\zeta}{c^2} \iint \frac{\cos \alpha \cos \gamma \cdot \delta\omega}{p} \right\}$$

Nach der bereits ausgeführten vollständigen Integration in Bezug auf  $r$  bezeichnen diese doppelten Integrale die Summen derjenigen Werthe, welche man erhält, wenn man in die zu integrirenden Grössen für  $\delta\omega$  jedes Element der Oberfläche einer um den angezogenen Punkt beschriebenen Halbkugel von dem Radius Eins setzt. Giebt man  $\alpha$ ,  $\beta$  und  $\gamma$  die diesen Elementen entsprechenden Werthe, so findet man, dass sich die durch die beiden letzten Integrale dargestellten Summen auf Null reduciren, indem sich, wenn man z. B. die die Halbkugel begrenzende Ebene der Ebene  $x y$  parallel annimmt, jedesmal zwei Summen finden, in welchen zu demselben Werth von  $\beta$  und  $\gamma$  zwei Werthe von  $\alpha$  gehören, die sich zu  $180^\circ$  ergänzen. Der Ausdruck für  $A$  reducirt sich daher auf das erste Glied, und stellt man dieselben Betrachtungen für  $B$  und  $C$  an, so ergibt sich

$$5) A = -\frac{2\mu k q \xi}{a^2} \iint \frac{\cos \alpha^2}{p} \delta\omega; B = -\frac{2\mu k q \eta}{b^2} \iint \frac{\cos \beta^2}{p} \delta\omega; \\ C = -\frac{2\mu k q \zeta}{c^2} \iint \frac{\cos \gamma^2}{p} \delta\omega.$$

Da diese Integrale von den Coordinaten  $\xi$ ,  $\eta$ ,  $\zeta$  des angezogenen Punktes unabhängig sind, so folgt schon hieraus, dass

I. die den Axen parallelen Componenten  $A$ ,  $B$ ,  $C$  der Anziehung eines homogenen Ellipsoids auf verschiedene im Innern desselben befindliche Punkte den entsprechenden Coordinaten dieser Punkte proportional sind und demnach

II. Die Punkte einer durch den Mittelpunkt des Ellipsoids gelegten und nicht über dasselbe hinausgehenden gera-

den Linie in parallelen (mit der Linie selbst im Allgemeinen nicht zusammenfallenden) Richtungen proportional ihrer Entfernung vom Mittelpunkt angezogen werden.

Berücksichtigt man, dass  $\iint \frac{\cos \alpha^2}{p} \delta \omega = \iint \frac{\cos \beta^2}{p} \delta \omega = \iint \frac{\cos \gamma^2}{p} \delta \omega$ , indem diese Integrale zwischen gleichen Grenzen genommen werden, und rechnet die Punkte der Oberfläche zum Innern des Ellipsoids, so erhält man leicht die Folgerung, dass

III. die Anziehung eines homogenen Ellipsoids auf die Endpunkte seiner Axen umgekehrt proportional den respectiven Axen und nach dem Mittelpunkt gerichtet ist.

Substituirt man für  $p$  seinen Werth, so erhält man

$$A = -\mu k q^2 \iint \frac{\cos \alpha^2 \delta \omega}{\cos \alpha^2 + \frac{a^2}{b^2} \cos \beta^2 + \frac{a^2}{c^2} \cos \gamma^2}$$

$$B = -\mu k q^2 \iint \frac{\cos \beta^2 \delta \omega}{\frac{b^2}{a^2} \cos \alpha^2 + \cos \beta^2 + \frac{b^2}{c^2} \cos \gamma^2}$$

$$C = -\mu k q^2 \iint \frac{\cos \gamma^2 \delta \omega}{\frac{c^2}{a^2} \cos \alpha^2 + \frac{c^2}{b^2} \cos \beta^2 + \cos \gamma^2}$$

woraus der von Lagrange zuerst bewiesene Satz folgt, dass derselbe Punkt im Innern zweier homogenen Ellipsoide von demselben Mittelpunkt, derselben Richtung der Axen und demselben Axenverhältniss gleich stark angezogen wird, oder mit andern Worten, dass

IV. die Anziehung einer homogenen von zwei ähnlichen und ähnlich liegenden ellipsoidischen Oberflächen begrenzten Schale auf jeden von derselben umgebenen Punkt gleich Null ist.

Wir knüpfen hieran den von Poisson, *Inst.*, Oct. 1833. analytisch und von Steiner, *Crell's Journ.* B.12, synthetisch bewiesenen Satz, dass

V. die Anziehung einer unendlich dünnen elliptischen Schale auf einen Punkt ausserhalb derselben nach der Axe des durch diesen Punkt als Spitze gelegten, das Ellipsoid berührenden Kegels gerichtet ist.

Wenden wir uns jetzt zur Integration der Ausdrücke 5.

Bezeichnet man den Winkel, welchen eine durch den angezogenen Punkt gelegte Gerade mit der durch denselben Punkt der Abscissenaxe parallel gelegten geraden Linie bildet, durch  $\vartheta$  und den Neigungswinkel der Ebene dieses Winkels mit der Ebene der  $x y$  durch  $\varphi$ , so kann  $\delta \omega$  als ein Rechteck angesehen werden, dessen Seiten  $\sin \vartheta \cdot \delta \varphi$  und  $\delta \vartheta$  sind. Es ist daher

$$\delta \omega = \sin \vartheta \cdot \delta \vartheta \cdot \delta \varphi.$$

Ausserdem ist

$$\begin{aligned} \cos \alpha &= \cos \vartheta; \quad \cos \beta = \cos \vartheta \cos \varphi; \quad \cos \gamma = \sin \vartheta \cos \varphi; \\ p &= \frac{\cos \vartheta^2}{a^2} + \frac{\sin \vartheta^2 \cos \varphi^2}{b^2} + \frac{\sin \vartheta^2 \sin \varphi^2}{c^2} = \left( \frac{\cos \vartheta^2}{a^2} + \frac{\sin \vartheta^2}{b^2} \right) \cos \varphi^2 \\ &\quad + \left( \frac{\cos \vartheta^2}{a^2} + \frac{\sin \vartheta^2}{c^2} \right) \sin \varphi^2. \end{aligned}$$

Diese Ausdrücke für  $\delta\omega$  und  $p$  in  $A$  eingesetzt geben

$$A = -2\mu k \varrho \xi \iint \frac{\cos \vartheta^2 \sin \vartheta \delta \vartheta \delta \varphi}{\left(\cos \vartheta^2 + \frac{a^2}{b^2} \sin \vartheta^2\right) \cos \varphi^2 + \left(\cos \vartheta^2 + \frac{a^2}{c^2} \sin \vartheta^2\right) \sin \varphi^2},$$

wo das Integral von  $\vartheta = 0$  bis  $\vartheta = \pi$  und  $\varphi = 0$  bis  $\varphi = \pi$  genommen werden muss.

Setzt man  $\psi = \operatorname{tg} \varphi$ , so ist  $\delta \psi = \frac{\delta \varphi}{\cos \varphi^2}$ , also

$$\int_0^\pi \frac{\delta \varphi}{m \cos \varphi^2 + \sin \varphi^2} = 2 \int_0^\infty \frac{\delta \psi}{m + n \psi^2} = \sqrt{\frac{\pi}{mn}},$$

woraus folgt

$$A = -2\mu k \varrho \xi \int \frac{\cos \vartheta^2 \sin \vartheta \delta \vartheta}{\sqrt{\left(\cos \vartheta^2 + \frac{a^2}{b^2} \sin \vartheta^2\right) \left(\cos \vartheta^2 + \frac{a^2}{c^2} \sin \vartheta^2\right)}}$$

Ebenso findet man, was sich auch durch blosse Verwechslung der Buchstaben ergibt.

$$B = -2\mu k \varrho \xi \int \frac{\cos \vartheta^2 \sin \vartheta \delta \vartheta}{\sqrt{\left(\cos \vartheta^2 + \frac{b^2}{a^2} \sin \vartheta^2\right) \left(\cos \vartheta^2 + \frac{b^2}{c^2} \sin \vartheta^2\right)}}$$

$$C = -2\mu k \varrho \xi \int \frac{\cos \vartheta^2 \sin \vartheta \delta \vartheta}{\sqrt{\left(\cos \vartheta^2 + \frac{b^2}{c^2} \sin \vartheta^2\right) \left(\cos \vartheta^2 + \frac{c^2}{b^2} \sin \vartheta^2\right)}}$$

Diese von 0 bis  $\pi$  auszuführenden Integrale geben aber nur dann geschlossene Ausdrücke, wenn zwei Axen des Ellipsoids einander gleich sind. Nehmen wir, der Gestalt der Erde entsprechend, ein abgeplattetes Umdrehungsellipsoid an, und setzen

$$b^2 = c^2 = a^2 (1 + e^2),$$

so ist

$$A = -2\mu k \varrho \xi (1 + e^2) \int_0^\pi \frac{\cos \vartheta^2 \sin \vartheta \delta \vartheta}{1 + e^2 \cos \vartheta^2}$$

oder, wenn man  $e \cos \vartheta = \mu$  setzt,

$$\begin{aligned} A &= -\frac{2\mu k \varrho \xi (1 + e^2)}{e} \int_e^e \frac{\mu^2 \delta \mu}{1 + e^2} \\ &= -\frac{2\mu k \varrho \xi (1 + e^2)}{e^2} \int_e^e \left( \delta u - \frac{\delta u}{1 + u^2} \right), \\ &= -\frac{4\mu k \varrho \xi (1 + e^2)}{e^2} \left\{ e - \operatorname{arc}(\operatorname{tg} = e) \right\} \end{aligned}$$

und für  $B$  und  $C$  findet man

$$\begin{aligned} \frac{B}{\eta} = \frac{C}{\zeta} &= -2\mu k \varrho \xi \int_0^\pi \frac{\cos \vartheta^2 \sin \vartheta \delta \vartheta}{\sqrt{1 + e^2 \sin \vartheta^2}} \\ &= -\frac{2\mu k \varrho \xi (1 + e^2)}{e^2} \left\{ \operatorname{arc}(\operatorname{tg} = e) - \frac{e}{\sqrt{1 + e^2}} \right\} \end{aligned}$$

Bezeichnet man also den Inhalt des Ellipsoids durch  $m$ , indem man setzt

$$m = \frac{4abc\pi}{3} = \frac{4\pi a^3(1+e^2)}{3},$$

so erhält man für  $A, B, C$  die Gleichungen

$$6. \quad \frac{A}{\xi} = -\frac{3\mu k \varrho m}{a^3 e^3} \left\{ e - \operatorname{arc}(tg = e) \right\}$$

$$\frac{B}{\eta} = \frac{C}{\zeta} = -\frac{3\mu k \varrho m}{a^3 e^3} \left\{ \operatorname{arc}(tg = e) - \frac{e}{1+e^2} \right\},$$

oder, indem man diese Ausdrücke nach den Potenzen von  $e$  entwickelt, die, wenn  $e$ , wie bei der Gestalt der Erde, ein sehr kleiner Bruch ist, stark convergirenden Reihen

$$7. \quad \frac{A}{\xi} = -\frac{\mu k \varrho m}{a^3} \left( 1 - \frac{3e^2}{5} + \frac{3e^4}{7} \dots \right)$$

$$\frac{B}{\eta} = \frac{C}{\zeta} = -\frac{\mu k \varrho m}{a^3} \left( 1 - \frac{6e^2}{5} + \frac{9e^4}{7} \dots \right)$$

Das Vorzeichen ( $-$ ) zeigt an, dass die Anziehungskraft den absoluten Werth der Coordinaten, ohne Rücksicht auf das Vorzeichen derselben, zu vermindern strebt.

Ist der anziehende Körper eine Kugel, also  $e=0$ , so ist

$$8. \quad \frac{A}{\xi} = \frac{B}{\eta} = \frac{C}{\zeta} = -\frac{\mu k \varrho m}{a^3} = -\frac{4\mu k \varrho \pi}{3},$$

woraus folgt, dass

VI. die Anziehungskraft einer homogenen Kugel auf einen Punkt im Innern derselben nach dem Mittelpunkt gerichtet und proportional der Entfernung des angezogenen Punktes vom Mittelpunkt ist.

Will man die Anziehung eines verlängerten (statt abgeplatteten) Umdrehungsellipsoids, welches der durch eine Fluth modificirten Gestalt eines flüssigen homogenen Himmelskörpers ohne Axendrehung entspricht, bestimmen, so findet man, wenn

$$a^2 = b^2 = \frac{e^2}{1+e^2},$$

$$\frac{A}{\xi} = \frac{B}{\eta} = \frac{3k\varrho m}{a^3 e^3} \left\{ e\sqrt{1+e^2} - \operatorname{arc}(e + \sqrt{1+e^2}) \right\}$$

$$\frac{C}{\zeta} = \left\{ \operatorname{arc}(e + \sqrt{1+e^2}) - \frac{e}{\sqrt{1+e^2}} \right\}$$

Wenn sich der angezogene Punkt ausserhalb des Ellipsoids befindet, so ist, wie bereits bemerkt, die Integration der Ausdrücke  $A$ , welche in diesem Falle gelten, unausführbar. Indessen ist diese Schwierigkeit durch folgenden Satz von Ivory, auf dessen Erwähnung wir uns beschränken müssen, umgangen.

VII. Nennt man correspondirende Punkte der Oberflächen zweier um dieselben Brennpunkte beschriebenen homogenen Ellipsoide solche Punkte, deren den Axen parallele Coordination sich wie die Längen der entsprechenden Axen verhalten, so verhält sich die einer Axe parallele Anziehung des umschliessenden Ellipsoids auf einen Punkt der Oberfläche des umschlossenen zur Anziehung des umschlossenen Ellipsoids auf den cor-

respondirenden Punkt des umschliessenden wie das Produkt der beiden anderen Axen des umschliessenden Ellipsoids zu dem Produkt der beiden entsprechenden Axen des umschlossenen.

Um aus diesem Satze z. B. die Anziehung einer homogenen Kugel auf einen Punkt ausserhalb derselben abzuleiten, sei  $r$  der Kugelradius,  $m$  die Masse der Kugel und  $r'$  die Entfernung des Mittelpunkts derselben von dem angezogenen Punkt.

Betrachtet man diesen Punkt als zur Oberfläche einer um die Brennpunkte der angezogenen Kugel oder, was dasselbe ist, concentrisch um diese Kugel beschriebenen zweiten Kugel gehörig, so correspondirt demselben auf der Oberfläche der angezogenen Kugel derjenige Punkt, in welchem diese Oberfläche von der geraden Linie geschnitten wird, welche den gemeinschaftlichen Mittelpunkt beider Kugeln mit dem gegebenen Punkt verbindet. Ist die Masse des Punktes auf der umschlossenen Kugel ebenfalls  $\mu$ , und bezeichnet man die Masse der umschliessenden Kugel ebenfalls  $m'$ , so findet man aus 7., wenn man z. B. die Axe der  $x$  durch den Punkt legt und  $\xi = r$  setzt, für den absoluten Werth der Anziehungen beider Massen auf einander

$$\frac{\mu k q m' v}{r'^2} = \frac{\mu k q m}{r^2},$$

und da sich nach VII. diese Kraft zu der Kraft, mit welcher die umschlossene Kugel den Punkt  $\mu$  anzieht, wie  $r'^2:r^2$  verhält, so ist der absolute Werth der letzteren Anziehungskraft

$$\frac{\mu k q m}{r'^2}$$

VIII. Die Anziehung einer homogenen Kugel und somit auch die Anziehung einer homogenen Kugelschale oder mehrerer concentrischen, jede für sich homogenen Kugelschalen auf einen Punkt ausserhalb derselben ist daher dieselbe, als ob die ganze Masse im Mittelpunkt vereinigt wäre.

Uebrigens hätte dieses Resultat auch leicht direkt oder aus den unter der Voraussetzung, dass  $a = b = c$ , integrirbaren Ausdrücken 4. hergeleitet werden können. Rr.

**Greenockit**, ein nach seinem Entdecker, Lord Greenock, benanntes Mineral, welches zu Bishopton bei Glasgow vorkommt. Es ist honiggelb, demantglänzend, meist durchsichtig, von Kalkspathhärte und krystallisirt in kurzen sechsseitigen Säulen, hexagonal. Spec. Gew. 4,8—4,9. Beim Erhitzen wird es roth, beim Abkühlen aber wieder gelb. Es besteht aus Schwefel und Cadmium CdS. Die mineralogische Untersuchung hat Breithaupt, und Connell die Analyse angestellt. Von Brewster ist das optische Verhalten ermittelt. Pogg. Ann. LI. 274. 507; LIII. 630; LVIII. 94.

**Grenadillsäure** wird auch die Crotonsäure (s. d.) genannt, indem das Crotonöl aus dem Grenadillsaamen (Grenadillcroton, Croton Tiglim) gewonnen wird. M.

**Grifflöcher**, gleichbed. mit Tonlöcher, s. Blasinstrumente.

**Grösse**, scheinbare, eines Gegenstandes nennt man den Winkel, welchen die von den äussersten Punkten desselben ausgehenden Lichtstrahlen beim Eintritt ins Auge mit einander bilden. R.

**Grossular**, eine Varietät vom Granat. S. d.

**Grubenlaterne**, s. Sicherheitslampe.

**Grubenverkohlung** s. Kohlenfabrikation.

**Grünbleierz** s. Buntbleierz.

**Grüneisenstein** s. phosphorsaures Eisenoxyd.

**Grünerde** findet sich in derben Parthieen in den Höhlungen der Mandelsteine, meist deren Wandung überziehend, zuweilen auch in Aferkrystallen des Augits. Sie ist seladongrün (ein blaugraues Grün) auch schwärzlich und olivengrün, erdig, fühlt sich etwas fettig an und hängt schwach an der Zunge. Spec. Gew. 2,8. Vor dem Löthrohr schmilzt sie zu einem schwarzen magnetischen Glase, und wird von Säuren nicht angegriffen.

In grösserer Menge kommt die Grünerde am Monte Baldo bei Roveredo im Veronesischen vor, wo sie gegraben, gemahlen und geschlämmt wird, und unter dem Namen Veroneser Grün als Malerfarbe in den Handel gebracht wird. Andere Fundorte sind Cypern, der Monte Bufaure im Fassathale, wo schöne Pseudomorphosen vorkommen, die Faröern, Island u. s. w. Nach Klaproth ist die Zusammensetzung der Veronesischen vom Monte Baldo: 53 Kieselsäure, 28 Eisenoxyd, 2 Talkerde, 10 Kali, 6 Wasser. B.

**Grünige Säure** s. Grünsäure.

**Grünsäure** nennt Runge eine eigenthümliche Säure, die er in vielen verschiedenen Pflanzenfamilien aufgefunden hat, und sich dadurch auszeichnet, dass sie mit einem Ueberschuss von Basis verbunden, aus der Luft Sauerstoff anzieht und sich dadurch grün färbt. Berzelius schlägt daher vor, die farblose, niedere Oxydationsstufe grünige Säure und die gefärbte Grünsäure zu nennen, was um so passender wäre, da Runge durch Analysen gefunden hat, dass die Sauerstoffaufnahme genau ein Atom Sauerstoff auf ein Atom Radical beträgt. M.

**Grundton**. Mit diesem Worte bezeichnet man theils den ersten Ton der in einem Musikstücke vorherrschenden Tonleiter (s. Tonica), theils den tiefsten Ton eines Accordes (Grundbass). In der Akustik nennt man den Grundton auch nicht selten im Gegensatz zu den Beutönen den tiefsten aus der Reihe von Tönen, deren ein Körper durch die verschiedene Zahl und Lage der Knoten oder Knotenlinien fähig ist. S.

**Guajacsäure.** Righini hat aus der Guajactinctur eine der Benzoësäure sehr ähnliche Säure erhalten, welche Thierry (der übrigens Righini's Säure nur für ein krystallisirbares Harz hält) später näher untersucht hat. Man erhält sie nach diesem, wenn man das Harz in Alkohol von 56° auflöst; die Lösung bis auf  $\frac{1}{4}$  abdestillirt. Den Rückstand sättigt man mit Baryt, zersetzt das eingedampfte und filtrirte lösliche Barytsalz vorsichtig mit Schwefelsäure; zieht die eingedampfte Säure durch Aether, in dem sie löslich ist, aus, und reinigt sie endlich durch Sublimation. Von Benzoësäure und Zimmtsäure unterscheidet sie sich durch ihre leichte Löslichkeit in Wasser. (Journ. f. p. Chemie. XXIV. 333.) M.

**Guarana** ist ein in Brasilien sehr geschätztes Heilmittel gegen Ruhr, Urinverhaltung u. s. w. Es sind cylindrische Stücken von röthlich-brauner Farbe, von 30—40 Grammen Gewicht, und, wie Martius zeigte, ein aus den Früchten des Baumes Paullinia sorbilis Mart. zubereiteter Teig. Ein eigenthümlicher, von Martius darin aufgefundenen Stoff, das Guararin, welches Trommsdorff dem Caryophyllin ähnlich hielt, ergab sich nach den Analysen von Martius, Jöbst, Berthemot und Dechasteles als Caffein (s. Theil), welches darin reichlicher erscheint als in irgend einer andern Pflanze.

Die Saamen der Pflanze enthalten ausser dem Marke, dem Gummi und Stärke eine grünlich fette Substanz, eisengrüne Gerbsäure, verbunden mit einer krystallinischen Substanz, welche Verbindung krystallisirt durch wässrige und ätherische Auszüge erhalten werden kann.

Die Guarana enthält dieselbe Verbindung. (Vergl. Ann. d. Pharmacie XXXVI. 92.) M.

**Guano.** Auf den Südseeinseln und an den Küsten von Chili und Peru befinden sich ungeheure Massen von Vogelexcrementen, welche seit undenklichen Zeiten von den Peruanern zum Düngen benutzt worden sind, und daher den Namen Guano erhalten haben, von dem Worte Huananchani, düngen. Klaproth, welcher die Substanz zuerst untersuchte, fand eine sehr bedeutende Menge von Harnsäure darin (Beiträge VI. 299). Spätere Untersuchungen haben dies bestätigt. (Fourcroy und Vauquelin, Gehlen. Journ. A. R. VI. 679.) Seit Liebig darauf aufmerksam gemacht hat, wie nützlich diese Substanz zum Düngen sei, ist sie ein Handelsartikel geworden, obwohl in Amerika die Ausfuhr in Folge dessen verboten wurde, weil der ganze Peruanische Ackerbau auf der Benutzung des Guanodüngers beruht. Untersuchungen über die Zusammensetzung des Guano sind in neuerer Zeit von Bertels (Journal f. p. Ch. XXVIII. 5.) und Fritsche (ebend. 210.), Völkel (Ann. d. Pharm. XXVIII. 285.) und Winckler angestellt worden. S. Pöppig, J. f. p. Ch. XXXII. M.

**Gummi.** Das Gummi bildet ein Glied einer merkwürdigen Pflanzenstoffreihe, welche sich in ihren einzelnen Gliedern nur durch die verschiedenen Verhältnisse, Wasserstoff und Sauerstoff unterscheiden, welche in ihnen enthalten sind. In allen sind beide Stoffe im Verhältniss wie im Wasser enthalten. Die Stoffe sind besonders:

Holzfaser =	$C_{12}$	$H_{16}$	$O_8$
Stärke =	$C_{12}$	$H_{20}$	$O_{10}$
Dextrin =	$C_{12}$	$H_{20}$	$O_{10}$
Gummi =	$C_{12}$	$H_{20}$	$O_{10}$
Rohrucker =	$C_{12}$	$H_{12}$	$O_{12}$
Milchzucker =	$C_{12}$	$H_{24}$	$O_{12}$
Traubenzucker =	$C_{12}$	$H_{22}$	$O_{11}$

Stärke, Dextrin und Gummi sind also isomerisch. In den Pflanzenzellen selbst bildet sich das Gummi, und geht in Auflösung durch die Wände derselben hindurch. In den Intercellular-Räumen sammelt es sich an, wodurch oft die Rinde der Bäume gesprengt wird, so dass das Gummi jetzt ausfließt.

Ausser dem natürlichen Gummi giebt es noch künstlich erzeugtes durch Rösten der Stärke, Kochen derselben mit Wasser, und Kochen von Holzfasern mit verdünnter Schwefelsäure.

Von den natürlichen Gummisorten unterscheidet man besonders zwei Arten, welche beide mit Wasser schleimige Flüssigkeiten bilden, aus denen sie durch Weingeist gefällt werden, sie sind jedoch dadurch von einander verschieden, dass die eine Art sich in kaltem Wasser auflöst, die andere nur aufschwillt. Jene sich lösende Art zerfällt in Arabin und Pflanzenschleim. Diese nur aufschwellende in Bassorin und Cerasin. Alle diese Gummiarten liefern mit Salpetersäure wie der Milchzucker neben Oxalsäure auch Schleimsäure. Cerasin und Arabin enthalten neben dem Kohlenstoff den Wasserstoff und Sauerstoff in dem Verhältniss, wie in der Zusammensetzung des Wassers. Schleim und Bassorin enthalten mehr Sauerstoff.

I. In kaltem Wasser lösliches Gummi: 1. Arabin. Gummi arabicum, G. Senegal, welches aus mehreren Acacienarten ausfließt, z. B. *A. tortilis*, *Sejal*, *Ehrenbergi*, *arabica*, *vera*, *Senegal* u. a. m.; und an der Luft erhärtet, enthält das reinste Arabin. Es ist farblos und durchsichtig; meist jedoch etwas gelblich, selbst braun gefärbt. Die Farbe lässt sich durch Erhitzen der wässrigen Lösung mit sehr wenig Chlor völlig zerstören. Hart, spröde, von muschligem Bruch, und völlig unkrystallinisch, besitzt es ein spec. Gew. von 1,9—1,4; nach Herberger 1,4606—1,5256. Geruchlos und geschmacklos ist es unlöslich in Alkohol, Aether und fetten Oelen. Lufttrocken hält es Wasser, das es bei 100° verliert, indem es 16% an Gewicht dabei abnimmt. Beim Verbrennen hinterlässt es Asche, die ungefähr 2—3% beträgt. Das von der Beimischung befreite Gummi, das Arabin, ist völlig geschmacklos, erweicht bei 182° C und lässt sich dann in Fäden ziehen. Es bläht sich bei stärkerer Hitze auf, und wird dabei gänzlich zer setzt. In kaltem Wasser leicht löslich, giebt es mit wenig Wasser einen dicken, zähen, sehr klebenden Schleim. 1 Theil Gummi mit 3 Theilen Wasser giebt einen syrupartigen Schleim, der durch  $\frac{1}{4}$  Borax fast fest wird; Zuckersaft, Säure, weinsteinsaures Kali, machen die Masse wieder flüssig. Mit Copaivabalsam zusammengebracht, bildet es eine feste Masse, aus der durch Wasser nicht alles Gummi ausgezogen wird. Gegen Alkalien und Salze ist das Verhalten des Gummi eigenthümlich: durch Kali wird die Gummilösung anfangs gefällt, durch grössern Zusatz wird der Niederschlag wieder gelöst, setzt man Alkohol hinzu, so entsteht ein käseartiger Niederschlag,

der durch Wasser gelöst wird. Basisch kieselsaures Kali trübt die wässrige Lösung, aus der sich dann Flocken absetzen; schwefelsaures Eisenoxyd liefert mit der Verbindung eine gallertartige Masse, die in Kali wieder gelöst wird. Basisch essigsäures Bleioxyd wie auch salpetersaures Quecksilberoxyd fällen die Verbindung weiss. Merkwürdig ist das Verhalten des Gummi in seiner alkalischen Lösung gegen Kupferoxydsalze. Fällt man diese durch Kali, welches Gummilösung enthält, so erhält man einen blauen Niederschlag, der durch Kochen nicht schwarz wird. Mischt man beide Flüssigkeiten kochend, so wird der Niederschlag sogleich schwarz, hat jedoch zuweilen einige blaue Stellen. Löst man den Niederschlag, der blau geblieben ist, in Chlorwasserstoffsäure und setzt nun Kali hinzu, so wird der blaue Niederschlag beim Erhitzen schwarz. Lässt man eine Mischung von Gummiwasser mit salpetersaurem Silberoxyd längere Zeit stehen, so wird die Flüssigkeit dunkelroth. Im Sonnenlicht geschieht dies in wenigen Augenblicken. Durch anhaltendes Erhitzen einer Gummilösung von 798 Th. Gummi mit 1724 Th. Wasser, 150 Th. Schwefelsäure, die mit 200 Th. Wasser verdünnt sind, bis zu 96° wird das Gummi in Traubenzucker umgewandelt und dadurch der Gährung fähig. Leitet man Chlor durch die Gummilösung, so entsteht nach Vauquelin und Simonin eine neue organische Säure, welche Vauquelin für Citronensäure hielt.

2. Schleimiges Gummi oder Schleim. Eine grosse Anzahl der sogenannten schleimigen Pflanzen enthält diese Substanz, welche nur durch Ausziehen mit heissem Wasser erhalten wird. Es ist trocken, weniger brüchig, zäher als das Arabin; giebt dickflüssige Lösungen, diese werden durch Borax nicht verdickt, aber gefällt durch Alaun, essigsäures Bleioxyd, Zinnchlorid, aber nicht durch Kieselfeuchtigkeit. S. Pflanzenschleim.

II. In kaltem Wasser aufschwellendes Gummi: 1. Bassorin, Traganthstoff; ist enthalten im Bassoragummi, Traganth, von *Astragalus creticus*, dem Kutteragummi u. s. w. Das Traganthgummi enthält Amylumkörnchen, welche mit dem Mikroskop zu erkennen sind, und die siedende wässrige Lösung durch Jod blau färben. Die Substanz ist farblos, durchscheinend, in kaltem Wasser aufquellend, wobei es sein 50faches Gewicht aufnimmt; kochendes Wasser löst es selbst nicht vollständig; Alkali jedoch und Kieselfeuchtigkeit löst die gequollene Masse gänzlich auf. 2. Cerasin, der dem Bassorin ähnliche Bestandtheil des Kirschgummi's. Aus diesem zieht kaltes Wasser Arabin aus, und das Cerasin bleibt zurück.

Durch Gährung des Zuckers, auch bei abgehaltener Luft, bildet sich eine Art Gummi, dessen Eigenschaften und Entstehungsweise nicht bekannt ist. Das Langwerden der Weine wird dadurch herbeigeführt.

Das Pectin, welches von einigen Chemikern zu dem Gummi gerechnet wird, s. d.

**Gummi Gutti.** Ein Gummiharz von *Stalagmites cambogioides*, *Cambogia Gutta*, *Hypericum bacciferum*, *cayennense*. Die grösste Menge kommt aus Siam und Ceylon, wo es, Graham zufolge, von *Charinia* und *Mangostana morilla* gewonnen wird. Es bildet braunrothe Stücke,

welche ein gelbes Pulver geben. Anfangs geschmacklos, schmeckt es nachher scharf. Mit Wasser giebt es eine goldgelbe Milch, mit Alkohol eine gelbe klare Flüssigkeit, Alkali fällt es tief roth. Christison hat mehrere Sorten analysirt, und zwischen 64 bis 75% Harz und ungefähr 20% Gummi darin gefunden, welches mit dem arabischen übereinzukommen scheint. Das gelbe Harz ist idioelektrisch, durch Chlor wird die Farbe zerstört. Mit Salpetersäure erhitzt bildet es Oxalsäure, Aepfelsäure (wohl Zuckersäure?) und einen bitteren Stoff (Pikrinsäure?). Man benutzt das rothe Harz in der Heilkunde als Abführungsmittel, und wendet es zu Wasserfarben an. M.

**Gummiharze** oder Gummiresinae sind die eingetrockneten Milchsäfte, welche sowohl Gummi als Harze enthalten. Sie sind sehr zahlreich, und enthalten nicht selten Stoffe, die sich durch medicinsche Wichtigkeit und Wirksamkeit auszeichnen. Die wichtigsten sind: Ammoniacum, Anthiar, Asa foetida, Bdellium, Euphorbium, Galbanum, Gummi Guttü, Myrrha, Olibanum, Olivengummi, Opium, Opopanax, Sagapenum, Sarcocolla, Scammonium, Tridacium, Upasgift. Die Beschreibung der einzelnen siehe bei den angeführten Namen. M.

**Gummilack** ist das Gummiharz, welches durch Einstich des *Coccus Ficus* in die kleinen Zweige von *Ficus indica* und *religiosa*, auch *Zizyphus Jujuba*, aus diesen ausfließt und das rothgefärbte Weibchen, nach dessen Geschlechtsverrichtung, einschliesst. Die mit dem Lack überzogenen Zweige heissen Stocklack. Von diesen wird der Lack abgestossen und mit einer schwachen Lösung von kohlen saurem Natron ausgekocht. Die Flüssigkeit wird roth und der Lack, der zurückbleibt, wird Körnerlack genannt. Dieser wird geschmolzen, durch leinene Beutel filtrirt, dann in Scheiben gepresst und stellt so den Schellack dar. Dieser enthält noch immer viel Farbstoff und Wachs. Hatchet fand

	Harz.	Farbest.	Wachs.	Pflanzleim.	Schmutz.	Verlust.
in Stocklack	68,0	10,0	6,0	5,5	6,5	4,0
Körnerlack	88,5	2,5	4,5	2,0	0,0	2,5
Schellack	90,5	0,5	4,0	2,8	0,0	1,8

John hat gleichfalls die Zusammensetzung untersucht, namentlich aber Unverdorben, der 9 verschiedene Stoffe darin unterschieden hat. Diese unterscheiden sich durch verschiedene Löslichkeit in Alkohol, Aether, Alkalien u. s. w.; durch fettige Eigenschaften, Krystallisirbarkeit u. s. f. Concentrirte Säuren lösen das Harz nicht, wohl aber verdünnte Chlorwasserstoffsäure u. Essigsäure. — Kali löst es zu einer dunkelrothen Flüssigkeit auf, während der alkalische Geschmack verschwindet, und die Flüssigkeit sich mit Alkohol mischen lässt. Mit kohlen saurem Kali gekocht, wird das Harz anfangs entfärbt, dann in Gummilack - Kali verwandelt, welches in der Lauge nicht, wohl aber in kochendem Wasser löslich ist. Enthält dieses Kali, so erstarrt die Lösung beim Erkalten. In Ammoniak quillt das Harz anfangs auf, und löst sich dann im warmen Wasser. In Alkohol löst sich der Lack mit nicht so dunkler Farbe als in Alkali. Chlor bleicht den Farbstoff leicht. Boraxlösung löst in der Wärme den Lack sehr leicht. John, chem.

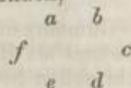
Chem. phys. Wörterb. II.

Schr. V. 15. Berzelius, Pogg. Ann. X. 255. Unverdorben, Pogg. Ann. VIII. 40. 407. XI. XIV Hatchet, Gehlen's Journ. I. 555. M.

**Gusseisen.** Roheisen.

**Gyps** ist schwefelsaure Kalkerde, s. diese.

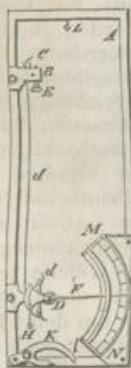
**Gyrotrop.** Sechs Gefässe zur Aufnahme von Quecksilber sind auf einem kreisrunden Brette so eingelassen, dass sie die Ecken eines regulären Sechsecks bilden,



*a* ist mit *d*, *b* mit *e* durch einen diagonalen Drath verbunden, die am Kreuzungspunkte über einander hinweggehen, ohne einander zu berühren. Ist nun *f* mit der Kupferplatte, *c* mit der Zinkplatte eines galvanischen Elements verbunden, während die Enden des Schließungsdrathes in *a* und *b* sich befinden, so wird der Strom in diesem von *a* nach *b* gehen, wenn *f* mit *a* und *c* mit *b* verbunden ist, hingegen von *b* nach *a*, wenn *f* mit *e* und *c* mit *d* verbunden wird. Diese abwechselnde Verbindung geschieht durch eine Wippe, welche in *f* und *c* fassend, abwechselnd umgelegt wird. D.



**Haar-Hygrometer.** Unter den hygroskopischen Stoffen nimmt das Haar der Menschen eine wichtige Stelle ein. Es giebt die geringsten Feuchtigkeitsänderungen der Luft durch seine vermehrte Ausdehnung zu erkennen. Dies benutzte Horaz Benedict de Saussure zu dem nach ihm genannten sehr empfindlichen Hygrometer. Er wählte (*Sauss. Essais sur l'hygrometrie Neufchâtel 1783* in deutscher Uebersetzung: Versuch über die Hygrometrie von H. B. d. Saussure, Leipzig 1784) ein von einem lebenden Kopfe abgeschnittenes blondes ungekräuselttes Frauenhaar, das eine halbe Stunde in einer siedenden Lösung von  $\frac{1}{2}$  Procent Soda in destillirtem Wasser gewesen und in reinem kochenden Wasser längere Zeit ausgesüsst, endlich in reinem kalten Wasser abgospült war, und dann die durch Erfahrung ermittelten regelmässigen Ausdehnungsverhältnisse zeigte. Ein solches Haar, etwa 8 bis 10 Zoll lang, wird bei der



gewöhnlichen Einrichtung des Instruments, welche unsre Zeichnung darstellt, innerhalb eines viereckigen Messingrahmens *A* an einem Querstäbchen *B* bei *C* so befestigt, dass es mittelst der Mikrometerschraube *E* gehoben und gesenkt werden kann. Es hängt nun neben der längeren Seite des Rahmens, dem man eine vertikale Stellung geben muss, herab und wird unten an einen Zeiger *D* befestigt und durch ein Gewicht *H* gespannt. Der Zeiger ist um eine Axe beweglich und dem längeren Theil desselben hält der kürzere, der die Gestalt des vierten Theils einer Rolle mit doppeltem Schnurlauf hat, das Gleichgewicht. Ueber den einen Schnurlauf legt sich von oben herabreichend das Haar und ist unten bei *e* befestigt, über den andern Schnurlauf, der zu einem kleineren Radius gehört, zieht sich ein oben bei *d* befestigter Seidenfaden, der das spannende

Gewichtchen trägt, das nie über 12 Gran hinausgehen darf. Dieses erhält, wie man leicht einsieht, das Haar immer in angemessener Spannung, während der Zeiger selbst an der Skale nach *M* hinaufrückt; wenn das Haar sich ausdehnt und nach *N* hinabsinkt, wenn es sich zusammenzieht. Das Häkchen *L* oben dient zur Aufhängung eines Thermometers und die Klemme *K* unten zur Festhaltung des Gewichtes, wenn das Instrument nicht gebraucht, sondern in einem Futteral aufbewahrt wird. Ausser dieser einfacheren Construction des Instruments erfand Saussure noch eine zweite, die mehr mit

derjenigen des Deluc'schen Fischbein-Hygrometers übereinstimmt. Der Fischbeinstreifen *DA*, (in der Zeichnung zu jenem Artikel) ist durch das Haar ersetzt, die spannende Feder *D* durch ein Gewicht, und das ganze Gestell hat unten noch Stellschrauben, damit das Haar in die genaue vertikale Lage gebracht werden kann. Den Punkt der grössten Feuchtigkeit erlangte Saussure dadurch, dass er sein Instrument bei der Normaltemperatur unter eine Glaskampane brachte, deren Innenfläche stark angefeuchtet war und so lange unter derselben liess, bis der Zeiger eine constante Stellung behielt. Der Punkt des Kreisbogens, an welchem diese sich dann befand, bildete einen Normalpunkt der Skale, der als zuverlässig betrachtet werden konnte, wenn häufige Wiederholung des Versuchs dieselbe Zeigerstellung ergaben. Den Punkt der grössten Trockenheit bestimmte Saussure dadurch, dass er einen Halbeylinder von Eisenblech im glühenden Zustande mit Salpeter und Weinstein bestreute und anderthalb Stunden glühend erhielt; so dass das Blech mit dem ausgetrockneten Salze ganz inerustirt war. So heiss, als der gläserne Recipient ihn aufnehmen konnte, wurde der Halbeylinder in denselben hineingebracht und umschloss zur Hälfte das Haar-Hygrometer, das sich dann bald in einer ausgetrockneten und von der äussern Luft hermetisch abgeschlossenen Luft befand. Der niedrigste Punkt, den der Zeiger bei nochmaliger Wiederholung des Versuchs angab, bildete den zweiten Fundamental-Punkt der Skale, der Abstand beider Fundamental-Punkte wurde in 100 gleiche Theile (Grade) getheilt; so dass 0 Grad vollkommene Trockenheit, 100 Grad vollkommene Feuchtigkeit der Luft andeuteten. Nur Instrumente, die auf diese Art angefertigt und regulirt werden, können eigentlich als Saussuresche Hygrometer betrachtet werden. Denn die Wahl des Haares und die Art der Auslaugung desselben haben Einfluss auf den Gang des Instrumentes, das so vorgerichtet in der freien atmosphärischen Luft oder in einem abgeschlossenen Raum den Feuchtigkeitszustand bestimmen soll. Genaue Beobachtungen des trockenen Haares in verschiedenen Temperaturen ergeben für jeden Thermometergrad eine Verlängerung von 19 Milliontheilen des Ganzen. Die hygroskopische Ausdehnung brachte im Ganzen eine Ausdehnung von 0,0245 hervor, also für einen Hygrometergrad 0,000245. Demnach ist  $\frac{19}{1000000}$  oder  $\frac{1}{52632}$  die Aenderung, welche jeder Temperaturgrad an dem Hygrometergrade hervorbringt, d. h. jeder (Reaumur'sche) Temperaturgrad verlängert das Haar um den 13ten Theil eines Hygrometergrades. Diese Beobachtung, bei der auch auf die Ausdehnung des Messings Rücksicht genommen war, diente zur genauen Bestimmung der Feuchtigkeit und machte daher die gleichzeitige Beobachtung eines Thermometers nöthig. Die Saussureschen Hygrometer wurden besonders wegen ihrer Empfindlichkeit und ihrer Uebereinstimmung unter sich sehr geschätzt. Saussure fand bei denen, die auf übereinstimmende Weise angefertigt waren, nie eine Abweichung von zwei Graden. Die Veränderlichkeit des Haares in längerer Zeit macht indessen häufige Prüfungen der Uebereinstimmung in den Fundamentalpunkten nöthig, und die Beweglichkeit der Rollen und der Zeigerachse wird durch den fortdauernden Gebrauch in der freien Luft sehr gestört. Mit grossem Fleisse hat Saussure

th der einzelnen Grade für sein Instrument berechnet. Es den von ihm gegebenen Resultaten hervor, dass die An- eines Instruments bei gleicher Dunstsättigung fast genau gleich Wenn also Luft von 10° R. und Luft von 20° R. am Hy- 70° anzeigen, so enthält bei der niedrigen Temperatur Cubikfuss Luft viel weniger Wasserdunst als bei der höheren. man indessen den Gehalt derselben in jedem Falle durch Menge des Dunstes, die ein Cubikfuss Luft bei dieser Tempera- überhaupt aufnehmen kann, um vollständig gesättigt zu sein; hält man gleiche Quotienten. Diese Quotienten, die sogenann- euchtigkeits-Procente (s. Hygrometrie) stellen aber den re- Feuchtigkeitszustand der Luft dar. Deshalb ist es wichtig, zu wissen, wie sich die Hygrometergrade zu diesen Procent- verhalten. Was sich darüber aus Saussure's eignen Rech- nergiebt, und was Gay Lussac ermittelt hat, der den Druck in einem abgeschlossenen Raume unter gleichzeitiger Mtung des Haar-Hygrometers mass, was endlich Prinsep liche Weise ermittelt hat, ist in folgender Tabelle zusammen-

Haar- Hygrometer- grade.	Feuchtigkeits-Procente		
	nach Saussure	nach Gay Lussac	nach Prinsep.
30	16	15	9
32	17	16	10
34	19	17	11
36	20	18	12
38	21	20	13
40	23	21	14
42	24	22	16
44	26	23	17
46	27	25	18
48	29	26	20
50	31	28	22
52	33	29	23
54	35	31	25
56	37	33	27
58	39	34	29
60	41	36	31
62	44	38	34
64	47	40	36
66	50	42	38
68	54	45	41
70	56	47	44
72	59	50	46
74	62	52	49
76	65	55	52
78	67	57	56
80	71	61	59
82	74	65	63

Die  
llen  
vollens

heilt wer  
einige D

mit einer  
Kommiss

aus 544

haben

in Wi

im der

ter

Fre

Der Entro

geht sich

es, welches

er Bericht

Kammer

der An

cht wo

urf fei

engl

wegen

idigt, af

entlich auf

us spät, ein

en der Schi

er dadurch i

nachen, wird

iger Schiffe ei

Session nich

oen werde.

gezwungen m

ogen und sein

glauben ma

sich noch, of

artur

eine  
malen  
unde, a  
locke in n  
he.

— Frä  
ner an J  
eralstabso  
von S  
re hieß,  
ihm au  
Könige se  
en.

— Das beab  
reibt, da Letz  
seine Car  
f eine sole  
Glasgo  
rant  
ersbr  
Brandes  
schwere  
enauer  
00,000  
rife in  
pinnereien  
es neuen  
nnereien in  
daß das neu  
flus Dundee w  
pinnereien  
Beilegung  
Personen.  
mliche Erscheinun  
durch den W  
ner Gebirges.  
ie Afazien steh  
vollster

den Werth der einzelnen Grade für sein Instrument berechnet. Es geht aus den von ihm gegebenen Resultaten hervor, dass die Angaben seines Instruments bei gleicher Dunstsättigung fast genau gleich bleiben. Wenn also Luft von 10° R. und Luft von 20° R. am Hygrometer 70° anzeigen, so enthält bei der niedrigen Temperatur jeder Cubikfuss Luft viel weniger Wasserdunst als bei der höheren. Dividirt man indessen den Gehalt derselben in jedem Falle durch die Menge des Dunstes, die ein Cubikfuss Luft bei dieser Temperatur überhaupt aufnehmen kann, um vollständig gesättigt zu sein; so erhält man gleiche Quotienten. Diese Quotienten, die sogenannten Feuchtigkeits-Procente (s. Hygrometrie) stellen aber den relativen Feuchtigkeitszustand der Luft dar. Deshalb ist es wichtig, genau zu wissen, wie sich die Hygrometergrade zu diesen Procentzahlen verhalten. Was sich darüber aus Saussure's eignen Rechnungen ergibt, und was Gay Lussac ermittelt hat, der den Druck der Dünste in einem abgeschlossenen Raume unter gleichzeitiger Beobachtung des Haar-Hygrometers mass, was endlich Prinsep auf ähnliche Weise ermittelt hat, ist in folgender Tabelle zusammengestellt:

Haar-Hygrometer-grade.	Feuchtigkeits-Procente		
	nach Saussure	nach Gay Lussac	nach Prinsep.
30	16	15	9
32	17	16	10
34	19	17	11
36	20	18	12
38	21	20	13
40	23	21	14
42	24	22	16
44	26	23	17
46	27	25	18
48	29	26	20
50	31	28	22
52	33	29	23
54	35	31	25
56	37	33	27
58	39	34	29
60	41	36	31
62	44	38	34
64	47	40	36
66	50	42	38
68	54	45	41
70	56	47	44
72	59	50	46
74	62	52	49
76	65	55	52
78	67	57	56
80	71	61	59
82	74	65	63

Haar-Hygrometer-Grade.	Feuchtigkeits-Procente		
	nach Saussure	nach Gay Lussac	nach Prinsep.
84	77	68	66
86	80	71	70
88	83	75	74
90	86	79	78
92	89	83	82
94	92	87	87
96	95	91	91
98	98	96	95
100	100	100	100

Die Versuche von Saussure beziehen sich auf eine Lufttemperatur von 19° C., die von Gay Lussac waren angestellt bei 10° C. und die von Prinsep bei 30° C.

Vergleichungen des Haar-Hygrometers mit dem Psychrometer und dem Daniellschen Schwefeläther-Hygrometer, welche die zuverlässigsten Werkzeuge für die Beobachtung des Feuchtigkeitszustandes der Luft sind, haben folgende Vergleichungsformeln als ziemlich genau zutreffend ergeben:

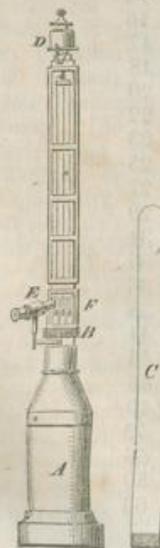
$$p = 1,234 \left( 1 - \sqrt{1 - 0,00964 (h - \frac{1}{15} t)} \right)$$

$$h = 168 p - 68 p^2 + \frac{1}{15} t.$$

$p$  bedeutet die Procente (ganze Hundertheile von der Sättigungsmenge,  $t$  Reaumür'sche Grade und  $h$ , Haar-Hygrometergrade. (Fort-schritte der Hygrometrie in der neuesten Zeit: Seite 17.)

Das Haar-Hygrometer ist jetzt durch die genannten bessern Instrumente verdrängt, aber die mit demselben angestellten Beobachtungen aus früherer Zeit machen doch noch eine sorgfältigere Berücksichtigung der Angaben desselben nöthig.

Babinet hat an dem Haar-Hygrometer die Unbequemlichkeit vermieden, welche die Reibung der Zeigeraxe hervorbringt. Er schloss drei perpendicular herabhängende Haare in eine durchbrochene messingene Fassung ein. Jedes dieser Haare war mit einem Gewicht beschwert, dass einen sehr feinen Strich zur Marke hatte. Ein Mikroskop war so gegen diese Gewichte gerichtet, dass der Kreuzfaden desselben diese Marke bei richtiger Einstellung des vertikal aufgestellten Instrumentes deckte. Die Einstellung selbst wurde oben durch eine Mikrometerschraube bewirkt und durch die daran befindliche Eintheilung wurde die jedesmalige Länge des Haares angegeben, indem für diese Eintheilung die Axe des am Gestelle befestigten Mikroskops den Nullpunkt bezeichnet. Babinet wendete ausgelaugte Haare an, und



konnte mit dem Instrumente noch den fünften Theil eines der hundert Grade zwischen dem Trockenheits- und Feuchtigkeitspunkte bestimmen (*Ann. d. Chem. et Phys. XXVI. pag. 367.*) Unter dem Instrumente befand sich in dem erweiterten Cylinder ein Raum, um Wasser oder concentrirte Schwefelsäure aufzunehmen. Ueber dem aufgeschlitzten Cylinder, der die Haare umschloss, liess sich eine Glasröhre *C* luftdicht aufschrauben; so dass die eingeschlossenen Haare nach Belieben den Wasserdämpfen zur Bestimmung des Feuchtigkeitspunktes, oder der durch Schwefelsäure ausgetrockneten Luft zur Bestimmung des Trockenheitspunktes ausgesetzt werden konnten. Diese Einrichtung hat viel Empfehlendes. Verschiedene Haare weichen wenig von einander ab. Selbst rohe Coconfäden statt der Haare eingefügt, zeigten sich brauchbar. Prinsep (*Journal of sciences and art. XXII. p. 29*), der diese Vorrichtung prüfte, fand rohe Haare weniger empfindlich, aber von länger anhaltender Brauchbarkeit.

A.

**Haare.** Die Haare, welche die Bekleidung vieler Thiere bilden, bestehen, gleich den Federn aus einem hornartigen Gewebe, welches als Secret zu betrachten ist, daher weder Gefässe noch Nerven besitzt. Elastisch, wie Kautschuck, und sehr hygroskopisch, verändert es sich doch nicht chemisch an der Luft, und ist der Fäulniss und Verwesung nur sehr langsam unterworfen. Verschieden gefärbt, scheint es durch eigenthümliche Stoffe zu sein, welche zuweilen, z. B. bei rothen Haaren, in öligen Stoffen zu bestehen scheinen. Um sie zu färben, wendet man Blei- und Silberverbindungen an, welche sich durch die Ausdünstung des Kopfes u. s. w. in Schwefelmetall verwandeln, dann schwarz, mehr oder weniger violett erscheinen. Beim Verbrennen schmelzen sie, schwellen auf und geben eine schwierig einzuäschernde Kohle, welche oft  $2\frac{1}{2}$  Asche hinterlässt. Scheerer fand darin 51,5 C; 6,7 H; 18 N, 23,8 O mit Schwefel; wonach er das Horngewebe für Protein +  $N_2$ ,  $H_8$  +  $O_3$  annimmt. Lieb. An. 40, S. 56. Vander Laer hat eine sehr ausführliche Untersuchung über die Haare angestellt. Vgl. Horngewebe.

M.

**Haarkies** ist das natürliche Schwefelnickel s. d.

**Haarsalz** wurde von älteren Mineralogen das aus der Erde auswitternde Bittersalz, so wie auch manches andere, auf ähnliche Weise sich bildende Salz genannt. Vergl. Federalaun.

B.

**Haarstein** oder Nadelstein wird der Quarz genannt, wenn er haarförmige Krystalle von Amiant, Turmalin, Strahlstein, Rutil u. s. w. einschliesst.

B.

**Haarröhrchen.** Haarröhrchen nennt man alle Röhren, die so eng sind, dass in ihnen enthaltene Flüssigkeiten eine Oberfläche zeigen, welche an keiner Stelle mehr eben ist. Es kann also der Durchmesser einer Röhre bedeutend die Dicke eines Haares übertreffen, ja mehrere Linien betragen, ohne dass dieselbe aufhört, auf den Namen Haarröhre oder Capillarröhre Anspruch zu machen. (S. Haarröhrenkraft.)

R.

**Haarröhrchenkraft** (Capillarität). Die durch Cohäsion und Adhäsion bedingten Erscheinungen, welche darauf beruhen, dass Flüssigkeiten zwischen engen Seitenwänden eine andere Niveauhöhe zeigen und eine andere Oberflächenform darbieten, als das Gesetz der Schwere und der Druck der Luft, für sich allein genommen, es fordern würden — heissen Capillaritäts-Erscheinungen.

Die Grund-Erscheinung tritt am auffallendsten hervor, wenn man eine sehr enge, an beiden Enden offene, Röhre (Capillarröhre) in ein, mit einer Flüssigkeit gefülltes Gefäss taucht, und besteht vornehmlich in der Verschiedenheit der Niveauhöhe innerhalb und ausserhalb der Röhre. Die hierbei wirkenden Kräfte sind ausser der Schwere und dem Luftdruck (welcher letztere hier ganz ausser Acht gelassen werden kann, weil er innerhalb und ausserhalb der Röhre nicht merklich verschieden wirken kann), die Anziehung zwischen den Röhrenwänden und den Flüssigkeitstheilchen, und die gegenseitige Anziehung der Flüssigkeitstheilchen. Beide Anziehungen nehmen sehr rasch mit der Entfernung ab, und sind schon bei kaum messbaren Entfernungen fast verschwindend klein.

Denken wir uns zuvörderst die Anziehung der Flüssigkeitstheilchen (die Cohäsionskraft) kleiner als die Anziehung der Gefässwände gegen die Flüssigkeitstheilchen (die Adhäsionskraft) und dabei vorläufig die Oberfläche der Flüssigkeit eben; nennen wir ferner die Flüssigkeitstheilchen der Oberfläche, welche die Röhrenwände unmittelbar berühren, *a*, die von ihnen berührten Moleküle der Gefässwände *b*; so werden die an *a* zunächst anliegenden Theilchen, *c*, der Flüssigkeitsoberfläche stärker nach *b* hingezogen als nach dem Centrum der Röhre, da hier die Anziehung von *a* unterstützt wird von der stärkeren Anziehung der *b*, es wird also an den Wänden einerseits eine Verdichtung, andererseits eine wirkliche Annäherung, der *c* gegen *b* erfolgen, und der vom Centrum herkommende Druck, verbunden mit der Anziehung der unmittelbar über *b* befindlichen Gefässstheilchen wird eine Verschiebung der Theilchen *a* nach oben hin bewirken, wo sie sich an die Gefässwände anlegen. Die nun zur Berührung mit *b* kommenden Theilchen *c* werden ihre Stelle ihren Nachbartheilchen überlassen, welche wiederum ihrerseits die Theilchen *c* nach oben drängen, etc., bis an den Rändern die Flüssigkeit so hoch steht, dass die Anziehung der Gefässwände nicht mehr den Zug der Schwere und der unterliegenden Flüssigkeitstheilchen nach unten überwinden kann. Der Erfolg ist ein Concavwerden der flüssigen Oberfläche, indem die hinaufgedrängten Theilchen selber vermöge ihrer Cohäsionskraft ihre Nachbartheilchen von der Richtung des Centrums her mit in die Höhe ziehen.

Die Röhre kann nun so eng sein, dass selbst die in der Mitte der Oberfläche befindlichen Flüssigkeitstheilchen eben anfangen, mit hinaufgezogen zu werden, und dann steht die Flüssigkeit in der Röhre höher, als in grösserer Entfernung um die Röhre. Die in der Mitte liegenden Theilchen werden dann nicht mehr bloss nach einer Seite, sondern von allen Seiten her in die Höhe gehoben; die Flüssigkeit muss daher um so höher steigen, je mehr der Durchmesser der Röhre noch weiter abnimmt. Die Versuche zeigen, übereinstimmend mit der Rechnung, dass die Höhe des niedrigsten Punktes der Ober-

fläche in der Röhre über dem äusseren Niveau in verkehrtem Verhältniss wie die Durchmesser der Röhre wächst — vorausgesetzt, dass man die Röhre vor dem Versuche inwendig befeuchtet hat, um die Staub- und Lufttheilchen, welche der vollkommenen Berührung entgegengetreten, zu entfernen. Es ist nämlich, wenn  $h$  die Höhe der Flüssigkeit in der Röhre über dem äusseren Niveau vorstellt,

$$h = \frac{a}{r} - \frac{r}{3}$$

(oder  $= \frac{a}{r}$ , wenn  $h$  gegen  $r$  sehr klein ist), oder noch genauer

$$h = \frac{a}{r} - \frac{r}{3} + \frac{r^3}{3a} (\log 4 - 1),$$

wo  $a$  eine von der Natur der Flüssigkeit und von der Temperatur abhängige Constante ist.

Beispielsweise mögen hier einige der von Frankenheim (die Lehre von der Cohäsion. Breslau, 1835) gefundenen Werthe von  $a$ , für Glasröhren, mitgetheilt werden.

Die in Parenthese beigestellten Zahlen bezeichnen das specifische Gewicht der respectiven Flüssigkeit.

Wasser bei 0°C	45.30	neutrales kohlens. Kali bei 48°	
" " 6° 5	44.84	" " " " 44°	(1.530) 42.10
Schwefelsäure bei 44° 5 (1.849)	6.85	" " " " 44°	(1276) 43.00
" " 47° 5 (1.782)	8.30	doppelt kohlensaures Kali b. 46°	(4.081) 45.97
" " (1.427) — 43.44 43°	43.00	" " " " 47° (1.156)	42.90
Phosphorsäure bei 43° (1.444)	43.00	kohlens. Ammoniak (4.093)	42.10
Salzsäure bei 47° 5 (1.153)	42.40	schwefels. Natron b. 45° (1.454)	44.40
" " (1.057)	43.90	schwefels. Eisenoxydul b. 49° (1.445)	44.90
Salpetersäure bei 46° (1.500)	5.70	Weingeist b. 47° (0.810)	5.83
" " 49° (1.147)	42.74	" " b. 47° (0.895)	6.20
Concentrirte Essigsäure b. 49° (1.068)	7.46	" " (0.967)	7.74
verdünnte " b. 43° (1.044)	8.77	Schwefeläther b. 49° (0.728)	5.40
Aetzkali b. 49° (1.405)	6.50	" " b. 44° 5 (0.732)	5.37
" " b. 49° (1.159)	42.40	Reines Terpentinöl b. 43° (0.897)	6.74
Aetznatron b. 46° (1.338)	42.07	Steinöl (0.787)	6.75
" (1.239)	43.70		

Für gemischte Flüssigkeiten ist nach Poisson

$$d \left( h + \frac{1}{3} r \right) = f u^2 + f_1 u u_1 + f_2 u_1^2,$$

wo  $d$  die Dichtigkeit der Mischung,  $u$  und  $u_1$  die Quantitäten der beiden Flüssigkeiten (die Quantität der Mischung als Einheit genommen), und  $f, f_1, f_2$  Constanten sind, die aus Versuchen bestimmt werden müssen.

Für Wasser- und Salpetersäure findet sich aus Gay-Lussac's Versuchen  $f = 23.376, f_1 = 7.395, f_2 = 7.703$ , und die berechneten Resultate stimmen hierbei sehr nahe mit den beobachteten; während grössere Abweichungen sich bei den Mischungen aus Wasser und Weingeist zeigen, für welche sich

$$f = 22.899, f_1 = 44.510, f_2 = 19.576$$

findet.

Ist umgekehrt die Cohäsion grösser als die Adhäsion (wie bei Glas und Quecksilber), so wird natürlich die Oberfläche convex statt concav, und das Niveau wird in der Röhre niedriger als das äussere Niveau,

indem der stärkere Zug jetzt nicht mehr nach den Wänden, sondern nach dem Centrum der Röhre geschieht. Man unterscheidet hiernach Capillaritäts-Attraktion (sich auf den ersten Fall beziehend) und Capillar-Depression (sich auf den zweiten Fall beziehend).

Für die Capillar-Depression des Quecksilbers in Glasröhren geben wir einen Auszug aus einer von Bouvard nach La Place's Formel berechneten Tabelle nebst den entsprechenden Resultaten der Beobachtungen Ivory's, Young's und Cavendish's.

Durchmesser der Röhre	Depression berechnet	Depression beobachtet von		
		Ivory.	Young.	Cavendish.
2 <sup>mm</sup>	4.454 <sup>mm</sup>	4.888	4.887	4.472
3	2.918	2.988	2.986	3.054
4	2.068	2.066	2.063	2.187
5	1.534	1.513	1.510	1.735
6	1.171	1.134	1.139	1.377
7	0.909	0.868	0.869	1.073
8	0.712	0.673	0.669	0.820
9	0.562	0.521	0.517	0.608
10	0.445	0.406	0.402	0.406
11	0.354	0.316	0.311	0.270
12	0.281	0.253	0.242	0.200
13	0.223	0.196	0.188	0.170
14	0.176	0.152	0.144	0.150
15	0.137	0.118	0.111	0.131
16	0.107	0.087	0.088	
17	0.083	0.071	0.068	
18	0.064	0.054	0.053	
19	0.049	0.042	0.041	
20	0.038	0.031	0.031	
21	0.030	0.024	0.024	

Im nächsten Zusammenhang mit der beschriebenen Erscheinung stehen folgende von La Place angegebene Versuche:

Es wird in eine heberförmig gebogene Röhre mit einem längeren weiten und einem kürzeren engeren Schenkel Alkohol gegossen. Die Flüssigkeit hat dann in dem engeren Schenkel den höheren Stand und eine concave Oberfläche. Wird langsam Alkohol hinzugegossen, so wird die concave Oberfläche, nachdem sie den obersten Theil der Röhre erreicht hat, allmählig eben, steht dann noch eben so hoch, wie im weiten Schenkel, und wird endlich convex, und es nimmt diese Convexität zu, bis der Alkohol im weiten Schenkel um ebensoviele höher steht, als er vorher niedriger stand.

Wird ferner ein heberförmig gebogenes Haarröhrchen in ein Gefäß mit Wasser gesenkt, so füllt sich dasselbe von selbst, und es kommt zum Abfließen, sobald nur der über der Wasserfläche befindliche Theil geringer als  $h$  ist, unter  $h$  die Höhe verstanden, bis zu welcher das Wasser durch die Capillarkraft in der Röhre aufsteigen kann. Das Abfließen dauert so lange, bis das Niveau um  $\frac{1}{2}h$  niedriger steht als das untere Ende des freien Heberschenkels. Ein sich

am letzten bildender Wassertropfen wird dann vom Glase so stark angezogen, dass Gleichgewicht eintritt. Durch tieferes Einsenken bringt man ein neues Abfließen hervor, während beim Hinaufheben der Endtropfen sich in den freien Schenkel zurückzieht, und eine rückgängige Bewegung des Wassers erfolgt, sobald sein Ende um mehr als  $h$  über das Niveau im Gefässe gehoben wird.

Ferner folgt aus dem oben Erörterten, dass in einer horizontal gehaltenen engen konischen Röhre ein Wassertropfen sich nach der engeren Seite hinbewegt; ein Quecksilbertropfen dagegen, so wie jeder Tropfen, welcher Capillardepression zeigt, nach der weiteren Seite hin.

Man sieht ferner leicht, wie sich die Erscheinung gestalten wird wenn das Capillargefäss keine Röhre ist, sondern ebene Wände hat. Stellt man z. B. zwei parallele und einander sehr nahe Glasplatten vertikal in Wasser, so steigt dasselbe zwischen ihnen in die Höhe und zeigt oben eine concav-cylindrische Oberfläche. Die Höhe bis zu welcher die Flüssigkeit dabei ansteigt, ist die Hälfte derjenigen Höhe, bis zu welcher die Flüssigkeit einer Haarröhre in einem, dem Abstände der Platten gleichen Durchmesser steigen würde.

Sind die beiden Platten unter einem sehr spitzen Winkel gegen einander geneigt, so bildet die Grenzlinie, bis zu welcher sich die Flüssigkeit zwischen ihnen erhebt, eine Hyperbel, wie das mit Nothwendigkeit aus dem Umstande folgt, dass in den verschiedenen Punkten die Höhen sich umgekehrt wie die jedesmaligen Abstände der Platten von einander verhalten.

Die bemerkenswerthen Schriften über die mathematische Theorie der Capillarität sind: 1) Die Schriften von Clairaut: de la Figure de la terre, Paris 1743, in welchen die Attraktion der Gefässwände gegen die Flüssigkeitstheilchen noch fälschlich als bis in bemerkbare Fernen wirkend, angesehen wird. — 2) Das, was Young in den Phil. Transact. vom Jahre 1805 (Essay on the cohesion of fluids) geliefert hat. — 3) La Place's Theorie de l'action capillaire. (Paris 1806.) Supplement à la theorie de l'action capillaire. (Paris 1807.) — 4) Gauss, Principia generalia theoriae figurae fluidorum in statu equilibrii (Gott. 1830), auf denselben Grundlagen gebaut, wie die La Place'sche Theorie, und dieselben Resultate liefernd, jedoch Manches strenger begründend, namentlich die La Place'sche Annahme, dass der Winkel zwischen der Gefässwand und der flüssigen Oberfläche da, wo die Berührung statt findet, constant sei — mathematisch beweisend. — 5) Poisson, nouvelle theorie de l'action capillaire (Paris 1831), in welcher Schrift noch auf die Variationen, der Dichtigkeit der Flüssigkeit an der Oberfläche und in der Nähe der Wände Rücksicht genommen worden ist.

R.

**Habronem-Malachit.** Dieser aus  $\alpha\beta\rho\sigma$  zart und  $\nu\eta\iota\kappa$  der Faden von Mohs gebildeter Name geht auf zwei Mineralien, auf den prismatischen Habronem-Malachit, welcher phosphorsaures Kupferoxyd ist, und den hemiprismatischen, d. i. Malachit oder kohlen-saures Kupferoxyd.

B.

**Haemaphaecin.** Blutbraun. Ein von Simon in dem Blute angenommener Farbestoff, der in geringerer Menge als das Hämatin darin

enthalten sein soll. Seine Existenz ist noch problematisch. Es soll nämlich in Meläna, auch Menstrualblut besonders enthalten sein. J. f. p. Ch. XXII. 113. M.

**Haematein.** Wird Haematein-Ammoniak (s. d.) in Wasser gelöst und an der Luft verdunstet, so verliert es fast alles Ammoniak und verwandelt sich in Haematein; löst man die Ammoniaklösung in Wasser und versetzt sie mit Essigsäure, so erhält man einen dem Eisenoxydhydrat ähnlichen Niederschlag, der nach dem Kochen dunkelgrün metallisch glänzend, in dünnen Schichten roth durchscheinend erscheint. In kaltem Wasser schwer löslich, leichter in siedendem; giebt es mit diesem eine gelbbraune Lösung, die eingedampft Krystalle absetzt. In Alkohol wenig, noch weniger in Aether löslich; nicht flüchtig. In Kali und Ammoniak mit blauer, an der Luft bald in Braun übergehender Farbe löslich. In Salpetersäure anfangs mit rother, bald gelb werdender Farbe löslich. Besteht aus  $C_{40} H_{20} O_{16} = C_{40} H_{14} O_{15} + O_2 - 2 H_2O$ . S. Haematoxylin. M.

**Haematein-Ammoniak** bildet sich, wenn man 20 — 25 Grammen Haematoxylin mit soviel Ammoniakflüssigkeit übergießt, als zur Auflösung erforderlich ist; beim Stehen an der Luft entweicht das Ammoniak und Haematoxylin-Krystalle schießen an; es muss das Ammoniak stets erneuert werden. Nach einigen Tagen ist die Flüssigkeit kirschroth geworden; dann schießen Krystalle an, welche unter dem Mikroskop durchsichtige, violette Prismen darbieten. Sie stellen ein dunkelviolettes körniges Pulver dar. Im Wasser löst es sich mit dunkler Purpurfarbe, in Alkohol mit braunrother. Bei  $100^\circ$  entweicht Wasser und Ammoniak. Es besteht aus  $C_{40} H_{44} N_4 O_{17} = C_{40} H_{38} O_{15} + 2 N_2 H_6 O$ . Mit Metallsalzen giebt die Ammoniak-Verbindung gefärbte Niederschläge, in denen Haematein ohne Ammoniak enthalten ist. Schwefelwasserstoff entfärbt das Haematein-Ammoniak, indem das Ammoniak daran gebunden wird, das Haematein sich mit dem Schwefelwasserstoff gleichfalls vereinigt. Verflüchtigt sich dieses, so bilden sich viele dunkle Krystalle von Haematein. Eine Bildung an Haematoxylin findet nicht statt. Siehe Erdmann J. f. p. Ch. XXVI. p. 209. s. A. Ch. Haematoxylin. M.

**Haematin.** Blutroth. Die rothe Farbe des Bluts hängt von den rothen Blutkörperchen ab, welche in dem Venen-Blut dunkel, in dem Arterien-Blut hellroth gefärbt erscheinen. Sie selbst werden durch Einfluss des Sauerstoffs verändert, und wechseln damit ihre Farben. Sie bestehen aus Globulin und dem eigenthümlichen eisenhaltenden Farbstoff, der nach der Formel  $C_{40} H_{56} N_6 O_5 + Fe$  zusammengesetzt ist. Doch schwankt die Menge des Eisens in demselben beträchtlich. Man findet auch selbst bei fehlendem, oder entzogenem Eisen die Farbe noch nicht verschwunden. S. Mulder, J. f. p. Ch. Bd. XXXII. Hierüber vergl. Lecanu, Ann. der Pharm. XXVI. H. Hünefeld, J. f. p. Ch. VIII. 547. Sanson Journ. de pharm. XXI. 420. Simon, Arch. f. Pharm. XVIII. 42. S. Proteinverbindungen. M.

**Haematinsalpetersäure** nennt Wöhler ein durch Reduction der Pikrinsalpetersäure entstandene blutrothe Säure; sie bildet sich beim Vermischen der Pikrinsalpetersäure mit schwefelsaurem Eisenoxydul und Baryt. Ihre Zusammensetzung und meisten Eigenschaften sind noch nicht untersucht. S. Pikrinsalpetersäure, Zersetzungsprodukte derselben.

**Haematoxylin.** Der Farbestoff aus Haematoxylon campechianum (dem Campecheholz oder Blauholz), der von Chevreul zuerst dargestellt, später namentlich von O. L. Erdmann untersucht worden ist. J. f. p. Ch. XXVI. 193. Man erhält es durch Ausziehen des käuflichen trocknen Wasserextractes mit Aether, indem man dasselbe mit vielem Quarzsand oder Glaspulver mischt; den Aether abdestillirt, den Rückstand mit Wasser vermischt und der Krystallisation überlässt. Durch mehrmaliges Umkrystallisiren in Wasser wird das Hämatoxylin rein erhalten. Es ist an sich kein Farbestoff, sondern, wie das Lecornin, Orein, Phloridzin, eine Farbstoff erzeugende Substanz, welche gefärbt erscheint, wenn man sie mit starken Alkalien, namentlich Ammoniak und Sauerstoff, in Berührung bringt. Die Krystalle sind durchsichtig, stark glänzend, und oft einige Linien lang. Sie gehören wahrscheinlich dem zwei- und eingliedrigen Systeme an, vielleicht dem viergliedrigen, dem sie Teschenmacher zuschreibt, (Pogg. Ann. XII. 526.) Der Geschmack des Hämatoxylins ist stark süßholzartig, es löst sich in kaltem Wasser wenig mit Strohfärbung auf, in der Siedehitze reichlicher mit dunkler Farbe. Beim Erkalten krystallisirt es leicht mit verschiedenen Proportionen Wasser. Dabei muss sorgfältig alles Ammoniak abgehalten werden, weil die geringste Spur davon die Substanz roth, dann blau färbt. In Alkohol und Aether ziemlich leicht löslich. Das Licht röthet selbst im luftleeren Raume die trocknen Krystalle. Der Hitze ausgesetzt sublimirt die Substanz nicht im mindesten, zersetzt sich unter Hinterlassung vieler Kohle, liefert mit Kali geschmolzen kein Ammoniak. Die krystallisirte Verbindung besteht aus  $C_{10} H_{10} O_{12} = C_4 O H_{12} O_{15} + 8 \text{ Aq.}$  sie enthält 16% Wasser, die bei 160° vollständig entweichen. Zuerst gehen 5 At. = 10% fort, so dass eine Verbindung mit 3 At. Wasser zurückbleibt, diese kann auch krystallisirt erhalten werden.

Die Säuren lösen im verdünnten Zustande das Hämatoxylin unverändert auf, es krystallisirt beim Erkalten meist wieder heraus. Salpetersäure bildet Oxalsäure. Chromsäure zersetzt es vollständig; ebenso Chlor; mit Basen wird ein schwacher weißer Niederschlag erzeugt. In Berührung mit starken Basen, Baryt, Kali, Ammoniak und Sauerstoff geht das schwach gelb gefärbte Hämatoxylin in eine intensiv blaugefärbte Verbindung über, indem dabei verschiedene Oxydationsstufen gebildet werden. Kohlensaure Alkalien wirken weniger kräftig; essigsäures Bleioxyd giebt einen weissen Niederschlag, der sich an der Luft schnell blau färbt. Salpetersaures Silberoxyd wird schon in der Kälte reducirt; ebenso Goldchlorid. Selbst Bleioxyd für sich erleidet diese Reduction. Schwefelwasserstoff verbindet sich mit dem Farbestoff zu einer farblosen Verbindung, ohne ihn zu reduciren, wie Kuhlmann angiebt. Durch Ammoniak und Sauerstoff

wird die blaue Verbindung, Hämatein-Ammoniak durch blosse Oxydation ohne Entwicklung von Kohlensäure hervorgebracht. S. d. Art. M.

**Härte der Mineralien.** Die Härte ist eins der wichtigsten Kennzeichen der Mineralien, und dürfte daher im vorliegenden Wörterbuche, wo so viele Mineralien aufgeführt sind, nicht unerwähnt bleiben, obgleich der Artikel eine ausführliche Erörterung nur in mineralogischen Schriften finden kann. Man ermittelt die Härte eines Minerals, wenn man mit einem bereits bekannten in das zu prüfende zu ritzen versucht. Gelingt dies, so ist das bekannte Mineral härter als das andere, und wenn dieses in jenes ritzt, so ist das bekannte das weichere. Werner unterschied 5 Härtestufen; er nannte ein Mineral 1) hart, wenn es von der Feile nicht angegriffen wird, und am Stahle Funken giebt; 2) halbhart, wenn es nicht mehr Funken giebt, aber noch schwierig von der Feile oder einem Messer angegriffen wird; 3) weich, wenn es leicht vom Messer geritzt wird, ohne vom Nagel des Fingers angegriffen zu werden; 4) sehr weich, wenn es schon von dem Fingernagel geritzt werden kann.

Die ansehnlichen Verschiedenheiten, die hier in einer Abtheilung, namentlich in der der harten Mineralien vorkommen, so wie die Abweichungen, welche sich bei den Werkzeugen, Feile und Messer, wenn sie aus ungleichem Material sind, finden, veranlassten spätere Mineralogen eine genauere und aus mehr Stufen zusammengesetzte Härteskala aufzustellen. Die nachstehende, von Mohs entworfene, ist als eine sehr zweckmässige anerkannt und ziemlich allgemein in Aufnahme gekommen. Es werden darin 10 Mineralien, die hinsichtlich ihrer Härte stufenweise möglichst gleich weit von einander abstehen und auch so allgemein verbreitet sind, dass sie für jede Mineraliensammlung leicht beschafft werden können, als Normalkörper aufgeführt, mit denen die Versuche des Ritzens anzustellen sind, worauf die Härte nach dem Mineral der Skale bezeichnet wird, mit welchem das untersuchte übereinstimmt. Diese 10 Körper sind: 1) Talk; 2) Gyps; 3) Kalkspath; 4) Flusspath; 5) Apatit; 6) Feldspath; 7) Quarz; 8) Topas; 9) Rubin; 10) Diamant. Viele Mineralogen finden es noch bequemer, statt Kalkspath- oder Quarz-Härte u. s. w. zu sagen, nur die Ziffer der Härtestufe zu setzen, also 4, 7 u. s. w. Härte: 8, würde also heissen, ein Mineral habe die Härte des Topases. Oft setzt man auch noch einen Bruch zu diesen Zahlen, wenn die Härte sich nicht genau durch die Skale ausdrücken lässt, z. B. Härte: 3, 5, bezöge sich also auf ein in der Härte zwischen Kalk- und Flusspath stehendes Mineral. Versuche, um die Härte auf verschiedenen Flächen und in verschiedenen Richtungen bei demselben Mineral zu bestimmen, haben Frankenheim (dessen Lehre von der Cohäsion s. 328 ff.) und A. Seebeck (Programm d. Cöln. Realgymn. in Berlin 1833.) beschrieben. Vergl. Glöcker Mineralog. Jahreshfte Bd. I. 43, 205; II. 69. B.

**Hachrout.** Eine indische Farbpflanze, Rubiacee, welche sich im färbenden Gehalt und Farbe nicht wesentlich von Nona unterscheidet. (Dingl. polyt. Journ. XLV. 351.) M.

Hagel. Man kann 3 Arten von Hagel unterscheiden:

- 1) Gefrorne Regentropfen. Es sind durchsichtige Eiskügelchen, welche entstehen, wenn nach einer grossen Kälte plötzlich feuchte Thauwinde eintreten; die dann herabfallenden Tropfen gefrieren in der noch nicht verdrängten kalten Luftschicht am Boden. Dieses Phänomen scheint mit zunehmender Breite häufiger zu werden, wenigstens wird es auf den Polarmeeren öfter beobachtet, als in mittleren Breiten.
- 2) Graupeln (S. diesen Bd. S. 304.)
- 3) Hagel im engern und eigentlichen Sinne (Schlossen, *grêle*). Er hat eine pyramidenähnliche oder birnförmige Gestalt, ist an der untern Seite halbkugelförmig abgerundet und um die weisse, schneeartige Masse im Innern zeigen sich meist, zuweilen wieder mit Schneeschichten wechselnd, mehrere concentrischschaalige Lagen von durchsichtigem Eise, so dass er als ein Graupelkorn mit einer Eiskruste anzusehen ist\*). Die Hagelkörner erreichen zuweilen eine bedeutende Grösse, bis zu mehreren Zoll im Durchmesser (wie Tauben- und Hühnereier, von Faustgrösse u. dergl.) und ihr Gewicht kann in seltenen Fällen bis zu  $\frac{1}{2}$  — 1 Pf. anwachsen, wobei wohl in der Regel eine Vereinigung von Körnern durch Zusammenschmelzen stattgefunden. In einigen Fällen hat man im Innern Luftblasen, Spreu, Sand, vulkanische Asche (bei einer vulkan. Eruption) und magnetischen Staub (?) gefunden. Bei grosser Nähe der Hagelwetter hört man zuweilen ein starkes Geräusch, welches wahrscheinlich durch die von Windstössen gegen einander getriebenen Körner veranlasst wird, nach Peltier aber von elektrischen Entladungen herrühren soll.

Die Hagelwetter (wozu in den Untersuchungen von Kämtz, Vorlesungen über Meteorol. S. 448, auch die Graupelschauer gerechnet sind) treffen zu allen Tageszeiten ein, auch in der Nacht, aber am häufigsten in der wärmsten Zeit am Tage. Für Deutschland und die Schweiz ergiebt sich die Zahl derselben (Winter=Dec., Jan. u. Febr.; u. s. f.):

Stunden.	Winter.	Frühling.	Sommer.	Herbst.	Jahr.
Von 1— 4 Uhr Morg.	1	—	3	1	5
„ 5— 8 „ „	14	19	4	9	46
„ 9—12 „ Mittags	7	32	19	11	69
„ 1— 4 „ Nachm.	23	89	51	28	191
„ 5— 8 „ „	7	34	34	12	87
„ 9—12 „ Mittern.	6	20	11	5	42
Das Maxim. betrug u. fiel auf Nachmitt.	10 2 <sup>h</sup>	38 2 <sup>h</sup>	17 4 <sup>h</sup>	13 2 <sup>h</sup>	76 2 <sup>h</sup>

\*) Nöggerath in N. Act. Acad. Leop. Carol. III, 569; Gilb, Ann. LXVIII, 323. Mérian: Soc. d'Hist. nat. Bäle 1834—35.

Der Hagel im engeren Sinne fällt vorzugsweise im Sommer. Zählt man aber auch die Graupeln dazu, so erhält man (bei den Jahreszeiten in Procenten der Zahl von Hagelwettern im Jahre):

	Hageltage im Jahre	Winter.	Frühling.	Sommer.	Herbst.
England	....	45.5	29.5	3.0	22.0
Frankreich und die Niederlande	10—20	32.8	39.5	7.0	20.7
Deutschland	5 *)	10.3	46.7	29.4	13.6
Dänemark **)	4	12.2	45.5	14.6	27.6
Ost-Europa	3	9.9	35.5	50.6	13.0
Rom	5	43.9	38.1	9.0	9.0
Neapel ***)	10	31.0	42.5	2.8	23.9

Im mittlern Europa nimmt also mit der Entfernung von der Küste die Häufigkeit ab; in England fällt Hagel am häufigsten im Winter (wahrscheinlich Graupeln), in Dänemark, Frankreich und Deutschland im Frühlinge (besonders im April), noch weiter östlich erhält der Sommer das Uebergewicht. Im südlichen Italien sind, wie in England, Winter und Frühling der Hagelbildung am günstigsten, am wenigsten dagegen der Sommer, und zwar scheinen 2 Maxima (März und November oder Decèmber) hier ebenfalls auf analoge Verhältnisse mit der Vertheilung des Regens (s. d.) im Jahre hinzuweisen.

**Geographische Verbreitung.** In Tiefebnen und bis zu Höhen von 1—2000 Fuss sind Hagelwetter in der tropischen Zone eine grosse Seltenheit: in manchen Gegenden machen sie einen grössern Eindruck auf das Volk, als selbst ein Meteorsteinfall (Cumana, Martinique, Isle de France). Bei grösserer Erhebung über dem Meere trifft man sie nicht so selten an; so hat man sie z. B. in Bornu, Habesch, Mysore, Mexico, Caracas, Peru beobachtet, und in Ostindien finden sie sich überhaupt selbst in tiefern Gegenden häufiger, wie zu Tatta am Indus. Die hohe Wärme solcher Ebenen bewirkt offenbar ein Schmelzen des fallenden Hagels. In höheren Breiten wird Hagel fast überall angetroffen, wo es regnet, in Europa besonders häufig zwischen 40 und 55° Breite; †) selten ist er auf dem Meere und bei Temperaturen unter 0° C. — Hagelwetter sind gewöhnlich auf einen kleinen Raum beschränkt, oder sie haben bei grosser Längenausdehnung eine sehr geringe Breite, wie z. B. das berühmteste dieser Art, welches am 13. Juli 1788 ††) in zwei parallelen Zonen vom südlichen Frankreich nach Holland in Zeit von wenigen Stunden fortrückte und einen

\*) Im nordwestlichen Deutschland steigt die Zahl auch bis gegen 10 an.

\*\*) Aus 32 J. Beobachtungen in Kopenhagen berechnet.

\*\*\*) Aus 7jährigen Beobachtungen; die von Rom hat Kämtz aus 11 Jahren berechnet.

†) Das südliche Frankreich ist besonders oft von schweren Hagelwettern heimgesucht.

††) S. Tessier in Mém. de l'Academie, 1790.

unermesslichen Schaden verursachte. Manche Gegenden leiden häufig vom Hagel (bei Clermont in der Auvergne), während benachbarte (zwischen M. d'Or und Puy de Dôme) selten davon betroffen werden; auch in engen Alpentälern (von Aosta, Canton Wallis) ist Hagel selten, aber sehr häufig an ihren Ausgängen in die Ebene (z. B. Borgofranco im Aosta-Thal, Ivrea, Lugano und überhaupt am Südabhange der Alpen). Auch soll der Hagel in höher gelegnen Gegenden nicht so oft vorkommen, als in der Tiefe; indessen haben doch Saussure, Charpentier, Peytier u. A. nicht selten an hohen Punkten (Col de Géant, Gotthard, Pyrenäen) Hagelschauer erlebt. — Die Beschaffenheit des Bodens, ob er ein Sandfleck, Morast, Feld oder Wald ist, scheint auch einigen Einfluss zu haben; wahrscheinlich hat man denselben überschätzt, denn längere gleichzeitige Beobachtungen in Böhmen zeigen, dass die Grösse des Hagelschadens nicht von der Waldbedeckung hergeleitet werden kann, sondern dass hier Gebirge und Windrichtung als Ursachen der grossen Verschiedenheiten angenommen werden müssen.

Der Zustand der Atmosphäre bei Hagelwettern. Häufig zeigt sich nach Kämtz am Boden eine sehr gesteigerte Wärme, und in Folge dessen eine ungewöhnlich schnelle Abnahme derselben nach der Höhe (40—60 Toisen auf 1° C.), weshalb man nicht die mittlere Höhe für eine Jahreszeit betrachten darf, denn sonst erhält man eine zu grosse Wärme für Eisbildung in der Region der Hagelwolken. Oft sinkt das Barometer langsam vor dem Hagel, was nach Kämtz dessen Vorbereitung durch südliche Winde darthut; diese werden durch nördliche verdrängt und das Barometer steigt meist nachher. Wo der Kampf beider am Lebhaftesten ist, findet vorzugsweise Hagel statt, so dass er nur eine lokale Aeusserung allgemeinerer Witterungsverhältnisse ist (Kämtz Vorles. 457). — In der Regel beobachtet man dabei zwei oder mehrere Wolkenschichten über einander und die Farbe derselben geht von Blau in Aschgrau über, oft mit einem eigenthümlichen, gelblichen Ansehn. Ein intensiv elektrischer Zustand der Wolken und überhaupt Gewittererscheinungen begleiten das Phänomen des Hagels. Die meisten Beobachtungen, sowohl in Europa, als in Nordamerika (Clark, Olmsted etc.), stimmen in der Heftigkeit und Kälte des Windes, wie in dem Vorhandensein verschiedener Winde überein, und Lecoq beobachtete in einer Hagelwolke selbst die heftige Wirbelbewegung des Niederschlages<sup>\*)</sup>. Gewöhnlich zeigt sich vorher ein blässereres Blau des Himmels und Neigung zur Cirrus-Bildung, in den untern Schichten aber Windstille; später tritt eine Bildung dicker Wolken in tiefern Regionen ein.

Die Schwierigkeit, das Entstehen grosser Eismassen, besonders in so grosser Menge in der heissen Jahreszeit, zu erklären, ist von jeher gefühlt worden. Die Elektrizität blieb lange Zeit das einzige Mittel zur Erklärung; Musschenbroek, Mongez, Beccaria, De Luc und seine Anhänger, Lichtenberg, Lampadius u. A. stellten solche Hypothesen auf, in denen der Ursprung und die Wirkung der Elek-

<sup>\*)</sup> Compt. rend. de l'Acad. 1836, I. 324.

Chem.-phys. Wörterb. II.

tricität verschieden modificirt, vorgetragen, wurden. Auch Volta's\*) berühmte und sinnreiche Hypothese gehört dahin, und sie hat sich da zu erhalten gewusst, wo die Meteorologie noch keine systematische Behandlung erfahren, wie in Italien und Frankreich\*\*), während man in Deutschland längst von dieser Ansicht zurückgekommen. Nach Volta entsteht die Kälte durch schnelle Verdunstung an der Oberfläche einer von der Sonne beschienenen Wolke, wobei die Trockenheit der Luft darüber und die Elektrizität die Hauptrolle spielen; es entstehen dann 2 Schichten von Wolken mit entgegengesetzter Elektrizität, und die sich bildenden Schneeflockchen werden (ähnlich wie im elektrischen Puppenspiel) durch Anziehung und Abstossung zwischen jenen beiden Schichten so lange hin- und herbewegt, bis sich grössere Körner gebildet haben, woran sich eine Eisschicht niederschlägt. Endlich überwiegt die Schwere der angewachsenen Hagelkörner die elektrische Abstossung der untern Schicht und sie fallen nun hindurch und auf die Erde nieder. Prechtl,\*\*\*) Bellani,†) Arago, Muncke, Lecoq u. A. machten auf Erscheinungen aufmerksam, mit welchen die Volta'sche Erklärung in Widerspruch steht. Die Elektrizität erscheint nun vorzugsweise als eine begleitende Wirkung und nicht mehr als Ursache der Hagelbildung.

In Deutschland hat die scharfsinnige Theorie,††) welche L. v. Buch aus Du Carla's Gewittertheorie folgerte, den meisten Anhang gefunden: Die äussere Eishülle ist nach ihm das unmittelbare Produkt eines Verdampfungsprozesses. Hagel ist in grösseren Höhen Regen (auch Prinsep ist dieser Ansicht), und um die Verdampfungskälte zu steigern, wird in Folge ungewöhnlicher Erwärmung des Bodens ein lebhaft aufsteigender Strom feuchter Luft angenommen, der gegen Seitenströme geschützt sein muss. Nach Muncke†††) gefriert der Niederschlag durch den hoch aufsteigenden, gesättigt feuchten Luftstrom schon durch die Kälte oben (Graupeln), die Wolken sinken herab, die umgebende Luft dringt ein und die Hagelbildung geht vor sich. Olmsted††††) nimmt an, dass in einer feuchten Luftmasse der Dampf niedergeschlagen wird und gefriert, wenn eine plötzliche Vermischung eines kalten Windes in den obern Regionen

\*) Operet. I. Brugnatelli Giorn. I. Gehl. Journ. VII.

\*\*) Peltier (Météorologie, Observ. et recherc. experim. sur les causes qui concourent à la formation des Trombes. Brux. 1841. p. 109—117) hat ganz kürzlich noch eine der Volta'schen Hypothese sehr ähnliche elektrische Erklärung gegeben, welche davon nur in der Ursache der niedern Temperatur und der strahligen Textur der Spitzen und Kanten der Hagelkörner abweicht. Jene leitet er von grosser elektrischer Tension der Nebelbläschen ab (!), die ihre Elektrizität nur langsam an die Peripherie mittheilen; diese schreibt er der elektrischen Strahlung zu und den zahllosen elektrischen Wechselwirkungen zwischen den beiden entgegengesetzt elektrischen Wolken auf den dazwischen oscillirenden Hagel-Embryo.

\*\*\*) Gehl. Journ. VII. 223.

†) Brugnatelli Giorn. di Fis. X. 369.

††) Denkschriften der Berl. Akad. 1814—15. 73.

†††) Gebler, Wört. V. I. Abth. 68. Auch Franklin u. Cotte hatten im Wesentlichen dieselben Ansichten.

††††) Silliman Amer. J. XVIII. 1; Schweigger N. Jahrb. I. 154.

mit einem warmen stattfindet. Die Grösse des Hagels hängt von der Kälte jenes Windes, der Höhe und der Luftfeuchtigkeit ab. — Aus allen Beobachtungen an der Atmosphäre vor und während des Hagels folgert Kämtz ebenfalls einen lebhaften Courant ascendant und eine ungewöhnlich starke Wärmeabnahme nach oben, wobei die Cirri in der Höhe durch die feuchte Luft verdichtet werden, sich in die Tiefe senken und Cumuli bilden, und dabei zu Luftströmungen Veranlassung geben, welche neue Niederschläge und Entwicklung starker Elektricität hervorrufen. Treten nun noch kalte nördliche Winde ein, so wird die Condensation beschleunigt, in den dunklen Wolken zeigen sich heftige Bewegungen, und indem ein Wirbel nach der Höhe hinaufdrückt, vergrössern sich die Schneeflockchen der Cirri zu Graupelkörnern, und unter Blitz und Donner stürzt Hagel herab. Heftige Windstösse von kurzer Dauer fördern die Bildung grösserer Hagelkörner, und erklären die Pausen in den Hagelfällen. Von der Wärme und Feuchtigkeit der unteren Schichten der Atmosphäre hängt es ab, ob der Hagel sich unterwegs vergrössert und mit Eisschichten bedeckt, oder ob die Schneeflocken und Graupeln wieder schmelzen, ehe sie den Boden erreichen, so dass sie, indem sie durch ihre Kälte viel Dampf niederschlagen, unten als grosse Tropfen anlangen. Gebirgsgegenden werden nach ihrer Lage auf den Courant ascendant und die in Kampf tretenden Winde einen merklichen Einfluss äussern. Die grosse Erstreckung einiger Hagelwetter schreibt Kämtz ebenfalls dem Kampf zweier verschiedenen warmen Winde zu, an deren Berührungslinie sich dann eben nur der Eisniederschlag bilden kann.

Um über diese Hypothesen zu entscheiden und die angegebenen Ursachen an einzelnen Fällen zu prüfen, ist eine grössere Reihe von gleichzeitigen Beobachtungen, besonders an benachbarten Orten und in verschiedenen Höhen erforderlich, als bisher benutzt werden konnten. Aus den analogen Verhältnissen der Vertheilung der Hagelwetter in der jährlichen Periode mit der des Regens scheint uns mit ziemlicher Gewissheit hervorzugehen, dass wir die Ursachen bloss als die Extreme in den Niederschlägen überhaupt anzusehen haben, und dass deshalb die meisten Hagelwetter als mehr oder weniger lokale Aeusserungen allgemeiner Witterungsverhältnisse anzusehen sind. Wenn aber manche Gewitter (s. d. B. S. 258) ganz entschieden rein lokalen Ursprungs sind, so ist es wohl sehr wahrscheinlich, dass für gewisse Hagelwetter (Gewitter mit Eisniederschlag, der den Boden erreicht) der Ursprung in ihrer unmittelbaren Nähe aufzusuchen ist, wozu allerdings auch eine bestimmte allgemeinere Witterungsdisposition, wie bei den Courant-ascendant-Gewittern überhaupt als Vorläufer erfordert wird. Auch hier würden dann verschiedene Ursachen denselben Effekt hervorbringen können; vielleicht lehrt auch noch eine genauere vergleichende Untersuchung der Hagelkörner constante Unterschiede in ihrer Form und Zusammensetzung kennen, je nachdem sie durch den Kampf zweier Winde, oder durch den aufsteigenden Luftstrom entstanden sind.

Literatur. v. Buch a. a. O. Arago, Annuaire p. 1828, Ann. de Chim. XXXIII, Pogg. Ann. XIII. 344. Ideler, Pogg. Ann. XVI und XVII; dessen: Untersuchungen über den Hagel. Leipzig 1833.

Muncke, Gebl. Wörterb. V. 1. Abth. 30 — 82. Kämtz, Lehrb. d. Meteorologie II. 495, Vorles. über Meteorol. 445. Forbes Geschichte d. Meteorol., v. W. Mahlmann herausg. S. 223 seq. Schwaab, Theorie der Hagelbildung, Cassel 1844. W. Mn.

**Hagelableiter, Paragrèle.** Der unermessliche Schaden, welchen oft besonders Felder und junge Waldschläge durch Hagelwetter erleiden, und der sich zuweilen auf mehrere Millionen Thaler beläuft, musste die Idee anregen, ob nicht Schutzmittel dagegen aufzufinden sein möchten. Da die Elektrizität lange Zeit als Ursache des Hagels angesehen wurde, so that Guenaut de Montbeillard (1776) zuerst den Vorschlag, die Wolken durch eine Menge Blitzableiter ihrer Elektrizität zu berauben, und dieser fand bald Vertheidiger, wiewohl selbst die Erfahrung lehrte, dass Blitzableiter zwar einzelne Gegenstände gegen den Blitz sichern, aber nicht den Gewitterregen verschrecken können, also auch gegen Hagelwetter ein unnützer Apparat sind. Die Preisschriften, welche 1785 von der Bair. Akademie,<sup>\*)</sup> und 1798 nochmals von der Berliner Gesellschaft naturforschender Freunde<sup>\*\*)</sup> gegeben wurden, führten zu dem Resultat, dass Elektrizität nicht als Ursach der Hagelbildung anzusehen sei, eine Ansicht, die neuerlich allgemeiner geworden ist (s. S. 338), und dass es weder möglich noch dem Zweck entsprechend sei, durch zahlreiche Ableiter den Hagelwolken ihre Elektrizität zu entziehen. Nichtsdestoweniger trat noch im Jahre 1820 La Postolle mit einer Empfehlung von hölzernen Ableitern und Strohseilen hervor, denen später eine Metallspitze aufgesetzt wurde. Ein lebhafter Streit begann zwischen den Physikern und noch mehr zwischen den Landwirthen (z. B. den Agriculturvereinen von Bologna, Genf, Lyon, Paris u. a.). Gay-Lussac, Biot, Arago u. A. wiesen das Unsinnige in jenen Vorschlägen nach; aber vergeblich! man sah bald viele Felder und Weinberge in Süd-Frankreich, Süd-Deutschland, der Schweiz und besonders Italien mit einer Menge hoher Stangen bedeckt. Endlich lehrte auch hier die Erfahrung, dass sie in der That den erwarteten Schutz nicht brachten (z. B. 1826), wiewohl dies schon aus dem Verhageln von Wäldern hätte einleuchten sollen.

Manche hofften, durch heftige mechanische Erschütterung der Luft, durch grosse Feuer, Abfeuern von Kanonen u. dergl. die Hagelbildung zu verhindern; man berichtet u. a., dass sich die Gemeinden von Cesena in der Romagna durch viele Feuer von Stroh und Holz gegen Gewitter und Hagel schützten, und dass viele Gemeinden in Frankreich von Anhöhen aus gegen die Wolken kanonirten.<sup>\*\*\*)</sup> Die Wirksamkeit dieser Mittel ist aber noch nicht ausser Zweifel gesetzt, und kann höchstens für Hagelwetter von rein lokalem Ursprunge zugegeben werden. Auch hat man Streifen von Wald, Erhaltung der Waldungen überhaupt und Aehnliches in Vorschlag gebracht †); doch auch diese Vorschläge werden durch Erfahrungen beseitigt, und so

<sup>\*)</sup> Plac. Heinrich in N. Abhandl. der Akad. V.

<sup>\*\*)</sup> Neue Schr. d. Gesellsch. III.

<sup>\*\*\*)</sup> Annuaire pour 1838. p. 530. 541.

†) Scherz, Ackerb. I. 13 u. andre landwirthschaftliche Schriften.

scheint man auf sichere und ausführbare Mittel der Art Verzicht leisten zu müssen. Assecuranz-Gesellschaften bleiben der einzige zuverlässige Schutz gegen eine so zerstörende Naturerscheinung.

Literatur. Gilbert's, Ann. VII, X, XII, XXIV. Arago, Annales p. 1828. et 1838. Muncke, Gehler's Wörterb. V. 1 Abth. 82—94.

W. Mn.

**Halber Ton**, das kleinste in der Musik gebräuchliche Intervall, ist entweder kleine Secunde (diatonischer halber Ton) z. B. *c-des*, oder übermässige Prime (chromatischer halber Ton) z. B. *c-cis*. Jene, aus grosser Terz und Quarte durch Subtraction abgeleitet, erhält das Verhältniss 15: 16 (grosser halber Ton), diese, aus der kleinen und grossen Terz berechnet, bekommt 24: 25 (kleiner halber Ton). Da man aber in der Ausübung meistens beide für gleich zu nehmen pflegt, so werden mehr die dazwischen liegenden Werthe gebraucht. So erhält man durch arithmetische Theilung des grossen ganzen Tons 8: 9, die beiden halben Töne 16: 17 u. 17: 18, durch gleiche Theilung des kleinen halben Tones 9: 10, die Verhältnisse 18: 19 u. 19: 20. Auch das pythagorische Limma, welches der Unterschied zwischen dem Ditonus und der Quarte, zwischen drei Octaven und fünf Quinten, also 243: 256 ist, sowie das kleine Limma, oder der Unterschied des grossen ganzen und grossen halben Tons, also 128: 135, liegen zwischen jenen Grenzen. Das grosse Limma, welches der Unterschied des grossen ganzen und kleinen halben Tones, also 25: 25 ist, ist um ein syntonisches Komma grösser als der grosse halbe Ton. Nach gleichschwebender Temperatur bekommt der halbe Ton das Verhältniss  $1: \sqrt[12]{2}$ , welchem Werthe unter den obigen 17: 18 sehr nahe kommt.

S.

**Halbharze**, auch Unterharze, *Sous résines*, hat *Bonastre*, die in kaltem Alkohol unlöslichen, und aus heissem Alkohol beim Erkalten krystallisirenden, meist flüchtigen Harze genannt.

M.

**Halbkugeln**. Die Magdeburgischen Halbkugeln sind zwei an einander passende hohle Halbkugeln aus Metall, aus denen man, nach dem man sie luftdicht auf einander gepresst hat, durch eine an der einen Hälfte angebrachte, mit einem Hahn verschliessbare Ansatzröhre die Luft auszupumpen pflegt, um den Widerstand zu zeigen, welchen der äussere Luftdruck den Versuchen, die Hälften wiederum zu trennen, entgegensetzt. Dieser Versuch wurde zuerst von Otto v. Guericke angestellt.

R.

**Halbleiter**, siehe *Leiter*.

**Halbschwefeläetherin-Schwefelsäure**. Die Masse, welche durch Einwirkung der Salpetersäure auf doppelt Schwefeläetherin erhalten wird, wird eingedampft, in Wasser gelöst, und zur Verjagung der Salpetersäure nochmals im Wasserbade eingedampft. Der Rückstand wird mit kohlensaurem Baryt neutralisirt, der die Schwefelsäure entfernt. Das auflösliche Barytsalz ist weiss, verliert bei 140° kein Wasser, giebt bei der trocknen Destillation Wasser, schwefelhaltige Produkte, schwefelige Säure und hinterlässt Kohle

und schwefelsaure Baryterde. Die Säure kann abgeschieden werden, und ist sehr beständig. Sie besteht aus  $2(C, H, S) + SO_2 + Aq.$  Loewig, Lehrb. I. p. 496. M.

**Halloisit** oder Halloyit, wurde von Berthier ein zu Angleur bei Lüttich gefundenes Mineral benannt. Es ist erdig, weiss, ins Bläuliche oder Gelbliche ziehend, hängt stark an der Lippe, und besteht aus 44,94 Kieselsäure, 39,06 Thonerde und 16,00 Wasser, woraus sich keine Formel ableiten lässt. Den Namen gab Berthier zu Ehren des Geologen Omalius de Halloy. Der Halloisit ist auch in Frankreich an verschiedenen Orten, in Oberschlesien und in Neu-Granada gefunden worden. Ann. de Chem. et de Phys. XXXII. 332. Ann. des Mines III, Ser. III. 393, V. 554, IX. 500. Journ. für pr. Chem. XII. 173. B.

**Haloide**, Haloidsalze (von  $\alpha\lambda\omicron\varsigma$ ,  $\acute{\alpha}\lambda\omicron\varsigma$  Salz und  $\dot{\iota}\delta\omicron\varsigma$  Ansehn, Gestalt), sind Verbindungen von Metallen mit den Salzbildern Chlor, Jod u. s. w., die eine eigene Abtheilung unter den Salzen ausmachen. S. Salze. B.

**Hammeltalg**. Der Hammeltalg ist weiss und geruchlos, wird nach und nach unangenehm riechend. Erhöht beim Erstarren seine Temperatur von  $40^\circ$  bis auf  $41^\circ$ , enthält Stearin, Olein, wenig Margarin und Hircin. Aus Alkohol durch Wasser gefällt, nimmt dieses eine saure, extractartige Masse auf. Bei der Verseifung werden die den Fettarten entsprechenden Säuren gebildet und ein sehr reines Glycerin. An der Luft lange Zeit aufbewahrt, wird es ranzig und sauer. Der ausgekochte Talg schmeckt dann nicht mehr ranzig, verseift sich jedoch sehr schnell. In 44 Th. kochendem Alkohol von 0,821. spec. Gewicht löst er sich. S. Chevreul Recherches sur les corps gras d'origine animal. M.

**Hanfoel**, ist grünlich gelb, wird später ganz gelb, riecht widrig, erstarrt bei  $27^\circ$ , spec. Gew. 0,926; löst sich in Alkohol, namentlich in kochendem. Es wird nach Resal in Lichte dunkelroth. Es wird zu Schmierseifen angewendet. Der Hanfsamen giebt 25% Oel. M.

**Harmalaroth**. Das zu technischer Benutzung zum Färben von Zeugen zubereitete Pulver des Harmalasamen, in welchem das gelbe Pigment durch Oxydation (mit Salpetersäure) in ein rothes Pigment, phosphorsaures Harmala, verwandelt worden ist. Es ist braunroth, nicht unähnlich der gepulverten Cochenille. Goebel, Lieb. Ann. XXXVIII. p. 364. M.

**Harmalin**. In Peganum Harmala (tartarisch: Zyserlik) hat Goebel einen eigenthümlichen Farbstoff entdeckt, welcher eine Pflanzenbasis ist: Harmalin. In der Pflanze mit Phosphorsäure verbunden, kann es durch Wasser aus derselben ausgezogen werden. Es stellt bräunlich-gelbe Krystalle dar, welche rhombische Säulen mit ein- und zweigliedrigen Octaëderflächen; darbieten es schmeckt schwach bitter, färbt den Speichel gelb, schwer löslich in Alkohol, Aether und Wasser. Beim Erhitzen schmilzt und zersetzt es sich, und liefert ein mehliges, weisses Sublimat. Die Salze des Harmalins sind gelb. Nach Varrentrapp und Will besteht es aus  $C_{24}H_{31}N_4 + H_2O$ . Noch bei  $190^\circ$  verliert es nicht dieses Was-

ser. Das Platinchloridsalz besteht aus  $C_{2,4} H_{2,8} N_1 O_1 Pt_1 Cl_6$  (Lieb. Ann. XXXIX. 290). Durch Oxydation geht das Harmalin in ein herrliches rothes Pigment über, das mit essigsaurer und schwefelsaurer Thonerde gebeizte Seide und Wolle vom tiefsten Ponceau bis zum hellsten Rosa färbt. Das rothe Pigment nennt Goebel Harmala, s. Harmalaroth.

Das Peganum Harmala wächst in der Krim als ein sehr lästiges Unkraut, der Samen kann jährlich zu vielen hundert Zentnern eingesammelt werden. Das Harmalin gewinnt man aus dem gepulverten Harmalasaamen durch Präcipitation eines essigsauren, wässrigen Auszugs mit Kali, Auswaschen mit Wasser und absolutem Alkohol. Die mit Essigsäure erhaltenen Krystalle werden mit Thierkohle behandelt, durch Kali zerlegt, der Niederschlag in Alkohol gelöst und krystallisirt. Lieb. Ann. XXXVIII. 365. M.

**Harmattan**, die bei den Negern gebräuchliche Benennung des in Aegypten unter dem Namen Chamsin, in Arabien und Persien und der Nordküste von Afrika unter dem Namen Samum bekannten heissen Wüstenwindes. Der Name Harmattan soll nach Dobson aus Aberramantah entstanden sein, von aberraman, wehen, und tah Talg, weil die Neger ihre Haut, wenn dieser Wind weht, mit Fett einreiben, um das Springen derselben zu verhüten. S. Chamsin. D.

**Harmonichord**. Dieses von Kaufmann, Vater und Sohn, erfundene Tasten-Instrument, dessen Töne durch Saiten mittelst einer Streichwalze hervorgebracht werden, ist wohl das vollkommenste unter denjenigen Singinstrumenten (Instrumenten mit Crescendo), welche von einer Person vielstimmig gespielt werden können, zumal man nicht nur die Töne im Ganzen, sondern jeden einzelnen, ohne die übrigen, kann schwellen und abnehmen lassen, dadurch, dass man die entsprechenden Tasten stärker oder schwächer drückt, und dadurch die Reibung vermehrt oder vermindert. S.

**Harmonika**, zur Unterscheidung von andern Instrumenten, auf die man diesen beliebigen Namen übertragen hat, auch wohl Glockenharmonika genannt, ist ein von B. Franklin erfundenes Instrument, und besteht aus einer Anzahl schalenförmiger Glasglocken, die auf eine gemeinsame Axe aufgereiht sind, durch Treten mit dem Fusse umgedreht, und durch die Reibung der gegen ihren Rand gehaltenen benetzten Finger in Schwingung versetzt werden. Jede Glocke giebt nur einen und zwar ihren tiefsten Ton, indem sie sich durch Knotenlinien in vier Quadranten theilt. Eine dieser Knotenlinien liegt nach Chladni an dem reibenden Finger und rückt mit diesem herum, wodurch bei kleinen Unregelmässigkeiten der Form und Dicke die Höhe des Tones etwas auf- und abgeht. Daher müssen die Glocken, die nicht geschliffen werden dürfen, sehr sorgfältig gewählt sein, wenn das Instrument, das sonst zu den vollkommensten mehrstimmigen Singinstrumenten gehört, nicht an diesem störenden Fehler leiden soll. — Mit dem Namen Glasharmonika bezeichnet man theils dasselbe, theils auch wohl ein Kinderinstrument, aus einer Anzahl Glasstreifen bestehend, die nach Art der Strohfiedel über zwei Bänder gelegt sind und mit Klöppeln geschlagen werden.

Chemische Harmonika wird folgender Tonerzeugungsapparat genannt. Wenn man aus einer senkrechten, oben verengten Röhre Wasserstoff ausströmen lässt und anzündet, und hält über diese Flamme eine Röhre, die entweder an beiden Enden offen, oder auch oben verschlossen ist, so dass die Flamme, die nicht zu gross sein darf, sich in einer gewissen Höhe innerhalb der Röhre befindet, so entsteht ein Ton, wobei die Flamme ihr Ansehn ändert und sich in die Länge zieht. Der Ton ist immer nahezu einer, gewöhnlich der tiefste von denen, welche dieselbe Luftsäule, auch wenn sie auf andre Weise in Schwingung versetzt wird, giebt; wird durch Verlängern der Röhre, durch Decken und Halbdecken auf dieselbe Weise wie beim Anblasen abgeändert; auch kann man, wenn die Röhre mit Tonlöchern versehen ist (wozu sich eine Flöte gebrauchen lässt, an welcher man das Mundloch verstopft und den Pfropfen auszieht), Melodien darauf blasen. Hieraus sieht man, das es Luftschwingungen sind, welche den Ton geben. Von der Art aber, wie diese durch die Flamme erregt werden, macht man sich folgende Vorstellung: Der Wasserstoff verzehrt den Sauerstoff der zuströmenden Luft nicht gleichmässig, sondern stossweise, wie Ofenfeuer bei lebhaftem Zuge, und in viel rascherem Tempo. Wenn nämlich eine kleine Quantität des Gases, welche plötzlich ausströmt, den in der Nähe befindlichen Sauerstoff auf einmal verzehrt, so trifft das nächste Gas nicht gleich Sauerstoff an, und wird daher erst nach einer kleinen Zeit durch den nachströmenden Sauerstoff, und zwar jedesmal mit einer kleinen Verpuffung, verbrannt. Die dadurch entstehenden, sehr schnell auf einander folgenden Erschütterungen und der ungleichmässige Luftstrom erregen die Luftschwingungen; umgekehrt aber werden dann diese wahrscheinlich das Tempo bestimmen, in welchem die kleinen Verpuffungen erfolgen. Doch dürfte vielleicht auch das Erzeugen und Condensiren der Wasserdämpfe einen Antheil an der Erregung des Tones haben, da auch eine am Ende zu einer Kugel erweiterte Röhre, die etwas Feuchtigkeit enthält, durch Erhitzen von aussen her zum Tönen gebracht wird (Pogg. Ann. XLII. 610). — Beim Versuch mit der chemischen Harmonika können nach van Mons (Buchner's Repert. XXXII. 421) auch andre brennbare Gase (Schwefelwasserstoff, Kohlenwasserstoff, Kohlenoxyd, das mit Knallluft und Stickoxyd gemengt ist) statt des Wasserstoffs angewendet werden.

S.

**Harmonie.** Dies Wort wird theils für Consonanz, theils für Accord, theils für eine Folge von Accorden gebraucht. S.

**Harmonische Töne,** siehe Beitäne.

**Harmonische Tonreihe** nennt man die Folge von Tönen, deren Schwingungszahlen der natürlichen Zahlenreihe 1, 2, 3 u. s. w. entsprechen, so dass in der Zeit, in welcher der erste Ton je eine Schwingung vollendet, der zweite zwei, der dritte drei Schwingungen u. s. w. vollbringt. Diese Reihe ist es, deren eine transversalschwingende Saite, eine an beiden Enden offene Luftsäule, ein longitudinalschwingender an beiden Enden freier, oder an beiden Enden ester Stab durch die Bildung von mehr oder weniger Knoten

fähig ist. Nimmt man C als den ersten Ton, so enthält sie folgende Töne:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16  
 C c g  $\bar{c}$   $\bar{e}$   $\bar{g}$   $\bar{i}$   $\bar{c}$   $\bar{d}$   $\bar{e}$   $\bar{f}$   $\bar{f}is$   $\bar{g}$   $\bar{as-a}$   $\bar{i}$   $\bar{h}$   $\bar{c}$  etc.

Fischer (über das akust. Verhältn. der Accorde) nennt diese Reihe die harmonische Oberreihe, dagegen die, deren Schwingungszahlen den umgekehrten Werthen der natürlichen Zahlen entsprechen, d. h. deren Schwingungsdauer durch die natürlichen Zahlen vorgestellt werden, die harmonische Unterreihe. Diese Reihe, die man an den Klirrtönen der Stimmgabel antrifft, ist, wenn man von  $\bar{c}$  ausgeht, folgende:

$\frac{1}{2}$   $\frac{1}{3}$   $\frac{1}{4}$   $\frac{1}{5}$   $\frac{1}{6}$   $\frac{1}{7}$   $\frac{1}{8}$  etc.  
 $\bar{c}$   $\bar{c}$   $f$   $c$   $As$   $F$   $D-Dis$   $C$  S.

**Harmotom**, (von ἀρμόζω, ich füge zusammen, womit Haüy, der diesen Namen bildete, auf die Spaltbarkeit und mechanische Zusammensetzung der Krystalle hindeuten wollte) oder Kreuzstein, gehört zu den zeolithartigen Mineralien, und krystallisirt in rechtwinkligen Säulen, auf deren Kanten die Flächen eines rhombischen oder zweigliedrigen Oktaeders aufgesetzt sind, dessen Endkantenwinkel  $120^{\circ}4'$  und  $121^{\circ}27'$  (Köhler) betragen, deren geringe Differenz hauptsächlich dazu beitrug, dass man früher diese Krystalle als viergliedrige ansah. Einzelne Individuen sind übrigens selten, gewöhnlich findet man zwei so verwachsen, dass sie dieselbe Längsaxe haben, die Säulen sich aber kreuzförmig durchschneiden, worauf sich auch der Name Kreuzstein bezieht. Dergleichen Zwillinge kommen zu Gruppen vereinigt, oder zu zweien, selbst zu dreien rechtwinklig mit einander verwachsen vor; unkrystallisirt ist das Mineral noch nicht gefunden. Die Säule hat gewöhnlich eine breitere und eine schmalere Seitenfläche, von denen die letztere die stumpfe Oktaederkante über sich hat, und stets parallel den Rändern rhombisch gestreift ist. Die breite Seitenfläche dagegen ist glatt, liegt unter der schärfern Oktaederkante, oder einer hier oft vorkommenden Abstumpfung derselben. Parallel der schmalen gestreiften Säulenfläche geht ein sehr deutlicher Blätterbruch, der auf der breiten Seite minder vollkommen ist. Aus diesen krystallographischen und physikalischen Verschiedenheiten ergeben sich neue Bestätigungen dafür, dass die Krystalle des Kreuzsteins zweigliedrig sind. Die Härte kommt der des Apatits nahe, ist aber immer geringer; spezifisches Gewicht 2,16-2,43, Farbe weiss, röthlich, bis blutroth oder farblos.

Der Harmotom ist ein wasserhaltiges Silikat und besteht aus kieselsaurer Thonerde, verbunden entweder mit kieselsaurer Baryterde, oder kieselsaurem Kalk und Kali, wonach man Barytharmotom und Kalkharmotom, auch Kaliharmotom genannt, unterscheidet.

Der Barytharmotom giebt in Kolben erhitzt brenzlich riechendes Wasser, welches auf Ammoniak reagirt, schmilzt vor dem Löthrohr schwierig zu einem klaren Glase ohne sich aufzublähen, und wird in Salzsäure zerlegt, wobei sich die Kieselsäure pulverig abscheidet. Vom Barytharmotom existiren viele Analysen, unter denen folgende herausgehoben sind, um eine genauere Vorstellung von seiner Zusammensetzung zu geben.

Fundort.	Andreasberg.		Schiffenberg bei Giessen.	Strontian.	Oberstein.
Kieselsäure	45,502	48,739	44,79	46,100	46,654
Thonerde	16,417	17,647	19,28	16,412	16,544
Baryterde	20,090	19,222	17,59	20,807	19,117
Kalkerde	1,800	—	1,08	0,627	1,103
Kali	1,124	—	—	0,900	1,103
Eisenoxyd	—	—	0,85	—	—
Wasser	15,000	14,659	15,32	15,111	15,245
	99,933	100,267	97,91	99,957	99,766
Autor:	Köhler. Rammelsberg.		Wernekinck.	Köhler.	Köhler.

In der Analyse von Wernekinck ist in 0,85 Eisenoxyd auch Manganoxyd einbegriffen. Die geringe Menge Kalkerde, welche die Analysen angeben, rührt von eingemengtem Kalkspath her, und lässt sich durch Essigsäure völlig auswaschen und entfernen. Köhler giebt, als seinen ausführlichen Untersuchungen am meisten entsprechend die Formel:  $2(Ba, K)_2 Si_2 + 7 Al Si_2 + 36 H$ .

Der Barytharmotom findet sich auf Erzgängen zu Andreasberg, Kongsberg und Strontian, sowie in Höhlungen der Mandelsteine zu Oberstein, bei Glasgow und am Schiffenberge bei Giessen im Basalt.

Der Kalkharmotom (Phillipsit) wurde viel später als der vorige, und zwar von Wernekinck entdeckt; er hat ein geringeres specifisches Gew. 2,16, bläht sich vor dem Löthrohr etwas auf, und gelatinirt mit Salzsäure übergossen. Zusammensetzung:

Fundort.	Annerode bei Giessen.	Vom Stempel bei Marburg.		Habichtswald bei Cassel.
Kieselsäure	48,36	50,445	48,02	48,222
Thonerde	20,20	21,783	22,61	23,333
Baryterde	0,46	—	—	—
Kalkerde	5,91	6,500	6,56	7,222
Kali	6,41	3,949	7,50	3,889
Eisenoxyd	0,41	—	0,18	—
Wasser	17,09	16,815	16,75	17,555
	98,64	99,492	100,62	100,221
Autor:	Wernekinck.	Köhler.	L. Gmelin.	Köhler.

Köhler stellt hiernach die Formel auf:  $(Ca, K)_2 Si_2 + 4 Al Si_2 + 18 H$ , und macht dabei bemerklich, dass diese Formel eigentlich in der des Barytharmotoms enthalten sei. In der That lässt sich diese auch so darstellen:  $(Ba, K)_2 Si_2 + 4 Al Si_2 + 18 H + 3(Ba Si + Al Si + 6 H)$ , d. h. der Barytharmotom ist eine Verbindung eines barythaltigen Harmotoms von der Formel des Kalkharmotoms, verbunden mit 3 At. Desmin (s. d.), worin Kalkerde durch Baryterde vertreten ist. Obgleich Desmin und Harmotom nicht als isomorph angesehen werden

können, weil Harmotom Bisilikate und Desmin Trisilikate enthält, so weist Köhler doch nach, dass sie in krystallographischer Beziehung manches Uebereinstimmende haben.

Der Kalkharmotom ist bis jetzt nur in Basalten, Wacke und Lava in Kurhessen, in Schlesien bei Löwenberg, am Capo di bove bei Rom, am Vesuv u. a. O. gefunden. S. Gilbert, Ann. LXXVI. 171. Von Leonhard Zeitschrift für Min. 1825. I. S. Pogg. Ann. XXXVII. 561. B.

**Harn** Die in den verschiedenen Thieren durch die Nieren ausgeschiedene Substanz, meist flüssig, bei Schlangen jedoch z. B. fest. Der Harn besteht aus Wasser und einer Anzahl verschiedener chemischer Verbindungen. 1) Harnstoff =  $C_2 N_4 H_4 O_2$ , welcher sich schon im Blute fertig gebildet findet, und sich auch in hydropischen und oft ausgebrochenen Flüssigkeiten entdecken lässt, wenn die Thätigkeit der Nieren gestört ist. 2) Harnsäure. Ausser im Harn auch in den gichtischen Concrementen auftretend. Im Urin der höheren Thiere nur sparsam, doch auch bei Pflanzenfressern erscheinend. Der Schlangenharn fast nur aus saurem harnsaurem Ammoniak bestehend. =  $C_{10} N_8 H_8 O_8$ . 3) Milchsäure.  $C_6 H_{10} O_7 + H_2 O$ . Die Gegenwart derselben wird von Liebig geläugnet. Sie soll sich nur im zersetzten Urin finden. Liebig findet nur Essigsäure im gefaulten Harn.  $C_4 H_6 O_3 + H_2 O$ . Heintz fand eine der Milchsäure ähnliche stickstoffhaltige Säure im Harn. 4) Hippursäure. In grosser Menge im Harn der Pflanzenfresser auftretend, und bei Menschen nach dem Genuss der Benzoë- und Zimmetsäure reichlich entstehend, findet sich auch nach Liebig im Harn gesunder Menschen.  $C_{10} H_{16} N_2 O_8 + H_2 O$ . 5) Extractivstoffe, unter denen der harzartige, von Scharling aufgefundene Omichmyloxyd  $C_{14} H_{10} Cl_2 O_4$ , isomer dem Chlorsalicyl, der einzig isolirte und näher untersuchte ist. Simon hat geglaubt, sein Haemaphaen in Harn wiedergefunden zu haben. 6) Schleim, welcher von den Wänden der Harnblase herrührt, und jedes Secret begleitet. 7) Salze, welche meist aus den genannten Säuren mit Ammoniak oder Natron, Kali, Kalk, Magnesia bestehen; auch schwefel- und phosphorsaure sind darin enthalten, neben Chlorverbindungen, Spuren von Kieselsäure, Fluorcalcium, Eisenoxyd und etwas Manganoxydul. 8) Fett ist im Harn meist nur in Krankheiten, doch findet sich nicht selten Buttersäure darin  $C_4 H_8 O_2 + H_2 O$ . 9) Kohlensäure, welche man früher im Harn angenommen, existirt nicht darin, kohlen-saure Salze nur pathologisch, oder nach dem Genuss von pflanzensaurem Salze, da diese, nach Wöhlens Beobachtung, in kohlen-saure verwandelt werden. Pathologisch kommen noch im Harn vor: das Harnoxyd, auch harnige Säure, oder Xanthicoxyd von Wollaston =  $C_8 H_4 N_4 O_2$ , sehr selten das Cystin, welches sich auch im Guano findet und durch seinen Schwefelgehalt ausgezeichnet ist  $C_6 H_{12} N_2 S_2 O_4$ . Zucker findet sich nur in der Harnruhr  $C_{12} H_{22} O_{11} + 2 H_2 O$ . Die verschiedenen Farbstoffe sind zum Theil aus den Nahrungsmitteln, zum Theil aus der Galle herkommend. Eiweissgehalt, den man früher fast nur in der Bright'schen Krankheit annahm, kommt sehr viel häufiger vor, namentlich bei Wasserstüchtigen, aber auch bei scheinbar ganz gesunden Personen. Käsestoff

für sich ist wohl sehr selten, wenn anders je im Harn; obwohl andere Proteinverbindungen nicht fehlen mögen. — Eine Menge Stoffe, welche man in den Magen, oder unmittelbar in das Blut bringt, gehen unverändert in den Harn über. — Die Harnsecretion dient namentlich dazu, die stickstoffreichen Secrete aus dem Organismus herauszuschaffen. Diese, welche im Blute enthalten sind, nachdem sie sich darin durch den Lebensprozess erzeugten, werden in den Nieren abgeschieden, so dass die Harnausscheidung, neben der Ausführung einer Menge von Salzen aus dem Körper, noch darin der Respiration gegenübersteht, dass diese den Kohlenstoff, jene den Stickstoff ausführt. Die Nahrung muss beides, wie die fortgeführten Salze ersetzen. M.

**Harnbenzoësäure.** Die im Harn der grasfressenden Thiere vorkommende Hippursäure wurde früher mit der Benzoësäure verwechselt, und führt deshalb zuweilen noch diesen Namen. M.

**Harnruhrzucker.** In der zuckrigen Harnruhr (Diabetes mellitus) wird im Urin eine grosse Menge Zucker ausgeschieden, welche früher für eine eigenthümliche Zuckerart gehalten wurde, jedoch identisch mit dem Traubenzucker ist. M.

**Harnsäure s. Lithensäure.**

**Harnspiritus.** Obsolete Benennung für die wässrige Auflösung des kohlen-sauren Ammoniaks, da sich diess beim Faulen des Harnes, durch Zersetzung des Harnstoffs erzeugt. M.

**Harnsteine.** In der Harnblase setzen sich nicht selten feste Concremente ab, welche oft zu ausserordentlicher Grösse anwachsen, oft indessen nur sandig sich ausscheiden; jene Harnsteine, diese Harn-gries genannt. Diese Concretionen bestehen meist aus den in dem Harn normal vorkommenden Salzen, selten sind es eigenthümliche Stoffe, welche sich nur durch besondere pathologische Zustände bilden können, z. B. das Cystin, das Harnoxyd (Xanthin.) Meist bestehen sie aus Harnsäure und harnsauren Salzen, sehr oft aus oxal-saurer Kalkerde, wo sie eine eigenthümliche Form annehmen, woher sie auch den Namen Maulbeersteine erhalten haben. Diese sind durch ihre scharfen Ecken und Kanten besonders gefahrvoll. Die Mittel, die Steine zu entfernen, sind zum Theil mechanisch, durch Schnitt, Lithotripsie, zum Theil chemisch durch Flüssigkeiten, welche die Steine auflösen. Diese werden entweder getrunken, oder durch die Harnröhre eingespritzt. Es ist, um die richtigen Substanzen hierzu anzuwenden, von grosser Wichtigkeit, die Zusammensetzung der Steine kennen zu lernen. Meist gehen, selbst bei grossen Steinen, kleinere ab, welche dann untersucht werden können. M.

**Harnstoff.** In dem Harn der höheren Thiere findet sich ein eigenthümlicher Stoff, den Cruikshank zuerst beobachtet hat, und der später oft der Gegenstand sorgfältiger Untersuchungen geworden ist. Man glaubte früher, dass der Harnstoff allein in dem Harn vor-

uomme, allein es findet sich derselbe nicht nur schon fertig im Blute, und wird aus diesem durch die Nieren ausgeschieden, sondern man kann ihn auch künstlich durch eine Anzahl von Reaktionen erzeugen. Vauquelin hat diese künstliche Bildung von Harnstoff zuerst beobachtet, bei der Zerlegung des wässrigen Cyans., ohne jedoch den Harnstoff selbst als solchen erkannt zu haben. Wöhler war der wirkliche Entdecker des künstlichen Harnstoffs, den er durch Sieden einer Auflösung von cyansaurem Ammoniak erzeugte. Der Harnstoff bildet sich sehr häufig bei Zersetzung stickstoffhaltiger thierischer Substanzen, z. B. bei der der Harnsäure, des Allantoin, Alloxan, Murexid, der Oxalursäure u. a. m. Liebig stellte ihn auf die vortheilhafteste Weise dar, indem er 28 Theile trocknes Cyaneisenkalium und 14 Theile trocknen Braunstein gelinde erglimmen liess, die Masse mit Wasser auslaugte, und 20½ Th. schwefelsaures Ammoniak hinzusetzte; der Rückstand wird mit Alkohol ausgezogen, worin sich der Harnstoff löst. Aus dem Harne kann man ihn folgendermassen, auch annähernd quantitativ bestimmen: Das alkoholische Extrakt des im Wasserbade eingedampften Harnes mischt man mit gleichem Volumen Wasser und 1½ Volumen Salpetersäure von 1,00 spec. Gew. Das Gemisch wird einige Zeit einer sehr niedrigen Temperatur ausgesetzt. Der salpetersaure Harnstoff schießt in Schuppen und breiten Blättern an, und kann dem Gewicht nach bestimmt werden. Will man ihn reinigen, so zerlegt man die umkrystallisirte Verbindung durch kohlen-saure Baryterde, dunstet die Lösung ab und zieht den Rückstand mit Alkohol aus. — Der Harnstoff krystallisirt in weissen Nadeln, die salpeterähnlich kühlend schmecken. In Alkohol und Wasser leicht auflöslich, kann eine concentrirte Lösung ungestraft gekocht werden; eine verdünnte zersetzt sich in Kohlensäure und Ammoniak. Harnstoff zerlegt sich sehr leicht in Gegenwart von Hefe, Eiweiss, Leim. Bei 120° schmilzt der Harnstoff unverändert; stärker erhitzt zerlegt er sich, indem er Ammoniak und Cyanursäure bildet; bei steigender Temperatur wird Cyansäure, kohlen-saures Ammoniak und Kohle gebildet. — Der Harnstoff besteht aus  $C_2 N_4 H_4 O_2$ . Indem der Harnstoff 2 At. Wasser aufnimmt, bildet er, bei der Fäulniss 2 At. Ammoniak und 2 At. Kohlensäure =  $C_2 N_4 H_{12} O_4 = C_2 O_2 + N_4 H_{12}$ , oder mit 4 At. Wasser, 2 At. Ammoniumoxyd. Ohne etwas weiter aufzunehmen, kann der Harnstoff durch Destillation Ammoniak und Cyanursäure geben. 3 At. Amm., 1 At. Cyanursäure =  $N_6 H_{12} + C_6 N_6 H_6 O_6 = 3$  At. Harnstoff. (Wöhler, Pogg. Ann. XV. 625. XX. 373). Die Umwandlung des cyansauren Ammoniaks in Harnstoff, (oder cyansauren Ammoniumoxyds), ist eine reine Umsetzung der Elemente, da die Cyansäure =  $C_2 N_2 O$  ist und Ammoniumoxyd =  $N_2 H_4 O$ . Wenn man daher Harnstoff destillirt, so geht nach der Bildung die Harnsäure in Harnstoff über, der sich aus der gebildeten Cyansäure und dem Ammoniak regenerirt. Der Harnstoff kann sich mit Säuren verbinden, namentlich mit Salpetersäure und Oxalsäure. Diese Verbindungen hat Regnault analysirt, sie bestehen aus:  $C_2 N_4 H_8 O_2 + C_2 O_2 + Aq.$  und  $C_2 N_4 H_8 O_2 + N_2 O_2 + Aq.$  (Journ. f. p. Chem. XVI. 286). Cap und Henry geben an, der Harnstoff verbinde sich auch mit andern Säuren als den genannten; namentlich sei im Harn milchsaurer Harnstoff enthalten. Diesem widerspricht Lecanu

entschieden (J. f. p. Chem. XXI. 302); sie geben auch an, andere Salze dargestellt zu haben (Lieb. Ann. XXX. 115); dem Lehmann ebenfalls widerspricht (Wagners Handwörterbuch der Physiol. II. 2). Erdmann hat die Verbindung des Harnstoffs mit Chlorwasserstoffsäure dargestellt, welche sich unmittelbar durch die gasförmige Säure erzeugen lässt. Sie besteht aus  $C_2 N_4 H_4 O_2 + Cl_2 H_2$ ; und enthält 37,5% Chlorwasserstoffsäure. (J. f. p. Chem. XXV. 506.) Der Harnstoff und die Ammoniaksalze des Harns sind die Hauptverbindungen, durch welche der Stickstoffgehalt des Körpers aus demselben ausgeschieden wird. Da diese Ausscheidung fortwährend statt findet, selbst bei mangelnder Nahrung (Marchand, Journ. f. p. Chem. XI. 449. XIV. 490), so muss die ersetzende Nahrung stets stickstoffhaltig sein.

M.

**Hartharze.** Eine Abtheilung der Harze, welche aus Mangel an ätherischem Oel fest sind. Da die weichen, welche ätherisches Oel enthalten, nach und nach hart werden, indem dieses sich verflüchtigt oder oxydirt, so ist diese Eintheilung nicht festzuhalten.

M.

**Hartriegeloel.** Das fette Oel von *Cornus sanguinea*, ist hellgrün, ziemlich milde und dickflüssig. Die Ausbeute beträgt gegen 18%.

M.

**Harze.** Die ätherischen Oele haben die Eigenschaft, sich an der Luft, oder auch in der Pflanze selbst zu verdicken, und in eine neue Verbindung umzuwandeln, welche man Harze nennt. Die Grenze zwischen Harzen und ätherischen Oelen ist sehr schwer zu ziehen, indem die neuen Verbindungen noch die Eigenschaft der ätherischen Oele zum Theil beibehalten können. So finden wir aus dem Kampheröl ( $C_8 H_8$ ) durch Oxydation den Kampher entstehen, welcher  $C_{10} H_{16} O$  enthält, und bis auf dem gewöhnlichen Aggregatzustande, noch die Eigenschaft des Oels besitzt. Das Terpenhinöl enthält zwei verschiedene ätherische Oele; durch Oxydation desselben entstehen daher auch zwei neue Verbindungen, die beide sauer sind, die Pinin- und Silvinsäure. Die verschiedene Reaction, unter denen sich ein Harz bilden kann, sind Oxydation und Hydratation. — Die meisten Harze werden daher dargestellt aus  $x(C_2 H_4) + y O + z H_2 O$ , wo  $x, y, z$  verschiedene Zahlen darstellen kann. Zuweilen hat man auch die Formel:  $x(C_2 H_4) + y O - z H_2 O$ , wobei eine Wasserausscheidung, der Oxydation folgend, statt findet. Nach ihrer Löslichkeit in Alkohol, verdünnter Weingeist u. s. w., hat man Alpha-, Beta-, Gammaharze unterschieden, doch nicht mit wohlgeählter Nomenklatur. Auch fossil finden sich die Harze grossentheils; Bernstein, Retinit u. s. w. sind Beispiele davon.

M.

**Harz-Elektricität** ist ein von du Fay herrührender Name für die negative Elektricität, aus dem Umstande hergenommen, dass geriebenes Harz dieselbe annimmt.

**Harzfett** siehe Retisteren.

**Harzfirniss** siehe Lackfirniss.

**Harznaphtha** siehe Retinaphin.

**Harzöl**, siehe Retinyl.

**Harzseifen.** Die sauren Harze lösen sich in wässrigem Kali und Natron, und bilden sodann beim Abdampfen krystallinische Massen, die aus der wässrigen Lösung oft durch überschüssiges Alkali gefällt werden. M.

**Harztheer** siehe Retinol.

**Haselnussöl** (huile de noisette, hazeltree nut-oil). Das fette Oel der Haselnüsse ist hellgelb, sehr milde, erst bei  $-19^{\circ}$  C. erstarrend; sein spec. Gewicht ist = 0,9242. Die Ausbeute beträgt gegen 60%. M.

**Haselwurzelöl** siehe Asarumöl.

**Hasenfett.** Honiggelb, dem Leinölfirnis ähnlich riechend, bei gewöhnlicher Temperatur dickflüssig und krümelig; bei  $+7^{\circ}$  R. trennt es sich in zwei Schichten, wovon die obere  $\frac{1}{2}$  beträgt; trocknet an der Luft aus. Verseift sich sehr schwer. Joss, Journ. für pr. Chem. I. 35. M.

**Hatchettin** siehe Ozockerit.

**Hauptfarben** hat man das Gelb, Roth und Blau genannt, weil sich aus diesen Farben die übrigen Farben des Sonnenspektrums durch Mischung gewinnen lassen.

**Hausmannit** wurde zu Ehren des Göttinger Naturforschers Hausmann das natürliche Manganoxydoxydul (s. das.) genannt. B.

**Hauyn**, nach dem um die Mineralogie hochverdienten Hauy benannt, krystallisirt in regelmässigen Formen, von denen das Rhombendekäeder die vorherrschende ist, welchem parallel auch ein deutlicher Blätterbruch geht. Die Krystalle zeigen zuweilen zugerundete Kanten, sind eingewachsen, zu Drusen gruppiert und gewöhnlich klein. Meist kommt der Hauyn indess in eingewachsenen Körnern oder derben Massen vor, er hat eine himmel- oder smalteblaue Farbe, nahe die Härte des Feldspaths, das spec. Gew. 2,3—2,5, ist glasglänzend und durchsichtig oder an den Kanten durchscheinend. Man findet ihn in vulkanischen Gesteinen in glasigem Feldspath und Bimstein am Laacher See, zu Niedermendig, am Albanersee in vulkanischem Tuff, und am Vesuv. — Der Hauyn schmilzt vor dem Löthrohr zu einem weissen blasigen Glase, löst sich in Salzsäure unter Entwicklung von etwas Schwefelwasserstoff mit Hinterlassung gallertartiger Kieselsäure auf, und verliert dabei seine Farbe. Der färbende Bestandtheil des Hauyns ist ein Schwefelmetall, vielleicht Schwefel-eisen, dessen Menge wenigstens mit zunehmender Färbung bei verwandten Mineralien (s. unten) steigt. Mit Uebergehung der aus früheren Zeiten stammenden chemischen Untersuchungen seien hier nur

die neueren von Varrentrapp erwähnt, welcher den Hauyn von Niedermendig analysirte, und ihn zusammengesetzt fand aus:

Kieselsäure	35,012	Schwefel	0,239
Schwefelsäure	12,602	Eisen	0,172
Thonerde	27,415	Chlor	0,581
Natron	9,418	Wasser	0,619
Kalkerde	12,552		<u>98,340</u>

Mit dem Hauyn stimmen einige andere Mineralien in so vielen Punkten überein, dass sie bei fortgesetzter Untersuchung sich als Varietäten derselben Species erweisen dürften, weshalb sie hier unter einem Artikel zusammengestellt sind.

Der Nosean ist nelken- bis schwarzbraun, grau oder schwarz, hat das geringe spec. Gew. 2,3, und entwickelt bei seiner Auflösung in Salzsäure nicht im mindesten Schwefelwasserstoffgas, so dass also hier das zuvor angeführte blaufärbende Schwefeleisen ganz fehlt.

Nach Varrentrapp besteht er aus:

Kieselsäure	35,993	Kalkerde	1,115
Schwefelsäure	9,170	Eisen	0,041
Thonerde	32,566	Chlor	0,653
Natron	17,837	Wasser	1,847
			<u>99,222</u>

Der Nosean findet sich am Laacher See.

Der Ittnerit ist bisher nur in derben Massen von dunkelblauer oder aschgrauer Farbe am Kaiserstuhl im Breisgau gefunden. In Härte, Structur und spec. Gew. stimmt er mit dem vorigen überein. Von Salzsäure wird er aufgelöst, entwickelt dabei Schwefelwasserstoff und die Kieselsäure scheidet sich gallertartig ab; vor dem Löthrohr schmilzt er leicht unter starkem Aufblähen und Entwicklung von schwefliger Säure zu einem undurchsichtigen Glase. Nach C. G. Gmelin besteht er aus:

Kieselsäure	34,016	Kalkerde	7,266
Schwefelsäure	2,860	Eisenoxyd	0,616
Thonerde	28,400	Chlorwasserstoffsäure	0,751
Kali	1,565	Wasser und Schwefelwasserstoff	10,759
Natron	12,150		<u>98,388</u>

Der Lasurstein kommt sehr selten krystallisirt vor, es ist aber das Rhombendodekaëder an ihm beobachtet, gewöhnlich findet er sich in derben Stücken von feinkörniger Textur und eingesprengt. Er ist heller oder dunkler lasurblau, an den Kanten durchscheinend, in Härte und spec. Gewicht dem Hauyn gleich. Vor dem Löthrohr schmilzt er nur schwierig, wird aber von Salzsäure schnell zersetzt, verliert seine Farbe, entwickelt Schwefelwasserstoff und gelatinirt. Varrentrapp fand darin:

Kieselsäure	45,50	Schwefel	0,95
Schwefelsäure	5,89	Eisen	0,86
Thonerde	31,76	Chlor	0,42
Natron	9,09	Wasser	0,12
Kalkerde	3,52		<u>98,11</u>

Findet sich auf Gängen im Urgebirge, besonders im körnigen Kalk in China, in der kleinen Bucharei, Tibet und in Sibirien am Baikalsee. Er wird zu allerlei Schmucksteinen geschliffen, zu Mosaik, kleinen Statuen, Vasen u. dgl. verarbeitet, hauptsächlich aber zur Darstellung eines schönen blauen Farbstoffs, des Ultramarins (s. dass.), benutzt.

Schweigg. Journ. XXXVI. 74; Pogg. Ann. XLIX. 515. B.

**Haytorit.** Dieses Mineral wurde in einer Eisengrube bei Haytor in Devonshire gefunden und nach seinem Fundort benannt. Es besitzt die Härte und Zusammensetzung des Quarzes, hat den muschligen Bruch des Chalcedons, eine bräunlichrothe bis ockergelbe Farbe, das spec. Gew. 2,56—2,58, aber die Krystalle haben die Form des Datholiths, weshalb man sie ziemlich allgemein für Aetherkrystalle desselben aus Chalcedonmasse ansieht. Die Analyse rührt von Wöhler her. Brewster schloss aus seiner Untersuchung, dass der Haytorit ähnlich dem Analcim aus vielen kleinen Krystallen zusammengesetzt sei. Pogg. Ann. X. 331. XII. 136. B.

**Hebel.** Hebel heisst jede um einen festen Punkt drehbare Vorrichtung. Wie sich die Wirkung bestimmen lässt, welche auf solche Vorrichtung von Kräften ausgeübt wird, die in gegebenen Punkten und Richtungen selbige angreifen, soll hier näher erörtert werden.

Betrachtet man die Materie der Vorrichtung als schwerlos, so nennt man den Hebel einen mathematischen Hebel. Da es nun einerlei ist, ob man einen Körper von der Schwere afficirt denkt, oder ob man ihn als schwerlos betrachtet, aber auf ihn eine Kraft wirkend sich vorstellt, deren Angriffspunkt der Schwerpunkt, deren Richtung durch den Mittelpunkt der Erde geht und deren Grösse dem Gewicht des Körpers gleich kommt: so kann man jeden wirklichen (physikalischen) Hebel als einen mathematischen ansehen, der noch besonders von einer in seinem Schwerpunkt wirkenden Kraft angegriffen wird.

Die Gesamtwirkung aller an einem Hebel wirkenden Kräfte leitet man am leichtesten aus den allgemeinen Formeln ab, welche die Lösung der Aufgabe der gesamten Statik enthalten — der Aufgabe, welche es mit der Bestimmung des Resultirenden jedes Systems von Kräften auf jedes beliebige System von Punkten zu thun hat. Wir begnügen uns daher mit dem Ausspruch des Hebelgesetzes und verweisen in Bezug auf dessen Herleitung auf den Artikel Statik. Demnächst schicken wir die Erklärung des statischen Moments einer Kraft voraus.

Das Moment einer Kraft, bezogen auf einen bestimmten Punkt  $a$ , nennt man das Produkt aus der Grösse der Kraft in die Entfernung des Punktes  $a$  von der Linie, welche die Richtung der Kraft bezeichnet.

Ist der Angriffspunkt der Kraft in fester Verbindung mit dem Punkt  $a$  (d. h. kann er seine Entfernung von  $a$  nicht ändern) und denkt man sich  $a$  selber unbeweglich, so würde die Kraft eine Drehung um  $a$  hervorbringen nach der einen oder der andern Richtung, Die eine Richtung (beliebig welche) wollen wir die positive die andere die negative Richtung nennen. Ferner wollen wir das Mo-



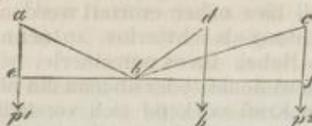
ment einer Kraft, bezogen auf einen bestimmten Punkt  $b$ , das algebraische Moment nennen, sobald wir das genannte Produkt mit dem  $+$  oder  $-$  Zeichen versehen haben, je nachdem die Kraft in einer positiven oder negativen Richtung wirkt.

Dies vorausgesetzt, ist das Hebelgesetz für den Fall, dass alle Kräfte in derselben Ebene wirken, und der Drehpunkt (Unterstützungspunkt) in eben dieser Ebene liegt, folgendes:

Ist  $A$  die Summe der algebraischen Momente aller um den Hebel wirkenden Kräfte, bezogen auf den Drehpunkt  $b$ , so haben selbige dieselbe Wirkung, wie jede einzelne Kraft, deren algebraisches Moment gleich  $A$  ist.

Man kann also sämtliche Kräfte z. B. ersetzen durch eine einzige von beliebiger Grösse  $p$ , deren Richtung von  $b$  um  $\frac{A}{p}$  entfernt ist; diese Richtung übrigens positiv oder negativ genommen, je nachdem  $\frac{A}{p}$  positiv oder negativ ist.

Ist  $A=0$ , so wird auch die Entfernung der Resultirenden von  $b$ , gleich Null; diese Resultirende geht demnach dann durch  $b$  selbst, und kann folglich, da dieser Punkt unbeweglich ist, keine Bewegung hervorbringen, d. h. die Kräfte am Hebel sind alsdann im Gleichgewichte.



Ist z. B. in der beistehenden Figur  $b$  der Drehpunkt,  $d$  der Schwerpunkt der Verrichtung, und sind  $a$  und  $c$  die Angriffspunkte zweier auf den Hebel wirkenden Kräfte; ist ferner  $g$  die Schwere des Hebels,  $ae$  die Richtung und  $p_1$  die Grösse der auf  $a$  wirkenden Kraft, sowie  $cf$  die Richtung und  $p_2$  die Grösse der auf  $c$  wirkenden Kraft, sind endlich  $ae$  und  $cf$  parallel der Richtung der Schwere  $dh$  und ist, wenn  $ebf$  senkrecht auf  $dh$  gezogen wird  $\angle abe = n$ ,  $\angle cbf = u$ ,  $\angle nbf = v$ : so sind die algebraischen Momente der Kräfte  $p_1$ ,  $g$ ,  $p_2$ , resp.

$$ab \cdot \cos n \cdot p_1 - bd \cdot \cos v \cdot g - bc \cdot \cos u \cdot p_2, \text{ also}$$

$$A = ab \cdot \cos n \cdot p_1 - bd \cdot \cos v \cdot g - bc \cdot \cos u \cdot p_2$$

Wollte man nun z. B. die drei Kräfte  $p_1$ ,  $g$ ,  $p_2$  durch eine einzige Kraft  $x$  ersetzen, die in  $d$  und parallel mit der Schwere wirkt, so hätte man, da deren Moment  $bd \cdot \cos v \cdot x$  sein würde,

$$A = bd \cdot \cos v \cdot x$$

also

$$x = \frac{A}{bd \cdot \cos v}$$

Dieses  $x$  muss natürlich abwärts oder aufwärts wirken, je nachdem  $A$  positiv oder negativ ist.

Wollte man in  $a$  eine Kraft  $y$  anbringen, parallel mit der Richtung der Schwere, welche die Drehung fördern soll, die von den Kräften  $p_1$ ,  $g$ ,  $p_2$  erstrebt wird, so hätte man die Gleichung  $A = -bc \cos u y$

also

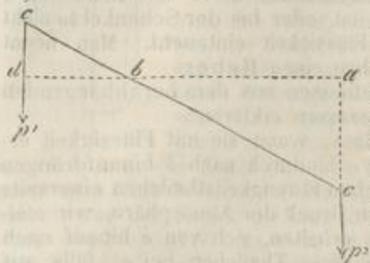
$$y = -\frac{A}{bc \cdot \cos u}$$

Wollte man ferner wissen, wie gross  $p_1$  genommen werden müsste, damit keine Drehung erfolge, so müsste  $A=0$  sein, also

$$p_1 = \frac{bd \cdot \cos n \cdot g + bc \cdot \cos u \cdot p_2}{ab \cdot \cos n}$$

genommen werden.

Ein Hebel, an welchem, wie an dem eben betrachteten, ausser der Schwere nur zwei Kräfte wirken, deren Angriffspunkte mit  $b$  nicht in einer geraden Linie liegen, nennt man Winkelhebel und  $ab, bc$  die Hebelarme.



Der Hebel heisst geradlinig, wenn die Angriffspunkte mit  $b$  in einer Geraden liegen. Liegt der Schwerpunkt dabei im Drehpunkt selber, und wirken die bei  $a$  und  $c$  angebrachten Kräfte  $p_1$  und  $p_2$  wiederum in parallelen Richtungen, so ist, wenn  $bce$  senkrecht auf  $ad$  steht, und  $\angle abd = \angle ebc = u$  ist,

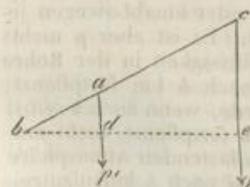
$$A = ab \cdot \cos u \cdot p_1 - bc \cdot \cos u \cdot p_2$$

und für den Fall des Gleichgewichts,

d. h. wenn  $A = 0$  ist.

$$ab \cdot \cos u \cdot p_1 - bc \cdot \cos u \cdot p_2 = 0,$$

folglich  $ab \cdot p_1 = bc \cdot p_2$ . Es verhalten sich somit alsdann die beiden Kräfte umgekehrt wie die Längen der Hebelarme. Liegt, wie hier in der Figur, der Drehpunkt zwischen den Angriffspunkten der beiden Kräfte, so nennt man den Hebelarm zweiarstig; liegen sie auf derselben Seite des Drehpunktes, so heisst er einarstig.



In dem nachstehenden einarmigen Hebel  $bac$ , in welchem die Kräfte  $p_1$  und  $p_2$  wiederum parallel wirken mögen, ist

$$A = ba \cdot \cos u \cdot p_1 + bc \cdot \cos u \cdot p_2;$$

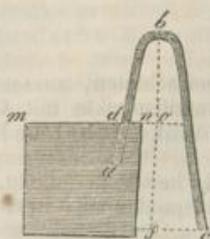
soll also Gleichgewicht sein, so muss  $A = 0$ , also  $ba \cdot p_1 = -bc \cdot p_2$  sein, d. h. es müssen sich wiederum die Kräfte umgekehrt wie die Längen der Hebelarme verhalten, dabei aber wegen des — Zeichens in entgegengesetzten

Richtungen wirken.

Wenn endlich die Angriffspunkte der am Hebel wirkenden Kräfte beliebig im Raume vertheilt sind, und die Krafrichtungen gleichfalls beliebige Lagen haben, so lässt sich das Gesetz über die Vereinigung der Kräfte so aussprechen:

Denken wir durch den Drehpunkt drei aufeinander senkrechte Ebenen gelegt, ferner die durch Linien versinnlichten Kräfte auf diese drei Ebenen projecirt, und diese Projektionen selber als durch Linien versinnlichte Kräfte: so ist die Wirkung der gegebenen Kräfte genau derjenigen gleich, welche diese Projektionen zusammen ausüben würden. Sind also  $A, B, C$  die Summen der algebraischen Momente, der resp. auf jeder der Ebenen genommenen Projektionen, so muss im Falle des Gleichgewichts  $A = B = C = 0$  sein. R.

**Heber.** Wird eine zweiseitenklige, an beiden Enden offene, Röhre von nicht allzu grossem Durchmesser,  $abc$ , mit dem einen Ende  $a$  so in eine Flüssigkeit getaucht, dass das andere (freie) Ende  $c$  tie-



fer liegt, als das Niveau *mn* der Flüssigkeit; wird ferner dadurch, dass man die Luft in der Röhre verdünnt, die Flüssigkeit, durch den äusseren auf *mn* lastenden atmosphärischen Druck, in die Röhre hineingepresst: so fliesst dieselbe aus dem Schenkel *bc* ab, bis entweder das Niveau der Flüssigkeit bis unter die Höhe von *c* herabgesunken ist, oder bis der Schenkel *ba* nicht mehr in die Flüssigkeit eintaucht. Man nennt eine solche Röhre einen Heber.

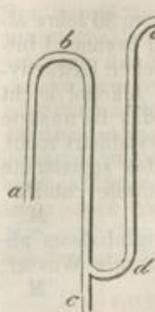
Das Herausfliessen aus dem herabhängenden Heberschenkel lässt sich folgendermaassen erklären:

Ist die Röhre bei *c* so eng, dass, wenn sie mit Flüssigkeit erfüllt ist, die Luft sich nicht durch *c* hindurch nach *b* hinaufdrängen kann, so werden die bei *c* befindlichen Flüssigkeitstheilchen durch den von unten her wirkenden Druck der Atmosphäre, wir wollen diesen *w* nennen, ein Bestreben erhalten, sich von *c* hinauf nach *b* zu bewegen; andererseits werden diese Theilchen bei *c*, falls auf die Flüssigkeit bei *b* von der Richtung *db* her keine Kraft wirkte, bloss von dem Druck der Flüssigkeitssäule *bc*, also einer Flüssigkeitssäule von der Höhe *bf*, hinabgedrückt. Wirkt dagegen auf *b* noch eine Kraft *p* (die wir positiv oder negativ denken, je nachdem sie die Theilchen *b* nach *c* oder nach *d* hintreibt), so ist natürlich die Kraft, welche die Flüssigkeitstheilchen bei *c* hinabzutreiben strebt, wofern *q* der Druck ist, den eine Flüssigkeitssäule von der Höhe *df* ausübt,  $p+q$ ; und es wird sich also *c* hinauf oder hinabbewegen je nachdem *w* grösser oder kleiner als  $p+q$  ist. Es ist aber *p* nichts Anderes als ein Theil des Druckes, den die Flüssigkeit in der Röhre bei *d* zu erleiden hat und der sich von *d* nach *b* hin fortpflanzt; nämlich denjenigen Druck, den *d* erleiden würde, wenn auch *b* selbst die Kraft  $w-p$ , welche sich von *c* aus nach *b* fortpflanzt, nicht mitwirkte. Das ist einmal der Druck, der auf *mn* lastenden Atmosphäre von der Grösse *w*, welcher die Theilchen von *d* nach *b* hinaufzutreiben strebt, andererseits den Druck, der auf *d* die Flüssigkeitssäule *bd*, also eine Säule von der Höhe *bc* ausübt, und der nach unten hin wirkt. Nennen wir den letzten Druck *s*, so ist demnach  $p=w-s$ , und daher die auf *c* wirkende Kraft gleich  $p+q-w=w-s+q-w=q-s$ . Es wird sich somit die Flüssigkeit bei *c* nach unten oder oben bewegen, je nachdem *q* grösser oder kleiner als *s* ist, d. h. je nachdem *bf* grösser oder kleiner als *bc* ist.

Es versteht sich übrigens von selbst, dass die Höhe *bc* nicht so gross sein darf, dass  $s > w$  wird, weil sonst die Flüssigkeit von dem atmosphärischen Druck gar nicht bis *b* hinaufgetrieben werden kann.

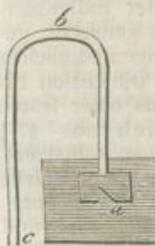
Ferner sieht man ein, dass das Ende *c* nicht frei zu sein braucht, sondern selber in ein zweites Gefäss eingetaucht sein kann, ohne dass das Ueberfliessen dadurch gestört wird.

Das Verdünnen der Luft in dem Heber, um denselben zum Flieszen zu bringen, geschieht durch Saugen mit dem Munde bei *c*. Mag man die Flüssigkeit nicht mit dem Munde in Berührung kommen lassen, so bringt man an den Heber *abc* noch eine Röhre *de* an, verschliesst, nachdem man *a* in die Flüssigkeit getaucht, die Oeffnung *c*



mit dem Finger und saugt bei *e*, bis sich *bc* gefüllt hat (doppelter oder pharmaceutischer Heber) Macht man das Ende *e* hiebei in Trichterform, so kann man das Saugen ganz vermeiden, und nachdem man die Oeffnung *c* geschlossen hat, durch Eingiessen bei *e* den Heber füllen.

Auch kann man den einfachen Heber, nachdem man ihn zuvor umgekehrt hat, mit der Flüssigkeit füllen, die beiden Enden alsdann mit den Fingern schließen, und so mit dem kürzeren Ende in die abzuleitende Flüssigkeit einsenken. Die letzte Füllungsart wird noch bequemer, wenn der längere Schenkel in der Nähe der Biegung zu einer Kugel ausgeblasen ist. Ist dann die Kugel und ein Theil des Schenkels gefüllt, so wird nach dem Umkehren und Einsenken durch das Herabfließen der Flüssigkeit aus der Kugel, die Luft in dem kürzeren Schenkel so verdünnt, dass die Flüssigkeit aus dem zu leerenden Gefäss durch den kürzeren Schenkel bis zur Kugel dringt, an deren Wänden herabfließt und den übrigen Theil des zweiten Schenkels füllt, ohne dass dabei die der Kugel noch bleibende Luft das alsdann eintretende Ausfließen hindert.



Der Ventilheber ist an dem Ende *a* mit einem kleinen Gefäss versehen, an dessen Boden sich ein, nach oben hin sich öffnendes, leicht bewegliches Klappenventil befindet. Das Füllen geschieht durch stossweises Auf- und Niedersenken des Hebers.

Der Springheber ist ein einfacher Heber, dessen längerer Schenkel unten wieder aufgebogen und dort zu einer Spitze ausgezogen ist, damit die Flüssigkeit in einem aufwärts gehenden Strahl in die Höhe springt.

Wird in letzterem die Spitze durch eine kreisförmige (hohle) Scheibe oder einen Ring ersetzt, in dessen Umfange sich feine Löcher befinden, so springt die Flüssigkeit in feinen Fäden nach den Seiten hin heraus (Sonnenheber). R.

**Heberbarometer**, siehe Barometer.

**Hedenbergit**, eine Varietät des Augit (s. dies.), benannt nach Hedenberg, welcher sie beschrieb. B.

**Hedyphan**, von ἡδυφανής, lieblich glänzend, nannte Breithaupt ein demantglänzendes, graulichweisses, zum Buntbleierz (s. d.) gehöriges Mineral. B.

**Hedwigiabalsam**, von *Bursera gummiifera* auch *Hedwigia balsamifera*, aus Südamerika und Westindien; fließt als durchsichtiger, klebriger, röthlicher, gewürzhaft riechender Saft freiwillig aus. Er verhärtet an der Luft zu einem rothbraunen Harze, das den Namen *résine de Chibou* oder *Cachibou* führt, und nach *Virey* mit dem *Kikekunemaloharze*, das 1750 nach Europa kam, identisch sein soll.

Bonastre, welcher den Balsam analysirte, fand in einem 30 Jahre alten, der dunkelroth, zähe, terpenthinartig riechend und brennend bitter schmeckend war, 12% äth. Oel; 4% bittern, narkotischen Extractivstoff, nebst Zucker und pflanzensaurem Kali; 74% in Alkohol leicht lösliches, weiches Harz; 5% schwer lösliches Harz, das Bonastre Burserin nennt; es löst sich nur leicht in Aether, krystallisirt nicht. Von *Bursera orientalis* kommt als Räucherungsmittel das sogenannte Colophanholz in den Handel, welches ähnliche Bestandtheile enthält.

M.

**Hedwigiaöl**, das Oel, welches aus dem Hedwigiabalsam abdestillirt werden kann; es ist hellgelb, klar, leichter als Wasser; röthet sich mit den Mineralsäuren.

M.

**Hefe**. Die Gährung der organischen Körper, welche nach der Zusammensetzung derselben verschiedene Produkte hervorrufft, wird durch die Gegenwart einer eigenthümlichen Verbindung veranlasst, ohne welche keine Gährung (Fäulniss) sich einstellen kann. Diese Verbindung, die Hefe, das Ferment, ist eine Pflanze, welche scheinbar durch *Generatio aequivoca* entstehen kann. Sie kann sich in keinem Falle bilden, wo der Zutritt der sauerstoffhaltigen Luft abgehalten ist, und auch dort nicht, wo eben durch Siedehitze der möglich vorhandene, lebende Organismus getödtet und der Zutritt anderer lebender Individuen verhindert ist. Stickstoffhaltige Substanzen mit Zucker gemischt, geben bald eine Hefe. Man erkennt dieselbe an ihrer eigenthümlichen Gestalt; sie bildet kleine Kügelchen von der kleinsten Dimension bis zu 0,01 Mill. M. Sie bestehen, wie Pflanzenzellen, aus einer festen Hülle und einem Inhalte, welche nach Mitscherlich aus 47% C, 6,6 H, 10 N, 35,8 O, 0,6 S und Ph. bestehen. Die von selbst entstandene Hefe bildet einzelne Kügelchen, während die Hefe, welche durch Vermehrung der gebildeten Hefe entsteht, aus zusammengehäuften Kügelchen besteht, die in Sprossenbildung begriffen sind, und fortwährend wachsen, sich von einander losreissen, bis sie ihre grösste Dimension 0,01 Mill. M. erreicht haben. Man unterscheidet zwei Sorten Hefe: Oberhefe und Unterhefe. Jene, am ausgezeichnetsten beim Weissbier zu beobachten, vermehrt sich bei 25°, indem sich aus einer Zelle eine grosse Anzahl anderer bilden, die mit einander zusammenhängen. Die Unterhefe bildet kleine, einzeln nicht zusammenhängende Kügelchen, sie vermehrt sich bis + 7°. Die Kügelchen haben die verschiedensten Dimensionen; es ist wahrscheinlich, dass sie sich durch Sporenbildung fortpflanzt. Bei + 19° vermehrt sich die Unterhefe wie die Oberhefe. Man findet sie im bairischen Biere am besten ausgebildet. Mineralische Gifte zerstören sehr oft diese Pflanzen und heben daher die Gährung auf. — Jod färbt endosmotisch den Inhalt der Hefenkügelchen, während die Hüllen selbst ungefärbt bleiben; wenn man die Kügelchen nun zerquetscht, so sieht man die innere Flüssigkeit ausfliessen. Bei der Gährung verändert sich die Zusammensetzung der Hefe, indem namentlich der Stickstoffgehalt abnimmt. Den Kohlenstoffgehalt fand Mitscherlich zu 47,6%; Wasserstoff 7,2%; Stickstoff 5%. Der Inhalt der Zellen war granulös geworden. — Die Wirkung der Hefe ist vielleicht eine Contactwirkung, vielleicht wird durch das Wachsen der Hefe ein Theil

der Substanz, in der sie sich befindet, aufgenommen, und der Rest zerstört, z. B. der Zucker in Kohlensäure und Alkohol zerlegt. Daher ist auch die Veränderung der Zusammensetzung zu erklären, indem zu der Zusammensetzung der Hefe Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff hinzutreten, dadurch also der Stickstoffgehalt vermindert wird. Doehereiner hat zwar bemerkt, dass sich bei der Gährung des Zuckers Ammoniak entwickle, diess scheint jedoch nicht richtig zu sein; jedenfalls wird nur der geringste Theil der Hefe in Ammoniak und andre Stoffe zerlegt. Haben die Hefepilze die grösste Dimension erreicht, können sie nicht mehr wachsen, so hört ihre Wirkung als Ferment auf.

M.

**Helenen.** Durch Destillation eines Gemenges von Helenin und wasserfreier Phosphorsäure erhält man eine gelbliche Flüssigkeit die leichter als Wasser ist und einen schwachen acetonähnlichen Geruch besitzt. Durch wiederholtes Waschen mit rauchender Schwefelsäure und Destillation erhält man es rein. Es besteht aus  $C_{14}H_{14}$ . Es ist im reinen Zustand farblos, flüssig, leichter als Wasser, siedet gegen  $200^\circ$ , macht Flecken auf Papier. Rauchende Schwefelsäure zerlegt die Verbindung erst in der Wärme; rauchende Salpetersäure färbt sie zuerst roth, dann grün. Gerhardt. Journ. f. pr. Ch. XX. 55.

M.

**Helenin.** John nannte so das Inulin. s. d.

**Helenin, Alantkampher.** Wenn man frische Alantwurzel (*Inula Helenium*) mit heissem Alkohol auszieht, und den Alkohol abdestillirt, so setzen sich beim Erkalten Heleninkristalle ab, die durch Umkrystallisiren gereinigt werden. Es krystallisirt in vierseitigen, vollkommen weissen Krystallen von sehr schwachem Geschmack und Geruch, es ist leichter als Wasser, in diesem unlöslich, leicht löslich in Alkohol und Aether. Es schmilzt bis  $72^\circ C.$  siedet bei  $175 - 200^\circ$ ; dabei zersetzt es sich theilweise, beim Erkalten erstarrt es krystallinisch; unterhält man die Schmelzhitze einige Zeitlang, nur noch dem Colophonium ähnlich. Kaustische Alkalien lösen es in der Wärme unzersetzt auf. Schwefelsäure bildet Heleninschwefelsäure. Chlor entwickelt in der Wärme Chlorwasserstoffsäure und bildet chlorwasserstoffsaures Heleninchlorid. Salpetersäure erzeugt Nitrohelenin. Zinnchlorid und Antimonchlorür färben die Substanz wie Schwefelsäure roth. Mit Aetzkalk destillirt wird eine, mit Wasser nicht mischbare, acetonähnliche Substanz erzeugt. Das Helenin besteht aus  $C_{15}H_{16}O_2$ . (Dumas fand früher  $C_{14}H_{14}O_2$ ). Gerhardt. a. a. O.

M.

**Heleninchlorid**, chlorwasserstoffsaures. Chlor zerlegt das Helenin in der Wärme unter Entwicklung von Chlorwasserstoffsäure. Beim Kochen des zähen Rückstandes mit Alkohol löst sich die erhaltene gelbe Masse zum Theil auf. Beim Erkalten fallen gelbe Flocken die aus  $C_{15}H_{16}Cl_4O_2$  bestehen, und wahrscheinlich als  $C_{15}H_{14}Cl_2O_2$  zu betrachten sind. Im trocknen Zustande ist die Verbindung ein gelbes Pulver, leichter als Wasser; unter Chlorwasserstoffentwicklung schmelzend; bei höherer Temperatur unter Kohleausscheidung sich zerlegend. Unlöslich in Wasser, schwerlöslich in kaltem Alkohol,

leicht von Aether und heissem Alkohol aufgenommen. Durch Zerlegung mittelst glühenden Aetzkalks bildet sich Naphthalin. Gerhardt a. a. O. M.

**Heleninschwefelsäure** bildet sich nach Gerhardt durch Vermischen des Helenin mit rauchender Schwefelsäure; dabei bildet sich ein gelber, nicht flüchtiger, in Wasser unlöslicher Körper, und die Heleninschwefelsäure, die sich sehr leicht zerlegt. M.

**Helicin.** Ein von Piria entdecktes Product der Einwirkung sehr verdünnter Salpetersäure bei gewöhnlicher Temperatur auf das Salicin. Es besteht aus  $C_5, H_6, O_4$ . Seine Eigenschaften sind noch nicht bekannt. Journ. f. pr. Ch. XXX. 250. M.

**Heliographie.** Es gibt Substanzen, welche unter dem Einfluss des Lichts ihre chemische Beschaffenheit ändern, und zwar um so vollständiger, je intensiver das Licht ist; und je länger dasselbe wirkt. Ist mit dieser chemischen Aenderung zugleich eine Farbenänderung verbunden, so lassen sich auf solcher Substanz, wenn man derselben eine ebene Oberfläche gegeben hat, Bilder erzeugen, sowohl in der Camera obscura als durch Auflegen von Zeichnungen oder Kupferstichen.

Bringt man nämlich die Substanz in der Camera obscura so an, dass ihre Oberfläche ein vollkommen deutliches Bild eines vor deren Linse befindlichen Objekts im reflektirten Lichte zeigt, so werden nicht allein die helleren und dunkleren Stellen des Bildes bei einer und derselben Farbe, verschiedene Abstufungen im Farbenton, vermöge der mehr oder weniger vollständigen chemischen Einwirkung, erzeugen, sondern auch die verschiedenfarbigen Theile vermöge der diesen Farben eigenen Helligkeitstöne. Von derselben Art ist der Vorgang, wenn man Zeichnungen oder Kupferstiche mit ihrer Vorderseite auf die Substanz legt, welche für die Lichteindrücke empfänglich ist, und die Rückseite dem Lichte aussetzt, indem die helleren und dunkleren Stellen der Zeichnung respektive mehr und weniger Licht auf die zu afficirende Oberfläche gelangen lassen.

Die so genommenen Bilder heissen photogenische oder heliographische Bilder.

Die hiezu in Anwendung gekommenen Substanzen sind vorzugsweise Harze und Silbersalze.

Die Harze werden als Firniss angewendet, mit welchem man Glas- oder Metallplatten überzieht; die Silbersalze werden entweder in aufgelöstem Zustande auf Papier gestrichen (photogenisches Papier), oder auf der Oberfläche von Metallplatten erzeugt (Daguerrotyp).

Es ist indess klar, dass Bilder, welche auf die angegebene Art erzeugt sind, wenn sie dem Lichte ausgesetzt werden, mehr oder weniger rasch verschwinden, und es müssen daher, wenn dieselben von weiterem Licht nicht wieder zerstört werden sollen, ehe man sie dem Tageslicht aussetzt, die durch das Licht noch nicht veränderten Theile fortgeschafft oder chemisch in solche umgeändert werden, welche vom Licht nicht afficirt werden.

Man sieht zugleich ein, dass mit der durch das Licht erzeugten chemischen Aenderung keine Farbenänderung verbunden zu sein

braucht, wenn nur nach der Entfernung oder Umänderung der nicht angegriffenen Theilchen ein Farbenunterschied vorhanden ist.

Was die Firnisbilder betrifft, so sind alle Harze und ätherische Oele fähig, Lichteindrücke aufzunehmen, und es kommt nur darauf an, diese Substanzen so aufzulösen, dass sie sich in einer recht dünnen gleichförmigen Schicht aufragen lassen, und darauf, dass diese Schicht hellfarbig und undurchsichtig erscheint.

Die vom Licht nicht geänderten Theilchen des Firnisses lassen sich vollkommen fortnehmen, wenn man die gefirnisste Platte in Bergnaphtha oder in irgend ein ätherisches Oel taucht; oder es lassen sich die unangegriffenen Theile des Firnisses dadurch durchsichtig machen, dass man sie den Dämpfen der eben genannten Substanzen aussetzt. In beiden Fällen bekommen die im natürlichen Bilde dunklen Stellen die Farbe der Unterlage, während die hellen Theile die helle Farbe des ungeänderten Firnisses behalten. Durch das mehr und weniger Durchsichwerden des Firnisses an den verschieden stark vom Licht afficirten Theilen erhält man auf dem letzten Wege eine viel mannigfaltigere Abstufung in den Farbentönen, während überdies sich weit besser, als bei der ersten Weise, der Moment abpassen lässt, in welchem das Bild die vollkommenste Schärfe hat.

Den ersten Weg befolgte Niepce, indem er silberplattirte Kupferplatten mit Asphalt überzog. Zu diesem Behuf pulverte er den letzteren, löste ihn in Lavendelöl auf, dampfte die Lösung bei gelinder Wärme ab, und trug den dadurch eingedickten Firnis in einer dünnen Lage mit weichem Leder auf. Behufs der Trocknung legte er die bestrichene Platte auf heisses Eisen, nachdem er Papier untergelegt hatte, bis der Firnis seine Klebrigkeit verlor, und setzte sie dann bei gelinder Temperatur einer recht trocknen Luft aus.

Die Lichteindrücke auf dem Harzüberzug, welcher nach dem Trocknen eine weissliche Farbe angenommen hat, sind nur schwach sichtbar, und die im Licht unverändert gebliebenen Theilchen werden in einem Bad aufgelöst, das aus einer Mischung von einem Theil Lavendelöl und zehn Theilen Bergnaphtha besteht (welche Mischung jedoch vorher dadurch, dass man sie einige Tage hat stehen lassen, geklärt worden sein muss. Die an der Platte haftende Auflösung wird alsdann, nachdem man sie hat abtropfen lassen, auf einer geneigten Ebene mit reinem frischen Wasser fortgespült.

Daguerre fand es vortheilhafter, statt des Asphalts den durch Verdunstung erhaltenen vollkommen erhärteten Rückstand des Lavendelöls zu nehmen, der in so viel Alkohol oder Aether aufgelöst worden ist, dass die Flüssigkeit eine helle citronengelbe Farbe annimmt. Wegen der grösseren Fluidität dieser Lösung, die auf die etwas geneigt gehaltene, vorher polirte Platte aufgegossen wird, lässt sich eine weitere grössere Gleichmässigkeit des Ueberzugs erhalten. Die Platte, zu deren Material sich besonders das Glas gut eignen soll, wird ohne Weiteres an einem schattigen Orte der Trocknung überlassen. Die chemische Aenderung, die der weissliche Ueberzug durch das Licht erfährt, ist mit keiner Farbenänderung verbunden, und, die ungeänderten Theilchen werden dadurch durchsichtig gemacht

dass man sie in einem verschlossenen Kasten Bergnaphthadämpfen aussetzt. Sobald das Durchsichtigwerden hinlänglich fortgeschritten ist (d. h. sobald das Bild die gehörige Sichtbarkeit und Schärfe hat), bedarf es keiner weiteren Behandlung, und man hat nur das Bild unter Glas zu fassen, und es vor Staub zu bewahren.

Um auf Glas hinlänglich scharfe Bilder zu erhalten, legte Daguerre in der Camera obscura weisses Papier unter, welches, der innigeren Berührung mit der Firnissschicht halber, über eine möglichst vollkommen ebene Platte ausgespannt ist. Das vom Papier reflektirte Licht soll hierbei das durch den Firniss hindurchgehende verstärken.

Das mangelhafte der Bilder, welche auf diesem Wege in der Camera obscura erhalten werden, rührt vorzüglich von der Länge der Zeit her, welche die Platten dem Lichte ausgesetzt sein müssen, um einen hinlänglich tiefen Eindruck zu erhalten, indem während der Operationszeit die Schatten der von der Sonne beleuchteten Theile des Objekts ihren Ort wechseln. Es brauchte nämlich Daguerre bei seinem Verfahren je nach der Helligkeit der Beleuchtung und der Helligkeit der Objektsfarben 3 — 7 Stunden, und Niepce bedurfte bei dem seinigen selbst gegen 12 Stunden. Aus diesem Grunde wendete der letztere die Heliographie fast ausschliesslich nur auf Legirung von Kupferstichen an. Er fand hiezu schon das allgemeine Tageslicht als genügend, und überfirnisste die Rückseite des Kupferstiches, um denselben durchsichtiger zu machen.

Was das photogenische Papier betrifft, so sind die ersten hierhergehörigen Versuche schon am Anfange dieses Jahrhunderts von Wedgwood, und bald darauf von H. Davy gemacht, und zwar mit salpetersaurem und Chlorsilber, sie gaben indess die Versuche auf, da sie die Bilder nicht zu fixiren vermochten.

Talbot, dem die Fixirung gelang, tränkte feines Briefpapier in einer schwachen Kochsalzlösung, die er durch Reiben mit einem leinenen Lappen möglichst gleichmässig vertheilt, überstrich dann die eine Seite mit einer Lösung von salpetersaurem Silber und liess das Papier am Feuer trocknen. Die Empfindlichkeit des Papiers, in welchem sich auf diese Weise Chlorsilber bildet, lässt sich durch Wiederholung dieses Verfahrens erhöhen. Dem Licht in der Camera obscura oder unter der Decke eines Kupferstiches ausgesetzt, nehmen die hellsten Stellen des Originals die dunkelste Färbung an. Um zu verhüten, dass die hellgebliebenen Theile, wenn sie nachher dem Tageslicht ausgesetzt werden, nachschwärzen, wird das Papier sogleich in eine sehr verdünnte Auflösung von Jodkalium getaucht, welches die ungeschwärzten Theile des Chlorsilbers auflöst und eine gegen das Licht unempfindliche Verbindung liefert. Statt des Jodkaliums lässt sich auch, namentlich, wenn das Sonnenlicht bei der Erzeugung des Lichtes recht stark gewesen war, eine gesättigte Kochsalzauflösung anwenden.

Nach dem Eintauchen wird das Papier schwach abgewischt und getrocknet.

Da in den so gewonnenen Bildern die Lichter dunkel und die Schatten hell sind, so müssen dieselben als Originalien betrachtet und mittelst der Camera obscura oder durch Auflegen auf neues

Papier umkopirt werden, wenn Schatten und Licht in ihr natürliches Verhältniss treten sollen.

Zu Kupferstichpapieren brauchte Talbot bei dickem Kupferstichpapier  $\frac{1}{2}$  Stunde.

Als noch empfindlicher empfiehlt Talbot, Schreibpapier zuerst mit einer Lösung von salpetersaurem Silber, dann mit einer Lösung von Bromkalium, und wiederum mit salpetersaurem Silber zu behandeln, zwischen jeder Operation aber ein Trocknen am Feuer vorzunehmen. Auf solchem Papier kopirte Talbot ein Fenster in der Camera obscura an einem trüben Tage in 7 Minuten:

Endlich hat Daguerre folgende Bereitung eines empfindlichen Papiers angegeben. — Man tränke Druckpapier in Salzäther, der durch langsame Zersetzung schwach sauer geworden ist, oder trage diese Flüssigkeit mit einem weichen Pinsel auf, und lasse es an der Luft oder bei gelinder Wärme trocknen. Alsdann tauche man es in eine Lösung von salpetersaurem Silber, und stelle es zum Trocknen an einen dunklen Ort. Da das Papier auch gegen künstliches Licht empfindlich ist, und selbst an der Luft verändert wird, so muss dasselbe in ein Buch oder eine Mappe, welche beschwert wird, vor Licht und Luft bewahrt werden. Zur Fixirung wird aus dem Papier, sobald es den gewünschten Grad der Färbung zeigt, das noch ungeänderte Silbersalz durch Eintauchen und Waschen in reinem Wasser entfernt. Nach dem Trocknen, welches bei der gewöhnlichen Temperatur geschehen muss, wird das Bild nicht mehr vom Lichte afficirt.

Verignon wendet mit Salzsäure-angesäuertes Wasser, dann nach dem Trocknen eine Lösung von 2 Th. Salmiak, 2 Th. Bromnatrium und 1 Th. Strontiumchlorür in 70 Th. Wasser, und nach abermaligem Trocknen eine sehr schwache Lösung von salpetersaurem Silber an. Es entsteht alsdann ein Chlorür und ein Bromür von Silber, welches sich, wenn man das Papier  $\frac{1}{2}$  Stunde dem Licht aussetzt, schwärzt. Das Papier kann nach dieser Operation 14 Tage lang aufbewahrt werden; bei längerem Liegen würde die Schwärze auf die andere Seite durchdringen. Ehe man es in die Kammer bringt, in welcher es nur 10 Minuten dem Licht ausgesetzt zu werden braucht, wird es in eine verdünnte Iodnatriumlösung getaucht. Zur Fixirung bediente er sich einer verdünnten Natron- und Eisenoxydul-Hyposulphid-Lösung.

Ueber die Heliographie durch das Daguerrotyp siehe Artikel Daguerrotyp. R.

**Heliometer.** Das Heliometer dient zur Messung sehr kleiner Winkel, und besteht nach der Dollond'schen, von Fraunhofer verbesserten Einrichtung, aus einem Fernrohr, dessen Objektiv diametral in zwei Hälften geschnitten ist. Diese Hälften lassen sich in Schiebern mittelst Mikrometerschrauben längs ihrer Durchschnittslinie gegen einander vorschieben. Fallen die Centra der Objektivhälften nicht zusammen, so giebt jede derselben von dem im Fernrohr gesehenen Gegenstand ein besonderes Bild.

Der Abstand der so entstehenden Bilder wird durch die Zahl der Schraubenumdrehungen gemessen, durch welche die Hälften

gegen einander verschoben wurden. Durch eine Drehung der Objektivfassung wird nun zunächst beim Gebrauch dem Objektiv eine solche Stellung gegeben, dass die Verschiebungslinie mit der Richtung zusammenfällt, in welcher die beiden Punkte liegen, deren Abstand gemessen werden soll. Wird nun die eine Objektivhälfte so weit verschoben, bis das von der einen Hälfte erzeugte Bild eines Punktes mit dem von der zweiten Hälfte erzeugten Bilde des zweiten Punktes zusammenfällt, so lässt sich aus der Grösse der Verschiebung die Entfernung beider Punkte bestimmen.

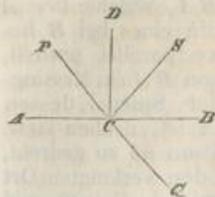
Ist z. B. das zu Messende eine der Axen einer Planetenscheibe, so verschiebt man die eine Linsenhälfte so weit, bis das eine Bild mit seinem einen Rande den entgegengesetzten Rand des anderen Bildes berührt. Um die Messung zu multipliciren, stellt man alsdann die vorgeschobene Hälfte fest, und verschiebt die andere, vorher unbewegte, so weit, bis sich diejenigen Ränder berühren, die den vorher im Contact gewesenen entgegenstehen, flxirt darauf wieder die bewegte Hälfte, und bewegt die erste bis zur neuen Berührung der ersten Ränder vorwärts, etc. Nach 3, 4, . . . Verschiebungen erhält man sodann den 5, 7, . . . fachen Durchmesser der Scheibe.

Bei der Verschiebung des Objectivs wird aber auch eine veränderte Stellung des Oculars nöthig. Daher befindet sich das Ocular in einem Schieber, dem durch eine Schraube eine Seitenbewegung mitgetheilt werden kann, während mittelst der Fassung dasselbe sich zugleich in seine Ebene drehen lässt.

Den Werth eines Schraubenumganges bestimmt man entweder durch Messung einer bekannten Distanz oder durch das Gauss'sche Verfahren. Letzteres beruht darauf, dass die vom Brennpunct eines Fernrohres ausgehenden Strahlen das Objektiv unter sich parallel verlassen, und daher durch das Objektiv eines zweiten Fernrohres in dem Brennpunct dieses letzteren sich wieder vereinigen lassen. Man kann demnach durch ein Fernrohr das Fadenkreuz eines anderen deutlich erkennen, sobald ihre Axen zusammenfallen und die Kreuzfäden stark genug erleuchtet sind. Hat man nun die Objektivhälften eines Heliometers und eine bestimmte Zahl Schraubendrehungen verschoben, so erblickt man durch ein zweites Fernrohr, welches in seiner Axe vor demselben aufgestellt ist, ein doppeltes Bild des Fadenkreuzes, von welchen das eine der einen, das andere der andern Objektivhälfte angehört. Aus der Entfernung dieser beiden Bilder, welche mit dem Fernrohr direkt gemessen werden kann, und aus der bekannten Umdrehungszahl der Schraube findet sich sodann der Werth einer einzigen Umdrehung.

Die Zahl der Umdrehung wird durch Scalen gemessen, die sich an den Schiebern der Objektivhälften befinden, und die Bruchtheile der Umdrehungen durch eine Theilung am Kopf der einen Mikrometerschraube, deren Umfang in 100 Th. getheilt ist. R.

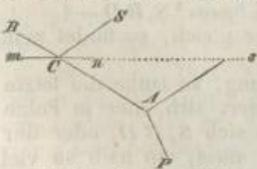
**Heliostat** nennt man jede Vorrichtung, mittelst welcher man die Sonnenstrahlen in jede gegebene Richtung dergestalt lenken kann, dass sich dieselbe mit der Bewegung der Sonne nicht ändert.



Denkt man sich einen Spiegel  $AB$  so gestellt, dass der Sonnenstrahl  $SC$  nach einer mit der Weltaxe parallelen Richtung  $CP$  reflektirt wird, so ist, wenn  $d$  die dermalige Deklination der Sonne bedeutet,  $PCS = 90 - d$ , also  $PCA = 45 + \frac{1}{2}d$ . Denkt man ferner den Punkt  $C$  als fest, so bewegt sich die Sonne so, dass  $SC$  in 24 Stunden eine Kegelfläche beschreibt, deren Axe  $CP$  ist. Befestigt man also an dem Spiegel eine Axe  $CQ$  in der Verlängerung von  $CP$ , und theilt derselben durch ein Uhrwerk eine solche Bewegung mit, dass sie sich in 24 Stunden einmal um sich selbst dreht, so behält der reflektirte Strahl stets die Richtung  $CP$ , und man kann durch einen zweiten Spiegel, dem man eine feste Lage giebt, den unbeweglichen Strahl  $CP$  nach einer konstanten Richtung hinwerfen.

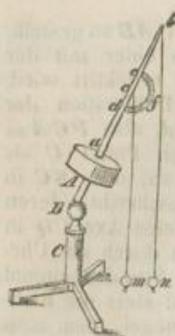
Nach diesem Princip sind die Fahrenheit'schen Heliostaten construirrt. Der Strahl  $CQ$  des Spiegels  $AB$  wird in die Richtung der Weltaxe gestellt und der Spiegel so gedreht, dass seine Neigung gegen  $CQ$  den für den Beobachtungstag geltenden Werth von  $45 + \frac{1}{2}d$  erhält.

Eine andere Einrichtung, welche, um die mit der doppelten Reflexion verbundene Lichtschwächung zu vermeiden, nur mit einem einzigen Spiegel versehen ist, ist die s'Gravesande'sche und Gambey'sche. Von der etwas complicirten Construction des letzteren (die sich in Radicke's Optik. II. 5. 375 beschrieben findet) mag hier nun das Princip angegeben werden:

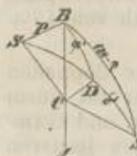


Ist  $mn$  der Spiegel,  $CB$  die Richtung eines in  $C$  reflektirten Sonnenstrahls  $SC$ ,  $CA$  ein Arm in der Richtung  $BC$ , und  $As$  ein mit  $SC$  paralleler Arm, welcher in einer Hülse bei  $s$  eine Stange  $ns$  trägt, die an dem Spiegel  $mn$  so befestigt ist, dass sie in der Spiegelebene liegt, und nach  $C$  gerichtet ist: so ist  $\angle CsA = \angle SCn = \angle BCm = \angle nCA$ , also  $As = CA$ . Bewegt sich nun der Arm  $As$  so, dass er der Richtung der Sonnenstrahlen während des Tageslaufes parallel bleibt, hat gleichzeitig  $AC$  eine feste Lage, und verharret der Spiegel senkrecht auf der Ebene  $CAs$ , so bleibt die Richtung  $CB$  des reflektirten Strahls ungeändert. Damit nun die Richtung  $As$  der Richtung der Sonnenstrahlen parallel bleibt, muss sie um eine der Weltaxe parallele Axe  $AP$  in 24 Stunden so herum bewegt werden, dass  $\angle sAP$  unverändert  $= 90 + d$  bleibt. Damit die Spiegelebene senkrecht auf  $CAs$  bleibe, wird er in einer Gabel, in welcher sich die Stange  $AC$  endigt, zwischen zwei Stiften, die senkrecht gegen die Ebene  $CAs$  gerichtet sind, aufgehängt. Beim Gebrauch braucht alsdann nur  $AC$  nur so gerichtet zu werden, dass der Strahl  $CB$  die verlangte Richtung erhält. Zu diesem Zweck muss natürlich  $AC$  bewegt werden können, ohne dass  $AP$  und  $As$  ihre Stellung ändern.

Folgende sehr einfache Einrichtung eines Heliostaten mit einem Spiegel, die jedoch von etwas beschränkter Anwendung ist, hat



August angegeben. Eine Axe  $BA$ , welche bei  $A$  ein Uhrwerk trägt, wird mit Hilfe eines bei  $B$  befindlichen Charnirs der Weltaxe parallel gestellt, und in  $a$  (in der Verlängerung von  $BA$  ein Messingstab gesteckt, um den sich der Spiegel, dessen Ebene gleichfalls parallel mit  $BA$  ist, drehen lässt. Beim Gebrauch wird der Spiegel um  $ab$  so gedreht, dass das reflektirte Sonnenlicht den verlangten Ort (der mithin nicht ganz beliebig sein darf) trifft, und dem Halter  $ab$  durch das Uhrwerk eine in 48 St. um sich selbst drehende Bewegung mitgetheilt. Behufs der Aufstellung wird vor dem Gebrauch statt des Halters ein Stab  $ab$  mit einem getheilten Halbkreise  $dfe$  um zwei an Fäden hängenden Gewichten  $m$  und  $n$  aufgesteckt. Das Stativ  $C$  wird nun zunächst so gerückt, dass  $m$  und  $n$  auf eine gezeichnete Meridianlinie einspielen, und alsdann  $BA$  so gerichtet, dass der Faden  $cm$  einen Bogen auf  $dfe$  abschneidet, welcher der Polhöhe gleich ist.



Der Grund der festen Lage des reflektirten Strahls leuchtet aus Folgendem ein. Ist  $AB$  der Weltaxe parallel,  $CS$  ein Sonnenstrahl,  $CD$  die Normale der Spiegelebene, und  $CS$ , der reflektirte Strahl, so ist  $S, C, B = p$  die Poldistanz der Sonne,  $BCS = 180 - p$ ,  $BCD = 90^\circ$ ,  $SCD = s$ ,  $CD = u$ , und es folgt aus dem sphär. Dreieck  $SBS$ , ist

$\cos 2u = -\cos^2 p + \sin p \cos SBS$ ,  $= \sin^2 p (\cos SBS + 1) - 1$ , während aus  $\Delta S, DB$  folgt:

$\cos u = \sin p \cos S, BD$ , also  $\cos 2u = 2 \sin^2 p \cos^2 S, BD - 1$ . Setzt man beide Werthe von  $\cos 2u$  einander gleich, so findet man  $S, BS = 2S, BD$ .

Der Strahl  $CS$ , behält also seine Richtung, so lange die letzte Gleichung erfüllt ist. Der Werth  $S, BS$  ändert sich aber in Folge der Sonnenbewegung jede um  $1^\circ$ , also muss sich  $S, BD$ , oder der Werth, um welchen sich der Spiegel drehen muss, um halb so viel drehen, d. h. er muss in 48 St. einen Umlauf machen.

**Heliotrop** eine Abänderung des Chalcedons, welche besonders schön als Geschiebe in Sibirien, Egypten, der Bucharei und Tartarei vorkommt; sich aber in Mandelsteinen auch in Tyrol und auf der schottischen Insel findet. Der Heliotrop hat eine dunkellauchgrüne Farbe, mit bluthrothen kleinen Punkten darin, und wird zu Schmucksteinen geschliffen. Brandes und Firnhaber fanden ihn zusammengesetzt aus: 96, 25 Kieselsäure; 1, 25 Eisenoxydul; 0, 83 Thonerde und 1, 05 flüchtigem Bestandtheil. Schweigg. Journ. XXXV. 405.



**Heliotrop.** Das Heliotrop ist von Gauss erfunden, und dient dazu, bei gradätischen Messungen ein Visirobjekt zu erzeugen, welches nach sehr grossen Entfernungen sichtbar ist. Das Visirobjekt ist das Reflexionsbild der Sonne in einem Planspiegel, der sich wenden lassen muss, damit die reflektirten Strahlen

den Ort treffen, an welchem sich der Geometer befindet. Man erreicht dies, wenn man zwei auf einander senkrechte Planspiegel  $ab$  und  $cd$  so dreht, dass man in einem Fernrohr  $AB$ , welches auf den in der Richtung  $Bm$  befindlichen Beobachter, eingestellt ist, zugleich im Spiegel  $cd$  und zwar in derselben Richtung  $Bm$  das Sonnenbild erblickt. Denn wird der Sonnenstrahl  $Sc$  vom Spiegel  $cd$  nach  $B$  geworfen, so ist  $Sc = aob = mob$ ; also auch  $Sod = dom$ ; mithin ist, da  $od$  das Einfallslloth auf  $ab$  ist, auch  $om$  die Richtung des vom Spiegel  $ab$  reflektirten Strahls.



Der Spiegel, welcher dem Geometer zugewendet ist, besteht aus zwei Theilen,  $em$  und  $nf$ , welche in einer Ebene liegen und nur von einem Rahmen  $ef$  umschlossen sind; der andere Spiegel  $hg$  ist geschwärzt und befindet sich zwischen diesen beiden Theilen. Der Rahmen  $ef$  wird von einem anderen Rahmen  $acdb$  getragen und ist, während dieser feststeht, um  $ab$  als Axe drehbar. Der Arm  $cd$  des Rahmens,  $acdb$  ist an der Fassung des Fernrohrobjektivs befestigt, und das Fernrohr selbst lässt sich in einem Lager um seine optische Axe drehen, so dass der Spiegel  $ef$  in jede beliebige Lage gegen die Sonnenstrahlen gebracht werden kann, während das Fernrohr auf den Beobachtungsort gerichtet ist.

Wie gut diese Vorrichtung ihrem Zweck entspricht, lässt sich daraus abnehmen, dass sich bei einer Messung mittelst eines Fernrohrs das auf diese Weise auf dem Inselferge erzeugte Licht vom Brocken aus (also in 105986 Meter Entfernung) erkennen liess.

**Hellsehen**, magnetisches, s. Somnambulismus.

**Helonin** ein unpassender Name, wegen der Verwechslung mit Helenin, den Döbereiner j. dem Veratrinharz beigelegt hat. Couerbe fand es aus  $C_{14}NH_{18}O_8$ , bestehend. Lieb. A. 9. 110. M.

**Helvin**. Dies Mineral wurde zuerst durch Mohs bekannt, der es zu dem Granat stellte, bis Werner eine eigene Gattung daraus machte, der er, wegen ihrer ausgezeichnet gelben Farbe, den von  $\eta\lambda\iota\omicron\varsigma$ , Sonne, abgeleiteten Namen gab. Der Helvin krystallisirt in Tetraëdern, oft mit Abstumpfung der Ecken, ist wachs- und honiggelb ins Grüne übergehend, etwas fettglänzend, an den Kanten durchscheinend und steht in der Härte zwischen Feldspath und Quarz. Spec. Gew. 3, 1 — 3, 3. — Vor dem Löthror schmilzt er leicht in der inneren Flamme unter Aufwallen zu einer unklaren gelben Perle, gepulvert wird er von Salzsäure unter Entwicklung von Schwefelwasserstoffgas zersetzt, wobei sich die Kieselsäure gallertartig abscheidet. Die bisher sorgfältigste Zerlegung hat C. Gmelin angestellt, welcher in 2 Versuchen fand:

Kieselsäure	33,258	35,271
Beryllerde mit Thonerde	12,029	9,471
Manganoxydul	31,817	29,344
Schwefelmangan	14,000	14,000
Eisenoxydul	5,564	7,990
Glühverlust	1,155	1,155
	<hr/>	<hr/>
	97,823	97,231

Aus diesen eben nicht gut miteinander stimmender Analysen hat v. Kobell die Formel  $3\dot{Mn}\dot{Mn} + \dot{Mn}_2\dot{Si}_2 + \ddot{Be}\dot{Si}_2 + \ddot{Fe}\dot{Si}_2$  abgeleitet wonach der Helvin aus  $\frac{2}{3}$  Silicaten von Manganoxydul, Beryllerde und Eisenoxyd (nicht Oxydul, womit die Farbe des Minerals nicht stimmt) bestände, verbunden mit Manganoxysulphuret. Diese Formel entspricht unter den vorgeschlagenen noch am meisten den obigen Zahlresultaten, obgleich sie nicht genau damit stimmt.

Der Helvin kommt in kleinen Krystallen, oder derb und eingesprengt im Gneuss auf einem Granatlager zu Bergmannsgrün und Rittersgrün bei Schwarzenberg und in Brauneisenstein bei Breitenbrunn in Sachsen vor.

Pogg. Ann. III. 53; LVI. 123; v. Kobell Charakteristik der Mineralien II. 287. B.

**Hepatische Luft** der alte Name für Schwefelwasserstoff.

**Hepatit** (Leberstein) ist ein von bituminösen Stoffen durchdrungener Baryt, der beim Reiben einen Geruch von Schwefelwasserstoff entwickelt. Wird bei Andrarum und Kongsberg gefunden. B.

**Héronsball.** Der Heronsball besteht in einer gläsernen Kugel, bis auf deren Boden eine Glasröhre führt, welche oben spitz ausgezogen, und am besten durch einen Hahn verschliessbar ist. Saugt man nach Oeffnung des Hahnes die Luft aus der Kugel, schliesst dann den Hahn, und öffnet ihn unter Wasser, so erfüllt dieses den Raum, den die ausgesogene Luft eingenommen hatte. Stellt man ihn mit der Spitze nach oben auf, bläst durch die Röhre und durch das am Boden befindliche Wasser Luft in die Kugel, so übt diese einen stärkeren Druck auf das Wasser aus, als dasselbe von Aussen her erfährt, es spritzt deshalb in einem Strahle aus der Röhre aus. Dieselbe Wirkung erhält man, wenn man den Heronsball unter die Glocke einer Luftpumpe bringt, und so den Druck von Aussen geringer macht, als den von Innen. Seinen Namen führt dieser Apparat von seinem Erfinder Hero aus Alexandrien.

Auf ganz demselben Princip, wie der Heronsball, beruht die Spritzflasche, bei der die Röhre aber nur bis dicht unter die Oeffnung reicht, das Wasser also durch Innen erzeugten Luftdruck nur ausgetrieben wird, wenn man die Oeffnung nach unten richtet. Auch kann man das Rohr des Heronsballes schräg nach unten biegen, und durch ein zweites, kurzes Rohr einen beständigen Luftzulluss unterhalten. Beide letztgenannte Vorrichtungen finden in der Chemie beim Auswaschen etc. ihre Anwendung.

Bz.





**Heronbrunnen.** Der Heronsbrunnen besteht aus einem Heronsball, in welchem der Luftdruck durch eine Wassersäule hervorgebracht wird. Zwei cylindrische Gefässe, von allen Seiten luftdicht schliessend, stehen über einander. Vom oberen tellerförmigen Deckel des Gefässes *a* führt das Rohr  $\alpha$  bis nahe auf den Grund des Gefässes *b*; das Rohr  $\beta$  vom oberen Deckel von *b* bis in den oberen Theil von *a*, und die Röhre  $\gamma$  vom Grunde von *a* bis über den Deckel dieses Gefässes, wo sie durch einen Hahn geschlossen werden kann. Wasser, welches durch  $\alpha$  in das Gefäss *b* kommt, comprimirt die Luft in *b* demselben, und also auch durch die Röhre  $\beta$  die in *a* enthaltene, welche ihrerseits, wie im Heronsball, das Wasser durch die Röhre  $\gamma$  austreibt. Das wieder herunterfallende Wasser geht durch  $\alpha$  wieder nach dem Gefässe *b*, und unterhält den Ausfluss, so lange *a* noch Wasser enthält.

Bz.

**Hesperidin, Aurantiin.** Gaub beobachtete in altem Orangenblüthöl einen krystallinischen Absatz, der wahrscheinlich Hesperidin war. Lebreton stellte es aus dem weissen Theil der Schalen unreifer Pomeranzen und Citronen dar, indem er den wässrigen Auszug auf  $\frac{2}{3}$  eindampfte, filtrirte, mit Kalkwasser sättigte, zu Syrupdicke eindampfte, mit absolutem Alkohol auszog, zur Trocknen verdunstete, mit Wasser den Rückstand löste, und krystallisiren liess. Landerer erhielt die Substanz als freiwillige Ausscheidung auf unreifen, mit Weingeist übergossenen Pomeranzen-Schalen. Vetter fand sie in alter Tinct. cort. aurantiorum.

Die Substanz bildet seidenglänzende Nadeln, die schwachbitter schmecken, geruchlos sind, wenig über 100° schmelzen, beim Erkalten harzähnlich krystallinisch erstarren, beim Reiben elektrisch werden. Wenig in kaltem Wasser löslich, wird es von 600 Th. heissem Wasser aufgenommen, leichter von Alkohol, gar nicht von Aether und ätherischen Oelen. Es reagirt neutral; die wässrige Lösung färbt Eisenoxydsalze roth. Concentrirte Salzsäure und Schwefelsäure färben es roth. Verdünnte Schwefelsäure und Essigsäure, Alkalien lösen es unverändert.

Wiedemann fand beim Behandeln der weissen schwammigen Pomeranzen-Schalen mit Alkohol eine sich von selbst ausscheidende krystallisirende saure Substanz, welche man Aurantiinsäure nennen kann. Vgl. Journ. de Pharm. XIV. 377. Buchn. Rep. XXXII. 207. XLIX. 303; L III. 208. Jonas. im Arch. für Pharmacie 1841. August. M.

**Hessonit**, eine Abart des Granats (s. d.), deren von ἡσσών, geringer, abgeleiteter Name den geringeren Grad von Härte, Glanz und Farbenschönheit gegen die verwandten Mineralien andeuten soll. B.

**Hetepozit** ein bläulich-graues, ins Violette und Braune fallendes derbes Mineral aus der Gegend von Limoges, welches ziemlich

Chem.-phys. Wörterb. II.

leicht zu einem dunkelbraunen Email schmilzt und in Säuren sich auflöst. Es besteht nach Dufrénoy aus phosphorsaurem Manganoxydul, phosphorsaurem Eisenoxydul und Wasser, gemäss der Formel  $2 \text{Fe}_2 \text{P}_2 + \text{Mn}_2 \text{P}_2 + 5 \text{H}$ . Pogg. Ann. XVII. 495. B.

**Heulandit.** Mit diesem zu Ehren des Mineraliensammlers Heuland von Brooke gebildeten Namen bezeichnen mehrere Mineralogen den Stilbit (s. d.) oder Blätterzeolith Werner's S. auch Zeolith. B.

**Heveén.** Bei der Destillation des Kaoutschouc bilden sich verschiedene Kohlenwasserstoffverbindungen, von denen einige schon ohne Kältemischung condensirt werden können. Die so aufgefangene Flüssigkeit, welche namentlich Kaoutschen und Heveén enthält, wird mit Wasser destillirt. Der Rückstand in der Retorte wird vom Wasser getrennt, und für sich im Oelbade destillirt. Das zuerst Uebergehende wird entfernt. Die eine Verbindung ist ein durchsichtiges bernsteingelbes Oel; siedet bei  $315^\circ$  gefriert nicht, sp. G. 0,921 brennt mit starkrossender Flamme; löst sich in Alkohol und Aether, nicht in Wasser. Beim Sieden zersetzt sich das Heveén in mehrere Kohlenwasserstoffe. Chlor, Jod, Brom zerlegen die Verbindung, unter Bildung der entsprechenden Wasserstoffsäuren. Schwefelsäure scheidet nach einigen Tagen eine bei  $228^\circ$  siedende Substanz ab, die vielleicht Eupion ist. Das Heveén ist ein Doppelkohlenwasserstoff. =  $\text{C}_{16}\text{H}_{32}$ . Vgl. Himly de Caoutchouc ejusque destillationis siccae productis. Gött. 1835. Bouchardat. Ann. der Pharm, XXVII. 35. Journ. f. pr. Ch. XIII. 118. M.

**Himmel.** Himmel nennen wir das eingebildete Gewölbe, auf welches wir uns die Gestirne zu projiciren pflegen. Da dieses Gewölbe in der That gar nicht existirt; und folglich ein jeder Beobachter sich dessen Gestalt und Entfernung anders vorstellen kann, so kann eine Bestimmung derselben gar nicht statt finden. Indess kommen doch alle Vorstellungen darin überein, dass die Gestalt des Himmels keine Halbkugel ist, sondern der verticale Radius kleiner erscheint, als der horizontale. Diese Vorstellung beruht darauf, dass wir an den unteren Grenzen mehr Gegenstände finden, welche uns einen Massstab für die bedeutende Entfernung des Himmelsgewölbes geben, als im Zenith. Daher kommt es auch, dass uns der Mond am Horizont grösser erscheint, als bei einem höheren Stande, denn da wir nicht Entfernungen und Grössen, sondern nur Gesichtswinkel wahrnehmen, aus denen wir die beiden erstgenannten Bestimmungen schätzen, so halten wir einen Körper, dessen Entfernung wir uns grösser vorstellen, für grösser, wenn wir ihn unter demselben Gesichtswinkel sehen, als wenn er näher zu stehen scheint. Farbe dürfte eigentlich dem Himmelsgewölbe gar nicht zukommen, wir müssten vielmehr die hellen Gestirne auf schwarzem Grunde sehen; da aber die Erde zunächst von einer Luftschicht umgeben ist, und die Luft das blaue Licht besonders reflectirt, das rothe und gelbe vorzugsweise durchlässt, so erscheint uns der Himmel blau. Dass das blaue Himmelslicht reflectirt ist, zeigt die Erfahrung, dass dasselbe polarisirt ist. Bz.



**Himmelsblaumesser.** Siehe Cyanometer.

**Himmelsfernrohr.** Siehe Fernrohr.

**Hippursäure.** Urinsäure. Diese Säure, von J. Liebig als eigenthümliche Verbindung erkannt, macht einen fast nie fehlenden Bestandtheil im Urin der Grasfresser aus. Man hat sie sehr lange für Benzoësäure gehalten, welches um so leichter geschah, da diese Verbindung gleichfalls zuweilen in dem Harn dieser Thiere auftritt, und Hippursäure im Aeussern Aehnlichkeit mit der Benzoësäure besitzt. — Man erhält die Säure leicht aus dem eingedampften Pferdeurin, den man mit Chlorwasserstoffsäure versetzt. Beim Erkalten krystallisirt die Säure heraus, noch verunreinigt durch braune Substanzen, und höchst widerlich riechend. Durch Kochen mit schwacher Chlorkalklösung und mit Kohle verliert sie Farbe und Geruch. Sie stellt dann blendend weisse, spiessige Krystalle dar, welche sich in 400 Th. Wasser lösen; leichter in kochendem Wasser und Weingeist. Bei gelinder Wärme schmilzt die Säure unverändert; stärker erhitzt, giebt sie eine rothe Masse, an deren Bildung sie leicht erkannt werden kann. Stärker erhitzt liefert sie Benzoësäure und benzoësaures Ammoniak; endlich entweicht Blausäure und in der Retorte bleibt eine stickstoffhaltige Kohle. Bittermandelöl bildet sich gleichfalls anfangs, wenn diess nicht etwa die Verbindung ist, welche man durch Destillation des benzoësauren Ammoniaks erhält. Die Hippursäure besteht aus  $C_{12} H_{16} N_2 O_5 + H O$ . Man kann sie betrachten als zusammengesetzt aus Cyanwasserstoffsäure und Mandelsäure = 1 At. Mandelsäure (= 1 At. Bittermandelöl =  $C_{11} H_{12} O_2$  + 1 At. Ameisensäure  $C_2 H_2 O_2$ ) + 1 At. Cyanwasserstoffsäure =  $C_2 N_3 H_2$ .

Man kann sie auch betrachten als bestehend aus Benzamid und einer organischen Säure, welche gleich der Aepfelsäure ist. =  $C_4 H_4 O_4 + C_{11} H_{11} N_2 O_2$ ; oder endlich Cinnamid + 4 O =  $C_{15} H_{15} N_2 O_4 + O_4$ .

Dass die Benzoësäure darin vorher schon gebildet sein kann, zeigt sich bei allen Zersetzungen der Säure. Mit Kalkerde erhitzt erhält man Benzin und Ammoniak. Doch bildet auch Zimmtsäure mit Natronkalk Benzoësäure, durch Salpetersäure bildet sich auch Benzoësäure, während Zimtsäure Bittermandelöl liefert. Auch Schwefelsäure scheidet Benzoësäure ab.

Merkwürdig ist die Bildung der Säure. Sie erzeugt sich in dem Thiere namentlich bei Ruhe desselben; in der Arbeit und nicht übermässigem Futter bildet sich Benzoësäure.

Liebig fand sie im gesunden Harn, früher Lehmann, Ambrosiani Bouchardat im kranken Harn des Menschen, dieser enthält sie reichlich nach Genuss von Benzoësäure, Zimmtsäure und Zimmtöl. Man hat diese Umwandlung als Heilmittel gegen die Gicht anwenden wollen, wahrscheinlich ohne Erfolg. M.

**Hircinsäure.** Chevreul entdeckte diese, ihrer Zusammensetzung nach unbekannte Säure im Bocktalg. Man bereitet sie wie die Buttersäure. Das aus dem Barytsalz mit Phosphorsäure abgeschiedene ölige Destillat ist noch bei 0° flüssig, und bildet mit Baryt und Kali lösliche Salze. M.

**Hirnfette.** Couerbe hat eine Anzahl von Fettarten im Gehirn finden wollen, welche jedoch bei näherer Untersuchung sich nicht wieder ergeben haben; das Gehirn besteht hauptsächlich aus Albumin, und einer Anzahl von Verbindungen, welche Fremy isolirt hat; sie sind die Couerbischen z. Th. in reiner Gestalt. Es sind namentlich Cholestearin (schon von Gmelin gefunden) Cerebrinsäure, welche  $\frac{1}{4}$  —  $\frac{1}{5}$  Phosphor enthält, Oleophosphorsäure, Olein, Margarin; s. d. unter den betreffenden Artikeln u. in Marchand's physiologischer Chemie S. 268.

M.

**Hirschhorn, weissgebranntes.** Ein nicht mehr sehr gebräuchlicher Name für gebrannte Knochenerde, welche aus phosphorsaurer Kalkerde bestehen; s. Knochen,

M.

**Hirschhorngest.** Spiritus Cornu Cervi. Die bei Destillation feuchter thierischer Stoffe (Hirschhorn) übergehende wässrige Flüssigkeit wird noch ein Mal destillirt; sie enthält dann, weingelb von Farbe, die Bestandtheile des Hirschhornsalzes gelöst. Er muss gut verschlossen aufbewahrt werden.

M.

**Hirschhorngest, bernsteinsäurehaltiger, Liquor Cornu Cervi succinatus;** das unreine bernsteinsäure Ammoniak, durch Sättigung der vorigen Verbindung mit wässriger, roher Bernsteinsäure; ward schon im 17. Jahrhundert pharmaceutisch angewendet.

M.

**Hirschhornsalz.** Sal volatile Cornu Cervi siccum. Obsoleter Name. Ein unreines trocknes kohlen-saures Ammoniak, welches früher durch Destillation des trocknen Hirschhorns bereitet wurde. Es ist verunreinigt mit Thieröl, Blausäure, und einigen andern Substanzen. Man nennt auch wohl das reine kohlen-saure Ammoniak Hirschhornsalz.

M.

**Hirschtalg.** Sebum cervinum etwas fester als Ochsentalg; meist wird jedoch Hammeltalg statt desselben angewendet.

M.

**Hisingerit** nannte Berzelius zu Ehren des schwedischen Mineralogen Hisinger ein derbes, undurchsichtiges, schwarzes oder bräunlich-schwarzes Mineral, das sich zu Riddarhyttan und auf der Gillinge-Grube, Kirchspiel Svärta in Südermanland, so wie zu Bodemais in Baiern findet. Das am letzteren Orte vorkommende ist von v. Kobell Traulit genannt worden, scheint aber vom Hisingerit wesentlich nicht verschieden zu sein. Spec. Gew. 3, Härte die des Kalkspaths oder etwas darüber. Das Mineral schmilzt schwer vor dem Löthrohr, giebt Wasser im Kolben, und wird leicht von Säuren zersetzt. Berzelius, Hisinger und v. Kobell haben es analysirt, und gefunden, dass es ein wasserhaltiges Eisensilikat ist; sie stimmen aber darin nicht überein, ob das Eisen als Oxyd oder als Oxydul im Hisingerit sich befinde, und v. Kobell macht es wahrscheinlich, dass das Mineral im reinen Zustande nur  $\frac{1}{2}$  kieselsaures

Eisenoxyd sei  $\text{F} \text{Si} + 3 \text{H}$ . Berzelius Jahresb. IX. 198. Pogg. Ann. XIII. 505; XIV. 467. Schweigg. Journ. LXII 198.

B.

**Hochdruckdampfmaschine. S. Dampfmaschine.**

**Hodometer** ist eine Vorrichtung zur Bestimmung des Weges, den man zurückgelegt hat. Es ist entweder so vorgerichtet, dass ein Rad desselben durch die Axe eines Wagens mit in Bewegung gesetzt wird, und also mit ihr gleichviele Umdrehungen macht, oder so, dass ein Hebel beim Niederdrücken ein Rad um einen Zahn fortreibt, dann aber durch eine Feder wieder in seine vorige Lage gebracht wird, bis ein neuer Druck eine neue Bewegung hervorbringt. Dieser Druck erfolgt durch eine Schnur, die den Hebel mit dem Fuss des Beobachters verbindet, während der Apparat am Körper befestigt ist. In jede der beiden Vorrichtungen werden durch Triebe andere Räder in Bewegung gesetzt, an denen man unmittelbar eine grössere Anzahl von Umdrehungen ablesen kann. Bz.

**Höfe (grosse) und die mit derselben verwandten Erscheinungen.**

Die sogenannten Hoferscheinungen und die häufig mit ihnen verbundenen aber auch wohl isolirt erscheinenden Nebensonnen und Nebenmonde, sind Lichterscheinungen, welche in den feinen Cirruswolken ihren Sitz haben. Sie werden durch das Sonnen- oder Mondlicht hervorgerufen und entstehen nach der jetzt allgemeinen Annahme durch Brechung und Reflexion in den kleinen Schneekristallen, aus denen man jedes Gewölk bestehend denkt. Wir werden im Folgenden nur von der Sonne sprechen, bemerken aber ein für alle Mal, dass vom Monde genau dasselbe gilt.

Machen wir mit denjenigen Erscheinungen, welche am genügendsten erklärt sind, den Anfang.

Es sind dies 1) die eigentlichen Höfe, regenbogenartig gefärbte Ringe, deren Mittelpunkt die Sonne ist, und deren Halbmesser bei häufig resp. 22° und 47° beträgt. Sie haben, wie alle folgenden Farbenerscheinungen das Roth der Sonne zugekehrt und sind ja nach der Ausdehnung der Cirruswolken mehr oder weniger vollständig ausgebildet. Der grössere hat reinere Farben und ist breiter, erscheint aber seltener als der kleinere. 2) Die Haupt- Nebensonnen, zwei rundliche prismatisch gefärbte Flecke, zu beiden Seiten der Sonne und mit derselben in gleicher Höhe, aber in Entfernungen die mit der Sonne etwas variiren. Die kleinste Entfernung ist die des kleineren Ringes. Ist dieser daher zugleich vorhanden, so erscheinen sie entweder in demselben oder ausserhalb desselben. Von ihnen aus gehen zuweilen kurze von der Sonne abgekehrte Schweife. — Aehnliche Nebensonnen sind in analoger Lage beim Hof von 47° beobachtet worden. 3) Prismatisch gefärbte bald convexe bald concave Bogen, welche die Ringe in ihrem höchsten oder tiefsten Punkt von Aussen berühren. Die glänzenderen mittleren Theile dieser Bogen hat man gleichfalls Nebensonnen genannt, sie unterscheiden sich aber von den vorerwähnten, indem sie sich durch die seitlichen Verlängerungen als nicht für sich zu betrachtende Bestandtheile der Berührungsbogen charakterisiren. 4) Ein horizontaler durch die Sonne gehender und mit derselben gleich breiter Streifen, welcher zuweilen rings um den ganzen Himmel läuft. 5) Ein vertikaler durch die

Sonne gehender weisser Streifen, der vorzugsweise bei niedrigem Sonnenstande sichtbar ist, und wenn der horizontale Streifen gleichfalls vorhanden ist, mit demselben ein aufrecht stehendes Krenz bildet. 6) Ein der Sonne genau gegenüberstehender und mit derselben in gleicher Höhe befindlicher weisser Fleck, Gegen Sonne genannt, der daher im horizontalen Streifen steht, wenn dieser dort sichtbar ist.

Die farbigen Erscheinungen lässt man aus Lichtbrechungen hervorgehen, und zwar aus Brechungen in denjenigen Stellungen derselben und unter denjenigen Einfallswinkeln, bei welchen das Licht in grösster Menge in einerlei Richtung dem Auge zugeworfen wird. Die Färbung entsteht dann dadurch, dass diese Richtungen wegen der Farbenzerstreuung für verschiedene Farben verschieden sind. Jene Krystallstellungen und jene Einfallswinkel sind diejenigen, für welche die einfallenden Strahlen den kleinsten Winkel mit den Richtungen bilden, die das Licht nach dem Austritt aus dem Krystall verfolgt, oder mit andern Worten: für welche die Ableitung ein Minimum ist.

Nach der Eigenthümlichkeit der Maxima und Minima ändert sich nämlich der Ablenkungswinkel, und mithin die Richtung der ins Auge kommenden Strahlen fast gar nicht, wenn die Stellung des Krystalls etwas von der zum Minimum gehörigen abweicht. Es wird also alsdann ein und derselbe Ort des Himmels nicht bloss durch die Krystalle von einer bestimmten Stellung, sondern noch durch Krystalle von sehr vielen bestimmten Lagen, die indess von der ersten nur wenig abweichen, erleuchtet. Da ferner der auf einen Krystall fallende Sonnenstrahl dem direkt von der Sonne ins Auge gehenden Strahl als parallel angesehen werden kann, so ist der Ablenkungswinkel zugleich das Maass der Distanz der erleuchteten Stelle von der Sonne. Hieraus wird nun auch die Ursache der Farbenordnung klar. Denn da z. B. die blauen Strahlen stärker gebrochen, also auch stärker abgelenkt werden, als die rothen, so muss das Roth der Sonne näher liegen als das Blau.

Die nicht farbigen Erscheinungen dagegen erklären sich durch Reflexion mit solchen Krystallflächen welche in grosser Zahl eine übereinstimmende Lage haben.

Für die angeführten Erscheinungen reichen folgende drei wirklich beobachtete Krystallflächen aus: 1) Die Flächen einer regelmässig sechsseitigen prismatischen Säule (die Seitenflächen der Eisnadeln), deren Kantenwinkel also  $120^\circ$  beträgt. 2) Sechslächige (pyramidenförmige) Zuspitzungen, deren Neigung gegen die Axe des Prismas direkt noch nicht genau gemessen ist, für die aber Galle unter der Voraussetzung, dass das Brechungsverhältniss für die Fraunhofer'schen Strahlen *B* und *G* 1, 31171 und 1, 32179 ist\*, aus Messungen einer grossen Zahl Nebensonnen einen Werth von  $60^\circ 19', 41$  abgeleitet hat. Die Zuspitzungsflächen sind auf die Seiten der Säule ge-

\*) Diese Werthe liegen zwischen den von Fraunhofer für das Wasser, und von Brewster für das Eis gefundenen Werthen, und sind von Galle, in Ermangelung direkter genauer Messung, hypothetisch hingestellt. Er kam auf diese Werthe, indem er die von ihm gemessenen Stellungen der Nebensonnen unter sich in Uebereinstimmung zu bringen suchte.

rade aufgesetzt (d. h. sie schneiden dieselbe in Kanten, welche senkrecht gegen die Krystallaxe liegen). Je zwei auf dieselbe Seite der Säule aufgesetzte Flächen, die also einen Winkel von  $59^{\circ} 21' 18$  mit einander bilden, wollen wir correspondirende Zuspitzungsflächen nennen. 3) Die auf der Axe senkrechten Endflächen, welche, wenn sie vorherrschen, bei niedriger Säule dem Krystall die Form einer sechsseitigen Tafel geben.

1. Erklärung der farbigen Ringe (Höfe.) a) Die kleineren Ringe von  $22^{\circ}$ . Nach Galle (Pogg. Ann. XLIX p. 244) entstehen dieselben aus zwei sich einander fast deckenden Ringen. Der grössere derselben wird erzeugt durch Brechung in zwei abwechselnden Flächen der Säule, also in Flächen, die einen Winkel von  $60^{\circ}$  mit einander bilden. Wirksam sind dabei nur die sogelegenen Krystalle, dass die Brechungen im Hauptschnitt geschehen, d. h. diejenigen Krystalle, deren Axe senkrecht gegen die Ebene steht, die durch Auge, Sonne und austretenden Strahl geht. Hat nun die Krystallaxe diese Lage, und sind dabei die Seitenflächen so gerichtet, dass der Einfallswinkel dem Austrittswinkel gleich ist, so ist der Ablenkungswinkel kleiner als bei irgend einer andern Stellung, und zwar wird derselbe unter Annahme der vorher aufgeführten Brechungsverhältnisse für das Roth (B) und das Blaue (G) resp.  $21^{\circ} 58', 1$  und  $22^{\circ} 44', 1$ . Dies sind demnach zugleich die resp. Halbmesser des blauen und rothen Ringtheils. Der zweite etwas kleinere Ring wird auf dieselbe Weise durch Brechung in zwei correspondirenden Zuspitzungsflächen erzeugt. Die Ablenkungswinkel, oder, was dasselbe ist, die Ringhalbmesser für das Roth und Blau sind der Rechnung nach  $21^{\circ} 38', 8$  und  $22^{\circ} 24', 0$ . Beide Ringe liegen also einander so nahe, dass sich ihre Farben nicht gegenseitig zerstören können. Früher hatte man nur die Brechung durch die Seitenflächen als Entstehungsgrund dieser Höfe angenommen; dass aber beide Brechungsarten wirksam sind, geht aus der Stellung der Nebensonnen hervor, welche, wie wir sehen werden, nur der Brechung in den Seitenflächen ihr Entstehen verdanken.

b) Die grösseren Höfe von  $47^{\circ}$ . Für diesen Ring spielt eine Seitenfläche und eine der geraden Endflächen (die also einen Winkel von  $90^{\circ}$  mit einander bilden) dieselbe Rolle, welche die Seitenflächen oder die Zuspitzungsflächen bei dem besprochenen Hofe spielen. Die Ablenkungen oder Ringhalbmesser für Roth und Blau sind hier  $46^{\circ} 6', 4$  und  $48^{\circ} 20', 8$ . Die grössere Farbenreinheit ist eine Folge der einfachen Entstehungsweise. Ueber die Erklärungen, welche Brandes und Fraunhofer von der Entstehungsart dieser Ringe gegeben haben, siehe Gehler Art. Hof, und deren Widerlegung bei Galle a. a. O. p. 246.

2. Erklärung der Haupt-Nebensonnen. Die Nebensonnen finden ihren Grund in der Brechung durch zwei abwechselnde Seitenflächen vertikaler Eisprismen unter dem Winkel der kleinsten Ablenkung, die bei dieser Stellung möglich ist. Ihre Entstehung gründet sich also (da die Ablenkung keine absolut kleinste ist, die Helligkeit also bei gleichmässig nach allen Richtungen gewendeten Krystallen nicht als relativ grösste sich geltend macht)

auf die Voraussetzung, dass wenn die Schneekristalle längliche Eisnadeln sind, diese in überwiegender Anzahl sich beim Herabfallen in ihre natürlichste, d. h. in eine vertikale Richtung stellen.

Nennt man die Ablenkung (oder die Distanz von der Sonne)  $c$  den Einfallswinkel  $a$ ,\*) den Brechungswinkel  $b$ , den brechenden Winkel ( $60^\circ$ )  $p$ , das Brechungsverhältniss  $n$ , die Winkel zwischen der Einfallsebene an der ersten Fläche und der auf der Säulenaxe senkrechten Ebene  $\alpha$ , den Winkel zwischen den Einfallsebenen an der ersten und zweiten brechenden Fläche  $\beta$ , und die Sonnenhöhe  $h$ , so ist

$$\sin \frac{1}{2} c = \sin \frac{1}{2} \beta \sin(\alpha - b), \text{ wo}$$

$$\sin \alpha = \sqrt{n^2 \sin^2 \frac{1}{2} p + \sin^2 h \cos^2 \frac{1}{2} p}, \quad \sin \alpha = n \sin b, \quad \sin \beta = \frac{n \sin p \sin h}{\sin^2 a} \text{ ist.}$$

Steht die Sonne z. B. im Horizont (ist also  $h = 0$ ) so wird auch  $\alpha = \beta = 0$ , die Ablenkung wird eine absolut kleinste, und die Prismen haben genau die Lage, in welcher sie den grösseren Ring des kleinen Hofes bilden. Die Nebensonnen stehen also dann genau in diesem Ringe, und sie würden sich vollkommen in demselben verlieren. Die Entfernung des Roth (des Strahls  $A$ ) der Nebensonnen von der wahren Sonne ist nach jenen Formeln für eine Sonnenhöhe von  $0^\circ$ ,  $10^\circ$ ,  $20^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $40^\circ$ ,  $50^\circ$ ,  $60^\circ$  resp.

$21^\circ 58', 1$ ;  $22^\circ 16', 1$ ;  $23^\circ 12', 6$ ;  $24^\circ 56', 2$ ;  $27^\circ 47', 6$ ;  
 $32^\circ 38', 0$ ;  $45^\circ 7', 8$ .

Dass die Nebensonnen mit der wahren in einerlei Höhe liegen, folgt aus der vertikalen Stellung der Prismen.

Die von der Sonne abgekehrten Schweife erklärt Galle durch Brechungen, welche in denselben Flächen vertikaler Prismen geschehen, aber nicht unter dem Minimum der Ablenkung, wo dann die hervortretende Helligkeit in den Schweifen durch das Vorherrschen der vertikalen Stellung der Nadeln allein hervorgebracht wird.

Lowitz sah am 29 Januar. 1790 in Petersburg noch zwei von den Nebensonnen abwärts bis zum Hof von  $22^\circ$  gehende kurze Schweife. Diese erklärt Galle wie folgt. Die vertikale Stellung der Krystallaxe ist die Bedingung der Entstehung der Nebensonnen. Von denjenigen Krystallen nun, deren Axe wenig, z. B. um den kleinen Winkel  $i$  von dieser vertikalen Richtung absteht, lassen sich diejenigen herausgesondert denken, welche sich am meisten der Stellung nähern, die zur Erzeugung des weiteren Ringes des Hofes  $22^\circ$  nöthig ist, und in welcher sie also ein Lichtmaximum ins Auge schicken würden. Diese herausgesonderten Krystallen werden uns mehr Licht zusenden, als alle andere, welche demselben Winkel  $i$  entsprechen. Lässt man nun das  $i$  variiren von 0 bis zu dem Werth, welcher den vertikalsten hoferzeugenden Prismen zukommt, so wird man auf einen Schweif geführt, welcher dem beobachteten vollkommen ähnlich ist.

\*) Der Austrittswinkel ist, wie überall bei der kleinsten Ablenkung, dem Einfallswinkel gleich.

Die Nebensonnen des Hofes von  $47^\circ$  erklären sich auf dieselbe Weise, wie die eben betrachteten, wenn man die Seitenfläche und gerade Endfläche als brechende Flächen annimmt. Galle liess diese Erklärungsart fallen, weil er die horizontale Stellung der Kante dieser beiden Flächen für die allein natürliche hielt; doch dürfte bei Tafelform die vertikale Stellung nichts Auffallendes haben. Lässt man diese Erklärung nicht gelten, so muss man mit Galle ein Vorhandensein zweier anderer auf einander senkrechten Flächen, die sich natürlicher vertikal stellen, vermuthen.

3. Berührungsbogen. Die Vorstellung, welche sich Galle von der Entstehungsweise derselben macht, ist folgende: Denkt man sich zwei Krystallflächen, deren Kante horizontal und senkrecht gegen die durch Auge und Sonne gehende Vertikal-Ebene steht, wir wollen diese Ebene forthin Hauptvertikal-Ebene nennen), denkt man sich weiter die Krystalle um diese Kante als Axe gedreht, so giebt es im Allgemeinen eine Stellung, in welcher bei einer gewissen Sonnenhöhe die Ablenkung ihr absolutes Minimum erreicht. Hierdurch entsteht eine helle Stelle in jener Vertikal-Ebene. Denkt man ferner andere Krystalle von demselben Flächenwinkel, deren Kante noch horizontal ist, aber nicht mehr genau senkrecht gegen die Hauptvertikal-Ebene, also senkrecht gegen Vertikal-Ebenen, die durch das Auge gehend, kleine Winkel mit der Hauptvertikal-Ebene bilden, so wird man dieselben etwas anders um ihre Kante drehen müssen, um wiederum bei derselben Sonnenhöhe die kleinste Ablenkung zu erhalten. Es würden diese Krystalle alsdann Stellen erleuchten, welche sich an die eben erwähnte helle Stelle anwerfen. Stellt man sich also vor, die Krystalle vollführen kleine Oscillationen um eine Stellung, welche die beim Fallen ihnen natürlichste ist, und ist diese Stellung nicht merklich entfernt von der, welche in der Hauptvertikal-Ebene die kleinste Ablenkung giebt, so muss ein erhellter Bogen entstehen, der nach den Umständen convex oder concav ist. Entstehen nun die Berührungsbogen auf diese Weise, so sieht man, dass sie nur bei bestimmten Sonnenhöhen entstehen können. Und nimmt man als die natürliche Stellung der Säulenaxe beim Fallen die vertikale an, so sind die brechenden Flächen für die oberen Berührungsbogen des Ringes von  $22^\circ$  entweder 1) die nach hinten liegenden correspondirenden Zuspitzungsflächen mit zugehöriger Sonnenhöhe von  $79^\circ 10', 6$  oder 2) die obere hintere Zuspitzungsfläche und die vordere Seitenfläche mit zugehöriger Sonnenhöhe von  $19^\circ 5', 7$ ; für die oberen Berührungsbogen des Ringes von  $47^\circ$  die obere gerade Endfläche und die vordere Seitenfläche mit einer Sonnenhöhe von  $21^\circ 56', 8$ . Der Bogen des grösseren Hofes kann demnach wegen der nahe gleichen Sonnenhöhe mit dem zweiten Bogen des kleineren Hofes sehr wohl, wie auch öfter beobachtet worden, gleichzeitig gesehen werden. Für den unteren Berührungsbogen des Hofes von  $22^\circ$  erhält man als brechende Flächen die hintere Seitenfläche und die vordere untere Zuspitzungsfläche mit einer Sonnenhöhe von  $41^\circ 13', 7$ ; für die unteren Berührungsbogen des Hofes von  $47^\circ$  die hintere Seitenfläche und die untere gerade Endfläche mit einer Sonnenhöhe von  $68^\circ 3', 2$ . Der letzte Bogen ist niemals beobachtet worden, wie er denn auch, wenn die Theorie richtig ist, in unsern Breiten wegen der zu ge-

ringen Sonnenhöhe nie gesehen werden kann. Das Nähere bei Galle a. a. O. S. 261.

4. Der weisse Horizontalkreis entsteht durch Reflexion in vertikalen Flächen, und würde demnach aus einer Reihe ungefärbter Sonnenbilder von gleicher Höhe mit der Sonne bestehen. Aus der mit der Schiefe des Einfallswinkels zunehmenden Intensität des reflektirten Lichts, wird zugleich die grössere Helligkeit des Streifens in der Nähe der Sonne erklärlich. Als reflektirende Flächen kann man am wahrscheinlichsten die beim Fallen sich vertikal stellenden Seitenflächen ansprechen.

5) Die weisse vertikale Lichtsäule entsteht durch Reflexion in horizontalen oder schwach gegen den Horizont geneigten (senkrecht gegen die Haupthorizontal-Ebene gerichteten) Flächen. Nimmt man also als reflektirende Flächen die untere gerade Endfläche, so erklärt sich die Häufigkeit der Erscheinung bei niedrigem Sonnenstande, bei welchem eben die Flächen am meisten horizontal stehen müssen.

6. Die der Sonne gegenüberstehende weisse Gegen Sonne lässt Galle durch Totalreflexion an der hinteren (vertikalen) Seitenflächen entstehen, auf welche das Licht fällt, nachdem es durch die gerade Endfläche oder die Zuspitzungsfläche unter dem Winkel der kleinsten Ablenkung gegangen ist. Siehe a. a. O. S. 278.

Die seltneren Erscheinungen, welche noch unerklärt sind, und vielleicht zum Theil von anderen als den bisher betrachteten Krystallflächen herrühren, oder deren Erklärung noch einer weiteren Bestätigung bedarf, sind unter andern folgende.

Weisse Streifen, welche durch Sonne und Gegen Sonne gehend jederseits gegen den Horizont um etwa 60° geneigt sind. Berührungsbogen des Hofes von 47°, deren Berührungspunkte jederseits etwa 60° von dem tiefsten Punkt des Ringes entfernt sind. (Beide Erscheinungen von Lowitz (1790) beobachtet.) Zwei kurze Streifen, welche den weissen Horizontalstreifen in 90° Entfernung von der Sonne schräg durchschneiden (nur einmal, von Hevel, beobachtet). Elliptische Ringe, welche den Hof von 22° umgeben und in ihrem tiefsten und höchsten Punkt berühren. Endlich weisse Gegen Sennen zu beiden Seiten der oben erwähnten Gegen Sonne.

Man sehe die versuchten Erklärungen in Gehler Art. Hof und Pogg. Ann. XLIX 1 und 241. R.

**Höfe** (kleine) sind mehr oder weniger deutlich regenbogenartig gefärbte Ringe, welche Sonne und Mond unmittelbar umgeben, wenn sie von leichten Cumulus-Wölken verschleiert werden. Sie haben das Roth nach Aussen gekehrt, und zeigen zuweilen mehrere (bis zu 4) Farbenfolgen. Sie entstehen unzweifelhaft durch Beugung an den Dunstbläschen der vor dem Gestirn vorüberziehenden Wolken, ja sie lassen sich nachahmen, wenn man z. B. durch ein leicht angehauchtes Glas den Mond oder eine Flamme betrachtet. Zur Deutlichkeit der Erscheinung ist erforderlich, dass alle Dunstbläschen nahe denselben Durchmesser haben. Der Durchmesser der Ringe wächst mit abnehmender Grösse dieser Bläschen, und man

hat daher in der Messung dieser Durchmesser ein Mittel, die Grösse der Bläschen zu berechnen

R.

### Höhenmessung. S. Hypsometrie.

**Höhenrauch.** (Haar\*)-, Heide-, Hehr-, Land-, Moor-, Sonnenrauch.) So heissen alle die nebligen Erscheinungen in unsrer Atmosphäre, deren Ursache nicht feuchte Niederschläge sind, daher sie auch passend trockner Nebel genannt werden. Der Himmel ist dann nicht rein blau, sondern von einer eigenthümlichen schmutzig grauen Färbung, die in einigem Abstände vom Horizonte ziemlich scharf in eine tiefer graue mit einem Strich in's Röthliche übergeht. Entfernte Gegenstände, Berge und dgl. erscheinen fein verschleiert und weniger deutlich, als bei gewöhnlicher Heiterkeit der Atmosphäre. Auch die Sonne verliert schon in bedeutender Höhe an Glanz, die Schatten sind nicht scharf begrenzt, und in einiger Nähe am Horizont färbt sie sich schnell blutroth und verliert ihren blendenden Glanz; ja bei starkem Höhenrauch verschwindet sie ganz vor unsern Blicken, bevor sie noch den Horizont erreicht hat. Ein eigenthümlicher Geruch nach Kohlendampf dabei ist besonders in der Nähe seines Ursprungs (s. u.) Jedermann bekannt und eine lästige Plage mancher Gegenden.

Am häufigsten werden diese Nebel im nordwestlichen Deutschland und Holland beobachtet; indess erstrecken sie sich auch auf die anstossenden Länder, und es ist gegenwärtig kein Erdtheil mehr, wo das Phänomen nicht temporär mehr oder minder entwickelt beobachtet wäre, wie ich nachgewiesen habe.\*\*)

Starker Höhenrauch auf grossen Ländergebieten ist eine seltene Erscheinung; man führt die Jahre 526, 1652, 1721, 1729, 1764, 1783, 1821 — 25, 1831 und 1834 als besonders reich daran an. Besondere Aufmerksamkeit erregte der Nebel im Jahre 1783, welches durch gewaltige vulkanische Ausbrüche und Erdbeben auf Island und Calabrien, durch grosse Hitze und heftige Gewitter so berühmt geworden.\*\*\*) Er verbreitete sich über ganz Europa bis Syrien und Nordafrika, wurde auch auf dem atlantischen Ocean wahrgenommen und erstreckte sich an einigen Tagen bis zu mehr als 10000' über dem Meere, während an andern die Spitzen der Alpen darüber hervorragten. Von der Mitte (16 — 18) bis zu Ende des Juni wurde er gleichzeitig in den entferntesten Gegenden (Norwegen und Schweden, auf dem atlant. Ocean zwischen Norwegen und Holland, in England, den Niederlanden, Frankreich, Deutschland, Italien, Ungarn, Moskau, am Altai) beobachtet, und dabei war er so dicht, dass man die Sonne

\*) Haaren heissen nämlich in einigen Gegenden Anhöhen in der Nähe von Mooren.

\*\*\*) Pogg. Ann. XLIV. 176; Monatsber. der geographischen Gesellsch. zu Berlin, III. 55.

\*\*\*) Vermischte Beiträge zur physik. Erdbeschr. Brandenburg 1784. V. 327 (Deutsch. Merkur, Apr. 1784). Brandes' Beiträge zur Witterungskunde. Leipzig 1820. S. 172. Gehler's Wörterbuch VII. I. Abth. 41.

um Mittag kaum sehen konnte; dann verschwand er in einigen, trat wieder von Neuem hervor und wurde z. B. zu Kopenhagen noch bis zum 26. September gesehen, von wo auch die ersten Berichte über sein Erscheinen (29. Mai) bekannt geworden sind. Weder Stürme noch Regen und Gewitter vertrieben ihn; die Luft war überhaupt in dieser ganzen Zeit sehr trocken und Windstillen häufig. Hypothesen tauchten sogleich zu seiner Erklärung auf (Lalande, Cotte, Maret und A.): die Electricität bildete den Hauptschlüssel zu der eigenthümlichen Erscheinung. Später fand besonders die Ansicht, dass er in Verbindung mit jenen berühmten Eruptionen stände, Eingang und in der That mögen diese in manchen Gegenden, namentlich durch Verkohlungen organischer Massen, die Ursache gewesen sein, doch gewiss nicht für alle (s. u.). — Nicht viel weniger Aufmerksamkeit erregte der trockene Nebel, welcher im August 1831 nach einander in Afrika, Südrussland, Südfrankreich, Nordfrankreich, New York und den Virgins. Inseln in einem Zeitraum von 14 Tagen beobachtet wurde. Auch das heisse Jahr 1834 zeichnete sich durch Häufigkeit von Höhenrauch aus.\*)

Die meisten Beobachtungen über Höhenrauch besitzen wir aus dem nordwestlichen Deutschland und Holland, und in diesen Gegenden tritt das Phänomen alljährlich ein. Die Ursach desselben liess sich durch eine vergleichende Untersuchung der Beobachtungen an zahlreichen benachbarten Stationen leicht mit Bestimmtheit erkennen:\*\*) In jenen Gegenden wird die Moorcultur durch Abbrennen der im Herbst umgehackten und ausgetrockneten Oberfläche im Frühlinge bewirkt, wobei mit besonderer Sorgfalt das Ausbrechen von Flammen verhindert wird, so dass hier sich eine ungeheure Menge Rauch in die Luft erhebt. Fincke (a. a. O. S. 51) berechnet, dass im nordwestlichen Deutschland gegen 60000 Morgen so bewirthschaftet werden und dass sich dabei über 2000 Millionen Pfund verbrannter Producte in die Atmosphäre erheben. Trockenheit des Bodens und der Luft fördern natürlich den Process und die Verbreitung, deren Richtung und Ausdehnung besonders von dem über herrschenden Winde abhängt. So kann sich leicht unter günstigen Umständen der Rauch bis 2000 Fuss erheben und sich von Westphalen in 1 — 2000 □ Meilen bis in's östliche Deutschland, die Mitte Frankreichs und die Schweiz verbreiten. Mit zunehmender Bevölkerung hat dies Verfahren nothwendig eine grössere Ausdehnung gewonnen, und das Phänomen scheint dort noch häufiger geworden zu sein. Wie bekannt, sind aber in trocknen Sommern Entzündungen von Moorflächen, Wäldern \*\*\*) und dergl. m. keine Seltenheit; dazu kommt das Verfah-

\*) Kämtz' Lehrb. des Meteorol. III. 207.

\*\*) F i n k e, Naturhistor. Bemerk. über den Moordampf. Hannover 1820. Der Moorrauch in Westphalen. Lingen 1825. Arends Rasenbrennen und Moorbrennen. Hannover 1826. Kastner, Archiv f. Chemie etc. I., II., IV., V. etc. Egen in Oken's Isis. 1829; der Haarrauch. Essen. 1836.

\*\*\*) Pogg. An. XLIV. 184. Im October 1825 brach z. B. an den Ufern des Miramichi ein Waldbrand aus, der sich über mehr als 6000 engl. Quadratmeilen ergoss; ein sehr dunkler Nebel dehnte sich über 10 Breitengrade nach Süden hin aus.

ren, in dieser Zeit das Haidekraut abzubrennen, und im Herbst das Verbrennen von Unkraut, Kartoffelstengeln etc., so dass hier Stoff genug ist, um die Verbreitung von Rauchmassen über grössere Länderstriche zu erklären, da wir im Kleinen schon die grosse Verbreitung des Rauchs bei Städten bemerken können, in denen viele Fabriken vereinigt sind, und welche oft enorme Mengen von Kohlen consumiren, wie die dichten Nebel Londons z. B. zu beweisen scheinen.\*) Wenn wir nun finden, dass auch die Landwirthe in Schweden und Russland ihre Moore oder Haiden, die Indianer in Amerika ihre Prairien (im Spätherbst), die Eingebornen in Neuholland die im Sommer verdorrten Wiesen (und gelegentlich Wälder) in Brand stecken, wenn wir ferner noch in Anschlag bringen, das auch Staub von Vegetabilien, und feine Theilchen mineralischer Substanzen bei trockner Zeit durch Winde in die Höhe gehoben werden (was in der Wüste Sahara in der heissen Jahreszeit ein so eigenthümliches Ansehen der Atmosphäre veranlasst): so scheint uns dies Material genügend und wir brauchen weder die Elektrizität (wie Schön, von Hoff u. A.), noch Chladni's hypothetische kosmische Staub- und Rauchmassen zu Hülfe zu nehmen. Da aber jene Processe in allen Jahren vorkommen, so bedarf es nur günstiger Umstände zur Verbreitung, des Rauchs, und diese scheinen vorzugsweise in ausnehmend grosser Trockenheit der Luft zu bestehen, wie Egen's mehrjährige (1826 — 30) Psychrometer-Beob. am besten darthun, indem die relative Feuchtigkeit oft nur 50 und im Mittel 60 Procent betrug. Und da dies auch im Jahre 1783 der Fall war, wo selbst im feuchten Holland Klagen über die Dürre laut wurden, so haben wir keinen Grund, wegen des Zusammentreffens mit andern Phänomenen auf einen Causalnexus zu schliessen; wir können nur annehmen, dass, wenn auch für einige Gegenden, wie Island, der Ursprung des Höhenrauchs in vulkanischen Erscheinungen in ihrer Nähe zu suchen sei, diese mehr localen Processe nicht geeignet erscheinen, die Wirksamkeit der andern mit Grund auszuschliessen, um einer wunderbaren Verbreitung solcher vulkanischen Nebel zu huldigen.

In Gegenden, wo Höhenrauch eine seltene Erscheinung ist, fand die Ansicht, dass er einen merklichen Einfluss auf die Witterung ausübe, im Allgemeinen weniger Anhang, als in der Nähe seines Ursprungs.\*\*\*) Besonders bestärkte in diesem Glauben auch die eigenthümliche Witterung des Jahres 1783. — Der Haarrauch ist gewöhnlich in Nordwest-Deutschland von häufigen Nordwinden und trockner Witterung begleitet; aber dies ist weniger eine Folge desselben, als eine nothwendige Bedingung für den Beginn des Moorbrennens. Doch ist es nicht unwahrscheinlich, dass die Trockenheit durch die fein zertheilte Kohle, welche die Feuchtigkeit der Luft absorbirt, erhöht

\*) Wahrscheinlich bestehen dieselben häufig aus einem Gemenge von feuchten Nebeln und trocknen, in der Luft schwebenden Theilchen von Kohlen und dergl.

\*\*) In Lingen beobachtete man 1822 an 25, in Wetzlar an 30, in Münster im Mittel von 9 Jahren (1818 — 26) jährlich an 10 Tagen Höhenrauch.

wird, und so könnte derselbe auch auf Wolken und Gewitter\*) zerstreudend wirken, wobei der lebhaft aufsteigende Luftstrom über den erhitzten Moorflächen, wie die dadurch modificirte Windrichtung Antheil haben werden. Aus den Beobachtungen ist indessen eine solche Wirkung noch keineswegs nachgewiesen. Dasselbe gilt von der Wärme der Atmosphäre: ein Einfluss auf dieselbe muss, wenn auch nur am Ort des Ursprungs, entschieden statt finden, namentlich durch die Erwärmung der Luft über den brennenden Flächen, durch die Trübung der Atmosphäre, durch Absorption und Condensation der Wasserdämpfe von den Kohlentheilchen u. s. w. Auch am Barometer wird sich dann eine Veränderung zeigen, wie bei der Feuchtigkeit; obgleich es glaubhaft ist, dass die Grösse seiner Wirkung im Allgemeinen gering erscheinen wird gegen die unregelmässigen Witterungsschwankungen, denen man in so hohen Breiten unterworfen ist. Hieraus erhellt denn auch, dass nur eine sehr lange Reihe von Beobachtungen, die wir nicht besitzen, über diese Punkte Aufschluss geben kann.

Literatur: Ausser den cit. Schriften s. Mons in Mém. de Brux. t. IV., Muncke in Gehl. Wörterb. VII. 37; Kämtz' Lehrb. III. 197; Vorles. über Meteorologie. 565. W. Mn.

**Höllenstein** ist geschmolzenes salpetersaures Silberoxyd (s. d.)

**Hörbarkeit** s. Gehör.

**Hören** s. Gehör.

**Hörrohr**, dieses Instrument, dessen sich Schwerhörige zur Verstärkung des ihnen zugehenden Schalles bedienen, besteht im Allgemeinen in einer Röhre, die mit einem Ende ins Ohr gehalten wird, und nach der andern, der Schallquelle zugewendeten Seite sich erweitert (trompetenförmig, kegelförmig, parabolisch), um einen grösseren Theil der Schallwelle aufzunehmen und durch die gewöhnlich sich allmählig verengernde Röhre nach dem Obre zu führen. Diese Röhre ist zuweilen fast ganz gerade, in andern Fällen gewunden, was der bequemeren Form wegen geschieht, aber auch zur Verstärkung beitragen soll; man gebraucht auch biegsame Röhren. Dünne Membranen im Hörrohr sollen nicht sowohl zur Stärke als zur Deutlichkeit beitragen. Ueberhaupt hat man sehr vielerlei Formen von Hörrohren, doch fehlt es an einer genügenden, auf Erfahrung begründeten Theorie dieser Instrumente, welche auch eine vollständigere Kenntniss der Gesetze der Zurückwerfung und selbst der Fortpflanzung des Schalles verlangen würde, als man bis jetzt besitzt. S.

**Hohlspiegel** s. Spiegel.

**Höhofengase.** Seit der glücklichen Anwendung der Hoho-

\*) Vergl. Pogg. Ann. XLIV. 188 und XLIX. 240.

fengase zu Brennmaterialien, zum Schmelzen und zum Frischen des Roheisens, sowie zum Ausschweissen des gefrischten Eisens in Flammöfen, welche letztern namentlich durch Fabre du Four eingeführt wurden, ist die Zusammensetzung dieser Gasarten besonders der Gegenstand einer Anzahl chemischer Untersuchungen gewesen. Bunsen, Ebelmen, Scheerer und Langdorf haben sich vorzüglich mit denselben beschäftigt.

Die Resultate, zu denen sie gelangten sind nicht immer übereinstimmend, und abgesehen von den Verschiedenheiten, welche die wechselnden Verhältnisse herbeiführen mussten, sind auch durch die nicht immer scharfen Methoden Differenzen entstanden.

Die Gase rühren zum Theil aus den Elementen der Luft, zum Theil aus denen der Kohle her, und verändern sich in der Höhe des Ofens beträchtlich.

Bunsen fand z. B. bei einem und demselben Ofen folgende Verhältnisse:

Tiefe unter der Schicht.	3'	4,5"	6'	7,6"	9'	12'	15'
Stickstoff . . . .	60,78	60,07	64,63	60,94	62,30	59,93	62,96
Kohlenoxydgas . . .	26,29	25,31	27,94	32,59	32,23	28,57	30,61
Kohlensäure . . . .	8,74	11,17	3,32	3,49	4,67	7,56	5,95
Wasserstoff . . . .	1,96	1,41	2,30	2,32	0,38	1,40	0,24
Grubengas . . . . .	2,23	2,04	1,80	0,66	0,42	2,53	0,21
Dem Volum nach . .	100	100	100	100	100	100	100.

Karsten macht es wahrscheinlich, dass Oefen, die mit kaltem Winde betrieben werden, in den tiefen Schichten mehr Kohlensäure gegen Kohlenoxydgas haben werden.

Grubengas haben auch Scheerer und Heine gefunden, Ebelmen jedoch nicht. Vergl. Bunsen: Pogg. Ann. XLVI. 193. L. 81. Scheerer und Langdorf. LX. S. 489. Heine, Bergwergefreund V. Ebelmen. Compt. rend. de l'acad. des Sciences. XIV. 174. XVI. 729. XVIII. 364. XIX. p. 3. J. f. pr. Ch. XXVI. 236. Karsten Eisenhüttenkunde III. 274. IV. 270. M.

**Holländische Flüssigkeit.** Bei der Einwirkung des Chlors auf das ölbildende Gas (Elayl  $C_4 H_8$  oder  $C_2 H_4$ ), entdeckten die Holländischen Chemiker Deimann, von Troostwyk, Bondt und Louwrenburgh im Jahre 1795 die ölige Verbindung  $C_2 H_4 Cl_2$  oder  $C_4 H_8 Cl_2$ , welche seitdem den Namen der Holländischen Flüssigkeit führt, s. Crells Annal. 1795 Bd. II. S. 195. Ihrer Zusammensetzung nach hat sie den von Berzelius eingeführten Namen: Elaychlorür s. d. Später haben sich mit der Untersuchung der Verbindung namentlich Colin und Robiquet (Ann. de chim. et de phys. I. 337) Morin, (ibid. XLIII. 225) Dumas, Liebig und Wöhler beschäftigt. Pfaff bemerkte, dass das Oel unter

Wasser dem Sonnenlicht ausgesetzt, sich in Essigäther und Chlorwasserstoffsäure verwandele. Die Reaction ist ganz einfach  $C_4 H_{16} Cl_2 + H_2 O_4 = C_4 H_{17} O_4 + Cl_4 H_6$ , der Essigäther  $= C_4 H_{16} O_4 = C_4 H_{16} O + C_4 H_6 O_3$ .

Die Verbindung ist sehr stabil; kaustisches Kali, wasserfreie Baryterde, Schwefelsäure greifen sie selbst in der Hitze nicht an, wohl alkoholische Kalilösung; s. u. Kalium zerlegt sie, namentlich in der Wärme, in Chlor (kalium), und ölbildendes Gas.

Die Einwirkung des Chlors ist namentlich von Regnault und Laurent untersucht worden. (Journ. f. pr. Ch. XVIII. 85.) Zuerst wird  $C_4 H_4 Cl_4 + H_2 Cl_2$  gebildet, dieselbe Verbindung, welche durch Einwirkung des Antimonsuperchlorids auf Chloracetyl entsteht; sie siedet bei  $115^\circ$  und hat ein sp. G. im Dampfe von 4, 6. Durch Behandeln dieser Substanz mit Chlor bildet sich eine neue Verbindung, welche aus  $C_4 H_4 Cl_6$  besteht, ein sp. G. von 1, 576 ( $19^\circ C$ ) besitzt, bei  $135^\circ$  siedet, und ein sp. Dampfdichte von 5,79 hat. Laurent hat diese Verbindung auch erhalten. Ann. de Chim. et de Phys. LXIII. Journ. f. pr. Ch. XI. 232. In Alkohol gelöstes Kali zerlegt diese Verbindung unter Bildung von Chlorkalium und einer andern leicht zersetzbaren Substanz, die fast ununterbrochen Chlorwasserstoffsäure entwickelt ( $C_4 H_2 Cl_6$ ?). Durch längeres Behandeln der Flüssigkeit  $C_4 H_4 Cl_6$  mit Chlor, namentlich im Sonnenlicht, wird die Faraday'sche Chlorkohlenstoffsäure  $C_4 Cl_{12}$  erhalten. sp. G. des Dampfes = 8, 16.

Während die holländische Flüssigkeit von einigen Chemikern geradezu als Elaylverbindung betrachtet wird, so kann man auch die Reaction durch Substitution erklären, indem Chlor den Wasserstoff ersetzt, die gebildete Chlorwasserstoffsäure sich indessen nicht ausscheidet, sondern in der Verbindung bleibt, und daraus durch alkoholische Kalilösung ausgeschieden wird. Folgende Tabelle wird dies deutlich machen.

Oelbildendes Gas	$C_4 H_8$	durch Kali umgew. in	$C_4 H_8 + KO$ .	(unverändert.)
Holl. Flüssigkeit	$C_4 H_6 Cl_2 + H_2 Cl_2$	„ „	$C_4 H_6 Cl_2 + 2 Cl_2 + H_2 O$	
	$C_4 H_4 Cl_4 + H_2 Cl_2$	„ „	$C_4 H_4 Cl_4 + KCl + H_2 O$	
	$C_4 H_2 Cl_6 + H_2 Cl_2$	„ „	$C_4 H_2 Cl_6 + KCl + H_2 O$	
	$C_4 Cl_{12}$			

Die Verbindung  $C_4 H_6 Cl_2$  kann als Acetylchlorid (s. d.) angesehen werden. In der vollständigen Reihe fehlt das vorletzte Glied  $C_4 Cl_8 + H_2 Cl_2$ . M.

**Hollunderblüthenöl.** Mehreren Angaben zufolge soll man aus den Hollunderblüthen, ebenso wenig wie aus den Lindenblüthen durch Destillation mit Wasser ein ätherisches Oel gewinnen können. Winkler hat gezeigt, dass dies nur durch die grosse Löslichkeit des Oels in Wasser so erscheint. Sättigt man das Wasser mit Kochsalz und zieht es sodann mit Aether aus, so erhält man die ätherische Lösung des Oels, welches nach dem Verdampfen des Aethers zurück bleibt, und über Chlorcalcium abdestillirt werden kann. Es riecht den frischen Blumen sehr ähnlich, krystallisirt beim Gefrierpunkte des Wassers; an der Luft verdickt es sich und wird rothbraun. Pharm. Centralblatt 1837. 781. M.

**Holz.** Das Holz im Allgemeinen unterscheidet sich von der Holzfaser, welche die Zellen der Pflanzen bildet, und aus reiner, einfacher Substanz besteht, welche imprägnirt mit Säften eine Asche hinterlässt, die aus kohlen-sauren Salzen besteht, meist Kali- oder Natronsalzen; die in frischem Holze pflanzensauer waren, jedoch durch die Hitze zersetzt wurden. Manche Hölzer hinterlassen viele Kieselsäure, andere, z. B. Ebenholz, geben fast reine kohlen-saure Kalkerde (Erdmann) s. bei Pflanzenasche. Die Holzfaser ist Anfangs dünn, darauf lagert sich, wie bei der Stärke, eine fast gleichartige Substanz ab (Payens incrustirende S.), die dicker wird, und zwischen den einzelnen Zellenwände doch immer Zwischräume (Intercellularräume) lässt. Oft ist das Holz mit Gummi, Stärke, am öftersten mit Harz imprägnirt. Durch verschiedene Lösungsmittel, kaltes und heisses Wasser, Alkohol und Aether kann man die aschegebenden Substanzen ausziehen, und ebenso die andern Substanzen.

Die eigentliche Holzsubstanz besteht nur aus der Zellsubstanz (Cellulose), und der sich darauf und dazwischen ablagernden inkrustirenden Substanz. Jene findet man fast rein im Hollundermark; von der letztern kann man sie durch Kochen mit verdünnter Kalilauge oder Salzsäure befreien. Das rohe Holz hatte nach Prout und nach Thenard und Gay-Lussac die Zusammensetzung  $C_{12} H_{10} O_5 = 50\% C$  und  $50\% Aq$ . Nach Payen hat die Cellulose die Zusammensetzung  $C_{12} H_{10} O_5$ , die inkrustirende Substanz  $C_{12} H_{10} O_5$ . (Payen Ann. des sc. nat. Bot. Mai. 1840. 305. — Ser. 2. T. II. 1839. 21. — Aout 1840. p. 73. 82.) S. auch Mulder Versuch einer allgemeinen phys. Chemie. Lief. 3. S. 294 und dort angegebene Literat. (Aus. bei Vieweg). — Die Holzfaser selbst ist in Wasser, Alkohol und Aether unlöslich; aber in verdünnter Kalilauge und Säuren; concentrirte zersetzen sie beim Auflösen. Salpetersäure bildet Xyloidin s. d. Art. sp. G. = 1, 45 — 1, 53. Bei  $120^\circ$  zerlegt sie sich, indem sie sich bräunt. Das Holz selbst im Zustande wie es von der Pflanze kommt, enthält eine grosse Menge, je nach der Pflanze verschiedener Stoffe; auch von sehr verschiedene Structur, wodurch die Festigkeit bedingt wird. Harte und weiche Hölzer unterscheidet man in dieser Beziehung. Jene geben mehr Asche als diese. Frisches Holz enthält eine sehr bedeutende Menge von Wasser, worüber Schübler und Hartig Versuche angestellt haben. Die Hainbuchen geben 48, 6, der Schwarzpappel 51,8% Wasser. Das lufttrockne Holz enthält immer noch eine grosse Menge Wasser. Rumford fand zwischen 16 — 20%, welches durch Trocknen bei  $136^\circ C$  ausgetrieben werden konnte.

Das sp. G. des Holzes, d. h. mit durch Wasser unausgefüllten Porengängen ist meist kleiner als das des Wassers. Es kann bei trockenem Holz bis auf 0, 38 herabkommen, und sich kaum bis auf 1,0 erheben. Aus frischem Holze zieht Wasser eine Menge Substanz aus, was beim Flössen berücksichtigt werden muss. Werneck fand das ein C. Fuss dadurch ein Pfund verlieren kann. Die Zusammensetzung der verschiedenen Hölzer ist sehr verschieden, was von grosser Wichtigkeit für die Heizkraft desselben ist.

Petersen und Schoedler haben darüber eine Reihe von Versuchen angestellt. Sie fanden u. A.

Art des Holzes.	Kohlenstoff.	Wasserstoff.	Sauerstoff.
Reine Holzfaser	52,65	5,25	42,10.
Quercus robur	49,43	6,07	44,50.
Fraxin. excels.	49,36	6,07	44,57.
Acer campest.	49,80	6,31	43,89.
Ulmus camp.	50,19	6,42	43,39.
Salix fragil.	48,44	6,36	44,80.
Pin. Larix	50,11	6,31	53,58.

Bemerkenswerth ist, dass Wasserstoff und Sauerstoff nicht im Verhältnisse wie im Wasser = 1:8 stehen, was durch die Beimischungen herbeigeführt wird. Der Stickstoffgehalt ist unbedeutend, wird jedoch bei der Destillation, namentlich am Schluss derselben, bemerkt, indem sich dann eine bedeutende Quantität von Ammoniak bildet. M.

**Holzäther.** S. Methylen.

**Holzalkohol.** S. Methylen.

**Holzconservation.** Die Consumption des Holzes ist in einem fortwährenden Steigen begriffen, und die Produktion hält damit keinen Schritt, daher man entweder darauf denken musste, das Holz durch eine andere Substanz zu ersetzen (durch Eisen), oder es längere Zeit hindurch brauchbar zu machen; man musste Mittel suchen, es zu conserviren. Bei Anwendung des Holzes zu Landbauten, wo es geschützt gegen Feuchtigkeit und Hitze liegt, hat das Holz fast nur einen Feind, den Wurm; dieser kann es aber unter Umständen mit furchtbarer Schnelligkeit zerstören. Wo das Holz feucht liegt, kein Luftzug die Anhäufung der Zersetzungsprodukte hindert, wo feuchtes Holz selbst beim Bau angewendet ist, da findet auf dem Lande eine oft sehr schleunige Zerstörung statt; es stellt sich Fäulniss ein, und es entwickelt sich der zerstörende Holzschwamm. Diese wuchernde Pflanze, welche ihre Nahrung aus dem zersetzten Holze zieht, kann in kurzer Zeit neue Gebäude völlig vernichten. Mehr als auf dem Lande leidet das Holz, welches dem unmittelbaren Einfluss des Seewassers ausgesetzt ist; hier ist aber ebenfalls der Bohrwurm der gefährlichste Feind. Fussdicke Stämme sind oft in einem Monat zu einer schwammähnlichen Masse zernagt. — Ausser diesem, oft nur langsam aber doch sicher wirkenden Zerstörungsmittel der Produkte unseres Scharfsinnes und unserer Industrie, haben wir ein schnell zerstörendes, furchtbares Element in dem Feuer zu bekämpfen. Gegen beide Feinde haben wir Waffen ergriffen, und zum Theil mit sehr gutem Erfolge. Das grösste Hinderniss, die Schutzmittel des Holzes anzuwenden, liegt in dem hohen Preise dieser Schutzmittel. Die einfachste und erfolgreichste Methode gegen die Fäulniss des Holzes, freilich nicht gegen das Feuer, ist das Austrocknen, oder noch besser das Dörren des Holzes. (Journ. f. pr. Ch. XXIV. 416.) Wird diess auf die Weise ausgeführt, dass es zugleich geräuchert wird, indem man die Abfälle des Holzes als Brenn- und Räuchermaterial verwendet, indem man Oefen damit feuert, welche den Aufbewahrungsraum heizen und zugleich den Rauch in dieselben hineinströmen

lassen, so hat man den grössten Vortheil mit möglichst geringen Kosten. Es wird dabei nicht allein Feuchtigkeit entfernt, die Poren des Holzes füllen sich mit den schützenden brenzlichen Produkten, sondern es werden auch die Keime der Gährungspflanze getödtet. Den einen Theil dieser Wirkung übt die alleinige Anwendung des Kreosots, und Versuche von Moll, in Belgien, Frankreich und England ausgeführt, haben dargethan, dass nicht nur Fäulniss, sondern auch Bohrwürmer davon zurückgehalten werden. (Dingl. polyt. Jour. LXIII. 133.) Holzsäure übt eine ähnliche, nur schwächere Wirkung aus: Die Anwendung von Pech und Theeröl ist zum Theil aus gleichen Ursachen nützlich, zum Theil durch den Luftabhaltenden Ueberzug, welcher dem Holze dadurch ertheilt wird. — Die conservirende Eigenschaft, des Kochsalzes für thierische Bestandtheile dehnt sich auch auf die vegetabilischen aus, und das Holz kann durch Imprägnation mit Kochsalz völlig geschützt werden. Carny hat namentlich diese Eigenschaft bei dem Eichenholz nachgewiesen. Boucherie hat Gleiches von Chlornatrium und Chlormagnesium gezeigt. Dass Chloraluminium das Fleisch gut conservirt hat Gannal beobachtet; (Journ. f. pr. Ch. XXIII. 305.) man kann dieselbe Verbindung vielleicht auch auf das Holz anwenden. Chlorcalcium ist ein so häufiges Nebenprodukt, dass es nicht ohne Vortheil da wird angewendet werden können, wenn Feuchtigkeit nicht schädlich wirkt. (Boucherie.) Bréant wendete Eisenvitriol an, der schon von Andern benutzt war, jedoch mit der Abänderung dass er nachher mit Leinöl das Holz imprägnirte, und dadurch die Austrocknung desselben verhinderte. Eine besonders wirksame Methode sollte die von M'Kyan vorgeschlagene sein, das Holz mit Quecksilberchlorid zu imprägniren, wodurch auch Cadaver erhalten werden können. Journ. f. pr. Ch. V. 246. Man hat diese Methode für Eisenbahnschwellen angewendet, und die Badischen Bahnen haben sie in der That benutzt. Erdmann hat das Unzureichende dieses Schutzmittels nachgewiesen, (ebend. XIV. 249); wenn es auch wirklich schützen könnte, so ist die Anwendung doch so gefahrvoll, dass man dieses Mittel ebensowenig anwenden darf als arsenige Säure, Kupfervitriol, welcher letztere namentlich sonst gute Dienste leistet. Unschädlich und sehr zweckmässig, nur zu kostbar, ist die Anwendung des von Gay-Lussac vorgeschlagenen phosphorsauren und boraxsauren Ammoniaks und des Fuchs'schen Wasserglases s. Journ. f. pr. Ch. XXIII. 287 (s. d. A.). Allen diesen Unbequemlichkeiten sollte durch die viel beschriebene und besprochene Methode von Boucherie abgeholfen werden, welcher holzsaures Eisenoxyd anwendet. (Journ. f. pr. Ch. XXI. 445.) Diess schützt in der That vor Feuer und Fäulniss, indessen ist es auch nicht überall wohlfeil genug, um angewendet werden zu können. Das Schwierigste war der Imprägnation des Holzes mit der Lösung. Boucherie hatte die Idee, das Holz diese selbst aufsaugen zu lassen, indessen machte diess doch zu grosse Umstände. Später ist versucht worden, die gefällten Hölzer aufrecht zu stellen, und durch aufgesetzte trichterartige Säcke von getheerter Leinwand die Flüssigkeit hineinzugiesen, welche nun hydrostatisch die im Holz enthaltene Flüssigkeit her austreibt, und den Raum desselben einnimmt. Die Boucherie'sche Methode ist für jetzt wohl die beste: indessen ist es wün-

schenswerth, namentlich die Art und Weise, das Holz mit der Schutzflüssigkeit anzufüllen, noch vereinfachen zu können. M.

**Holzessig.** Bei der Destillation des Holzes geht mit dem Wasser und dem entweichenden Gasen eine grosse Menge von Essigsäure über, die sich in dem Wasser auflöst, mit dem sich zugleich eine grosse Menge von Theer und Pech vermischt. Die Aufgabe ist, diese brenzlichen Produkte von der Essigsäure zu scheiden, und dieselbe chemisch rein darzustellen, wenigstens hinreichend zum Genuss und zu chemischen Präparaten, welche in der Arzneikunde und den Gewerben angewendet werden. Nicht selten wendet man gerade das unreine Produkt an, weil diese Beimischungen in manchen Beziehungen von grosser Wirksamkeit sind.

So henutzt man den rohen Holzessig, namentlich seines Kreosotgehaltes wegen, zum Conserviren von Fleisch, das jedoch unschmackhaft wird; aber auch der gereinigte Holzessig enthält meist noch eine, wenn gleich geringe, doch hinreichende Menge von Kreosot, um besser zu conserviren als Gährungsessig, und zwar ohne einen bemerkbaren Nebengeschmack zu ertheilen. Das mit Holzessig bereitete essigsaure Eisenoxyd, wendet Doebereiner schon gegen Wurm und schwamm des Holzes an; (Pogg. An. 1829. I. 244) Boucherie benutzt es überhaupt zur Conservation des Holzes. (Siehe Holzconservation) Auch in der Färberei wendet man gerade die unreine Säure oft absichtlich an, s. u. Man hat so unzählige Versuche zur Reinigung des Holzessigs angewendet, dass ihre Aufzählung einen grossen Raum erfordern würde; wir wollen nur die hauptsächlichsten anführen; Ehe die Schnelllessig-Fabrikation bekannt war, und der Weingeist in so geringem Preise stand, war es selbst für die Gegenden, in denen der Gährungsessig jetzt so wohlfeil ist, ein Vortheil, den Essig aus Holzessig zu bereiten, so dass sich die Göttinger Soc. der Wissenschaften veranlasst sah, einen Preis auf die Erfindung einer leichten und wohlfeilen Methode der Reinigung des Holzessigs zu setzen. Stolze gewann diesen Preis, und machte sein Verfahren bekannt: Gründliche Anweisung die Holzsäure zu benutzen. Halle und Berlin 1820. Er wendete drei verschiedene Methoden an. Er destillirte den Holzessig bis zur Trockne ab, und setzte auf einen Oxhoft 12 Pfund feingeriebenen Braunstein; liess das Gemenge 6 Stunden bei 90° stehen, mischte sodann 90 Pfund gestossene Holzkohlen hinzu, und liess das Ganze 12 Stunden noch bei 90° stehen, destillirte dann bis zur Trockne ab. Diese Methode giebt kein ganz gutes Produkt; er wendet daher auch statt des Mangansuperoxyds 12 Pfund Schwefelsäure an, die damit vermischt wurde. Dieses Verfahren hatte schon früher Lampadius benutzt, (Supplem. zum Handb. der allgem. Hüttenk.) und später noch einmal genau durchprobt und beschrieben (Erdm. Journ. für ökon. Ch. V. 1). Schneller als mit Schwefelsäure allein kommt man zum Ziel, wenn man 7½ Pfund Braunstein und 11 Pfund Schwefelsäure anwendet. Die wirksamste Methode ist, 9 Pfund Kochsalz mit 3½ Pfund Braunstein und 5½ Pfund Schwefelsäure zu benutzen.

Während die erste Methode den Nachtheil hat, dass sich essigsaures Manganoxydul bildet und auf diese Weise eine nicht unbe-

trächtliche Menge von Essigsäure verloren geht, so haben die anderen die Unbequemlichkeit, dass die Gefäße, in denen die Reaction vorgenommen wird, stark angegriffen werden.

Der Zweck der Operation ist nun, das brenzliche Oel so schnell und vollständig als möglich zu oxydiren. Dieses kann durch einfache Destillation nicht fortgeschafft werden; es ist flüchtig, und geht mit der Essigsäure über; anfangs farblos, wird es durch Oxydation braun und färbt dann den Essig selbst stark.

Die andern Methoden sind angewandt, um diese brenzlichen Produkte durch Hitze zu zerstören, was dadurch gelingt, dass die Essigsäure selbst in den Salzen eine viel höhere Temperatur ertragen kann, ohne zerlegt zu werden als die Brennstoffe. Mollerat hat sich hauptsächlich mit der Vervollkommnung dieser Methode beschäftigt, sein Verfahren ist fast allgemein in Frankreich angewendet. Robiquet hat es ausführlich im Dictionaire Technologique beschrieben. Die Methode ist, wenn sie gut ausgeführt wird, vortheilhaft genug, um in kartoffelarmen Gegenden mit Vortheil ausgeführt zu werden. Die rohe Säure wird mit Kalkhydrat gesättigt, mit dem die Essigsäure eine leicht lösliche, das Harz eine fast unlösliche Verbindung bildet. Die klare Flüssigkeit wird abgelassen, und mit concentrirter Lösung von schwefelsaurem Natron zerlegt. Der Gyps, der sich abscheidet wird einmal ausgewaschen und abgepresst; er kann als Düngemittel sehr gut verkauft werden, da er noch etwas Natron enthält. Die Natronlösung wird in flachen Pfannen eingedampft, indem sich auf der Oberfläche fortwährend Brandharz in Verbindung mit Natron abscheidet. Hört diese Abscheidung auf, und ist die Eindampfung fast bis zur Krystallhaut vorgeschritten, so lässt man die Flüssigkeit abkühlen. Die Mutterlauge wird getrennt, und weiter für sich eingedampft; die letzte Mutterlauge ist schwarz und wird verkohlt, zur Natrongewinnung. Die Kohle kann man ohne Zweifel, wenn sie vom Natron befreit ist, sehr gut zur Entfärbung anwenden; die Krystallisation muss gestört werden, um möglichst kleine Krystalle zu erhalten. Das krystallisirte Salz wird umkrystallisirt, geschmolzen und unter Vorsicht auf eisernen Platten bis zur Zersetzung des Harzes erhitzt. Dabei geht etwas Essigsäure verloren, doch nicht viel. Die Kohle haltende Masse wird umkrystallisirt und führt nun den Namen Rothsalt, nicht von der rothen Farbe, sondern von seiner Benutzung zur Rothbeize, indem essigsäure Thonerde daraus bereitet wird, mit der man diese Beize herstellt. — Um die Essigsäure abzuscheiden benutzt man zwei Methoden: nach der einen vermischt man das wohl getrocknete, nicht verwitterte Salz mit 35% Schwefelsäure, von 1,85, die man langsam, um Erhitzung zu vermeiden, hinzufügt. Um den ganzen Natrongehalt in schwefelsaures Salz zu verwandeln, würden 36% Schwefelsäure erfordert werden, indessen könnte dabei leicht freie Schwefelsäure überschüssig bleiben, daher man es vorzieht, weniger davon anzuwenden. Das gebildete schwefelsaure Natron setzt sich als weisses, wasserfreies Pulver ab, und kann leicht von der darüberstehenden Flüssigkeit, der concentrirten Essigsäure, abgegossen werden. Dies so gewonnene schwefelsaure Natron wird nun benutzt, um eine neue Parthie Kalksalz zu zerlegen. Der abgegossene Essig hat ein sp. G. von 1,08 enthält ungefähr 1% schwefelsaures Natron und 3 — 5% essigsäures Natron;

will man ihn auch hiervon befreien, so unterwirft man ihn der Destillation. Dann wendet man auf 100 Th. krystallisirtes Natronsalz 36 Th. Schwefelsäure an, und destillirt in kupfernen Gefässen, mit zinnernem oder silbernem Helm und Kühlrohr. In Frankreich benutzt man meist silberne Apparate, da Zinn in der Essigsäure eine geringe Trübung verursacht. Das sp. G. der Säure ist 1.05. Sie hat noch immer einen schwachen Geruch und Geschmack nach dem Brandöl, das durch Blutlaugenkohle fortgenommen werden kann: mit dieser wird die Säure geschüttelt, und alsdann abgegossen.

Der schwedische Chemiker Schwartz hat angegeben, man solle sogleich das Kalksalz bis zur Zersetzung des Harzes und des Oels erhitzen, indessen geht dabei vielmehr Essigsäure verloren, da dieses Salz viel leichter Essiggeist liefert als das Natronsalz. Ackermann hat angegeben, dass man durch Zusatz einer bedeutenden Menge Kalkhydrat dieser Zersetzung begegnen könne.

Ein sehr vortheilhaftes Verfahren hat Pasch aufgefunden, mittelst dessen er diese Reinigung und Concentration der Säure vereinigt. Es ist bis jetzt Geheimniss. Bekannt ist, dass er den überdestillirten Essig durch Filtra gehen lässt, die mit Birkenkohle erfüllt sind.

Kestner in Thann zersetzt den essigsäuren Kalk sogleich durch Schwefelsäure und destillirt in gusseisernen Gefässen. Die Schwefelsäure, die er anwendet, vermischt er mit dem gleichen Gewicht Wasser; die übergelassene Säure ist fast frei von Brandöl, das im Cylinder durch die Schwefelsäure zerstört wird. Die schwellige Säure, die sich erzeugt, löst sich in der Essigsäure zum Theil auf, entweicht auch zum Theil, durch Braunstein wird sie fortgeschafft. Die Säure kann sogleich zu weissem Bleizucker verwendet werden. Zur Darstellung des holzsauren Eisens verwendet er auch die rohe Säure mit dem diese ein schwarzes Salz liefert, welches viel intensiver färbt, während die rectificirte Säure nur ein rothes Salz erzeugt. Aus 93 Cub. Fuss Buchenholz werden 500 Liter rohe Säure von 5° Beaumé erhalten und 220 Kilogr. Kohle. Diese rohe Säure giebt 375 Liter rectificirten Essig, in dem 7% reine Säure sind; dabei werden noch 40 Kilogr. Pech abgeschieden (Erdm. Journ. f. ök. Ch. VI. 266). Prückners Meth. s. J. f. p. Ch. IV. 21.

Man hat oft versucht, bei der Meilerverkohlung auch die Holzsäure, oder wenigstens den Essig zu gewinnen. Fancouds Vorschlag, den Meiler mit Lehm und Kalkerdewänden zu umgeben, welche die Säure aufnehmen sollten, ist unpraktisch.

Wehrle giebt an, gute Resultate erhalten zu haben, indem er Kalk unter das Holz gemischt, ausgelaugt und durch Schwefelsäure zersetzt hätte. Der grösste Theil der Essigsäure muss indessen durch die Hitze zerstört werden. (Erdm. Journ. ök. Ch. XVIII. 123). Die Verbindung der Meilerverkohlung mit Säure-Gewinnung hat immer ein schlechtes Resultat gegeben, da viel zu viel organische Substanzen verbrennen, daher die Ausbeute stets nur schwach sein kann.

Stolze hat gefunden, dass die verschiedenen Holzarten, bei gleicher Trockenheit und ziemlich gleicher Hitze, wenn sie vorher durch Ausziehen mit Weingeist vom Harz gereinigt sind, ganz gleiche Mengen rohe Holzsäure geben; nämlich 1 Pfund Holz liefert 15 Loth Holzsäure. Diese ist aber dem Säuregehalt nach sehr verschieden. Wenn Harz im

Holze, so wird weniger Säure erzeugt. Birke giebt die stärkste Säure, Tanne und Franzosenholz die wenigste. Folgende Tabelle zeigt das Verhältniss.

1 Pfund Holz bei 30° R. getrocknet.

Namen der Hölzer.	Gewicht der Holzsäure.		Ein Loth Holzsäure sättigt reines $\ddot{C}$ K	Gewicht des brenzlichen Oels.		Gewicht der Kohle.	
	Loth.	Quent.		Loth.	Quent.	Loth.	Quent.
Weisse Birke	14	$1\frac{1}{2}$	55	2	3	7	$3\frac{1}{2}$
Rothbuche	14	$\frac{1}{3}$	54	3	$\frac{1}{2}$	7	$3\frac{1}{2}$
Spindelbaum	14	2	50	3	$1\frac{1}{2}$	7	—
Grossblätter. Linde	13	3	52	3	$3\frac{1}{2}$	7	$1\frac{1}{4}$
Steineiche	13	3	50	2	$3\frac{1}{2}$	8	$1\frac{1}{2}$
Weissbuche	13	$2\frac{1}{2}$	50	3	$2\frac{1}{2}$	7	$2\frac{1}{2}$
Gemeine Aesche	15	—	44	2	$3\frac{1}{4}$	7	—
Roskastanie	14	$3\frac{1}{2}$	41	3	1	7	—
Italiänische Pappel	14	$2\frac{1}{2}$	40	2	3	7	$2\frac{1}{2}$
Silberpappel	14	3	39	2	$2\frac{1}{2}$	7	2
Weisse Weide	14	$2\frac{1}{2}$	37	3	1	7	$\frac{1}{2}$

1 Pfund Holz bei 30° R. getrocknet.

Namen der Hölzer.	Gewicht der Holzsäure.		Ein Loth Holzsäure sättigt reines $\ddot{C}$ K	Gewicht des brenzlichen Oels.		Gewicht der Kohle.	
	Loth.	Quent.		Loth.	Quent.	Loth.	Quent.
Phahlwurzel von Sas-	13	2	39	3	2	8	2
safras Lorbeer	14	—	37	3	$4\frac{1}{4}$	6	$3\frac{1}{2}$
Ahlkirsche	14	3	35	3	$\frac{1}{4}$	7	$\frac{1}{4}$
Korbweide	14	1	36	3	$3\frac{1}{4}$	7	1
Kornelbaum	15	—	34	2	$3\frac{1}{2}$	7	$\frac{1}{2}$
Kreuzdorn	14	$1\frac{1}{2}$	35	2	$3\frac{1}{2}$	7	$3\frac{1}{2}$
Blauholz	14	$2\frac{2}{3}$	30	3	$\frac{1}{2}$	7	$\frac{1}{2}$
Erle	14	2	29	3	$1\frac{1}{2}$	7	1
Wachholder	13	1	29	4	$1\frac{1}{2}$	6	$3\frac{1}{2}$
Weisstanne	13	$2\frac{1}{4}$	28	3	$3\frac{1}{2}$	6	$3\frac{1}{2}$
Gem. Kiefer	14	—	27	3	$2\frac{1}{2}$	7	$1\frac{1}{2}$
Sadebaum	12	$3\frac{1}{3}$	25	4	$1\frac{1}{4}$	7	2
Rothtanne	11	3	22	5	$\frac{1}{4}$	8	$1\frac{1}{4}$
Franzosenholz							

Die Anwendung des Holzessigs in der Färberei ist auch dort eingeführt, wo man den Gährungsessig wohlfeil haben kann, da die Färbung zum Theil durch die brenzlichen Oele herbeigeführt wird. Zur Darstellung der reinen essigsäuren Salze, zu pharmaceutischen und chemischen Zwecken, kann er sehr gut gereinigt angewendet werden. Zum Tafelgebrauch ist er nicht unmittelbar zu benutzen, da er bei gleichem Säuregehalt mit dem Gährungsessig doch immer schärfer ist, was zum Theil davon herrührt, dass dieser noch fremde schleimige Stoffe enthält, jener jedoch immer noch ein wenig brenzliche Oele. Durch Zusätze von gebranntem Zucker, Wein, Gährungsessig, Esdragon u. s. w. verdeckt man diese Schärfe. Der scharfe französische Kräuternessig ist grösstentheils mit Holzessig gefertigt. Vergl. Essigsäure M.

**Holzfaser.** Die eigentliche Holzsubstanz, abgesehn von dem Wasser- und Saftgehalt des Holzes. S. Holz.

**Holzgeist.** Bei der Rectification des rohen Holzessigs im Grossen geht anfangs eine gelbliche Flüssigkeit über, die leichter als Wasser ist, ätherisch-brenzlig riecht und schmeckt. Taylor entdeckte diese Substanz im Jahre 1812, worauf sie bald im Grossen dargestellt und als Brennmaterial anstatt des Weingeistes angewendet wurde; er beschrieb sie jedoch erst zehn Jahr später (Philos. Magaz. LX. 315.) Spätere Untersuchungen dieser Flüssigkeit lieferten. Colin. (Ann. de chim. et de phys. XII. 206.) Doehereiner Schweigg. Journ. XXXII. 487). Macaire und Marcelet. (Biblioth. universelle. XXIV. 126). Liebig. (Pogg. Ann. XXVII. 605). Dumas und Péligot. Journ. f. pr. Ch. III. 162. 369). Weidmann und Schweizer. (ibid. XX. 385; XXIII. 1; Pogg. Ann. XLIII. 593. XLIX. 135. 293. L. 265). Kane (Ann. der Pharm. XIX. 164). Gregory (ebend. XX. 239). Gmelin. (ebend. XXV. 47). u. A. m. Die Resultate der verschiedenen Untersuchungen waren oft sehr von einander abweichend; so fanden sich namentlich bedeutende Differenzen zwischen den Angaben von Dumas und Péligot und denen von Liebig. Der Grund davon war der, dass das Product der Holzdestillation oft sehr verschieden ausfiel, und unter der Voraussetzung, gleiche Substanzen vor sich zu haben, in der That sehr verschiedene untersucht wurde. Während Dumas und Péligot sich ausschliesslich mit einer Substanz des Holzgeistes beschäftigten, dem Holz- oder Methylalkohol, aus denen zufälliger Weise ihre rohe Substanz fast völlig bestand, suchten namentlich Schweizer und Weidmann den Grund der Abweichungen der Angaben so ausgezeichneter Chemiker aufzufinden. Sie lösten ihre Aufgabe glücklich.

Es scheint nämlich die Temperatur bei der Holzdestillation zu sein, welche die Bildung des einen oder des andern Products bedingt; welche bei hoher, welche bei niedriger gebildet werden, ist noch nicht ermittelt. Das rohe Product kann ein Gemenge von Wasser, Holzalkohol, essigsauerm Holzäther (Reichenbachs Mesit), Xylit, Mesit und brenzlichen Oelen sein. Bei Dumas Substanz fehlten diese letzten Verbindungen fast ganz, während Liebig und Gmelin ziemlich reinen Xylit untersuchten. Unter den Brenzsubstanzen hat Scanlan noch einen krystallisirten Stoff Eblarin oder Pyroxanthin gefunden. S. den Artikel Methyl, Methylalkohol, Methylen, Methylverbindungen, Mesit, Xylit.

M.

**Holzgeistchloral,** siehe Methylchloral.

**Holzhumus und Holzhumussäure** werden die Humusarten genannt, welche durch freiwillige Zersetzung des Holzes sich bilden. Siehe den Art. Humus.

M.

**Holzkitz.** Einen wasserdichten Holzkitz erhält man nach Dorn durch Vermischen von 8 Loth Leim, die in  $\frac{1}{4}$  Quart Wasser zu starkem Leim eingekocht sind, mit  $4\frac{1}{2}$  Loth Leinölfirnis. Das Ge-

menge wird 2—3 Minuten unter starkem Umrühren gekocht. Der Firniss wird aus reinem alten Leinöl und  $\frac{1}{6}$  gepulverter Bleiglätte be-  
reitet. Das Holz das verkittet werden soll, muss trocken sein.

Journ. f. pr. Ch. VIII. 236. M.

**Holzkohle.** Alle nicht flüchtigen organischen Stoffe werden, wenn sie bei abgehaltener Luft erhitzt werden so zerlegt, dass sich ein sehr kohlenstoffreicher Rückstand ausscheidet, der bei unschmelzbaren Stoffen die Form und Structur der angewendeten Substanz hat; so bei dem Holze. Diese ist jedoch verschieden, in Form, Structur, Zusammensetzung und anderen physikalischen Eigenschaften, je nach dem angewendeten Material, der Dauer und dem Grade der einwirkenden Hitze; niemals jedoch reinen Kohlenstoff darstellend. Siehe das Weitere unter dem A. Kohle. M.

**Holzsäure.** Die bei der Destillation des Holzes sich bildende Flüssigkeit besteht hauptsächlich aus Wasser und Essigsäure vermischt mit Holzgeist, und anderen brenzlichen Producten. Die Essigsäure, die man früher für eine eigenthümliche hielt, kann durch wiederholte Reinigung von allen fremden Bestandtheilen befreit werden; oft wird sie im noch rohen Zustande verwendet. S. Holzessig. Schlippe wollte in der Holzsäure eine von der Essigsäure verschiedene, ihr sehr ähnliche gefunden haben, hat jedoch nichts weiter darüber berichtet, vielleicht Buttersäure. (Journ. f. p. Ch. XIV. 383). M.

**Holzspiritus,** siehe Holzgeist; manche Chemiker bezeichnen mit diesem Namen auch besonders den Holzalkohol (Methylalkohol) im reinen Zustande. M.

**Holzschwamm.** Diese, die Gebäude so schnell verwüstende Pflanze, der Hausschwamm (*Xylophagus lacrimans*), die sich so leicht entwickelt in Gebäuden, die zu schnell aufgeführt sind, in nasser Jahreszeit, oder mit zu feuchtem Holz erbaut wurden, kann völlig durch Anwendung von Eisenvitriol vernichtet werden. Noch besser benutzt man vielleicht dazu das holzsaure Eisen. Vergl. Journ. f. pr. Ch. III. 189. ff. M.

**Holzschwefelsäure.** Braconnot entdeckte diese copulirte Säure, indem er Sägespäne, oder Leinenlumpen mit Schwefelsäure befeuchtete, in einem Mörser zerrieb und 24 Stunden stehen liess. Mit Wasser übergossen löst sich der grösste Theil der Substanz auf. Die freie Schwefelsäure wird durch kohlen saures Bleioxyd oder Baryterde abgeschieden; aufgelöst bleibt die reine Säure, verbunden mit dem Metalloxyde. Dieses wird durch Schwefelsäure, oder Schwefelwasserstoff entfernt, die abfiltrirte Flüssigkeit zur Syrupsdicke eingedampft, und mit Alkohol behandelt. Dieser sondert das dabei erzeugte Dextrin aus, während Zucker (Trauben-) und die neue Säure gelöst bleiben. Der Alkohol wird abdestillirt, und der Rückstand mit Aether ausgezogen, welcher die Säure aufnimmt und den Zucker zurücklässt. Ueber der Luftpumpe kann die Holzschwefelsäure concentrirt werden, bis sie die Consistenz eines dicken Syrups hat;

sie krystallisirt nicht; ist farblos, sehr sauer, hygroskopisch. Schon unter  $30^{\circ}$  wird die Substanz bräunlich; bei  $100^{\circ}$  wird sie braun, und setzt Kohle ab, darüber entwickelt sich schweflige Säure. Alle Metalloxyde geben leicht lösliche Salze, die nicht krystallisiren und in Alkohol unlöslich sind. Die Zusammensetzung der Säure ist nicht bekannt. Man hat sie mit Peligots Zuckerschwefelsäure identisch halten wollen, doch scheinen ihre Eigenschaften sehr von einander abzuweichen. Nach Caroller ist ihre Zusammensetzung =  $C_1, H_{3,6} O_{1,8} + 2SO_2 + H_2O$ . Journ. f. pr. Chem. XXXII. 430. M.

**Holzstärke.** In den Waldbaumhölzern hat Hartig einen Gehalt von abgelagerten Stärkemehlkörnchen nachzuweisen gesucht, welchen er bei der Ernährung der Pflanzen, als aus einer überwinternden Nahrungssubstanz die grösste Wichtigkeit zuschreibt. Das von Bracconot dargestellte Gummi und den Zucker, durch Behandlung von Holz mit Schwefelsäure, leitet Hartig gleichfalls von der in dem Holze enthaltenen Stärke ab; ebenso die Nahrungsfähigkeit des Holzbrodes (H. P. von Autenrieth, Gründliche Anleitung zur Brodbereitung aus Holz. Tüb. 1834); wenigstens fand Hartig in solchem Holzbrode unveränderte Holzsubstanz und freigelegte Stärkekörnchen. S. Hartig Forstwiss. Conversat. Lexikon. 776. 854. Journ. f. pr. Chem. V. 217. Vgl. Art. Stärke.

Schleiden glaubt beobachtet zu haben, dass Holzfaser durch Behandeln mit Schwefelsäure in Stärke verwandelt werden könne, indem dadurch eine Substanz erzeugt würde, welche durch Jod eine blaue Farbe erhielt. (Poggd. Ann. XLIII. 391), doch hat Liebig gezeigt, dass diese Beobachtung anders auszulegen sey. S. Ann. der Pharm. XLII. 306. Vergl. Art. Stärke. M.

**Holzstein,** fossiles Holz sind kieselige zum Hornstein gehörige Massen, welche im Innern die Textur des Holzes haben. Sie verdanken ihre Entstehung unzweifelhaft vegetabilischen Stoffen, welche verschüttet wurden, worauf die Wände und Zellen derselben eine kieselhaltige Flüssigkeit durchdrang, und sie versteinerte. Sie sind weiss, braun oder grau, zuweilen in's Rothe und Grüne sich ziehend, ihre Höhlungen mit kleinen Quarzkrystallen erfüllt. Man benutzt den Holzstein wie Hornstein. B.

**Holzsteinbeitz.** Unter diesem Namen kam unter besondern Anpreisungen vor 10 Jahren eine Flüssigkeit in den Handel, welche das Holz vor Fäulniss und Entzündlichkeit schützen sollte. Sie wurde in Oestreich dem Erfinder Withalm in Gratz patentirt. Sie ist, wie Werdmüller von Elgg zeigte, eine Alaunmutterlauge, die nicht mehr leistet, als andere Flüssigkeit ähnlichen Ursprungs. S. Journ. f. pr. Chem. XIII. 246. M.

**Holzzinn** wird das fasrige, haarbraune oder gelblichgraue Zinnoxid genannt, welches in rundlichen Stücken in Cornwall und Mexico lose im Schuttlande sich findet. B.

**Homberg's Phosphor** ist geschmolzenes wasserleeres Chlorcalcium, welches, wenn es von der Sonne beschienen ist, noch einige

Zeit im Dunklen leuchtet, und nach Homberg, dem Entdecker dieser Eigenschaft, benannt wurde. S. Wörterb. Band I. 415. 432.

B.

**Homogenes Licht** heisst einfachfarbiges Licht, d. h. solches, welches durch ein Prisma nicht weiter zerlegt werden kann.

**Honigstein** siehe Metallsäure.

**Honigsteinsäure.** Diese organische Verbindung findet sich mit Thonerde vereinigt in dem seltenen Mineral Honigstein. Sie besteht aus  $C_4O_3 + Aq$ . Wöhler, der sie am sorgfältigsten untersucht hat, nennt sie Mellithsäure s. d. von μέλι Honig und λίθος Stein. M.

**Honig.** Der Honig ist eine Zuckerlösung, welche die Bienen aus den Blumen aufsaugen, und zum Theil wieder unverändert aussondern. Ein Theil des aufgenommenen Zuckers wird in Wachs verwandelt, welches indessen auch zum Theil schon fertig gebildet in der Blume ist, aufgesogen und unverändert fast wieder abgeschieden wird. In die leeren Bienenzellen, die aus weissem Wachs bestehen, wird der gelbe wachshaltige Honig hineingelegt, und fließt wenn er frisch ist, aus den Zellen von selbst aus (Jungfernhonig). Er ist mehr oder minder gelb gefärbt, und enthält je nach den verschiedenen Blumen, aus denen er gesammelt ist, verschiedene Stoffe, die ihm einen eigenthümlichen Geschmack ertheilen. Hauptsächlich enthält er zwei Zuckerarten, Traubenzucker und den nicht krystallisirenden Fruchtzucker; zuweilen auch Mannit. Eine in Alkohol unlösliche Substanz, die gummiartig ist, kann man in geringer Menge gleichfalls daraus abscheiden. M.

**Honigthau.** S. Thau.

**Hopfen.** Humulus Lupulus. Von den vielen Culturformen des Hopfens ist besonders der sogenannte Spalter Hopfen am beliebtesten. Die Fruchtzapfen oder Kätzchen des Hopfens werden angewendet, bekanntlich besonders zum Bierbrauen, ihres nicht narkotischen Bitterstoffs wegen; aber auch das ätherische Oel ist von Wirksamkeit, es geht beim längern Aufbewahren verloren, indem es sich verflüchtigt oder verharzt, so dass dadurch der Hopfen an Wirksamkeit verliert. Die eigentlich wirksame Substanz an den Hopfenzapfen ist die gelbe, pulverförmige Masse, welche sich zwischen den Blättern der Hopfenzapfen befindet; das Hopfenmehl oder Lupuline; ein goldgelbes, feinkörniges, klebriges, zwischen den Fingern sich zusammendrückendes Pulver. Es beträgt vom Hopfen 12% oft nur 6% (Payen. Chevallier), zuweilen 16% (Ives). Man kann das Lupulin abstauben, und für sich zum Bierbrauen anwenden; wie namentlich Sotteau nachzuweisen suchte (Erdm. Journ. f. tech. u. ök. Chem. VIII. 343. Brandes pharm. Zeit. 4. Jahrg. 361); Die noch mit wenig Staub behaftenden Zapfen können gleichfalls noch angewendet werden. Man kann den Staub am besten dadurch gewinnen, dass man den Hopfen bei  $+ 30^{\circ} C$  trocknet und ihn nun beutelt. Ives fand in dem Staube 36 Harz, 12 Wachs, 11 eigenthümlichen Bitterstoff (Lupulin) und in Wasser und Alkohol löslichen Extractivstoff; 5 Gerbsäure, 10 in Alkohol unlöslichen Extractivstoff, 46 unlöslichen Rückstand. (Phillips

An. of. Philos. I. 194. Dingl. polyt. Journ. 5. 188). Später untersuchte Payen und Chevallier diese Substanz (Journ. de Pharmacie 1822. Dingl. p. J. XI. p. 75.) und endlich dieselben in Gemeinschaft mit Pelletan (Journ. de Chin. med. II. 527. Brandes Arch. XXIII. 171). Nach ihnen erhält man höchstens 13% Hopfenstaub, worunter 4% durch Beuteln beigemischte fremde Substanzen sind. Es giebt der Staub beim Destilliren mit Wasser 2% Oel (s. Hopfenöl); er enthält etwas essigsäures Ammoniak. Alkohol entzieht dem Hopfen 65%; darin 52.5% rothgelbes, nicht bitteres Harz, welches durch Wasser niedergeschlagen werden kann. Das Wasser enthält alsdann die ganze Menge des Bitterstoffes, das eigentliche Lupulin oder Lupulit, mit etwas Gerb- und Aepfelsäure. Durch Sättigung der Säure mit Kalk, Ausziehen mit Aether, der etwas beigemischtes Harz aufnimmt, und Ausziehen mit Alkohol, erhält man die Substanz rein, zu 8—12%. Sie ist gelblich weiss, geruchlos und hopfenbitter schmeckend. Sie scheint keinen Stickstoff zu enthalten; leicht schmelzbar nicht flüchtig. Ausserdem enthält der Hopfen etwas Fett; Gummi, die stickstoffhaltige Substanz (Eiweiss), essigsäure, äpfelsäure, schwefelsäure, phosphorsaure, salzsäure Salze und Kali, Ammoniak, Kalk, Eisenoxyd. Die übrigen Bestandtheile des Hopfens enthalten dieselben Stoffe in geringer Menge. Da das Aufbewahren dem Hopfen schadet, so hat man versucht, das Extract desselben zu benutzen, und diesen zu conserviren. J. Trommsdorff (Journ. f. pr. Ch. VI. 29.) hat Versuche darüber angestellt, welche zu dem negativen Resultat geführt haben; das Bier mit Extract gebraut, fiel schlecht aus. Die Hopfenhändler wenden viele Kunstgriffe an, um die verlegene Waare wieder benutzen zu können. Um den Hopfen klebrig zu machen, und das Lupulin nachzuahmen, bestreut man den Hopfen mit gestossenem Colophonium; besprengt ihn mit concentrirtem Malzabsud, oder mit einem Decoct von Rad. Gentian. dem Ocker beigemischt ist. Der alte braune Hopfen wird zur Zerstörung der Farbe geschwefelt. Oft kann man den Geruch der schwefligen Säure bemerken, wenn man an den zusammengepressten Hopfen riecht; Wasser zieht eine saure Substanz aus, den Lackmus röthet. Die Reaction auf Silber, welches durch die schweflige Säure schwarz werden soll, ist nicht anzuwenden, da das Hopfenöl dieselbe Eigenschaft hat. Bei geschwefeltem Hopfen sind Stiele und Fruchtzapfenschuppen von gleicher hellen Farbe; sonst sind jene dunkeler. Pharm. Centralbl. 1843. 416. Eine Vergiftung durch Hopfendunst. S. Lieb. Ann. XVI. 317. M.

**Hopfenkeime.** Diese zu Gemüse oder Sallat benutzten Theile der Hopfenpflanze sind von Leroy untersucht worden (Journ. de Chim. med. 1840. p. 3). Sie enthalten nach ihm lösliches und unlösliches Albumin; Gummi oder Schleim; Zucker; rothen Farbestoff; Asparagin; Extractivstoff; harzige Substanz; ölige Substanz; Gerbsäure; Apfelsäure; äpfelsauren Kalk; schwefelsaures Kali, etc. M

**Hopfenöl.** Aus dem Zapfen des Hopfens kann ein ätherisches, grün-gelbliches Oel abdestillirt werden, welches an der Luft leicht harzig wird. Es ist im Hopfenextract von Wirksamkeit, sp. Gew. = 0,910; ziemlich löslich im Wasser, schwärzt metallisches Sil-

ber, vielleicht schwefelhaltig. Payen und Chevallier Journ. de Pharmacie. 1822. M.

**Hopfenöl, spanisches.** Oel von *Origanum creticum*; röthliches Oel, kampferartig riechend sp. Gew. 0,946. M.

**Hordein.** Proust glaubte bei der Bereitung der Stärke aus dem Gerstenmehle eine eigenthümliche, sägespähnartige, pulverige Substanz abgeschieden zu haben, die jedoch wohl nur ein Gemenge von Stärke mit der Substanz aus den Spelzen war. M.

**Horizont.** Wenn wir auf einem Punkte der Erdoberfläche stehen, von dem aus der Aussicht nach keiner Seite durch naheliegende Gegenstände begrenzt wird, so erscheint uns die Grenze der Umgebung als ein Kreis. Die Ebene dieses Kreises nennt man Horizont, Jeder Gegenstand, z. B. jeder Stern, der unterhalb dieser Ebene steht, ist für uns unsichtbar. Denkt man sich den Horizont bis zum Himmelsgewölbe erweitert, so entsteht als Schnitt ein Kreis, der nicht durch den Mittelpunkt der Himmelskugel geht. Legt man durch diesen Punkt eine Ebene mit dem Horizont parallel, so entsteht als Durchschnitt mit der Himmelskugel ein grösserer Kreis, den wir den wahren Horizont unseres Ortes nennen, im Gegensatz zu den vorher genannten, scheinbaren Horizont. Der wahre Horizont steht  $90^\circ$  vom Zenith und Nadir ab. Bz.

**Horizontalparallaxe** ist derjenige Winkel, den zwei Linien vom Mittelpunkt der Erde nach einem Stern in den beiden Stellungen bilden, in welchem er in den wahren und in den scheinbaren Horizont tritt. Für einen Beobachter im Erdmittelpunkt muss ein Stern immer früher aufgehen als für den an der Erdoberfläche. Der Unterschied wird um so grösser sein, je näher der beobachtete Punkt dem Beobachter liegt. Bz.

**Hornblei** siehe Chlorblei.

**Hornblende.** Die Krystalle dieses so häufig vorkommenden Minerals, dessen Name aus dem Schwedischen herkommen soll, gehören dem (2+1) gliedrigen Systeme an, und bilden eine Säule von  $124^\circ 30'$  die von einer unter  $75^\circ 10'$ , gegen die Hauptaxe und auf die stumpfe Seitenkante aufgesetzten schiefen Endfläche begrenzt ist. Zu den gewöhnlichsten Combinationen dieser Grundform gehören eine hintere schiefe Endfläche; zwei Flächen, die über der vorderen und zwei andere, die über der hinteren Endfläche eine augitartige Zuspitzung bilden, und die Abstumpfung der scharfen Seitenkanten. Parallel den Seitenflächen geht ein sehr deutlicher Blätterbruch. Nicht selten sind Zwillinge, bei welchen zwei Krystalle die Hauptaxe gemeinschaftlich, die vorderen schrägen Endflächen aber zugekehrt haben. Die Krystalle sind bald kurz und dick, bald lang bis zum nadelförmigen, und auf den Säulenflächen vertikal gestreift.

Die Hornblende steht hinsichtlich der Härte zwischen Apatit und Feldspath, ist spröde, schwarz, grün, grau oder weiss, glasglänzend auf Theilungsflächen perlmutterartig, durchscheinend bis undurchsichtig. Spec. Gew. 2,9 — 3,4. Nach dieser Verschiedenheit in den phy-

sikalischen Eigenschaften lässt sich auch eine gewisse Mannigfaltigkeit in chemischer Beziehung erwarten. Alle Hornblendearten schmelzen vor dem Löthrohr zu einem grauen, grünen oder schwarzen Glase gewöhnlich unter Aufschwellen, aber das Schmelzen erfolgt bald leicht bald schwer; von Säuren werden sie entweder gar nicht angegriffen, oder wie die eisenreichen nur unvollkommen zersetzt. Alle zum Hornblendegeschlecht gehörigen Mineralien sind nach der Formel  $\dot{R} \ddot{S}_i + \dot{R}, \ddot{S}_i$ , zusammengesetzt, d. h. sie bestehen aus einem neutralen und basischen ( $\frac{2}{3}$ ) Silikat;  $\dot{R}$  bedeutet meist Kalkerde und Eisenoxydul,  $\ddot{R}$ , Talkerde, Eisenoxydul und Manganoxydul. Ausserdem enthalten mehrere Hornblendearten geringe Mengen Flusssäure, so wie viele andere, namentlich die im Basalt vorkommenden, Thonerde, die bis auf 17 Proc. steigt, und sich nicht in die Formel mit aufnehmen lässt. Klaproth fand selbst 26 Proc. in einer aus dem Fulda'schen stammenden Hornblende: Es muss in Betreff dieser Thonerde hier dasselbe vermuthet werden, wie bei dem gemeinen Augit, dass sie nämlich beim Krystallisiren der Hornblende mechanisch eingeschlossen wurde, und ursprünglich Bestandtheil der Masse war, in der die Krystallisation statt fand. Auffallend bleibt es indessen immer und beachtenswerth, dass mit der Zunahme der Thonerde eine Abnahme der Kieselsäure bemerkbar wird, so dass man auch an einen Ersatz der Kieselsäure durch Thonerde wie durch eine isomorphe Substanz gedacht hat, was indessen auf schwer zu beseitigende Hindernisse führt. — Die umfassendsten chemischen Untersuchungen über die Hornblende hat v. Bonsdorff angestellt (Schweigg. Journ. XXXI. 414. XXXV. 123), die weiter unten angeführten Analysen von Struve, Vopelius und Kudernatsch finden sich respective Pogg. Ann. VII. 350; XXIII. 355; XXXVII. 585.

Man unterscheidet folgende Abänderungen:

1. Grammatit oder Tremolit kommt in langen Säulen ohne Endfläche, oder stängligen und nadelförmigen zuweilen gebogenen Massen von weisser, grünlicher, gelblicher oder grauer Farbe, auch farblos vor, ist halbdurchsichtig oder durchscheinend, und hat das geringste spec. Gew. 2,9. Man findet ihn am häufigsten eingewachsen in Dolomit und körnigen Kalk, seltener in Gneuss, Chloritschiefer u. s. w. am St. Gotthardt (aber nicht im Val Tremola am St. Gotthardt, worauf sich der eine Name bezieht), Tyrol (Pfätsch, Klausen), in Schweden, Schlesien, Ungarn und an andern Orten. Er ist fast reine kieselsaure Kalkerde mit  $\frac{2}{3}$  kieselsaurer Talkerde.

2. Strahlstein (Aktinot). Die langgestreckten rhombischen Säulen haben abgebrochene Enden und eine durchgehends grüne Farbe in verschiedenen Nüancen, oft sind sie nadel- und haarförmig. Der derbe Strahlstein ist stänglig bis faserig, häufig büschelförmig. Spec. Gew. 3, die Zusammensetzung wie zuvor, aber ein Theil Talkerde ist durch Eisenoxydul ersetzt. Der Strahlstein findet sich im Gneuss, Glimmer- Chlorit- und Talkschiefer in vielen Gegenden besonders am St. Gotthardt, Taberg in Smaland und im Zillerthal.

3. Die gemeine Hornblende kommt in kurzen Säulen mit der oben beschriebenen Endigung und mancherlei andern Flächen

häufig aber derb in körnigen, blättrigen oder strahligen Massen von schwarzer oder dunkelgrüner Farbe vor. Spec. Gew. 3,2 — 3,4. Sie macht einen wesentlichen Bestandtheil vieler Gebirgsarten aus, als des Syrenits, Grünsteins, des Hornblendeschiefers u. s. w., die sämmtlich zum Urgebirge oder Uebergangsgebirge gehören. Unter den vielen Fundstätten seien hier nur die Saualpen in Kärnthen und Pargas in Finland genannt, weil man die dort vorkommende schwarze oder schwärzlich grüne Hornblende Karenthin oder Saualpit, und die lauchgrüne von Pargas Pargasit genannt hat. In die chemische Zusammensetzung treten alle bei der allgemeinen Formel genannten Substanzen ein, namentlich auch Thonerde. Wo die gemeine Hornblende in hinreichender Menge vorkommt, wird sie als Zuschlag beim Eisenschmelzen, auch zu grünem Bouteillenglas gebraucht.

4. Die basaltische Hornblende ist immer schwarz und in vulkanischen Gesteinen Basalt, Lava und Trachyt eingeschlossen. Die Krystalle sind kurz, dick, ringsum ausgebildet, oft mit zugerundeten Kanten und Ecken wie durch Schmelzung hervorgebracht. Schöne Krystalle finden sich im Mittelgebirge in Böhmen, am Kaiserstuhl im Breisgau und am Cap de Gates in Spanien; krystallisirt, und derb in der Eifel, im Siebengebirge, Rhöngebirge, am Vesuv u. s. w. Hinsichtlich des spec. Gew. stimmt diese Varietät mit der vorigen überein, nur ist sie reicher an Thonerde.

5. Anthophyllit, bis jetzt nur in derben, krystallinischen Massen von blättriger, strahliger, zuweilen schilffartiger Zusammensetzung und nelkenbrauner oder gelblichgrauer Farbe. Er ist an den Kanten durchscheinend, perlmutter-, auf den Spaltungsflächen fast metallischglänzend. Spec. Gew. 3,1. besteht aus kieselsaurem Eisenoxydul und kieselsaurer Talkerde, und findet sich auf Lagern in Glimmerschiefer zu Kongsberg, Mødum, Helsingfors, in Grönland und Sibirien.

Genauer ergibt sich die Zusammensetzung der aufgeführten Varietäten aus nachstehender Uebersicht:

Name.	Grammatit.		Anthophyllit.	gemeine Hornblende.		basalt. Hornbl.	
	Fab-lun	Strahl-stein.		Kongsberg	Kongsberg.	Pargas	Vogelsberg.
Kieselsäure	60,10	59,75	56,74	49,07	45,69	42,24	40,08
Thonerde	0,42	—	—	9,24	12,18	13,92	17,59
Kalkerde	12,73	14,25	—	10,33	13,83	12,24	11,01oxyd
Eisenoxydul	1,00	3,95	13,94	9,77	7,32	14,59	13,69
Manganoxydul	0,47	0,31	2,38	—	0,22	0,33	—
Talkerde	24,31	21,10	24,35	20,29	18,79	13,74	13,50
Flusssäure	0,83	0,76	—	—	1,50	—	1,10
Wasser	0,15	—	1,67	—	—	—	0,18
							1,89 Kali 0,96 Natr
Summa.	100,01	100,12	99,08	98,70	99,53	97,06	100
Autor	v. Bons-dorff	v. Bons-dorff.	Vopelius	Kudernatsch	v. Bons-dorff.	v. Bons-dorff	Struve

Zur Hornblende werden von manchen Schriftstellern noch gezogen der Arfvedsonit und der Asbest (s. beide). Den Angaben über ersteren sind noch folgende hinzuzufügen: Bis jetzt ist der Arfvedsonit (welchen Namen ihm Brooke gab) nur derb vorgekommen, er zeigt die Structur der Hornblende, hat die Härte des Feldspaths, das spec. Gew. 3,4, und besteht nach v. Kobell (Journ. f. prakt. Ch. XIII. 8.) aus: 49,27 Kieselsäure; 2,00 Thonerde; 1,50 Kalkerde; 36,12 Eisenoxydul; 0,62 Manganoxyd; 0,42 Talkerde; 8,00 Natron mit Spuren von Kali; 0,24 Chlor; Summa 98,17. Er lässt sich nach der Hornblendeformel als neutrales kieselsaures Natron mit  $\frac{1}{2}$  kieselsaurem Eisenoxydul betrachten. — Unter dem Namen Asbest scheinen mehrere Mineralien zu gehen, und dieser Name vielmehr einen feinfasrigen Zustand als eine bestimmte Species zu bezeichnen. Dass die meisten Analysen des Asbests auf Hornblende deuten, rechtfertigt die Vermuthung, dass grade die Hornblende eine grosse Neigung hat, in diesen Zustand überzugehen. Analysen: Schweigg. Journ XXXIII. 275; XXXV. 140; Pogg. Ann. XXXV. 486; LII. 626; LVIII. 168.

Hornblende und Augit, die in ihrem Vorkommen, spec. Gew., ihrer Zusammensetzung und Krystallform so viele Aehnlichkeit haben, finden sich nicht selten so innig und regelmässig mit einander verwachsen, dass man einige grüne Gemenge beider früher für einfache Mineralien, welche die Namen Omphacit und Smaragdit führten, ansah. G. Rose entdeckte am Ural porphyrtartig im Grünstein Krystalle, welche im Innern die Spaltungsrichtungen der Hornblende zeigten, und beobachtete später Aehnliches an Augitkrystallen aus dem Fassathal, von Arendal und Mysore in Ostindien; er nannte sie Uralit (s. d.), wegen der ausgezeichnet schönen Krystalle am Ural. Diese Umstände veranlassten ihn, Hornblende sowohl als auch die Bestandtheile derselben zu schmelzen; er fand jedesmal die erkaltete Masse in Augit umgewandelt, wie sich aus der Structur ergab. Beachtet man ferner, dass die Hornblende meist nur in Verbindung mit Feldspath und ähnlichen Fossilien vorkommt, die zu ihrer Krystallisation eine sehr langsame Abkühlung bedurften, während Augit in den schneller abgekühlten Basalten, Laven und selbst künstlichen Schlacken sich findet, so sieht man sich zu der Ansicht genöthigt, dass Hornblende bei langsamer, Augit bei schneller Abkühlung gebildet werde. Die Entstehung der Uralitkrystalle erklärt man sich hiernach so, dass aus dem feurigflüssigen Grundgestein sich anfänglich die Masse in Augitkrystallen absonderte, der weiche Kern aber beim allmählichen Erkalten die Structur der Hornblende annahm. Hierbei wird also angenommen, dass Hornblende und Augit dieselbe Zusammensetzung haben, was aber nach unseren bisherigen Erfahrungen nicht der Fall ist, da die Analysen in der Hornblende mehr Kieselsäure als im Augit ausweisen. Ob dieser Ueberschuss aus einer Beimengung, wie man von der Thonerde vermuthet herrührt, oder ob unsere Kenntnisse von der Zusammensetzung der in Rede stehenden Mineralien noch zu mangelhaft und daher die gegebenen Formeln ungenau sind, müssen weitere Forschungen lehren. Sollte sich die Identität der Masse bestätigen, so wären also Hornblende und Augit dimorph, oder eigentlich einerlei, da ihre Winkel aufeinander reducirbar sind. Pogg. Ann. XXII. 321; XXXI. 613.

**Horngebe.** Die Hornsubstanz kommt in verschiedenen Modificationen vor: im sogenannten Horn, der Epidermis, den Haaren, Nägeln, dem Schildpatt; den Flügeldecken und Panzern der Käfer u. s. f. Sie ist eine an Schwefel sehr reiche Proteinverbindung, welche verschiedene ölige Substanzen enthält, die durch anhaltendes Kochen mit Wasser, namentlich im Papinianischen Topf, ausgezogen werden können. In Säuren nur aufquellend, in fixen Alkalien sehr löslich; Ammoniak greift das Horn nicht im mindesten an. Die ausführliche Beschreibung der Reaktionen, und die Zusammensetzung der einzelnen Gewebe, s. d. A. u. Proteinverbindungen. M.

**Hornsilber** ist Chlorsilber s. d.

**Hornstein** ist eine Varietät des unkrystallinischen Quarzes, die von ihrer oft braunen Farbe den Namen erhalten haben soll. Der Hornstein bildet kuglige oder knollige Stücke von grauer, brauner, grüner, rother und gelber Farbe, macht oft die Masse versteinertes organischer Gebilde, namentlich des Holzes, aus, und findet sich auch in Pseudomorphosen des Kalk- und Flussspaths. Er ist muschlig oder splitterig im Bruch und nur an den Kanten durchscheinend. Die besser gefärbten Hornsteine werden geschliffen zu Stockknöpfen, Dosen, Reibschalen u. dgl., andere zuweilen statt des Feuersteins gebraucht. Der Hornstein ist sehr verbreitet, auf Gängen im älteren Gebirge, kuglig in manchen Kalksteinen und macht die Grundmasse des Hornsteinporphyrs aus. B.

**Horopter.** Fixirt man mit den Augen einen Punkt  $P$  (so dass sich die Augenaxen im  $P$  schneiden), so liegen alle diejenigen Punkte, welche bei dieser Augenstellung nicht doppelt erscheinen, in einer durch  $P$  gehenden Fläche, welche man Horopter nennt. Das Horopter hat also die Eigenschaft, dass alle in demselben liegende Objektpunkte auf der Netzhaut Bilder erzeugen, die in beiden Augen bei der zugehörigen Augenstellung homologe Lagen haben. Die durch  $P$  und die Augenaxen gehende Ebene schneidet diese Fläche in einem Kreise, welcher durch diejenigen Punkte in jedem Auge geht, in welchem sich die Sehrichtungen schneiden.

Sind nämlich  $A$  und  $B$  die Augen,  $a_1 P$ ,  $a_2 P$  die Augenaxen,  $o_1$  und  $o_2$  die Kreuzungspunkte der Sehrichtungen, so fällt das Bild von  $p$  in die Punkte  $b_1$  und  $b_2$ . Daraus aber, dass  $o_1 o_2 p$ ,  $P$  in einer Kreislinie liegen, folgt  $W. a_1 o_1 b_1 = W. a_2 o_2 b_2$ , mithin die gleiche Lage der Bilder  $b_1$  und  $b_2$  gegen die Mittelpunkte der Netzhaut ( $a_1$  und  $a_2$ ). R.

**Horror vacui.** Die Erscheinung, dass luftleere Röhren, deren unteres offenes Ende im Wasser steht, sich mit Wasser füllen, erklärte man in frühern Zeiten dadurch, dass der leere Raum etwas

Unnatürliches sei, und dass die Natur überall da, wo er aufrete, ihn auszufüllen strebe. Der Glaube an einen Widerwillen der Natur gegen den leeren Raum (an einen Horror vacui) wurde erst durch Galliläi verdrängt, welcher einst bei Gelegenheit der Construction einer über 32 Fuss langen Brunnenröhre, die sich nicht ganz mit Wasser füllen wollte, um Rath befragt, zuerst die wahre Ursache des Aufsteigens des Wassers in luftleeren Röhren erkannte. R.

**Huaco.** (Guaco.) Eine Birne, zu den Corymbiferen gehörig, in Columbien einheimisch; deren Saft von den Eingebornen als sehr wirksam gegen Gift, Schlangenbiss, selbst den der Klapperschlange, auch gegen Wasserscheu angewendet wird. Die Zusammensetzung des Safts und der wirksame Stoff sind nicht bekannt. Gegen die Cholera wurde die Pflanze sehr gerühmt, daher eine Anzahl von Drogen unter den Namen Huaco nach Europa kamen. S. Virey Ann. der Pharm. VI. 338. Geiger, Pharm. Bot. 2. Auflage. I. 733. M.

**Hufeisenmagnet,** siehe Magnet.

**Humboldttilit,** nannten Monticelli und Covelli zu Ehren Humboldt's ein von ihnen am Vesuv entdecktes Mineral von gelblichgrüner oder gelber Farbe, spec. Gew. 3,1, nach Breithaupt 2,91 — 2,93. Es krystallisirt in rechtwinkligen Säulen. Vor dem Löthrohr schmilzt der Humboldttilit schwer ohne undurchsichtig zu werden, von Säuren wird er zerlegt. Nach v. Kobell enthält er: 43,96 Kieselsäure; 11,20 Thonerde; 31,96 Kalkerde; 6,10 Talkerde; 2,32 Eisenoxydul; 4,28 Natron; 0,38 Kali, woraus Rammelsberg die Formel  $3(\overset{+}{Ca}, \overset{+}{Mg}, \overset{+}{Fe}, \overset{+}{Na} \overset{-}{K}), \overset{-}{Si} + \overset{-}{Al} \overset{-}{Si}$  ableitet. Pogg. Ann. XI. 471; LIII. 149. Berzelius Jahresb. VII. 181; XIII. 169. B.

**Humboldttilit.** Mit diesem ebenfalls zu Humboldts Ehren gemachten Namen sind zwei Mineralien belegt worden, von denen das eine gewöhnlicher nach Breithaupt Oxalit (seltener Eisenresinit, Breithaupt, oder Humboldtine nach de Rivero) heisst, und aus oxalsaurem Eisenoxydul (s. d.) besteht, das andere ein auf der Geisalpe vorkommender Datolith ist, den Levy für eine neue Species hielt. Pogg. Ann. X. 335. B.

**Huminsalpetersäure.** Durch Einwirkung der Salpetersäure auf Humin, unter Bildung von Ameisensäure dargestellt. Sie besteht aus  $C_4, H_{16}, N_2, O_{24}$ . Mulder hält sie für identisch mit der Phloretinsalpetersäure. J. f. p. Ch. XXI. 360. M.

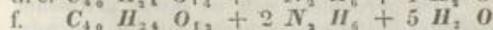
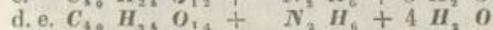
**Humor aqueus.** Der Zwischenraum zwischen dem Krystallkörper und der Hornhaut des Auges wird von einer wässrigen Flüssigkeit erfüllt, Humor aqueus, die, nicht in Zellen eingeschlossen ist, daher sogleich bei Verletzung der Hornhaut ausfließt. Sie besitzt ein sp. Gewicht von 1,0053. Berzelius hat die Flüssigkeit aus dem Auge eines Ochsen untersucht; er fand Kochsalz mit wenig Alkohol-extract 1,15; Wasserextract 0,75; Spuren von Albumin, Wasser 98,10. M.



**Humor vitreus.** In dem von der Sclerotica umgebenen Raume befindet sich die Glasflüssigkeit, durchwebt von der Membrana hyaloidea; die Flüssigkeit ist reich an Kochsalz. Berzelius fand bei dem Ochsen: Kochsalz mit wenig Extraktivstoff 1,42; in Wasser lösliche Substanz 0,02; Albumin 0,16; Wasser 98,40. Bei Krappfütterung wird diese Flüssigkeit röthlich. Bei Alten wird die Membrana hyaloidea zuweilen gelb (der grüne Staar); beim Foetus ist sie durch Blutgefässe röthlich gefärbt.

M.

**Humussäure.** Durch Zersetzung des Holzes und der in die Holzreihe gehörenden Substanzen durch Fäulniss, Alkalien und Säuren, werden eine Anzahl von Stoffen gebildet, welche grosse Aehnlichkeit unter einander haben. In der schwarzen Ackererde fand man diese Substanz, weshalb diese den Namen Humus, Dammerde auf die Substanz selbst übertragen hat. Sie führt übrigens die verschiedensten Namen: Geïn, Humin, Ulmin, Humus, Geïnsäure, Huminsäure, Ulminsäure, Humussäure u. a. m. Die todte Pflanze wird unter dem Einflusse der Luft zerlegt, und mit der neuen Substanz verbindet sich das in der Luft enthaltene Ammoniak; je nach dem Stoffe, aus welchem die Verbindung entsteht, enthält sie mehr oder weniger die Elemente des Wassers. Mulder fand z. B. die Humussubstanz in: a. Harlemer Torf, b. friesischem Torf, c. faulem Weidenholz, d. in der Erde eines Baumgartens, e. eines Gemüsegartens, f. einer Wiese, g. eines Eichenbodens, h. Johannisbeergarten, i. Bohnenland. Ausser bei a. b. c. wurde Asche in der Substanz gefunden: d. 5—6%, e. 2%, f. 3,2%, g. 12,5%, h. 6,2%, i. 22,8%. Die bei 140° getrocknete Substanz enthielt:



i. muss ein Gemenge eines Ammoniaksalzes mit einer ammoniakfreien Verbindung sein, etwa nach der Formel  $C_{34} H_{28} N_2 O_{12}$ , zusammengesetzt.

Mulder nennt diese Säuren Geïnsäure d. e.

Humussäure a. c. f. g.

Ulminsäure b.

Gleiche Substanzen erhält man bei der Behandlung des Zuckers mit Säuren. s. Zucker. Dass bei der Einwirkung der Chlorwasserstoffsäure auf Protein sich Humussäure bilde, und dadurch die charakteristische Färbung entstehe, kann nicht wohl sein, da Chlor diese Farbe zerstört, die Chlorhuminsäure jedoch gefärbt bleibt. Herrmann hat eine grosse Menge von Untersuchungen über die Humussubstanzen angestellt, welche jedoch zu unrichtigen Resultaten geführt haben. Ein Hauptresultat, welches er aufstellt, ist, dass die Humussäure Stickstoff aus der atmosphärischen Luft condensire und sich damit verbinde. Ammoniak spielt diese Rolle, nicht der freie Stickstoff. — Die Gegenwart der Humussubstanzen ist durch diese

Ammoniak-Fixirung im Boden von grosser Wichtigkeit für den Landbau. Einige Chemiker nehmen an, dass der Humus unmittelbar aufgenommen werde, wenn auch nur als humus-saure Salze, eine Meinung, die namentlich Liebig bestritten hat, der nur den zerlegten Humus der Pflanze als Nahrung zugeführt wissen will. Vergl. Mulder phys. Chem. S. 150 ff., s. auch Quellsäure, Quellsatzsäure. Zucker, Zersetzung desselben. M.

**Hundefett.** Diess ist bräunlich-weiss, schwach fettartig riechend; schmalzähnliche Consistenz; bei + 7° R. ähnlich dem Schweineschmalz. Bei + 18° beginnt es zu schmelzen, bei 28° ganz flüssig; erstarrt es noch nicht bei + 7°. Beim Verseifen scheidet sich das Elain leicht vom Stearin und schwimmt auf dem Seifenleim. Die Sodastearinseife ist sehr hart und weiss, wird nach und nach grünlich weiss; die Elainseife ist anfangs weiss und schmierig, wird aber auch hart und gelblich. Joss. Journ. f. pr. Ch. I. 35. M.

**Huraulit** wurde von Alluaud ein bei Hureaux unfern Limoges vorkommendes Mineral nach seinem Fundort benannt. Es krystallisirt in eingliedrigen rhombischen Säulen von 62½°. Die Krystalle sind klein, nadelförmig, röthlichbraun, durchscheinend, von Härte des Flussspaths, spec. Gew. 2.27. Huraulit ist in Säuren löslich und schmilzt leicht zu einer schwarzen Perle. Er besteht nach Dufrénoy aus phosphorsaurem Mangan und Eisenoxydul nebst Wasser, gemäss der Formel  $3 \overset{\cdot\cdot}{Mn}_2 P_2 + \overset{\cdot\cdot}{Fe}_2 P_2 + 30 H$ . Pogg. Ann. XVII. 493. B.

**Hurin.** Im Saft von Hura crepitans, einem hohen, in Südamerika einheimischen Baume, (Ajuapar) ist ein scharfer Stoff enthalten, welcher demselben giftige Eigenschaften ertheilt; in die Augen gebracht, bewirkt der Milchsaft leicht Blindheit. Boussingault und Riveró haben ihn genauer untersucht. (Ann. de Chim. et de Phys. XXVIII. 430). Der geruchlose Saft ist etwas gelblicher wie Kuhmilch; von schwachem Geschmack, saurer Reaction; er reizt den Schlund heftig; beim Eindampfen entweicht der giftige Stoff grösstentheils, so dass Augen, Nasen und Ohren stark entzündet werden. Diese Wirkung rührt von einem flüchtigen, blasenziehenden Oele her. Ausserdem ist eine krystallinische Substanz darin enthalten, welche vielleicht gleichfalls giftig ist (Hurin); es hat alkalische Eigenschaften, und ist vielleicht eine eigenthümliche Base. Der ganze Saft enthält: Gluten, flüchtiges, blasenziehendes Oel, einen scharfen, alkalischen krystallinischen Stoff; saures äpfelsaures Kali, Salpeter, äpfelsauren Kalk, Ozmazom (?) Auch in der Milch des Kuhbaums fanden dieselben Gelehrten einen solchen Omazomähnlichen Stoff. Es ist diess jedoch wahrscheinlich eine Caoutchoucähnliche Substanz. Vergl. Marchand Journ. f. p. Ch. XXI. 43. M.

**Hyacinth** synonym mit edlem Zirkon s. d. — Unter orientalischem Hyacinth versteht man oft hellrothen Rubin. — Die Hyacinthen von Compostella sind ringsum ausgebildete, von Eisenoxyd rothgefärbte Quarzkrystalle, welche zu St. Jago di Compostella in Spanien vorkommen, und geschliffen werden. B.



**Hyalith** von *ὑαλος* Glas und *λίθος* Stein also Glasstein, heisst der wasserhelle oft auch ins Gelbe und Grünliche und Graue sich ziehende Opal, der in trauben- und nierenförmigen Ueberzügen auf vulkanischen Gesteinen und Höhlungen derselben vorkommt. Er ist durchsichtig und geht ins Undurchsichtige und damit in den gemeinen Opal über. Man findet ihn im Dolerit, zu Frankfurt am Main, Walsch in Böhmen, im Kaiserstuhl, in Ungarn u. s. w. S. Opal. B.

**Hyalosiderit** wird der eisenreiche Olivin genannt, der wegen seines Eisengehalts zu einem Glase vor dem Löthrohr zusammenschmilzt, was sonst bei dem Olivin nicht der Fall ist. Hierauf bezieht sich der aus *ὑαλος* Glas und *σίδηρος* Eisen gebildete Name. S. Olivin. B.

**Hydracetyl.** Das ölbildende Gas, Elayl,  $C_4 H_8$  ( $C_2 H_4$ ), kann auch betrachtet werden, als Verbindung von  $C_4 H_6 + H_2$ , oder Acetyl mit Wasserstoff. Die holländische Flüssigkeit würde dann eine Verbindung von Acetylchlorür mit Chlorwasserstoff sein.  $C_2 H_4 Cl_2 + H_2 Cl_2$ . s. Liebig in Geiger Pharm. Aufl. 2. S. 774. Vergl. Elayl. Holl. Flüssigkeit. M.

**Hydrargillit.** Dieser aus *ἕδωρ*, Wasser, und *ἀργίλλος*, Thon, abgeleitete Name wurde früher einem Minerale beigelegt, welches nach genauer chemischer Zerlegung noch andere als die angeführten Bestandtheile enthielt, und hierauf Wawellit (s. d.) genannt wurde. Dagegen hat G. Rose ein zu Achmatowsk bei Statoust im Ural vorkommendes Mineral, welches nichts Anderes als Thonerde, Wasser und eine Spur Kalkerde zu enthalten scheint, Hydrargillit genannt. Dasselbe krystallisirt in sechsseitigen Prismen, ist etwas weicher als Kalkspath, wird vor dem Löthrohr weiss, blättert sich auf, schmilzt aber nicht; fein gerieben wird es auch von heissen Säuren nur schwierig aufgelöst. Pogg. Ann. XLVIII. 564. — Dichter Hydrargillit ist gleichbedeutend mit Türkis, und blättriger Hydrargillit mit Diaspor. B.

**Hydrarsin,** siehe Kakodyl und Kakodylverbindungen.

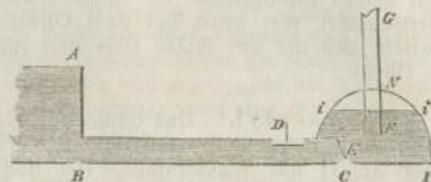
**Hydrat,** eine Verbindung von Wasser mit einer Basis oder einer Säure. Das Wasser kann in den meisten Fällen durch Hitze ausgetrieben werden, und hinterlässt dann die Base oder Säure wasserfrei mit etwas veränderten chemischen und physikalischen Eigenschaften. In einigen Fällen kann jedoch das Hydratwasser selbst durch Glühhitze nicht entfernt werden, wie bei Kali-, Natron, und Baryterdehydrat; auch die gewöhnliche Schwefelsäure lässt sich auf diesem Wege nicht wasserfrei erhalten, und die Salpetersäure scheint ohne Hydratwasser für sich gar nicht existiren zu können. B.

**Hydraulik,** s. Hydrodynamik.

**Hydraulischer Widder,** auch Stossheber genannt, eine von Montgolfier (1796) erfundene Maschine, in welcher die lebendige

Kraft einer durch Druck in einer Röhre fortgetriebenen Wassermasse zur Hebung eines Theils dieser Masse benutzt wird. Aus einem Behälter, dessen Wasserhöhe  $AB = H$  durch fortwährenden Zufluss unveränderlich erhalten wird, strömt das Wasser in eine am Boden angebrachte Röhre  $BC$ , und drückt die bei  $D$  in der Röhre angebrachte Sperrklappe, nachdem zuvor durch die Oeffnung bei  $D$  einiges Wasser aus der Röhre ausgeflossen ist, bei zunehmender Geschwindigkeit der Strömung gegen die Oeffnung  $D$ , welche dadurch plötzlich geschlossen wird. Hierdurch wird das Wasser ge-

genöthigt, gegen die Klappe  $E$  (Steigeklappe) zu stossen; es öffnet dieselbe und ein Theil des Wassers tritt in die Glocke  $CIN$  (Windkessel) ein, welche bis zu einer gewissen Höhe (bis  $ii$ ) mit Wasser gefüllt und in



welche eine verticale Röhre (Steigröhre)  $FG$  eingesetzt ist. Durch den Gegendruck des in der Glocke und der Steigröhre enthaltenen Wassers wird aber die Geschwindigkeit der Einstromung bald aufgehoben; alsdann schliesst sich die Steigeklappe  $E$ , während die Sperrklappe  $D$  durch ihr Gewicht in dem augenblicklich ruhenden Wasser der Röhre  $BC$  herabsinkt, worauf sogleich der Ausfluss durch  $D$  wieder beginnt, die Sperrklappe durch die zunehmende Strömung aufs neue geschlossen und auf diese Weise das Spiel der Maschine fortgesetzt wird. Durch das bei jedem Stosse auf die Steigeklappe in die Glocke eindringende Wasser wird die über  $ii$  enthaltene Luft zusammengedrückt und durch die Rückwirkung dieses Luftdruckes das Wasser in die Steigröhre gehoben.

Von den Wirkungen dieses sinnreichen Mechanismus sucht Navier auf folgende Weise durch die Theorie Rechenschaft zu geben (leçons, 2. Bd. p. 340): Es sei  $a$  die Oeffnung der Sperrklappe  $D$ ,  $b$  die der Steigeklappe  $E$ ,  $q$  der Querschnitt der Röhre  $BC$ ; so hat man, während das Wasser mit zunehmender Geschwindigkeit in die Röhre  $BC$  ein- und bei  $D$  ausströmt, wobei die Steigeklappe  $E$  geschlossen ist, folgende Gleichung, in welcher  $l$  die Länge der Röhre von  $B$  bis zur Sperrklappe und  $u$  die Ausflussgeschwindigkeit bei  $D$  bedeutet, nämlich:  $gH = a \frac{du}{dt} \int_0^l \frac{dx}{q} + \frac{1}{2} u^2$ . (s. Hydrodynamik.)

Ist der Querschnitt  $q$  constant, so ist  $\int_0^l \frac{dx}{q} = \frac{l}{q}$ ; man setze noch

$\frac{al}{q} = c$ ; so wird  $gH = c \frac{du}{dt} + \frac{1}{2} u^2$  und mithin  $dt = \frac{2c du}{2gH - u^2}$ .

Hieraus folgt durch Integration, wenn für  $t = 0$ ,  $u = 0$  angenommen,

und  $\sqrt{2gH} = y$  gesetzt wird:  $u = y \frac{e^{\frac{y}{c} t} - 1}{e^{\frac{y}{c} t} + 1}$ . Nach Ablauf einer

kurzen Zeit  $t = t_1$  (dieselbe ist etwa 0,1 oder noch weniger,) schliesse sich die Sperrklappe  $D$ ; es sei in diesem Augenblicke

$u = u_1$ , und  $e \frac{y t_1}{c}$  sei  $= E$ , also  $u_1 = y \frac{E-1}{E+1}$ . Indem sich für  $t = t_1$  die Sperrklappe schliesst, öffnet sich sofort die Steigeklappe, und das Wasser in der Röhre erleidet nun den Gegendruck  $= g(H+h)$ , wenn  $H+h$  die Wasserhöhe, vom Boden an gerechnet, in der Steigröhre, also  $h$  die Förderungshöhe über den Wasserspiegel in  $A$  bedeutet. Da die Druckhöhe  $H$  im Behälter  $AB$  fortfährt, das Wasser in die Röhre zu drängen, so steht die in der Röhre enthaltene Wassermasse unter dem Druck  $H - (H+h) = -h$ , und wenn  $v$  die Geschwindigkeit bedeutet, mit welcher das Wasser aus der Röhre in den Windkessel einströmt, nachdem für  $t = t_1$  die Steigeklappe  $E$  geöffnet ist; so erhält man für  $v$  folgende Gleichung:

$$-g h = b \frac{dv}{dt} \int_0^{t_1} \frac{dx}{q} + \frac{1}{2} v^2, \text{ wo } b \text{ die Oeffnung der Steigeklappe,}$$

$l$  die Länge der Röhre bis zu dieser bedeutet, welche nur sehr wenig grösser als  $l$  ist. Setzt man  $b \int_0^{t_1} \frac{dx}{q} = \frac{bl^1}{q} = c^1$ , so kommt

$$2 g h + c^1 \frac{dv}{dt} + v^2 = 0, \text{ oder } \frac{2 c^1 dv}{E^2 + v^2} + dt = 0, \text{ wo } E = \sqrt{2gh};$$

also  $t + \frac{2 c^1}{E} \arctg \frac{v}{E} = \text{Const.}$  Für  $t = t_1$  war  $u = u_1$  und  $\frac{au_1}{q}$  die Geschwindigkeit in der Röhre; diese besteht auch im ersten Augenblicke nach Oeffnung der Steigeklappe noch fort und das in der Zeit von  $t_1$  bis  $t_1 + dt$  in der Röhre einströmende Wasser  $= q \frac{au_1}{q} dt = a u_1 dt$  fliesst durch die Oeffnung  $b$  mit der Geschwindigkeit  $v_1$  ab; also ist  $a u_1 dt = b v_1 dt$  oder  $v_1 = \frac{a u_1}{b}$  der Werth von  $v$  für  $t = t_1$ . Daher erhält man  $t - t_1 = \frac{2 c^1}{E} \left( \arctg \frac{a u_1}{b E} - \arctg \frac{v}{E} \right)$

Die Geschwindigkeit  $v$  wird also Null für  $t = t_1 + t_2$ , wo  $t_2 = \frac{2 c^1}{E} \arctg \frac{a u_1}{b E}$  ist. Die in der Zeit  $t_1$  durch  $D$  abgeflossene Wassermenge ist  $= V = a \int_0^{t_1} u dt = 2 a c \int_0^{u_1} \frac{u du}{y^2 - u^2} = ac \log \frac{y^2}{y^2 - u_1^2}$ ;

setzt man für  $\frac{u_1}{y}$  seinen Werth  $\frac{E-1}{E+1}$ , so findet man  $V = ac \log \frac{(E+1)^2}{4E}$   
 $= \frac{a^2 l}{2q} \log \frac{1}{4} \left( \sqrt{E} + \frac{1}{\sqrt{E}} \right)$ . Die in der Zeit von  $t_1$  bis  $t_1 + t_2$

durch  $E$  ausfliessende Wassermenge ist  $= W = b \int_{t_1}^{t_1+t_2} v dt =$

$$2 c^1 b \int_0^{u_1} \frac{v dv}{E^2 + v^2} = c^1 b \log \left( 1 + \frac{v_1^2}{E^2} \right); \text{ also } W = \frac{b^2 l^1}{q} \log$$

$\left(1 + \frac{d^2 u_1^2}{b^2 E^2}\right) = \frac{b^2 l^2}{g} \log \left(1 + \frac{a^2 H}{b^2 h} \cdot \left(\frac{E-1}{E+1}\right)^2\right)$ . Der Nutzeffect ist die Menge  $W$  des gehobenen Wassers, multiplicirt mit der Höhe  $h$ , um welche es gehoben ist; die zur Erreichung desselben verwendete Betriebskraft ist das verlorne Wasser  $V$ , multiplicirt mit der Höhe  $H$ , um welche es gesunken ist; also wird durch den Aufwand  $VH = \frac{a^2 H l}{2g} \log \frac{1}{2} \left(\sqrt{E} + \frac{1}{\sqrt{E}}\right)$  die Leistung  $Wh = \frac{b^2 h l^2}{g} \log \left(1 + \frac{a^2 H}{b^2 h} \left(\frac{E-1}{E+1}\right)^2\right)$  erlangt. Man setze zur Abkürzung  $\frac{a^2 H}{b^2 h} = n$ , so ergibt

sich das Verhältniss der Leistung zur aufgewendeten Kraft  $\frac{Wh}{VH} = \frac{l^2}{l} \cdot \frac{\frac{1}{n} \log \left(1 + \left(\frac{E-1}{E+1}\right)^2 n\right)}{2 \log \frac{1}{2} \left(\sqrt{E} + \frac{1}{\sqrt{E}}\right)}$ . Dieser Ausdruck erreicht, für ein

gegebenes  $E$ , sein Maximum bei  $n = 0$ ; es muss also die Oeffnung  $b$  der Steigklappe gegen die der Sperrklappe beträchtlich gross sein, wie bei diesen Maschinen auch in der That gefunden wird, damit  $n = \frac{a^2 H}{b^2 h}$  sehr klein werde. Für die Förderungshöhe  $h$  wird zwar durch diese Theorie keine Grenze angegeben, und man könnte daher auch diese sehr gross annehmen; aber je grösser  $h$ , desto heftiger müssen die auf die Steigklappe ausgeübten Stösse sein, um dieselbe zu öffnen und das Wasser in der Steigröhre fortzuschieben; daher vermindert sich bei grössern Förderungshöhen der Nutzeffect, wie die Versuche von Eytelwein zeigen. Auf diese nachtheilige Wirkung des Stosses ist in der vorstehenden Theorie keine Rücksicht genommen; grosse Förderungshöhen können aber auch bei dieser Maschine nicht vorkommen. Da  $n$  immer sehr klein ist, so kann es

in dem obigen Ausdrucke für  $\frac{Wh}{VH}$  geradezu  $= 0$  gesetzt werden, wodurch folgender, für die Anwendung völlig hinreichender Ausdruck hervorgeht:  $\frac{Wh}{VH} = \frac{l^2}{l} \cdot \frac{(E-1)^2}{(E+1)^2} \frac{1}{2 \log \frac{1}{2} \left(\sqrt{E} + \frac{1}{\sqrt{E}}\right)}$ , in welchem

$E = e^{\frac{y t_1}{c}}$ , also  $\log E = \frac{y t_1}{c} = \frac{\sqrt{2gH} \cdot q t_1}{a l}$  ist. Je mehr sich  $E$  der Einheit nähert, also je kleiner  $t_1$  ist, wenn die übrigen Grössen ungeändert bleiben, desto mehr nähert sich der auf der rechten Seite neben  $\frac{l^2}{l}$  stehende Factor, der als Function von  $E$  durch  $\varphi(E)$  bezeichnet werde, der Grenze 1; wächst aber  $E$  von 1 an, so nimmt  $\varphi(E)$  von 1 anfangend ab, und wird für sehr grosse  $E$  sehr klein. Für  $\frac{l^2}{l}$  kann man 1 setzen, da die Länge  $l$  der Leitröhre immer beträchtlich sein und die Steigklappe so nahe als möglich an der Sperrklappe liegen muss, damit nach Schliessung dieser die Oeffnung jener Klappe augenblicklich erfolge. — Versuche findet man in der Schrift: „Bemerkungen über die Wirkung und vortheilhafteste An-

wendung des Stosshobers, von Eytelwein. Berlin, 1805.“ Unter Anderen wird darin bemerkt, dass durch das Gewicht der Sperrklappe, sobald dasselbe eine gewisse Grenze übersteigt, der Effect vermindert wird; dies stimmt sehr gut mit der obigen Formel; denn mit dem Gewichte der Sperrklappe muss offenbar  $t_1$ , also  $E$ , zugleich wachsen, also  $\varphi (E)$  abnehmen. Mdg.

**Hydrindin.** Erwärmt man Sulfasatyd mit Kalilösung gelinde, so erhält man zuweilen hübsche kleine glänzende, blässgelbe Krystalle; meist gerinnt die Masse zu seidenartigen Krystallgeweben. Jene sind Hydrindin, diese Hydrindin-Kali. Wasser wäscht das Kali daraus aus; das Hydrindin bleibt auf dem Filter. Die abfiltrirte Flüssigkeit wird durch Chlorwasserstoffsäure zersetzt, indem sich etwas Hydrindin, Schwefel und vielleicht Indin niederschlägt. Auch durch Erhitzen des schwarzen indinsäuren Kali's wird dies sehr bald in seidenartig-glänzendes, gelbes, hydrindinsäures Kali verwandelt; jenes erhält man durch gelinde Erwärmung von mit Alkohol befeuchtem Indin mit Kali. Ebenso verwandelt Kali Isatyd beim Erwärmen in Isatyd und Hydrindin. Alkohol löst jenes auf, und hinterlässt dieses. Das Hydrindin ist durchsichtig, blässgelb, unlöslich im Wasser; es ist etwas löslich in siedendem Alkohol; siedende Salpetersäure zersetzt es, macht es violett, pulverig und es bildet sich endlich Nitriding. Schwefelsäure lässt es unverändert, und Wasser fällt es. Es besteht aus  $C_{32} H_{26} N_4 O_3$ . Durch Erhitzen wird es in Wasser und Indin zerlegt, ohne dass es ein Hydrat desselben wäre. Vgl. Indin. Laurent, Journ. f. p. Ch. XXV. 449. M.

**Hydrobenzamid.** Reines Bittermandelöl wird mit dem 20fachen Volumen Aetzammoniak übergossen, und in einem verschlossenen Gefässe bei 40—50° einige Stunden digerirt. Die weisse Masse, welche sich bildet, wird mit Aether ausgewaschen und in Alkohol umkrystallisirt. Die Verbindung stellt regelmässige, farblose Octaëder, oder rhombische Prismen dar, die farb-, geruch- und geschmacklos sind; bei 100° schmelzen; durch fernere Erhitzung zerlegt werden; mit russender Flamme brennen; unlöslich im Wasser. Die alkoholische Lösung zerlegt sich beim Kochen in Ammoniak und Bittermandelöl; Salzsäure bildet dieses und Salmiak. Kali ist fast ohne Einwirkung. Es besteht aus  $C_{12} H_{10} N_2$ . Bei Anwendung des rohen Bittermandelöls erhält man eine gelbe Masse, welche ein Gemenge von Hydrobenzamid, Benzhydramid, Azobenzoyl und Nitrobenzoyl ist. Laurent, Ann. de Chim. et de Phys. LXVI. 180. M.

**Hydrobenzoinamid (Benzoinamid).** Durch Erwärmen von Benzoin mit wässrigem Ammoniak, in der Weise, wie das Hydrobenzamid dargestellt wird. Es hat dieselbe Zusammensetzung wie dieses, ist ein weisses, geruch- und geschmackloses Pulver, das sich ohne Zersetzung verflüchtigt. M.

**Hydroboracit,** ein von Hess bestimmtes und näher untersuchtes Mineral vom Kaukasus. Es ist krystallinisch, derb, weiss, durchscheinend, strahlig und blättrig, dem Gypse ähnlich, dessen

Härte es auch hat; spec. Gew. 1,9. Die ganze Masse ist wie wurmstichiges Holz durchlöchert, und in den Höhlungen mit salzbaltigem Thon ausgefüllt. Der Hydroboracit ist leicht schmelzbar zu einem klaren Glase, etwas in Wasser löslich, und besteht aus borsaurer Talk-Kalkerde

und Wasser, nach der Formel  $(Ca, Mg)_2 B_4 + 9 H$ , welche ziemlich genau die durch die Analyse gefundene Zusammensetzung ausdrückt. Da die Basen zur Säure sich wie Boracit verhalten, so nannte Hess das Mineral Hydro- (Wasser-) boracit, wegen seines Wassergehalts. Pogg. Ann. XXXI. 49. B.

**Hydrochloresäure** und die ähnlich gebildeten Namen Hydrojod-, -brom-, -cyansäure bezeichnen die Verbindungen von Chlor, Jod, Brom und Cyan mit Wasserstoff, sind also gleichbedeutend mit Chlorwasserstoffsäure, Jodwasserstoffsäure u. s. w. B.

**Hydrocyanaether.** Cyanaethyl (nicht zu verwechseln mit Cyanaether): Pelouze fand diese Verbindung durch Einwirkung des Cyankalium auf ätherschwefelsauren Baryt; der Aether ist flüchtig, farblos, knoblauchartig riechend, sehr giftig, brennbar, wenig löslich in Wasser, leicht in Alkohol und Aether. Er siedet bei  $82^\circ C$  ( $787^{mm} B$ ); sp. G bei  $15^\circ C = 0,787$ . Er besteht aus  $C_4 H_{10} + Cy_2$  (Loewig, Org. Chem. I. giebt eine falsche Formel.) s. Journ. f. pr. Ch. II. 472. M.

**Hydrodynamik**, die Lehre von der Bewegung der Flüssigkeiten, einer der wichtigsten, aber auch schwierigsten, und am wenigsten ausgebildeten Theile der Mechanik. Die allgemeinen Differential-Gleichungen für die Bewegung der Theilchen einer flüssigen Masse, welche von d'Alembert, Euler (Schr. d. Berl. Acad. v. J. 1755.), L'egrange (analytische Mechanik) aufgestellt und bearbeitet, und in zahlreiche Lehrbücher aufgenommen worden sind, bieten so grosse Verwickelungen dar, dass man bis jetzt nur sehr eingeschränkte Resultate aus ihnen hat herleiten können.

Setzt man in den im Artikel Hydrostatik aufgestellten Gleichungen  $\frac{dp}{dx} = \rho x, \dots$ , statt  $x, y, z$ , die verlorenen Beschleunigungen  $\frac{d^2x}{dt^2}, \dots$ , zwischen welchen nach dem d'Alembertschen Princip während der Bewegung der flüssigen Masse Gleichgewicht bestehen muss; so erhält man folgende auf ein beliebiges Theilchen, dessen Coordinaten zur Zeit  $t, xyz$  sind, sich beziehende Gleichungen:

$$\frac{dp}{dx} = \rho \left( x - \frac{d^2x}{dt^2} \right) \quad \frac{dp}{dy} = \rho \left( y - \frac{d^2y}{dt^2} \right) \quad \frac{dp}{dz} = \rho \left( z - \frac{d^2z}{dt^2} \right)$$

Diese drei Gleichungen reichen, wenn  $\rho$  constant oder eine bekannte Function von  $p$  ist, zur Bestimmung der vier unbekanntenen  $x, y, z$  und  $p$  durch  $t$  noch nicht hin; eine noch fehlende vierte Gleichung erhält man dadurch, dass man ausdrückt, dass irgend ein unendlich kleines Element der Flüssigkeit, indem es während der Bewegung seine Gestalt verändert, dieselbe Masse behält, oder dass die Masse des Theilchens während der Bewegung beisammen bleibt. Diese Bedingung

ist im Allgemeinen nothwendig, wenn die ganze Masse der Flüssigkeit ein Continuum bilden soll; eine Theilung in mehrere endliche Massen widerspricht ihr nicht. Wird die Masse eines unendlich parallelepipedischen Theilchens durch  $\rho \Delta x \Delta y \Delta z$  ausgedrückt, und sind  $u = \frac{dx}{dt}$ ,  $v = \frac{dy}{dt}$ ,  $w = \frac{dz}{dt}$  die Geschwindigkeiten im Punkte  $x y z$ , zur Zeit  $t$ , so sind  $x + u dt$ ,  $y + v dt$ ,  $z + w dt$  die Coordinaten desselben Punktes der Flüssigkeit zur Zeit  $t + dt$ . Der Endpunkt der Seite  $\Delta x$  des Elementes hat zur Zeit  $t$  die Coordinaten  $x + \Delta x$ ,  $y$ ,  $z$ ; hieraus ergeben sich seine Coordinaten zur Zeit  $t + dt$ :  $x + \Delta x + u dt + \frac{du}{dx} \Delta x dt$ ,

$y + v dt + \frac{dv}{dx} \Delta x dt$ ,  $z + w dt + \frac{dw}{dx} \Delta x dt$ ; folglich hat sich die Entfernung  $\Delta x$  in der Zeit  $dt$  in

$$\sqrt{\left\{ \left( \Delta x + \frac{du}{dx} \Delta x dt \right)^2 + \left( \frac{dv}{dx} \Delta x dt \right)^2 + \left( \frac{dw}{dx} \Delta x dt \right)^2 \right\}}$$

$$= \Delta x \left( 1 + \frac{du}{dx} dt \right)$$

verwandelt; zugleich weicht auch die Richtung dieser neuen Entfernung von dem Parallelismus mit  $x$  unendlich wenig ab. Ferner geht die Dichtigkeit  $\rho$  des Elementes in der Zeit  $dt$  in  $\rho + d\rho$  über, wo  $d\rho = \frac{d\rho}{dt} dt + \frac{d\rho}{dx} dx + \frac{d\rho}{dy} dy + \frac{d\rho}{dz} dz$  oder  $d\rho$

$\left( \frac{d\rho}{dt} + u \frac{d\rho}{dx} + v \frac{d\rho}{dy} + w \frac{d\rho}{dz} \right) dt$  ist. Das Element verwandelt sich daher in der Zeit  $dt$  in ein wiederum als unendlich nahe rechtwinklig zu betrachtendes Parallelepipedum, dessen Masse durch  $(\rho + d\rho)$

$\Delta x \Delta y \Delta z \left( 1 + \frac{du}{dx} dt \right) \left( 1 + \frac{dv}{dy} dt \right) \left( 1 + \frac{dw}{dz} dt \right)$  ausgedrückt wird.

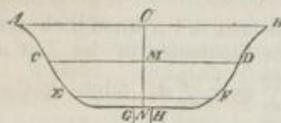
Diese Masse muss der vorigen  $\rho \Delta x \Delta y \Delta z$  gleich sein, setzt man nun für  $d\rho$  seinen obigen Werth, und lässt man die höheren Potenzen von  $dt$  weg, so ergiebt sich aus der Vergleichung dieser beiden Ausdrücke:

$$\frac{d\rho}{dt} + \frac{d(\rho u)}{dx} + \frac{d(\rho v)}{dy} + \frac{d(\rho w)}{dz} = 0.$$

Mit Uebergang der weiteren Entwicklungen, die sich an vorstehende allgemeine Formeln anschliessen, soll das Folgende sich nur auf einige einfache Fälle beschränken, und dabei die Hypothese der schichtweisen Bewegung zu Grunde gelegt werden, welche man zur Vereinfachung in diese Theorie eingeführt hat, obgleich sie nur Annäherungen geben kann. Indem man sich nämlich eine fließende Wassermasse in unendlich dünne, auf der Richtung des Stromes senkrechte Schichten von gleicher Masse getheilt denkt, nimmt man die Bewegung so an, dass in einem und demselben Zeitelement  $dt$  jede Schicht in die Stelle der folgenden einrückt. In dem folgenden Zeitelement  $dt$  rückt also wieder jede Schicht in die folgende Stelle; aber  $dt$  ist von  $dt$  im Allgemeinen verschieden, nämlich  $dt = (1 + \epsilon dt) dt$ , wo  $\epsilon$  eine endliche Grösse ist; wenn nicht der Beharrungszustand der Bewegung besteht, für welchen  $\epsilon = 0$  und  $dt = dt$  ist. Unter allen Umständen aber wird angenommen, dass jede Schicht während der Bewegung beisammen bleibt. Es sei  $q$  der Querschnitt,  $ds$  die Dicke einer Schicht, also  $qds$  ihre Masse, ferner sei  $v$  die Geschwin-

digkeit der Schicht, so ist  $ds = v dt$ ; denn in der Zeit  $dt$  rückt ein am Anfange der Schicht befindlicher Punkt an das Ende derselben, also um die Dicke  $ds$  fort. Für zwei dieser Schichten von gleicher Masse ist  $q ds = q' ds'$ ; also ist auch, nach dem Vorstehenden,  $qv dt = q'v' dt$ , oder  $qv = q'v'$ ; d. h. die gleichzeitigen Geschwindigkeiten verschiedener Schichten verhalten sich umgekehrt wie ihre Querschnitte. Diese Gleichung, die nicht genau ist, weil nicht alle Punkte einer Schicht gleiche und parallele Geschwindigkeit haben, giebt doch in geeigneten Fällen einen richtigen Werth für die mittlere Geschwindigkeit der Theile einer Schicht. Verbindet man diese Gleichung mit der Grundgleichung der Hydrostatik, oder, was dasselbe ist, mit dem Satze der virtuellen Geschwindigkeiten, um dadurch die Bedingung des Gleichgewichtes zwischen den verlorenen Kräften auszudrücken, so erhält man die nöthigen Gleichungen für die Bewegung einer Schicht und den Druck, welchen sie erleidet.

Es sei, um diese Entwicklungen zu zeigen,  $ABGN$  ein mit Wasser gefülltes Gefäß,  $AB$  eine feste Horizontal-Ebene,  $OM = x$



die Tiefe einer Schicht  $CD$  vom Querschnitte  $q$  unter  $AB$ ;  $GN$  eine Ausflussöffnung vom Querschnitte  $a$ , die Geschwindigkeit in  $CD$  sei  $v$ , die Ausflussgeschwindigkeit in  $a$  sei  $u$ , beide zur Zeit  $t$ ; so hat man zuerst  $qv = au$ . Ferner

ist  $qv dt = q dx$  die Masse der Schicht,  $g$  ihre Beschleunigung durch die Schwere,  $\frac{dv}{dt}$  ihre wirkliche Beschleunigung; folglich  $qv dx (g - \frac{dv}{dt})$  die verlorene Kraft; also erhält man als Bedingung des Gleichgewichtes  $qv dx (g - \frac{dv}{dt}) = q dp$ . oder  $dp = v dx (g - \frac{dv}{dt})$  und hieraus durch Integration

$$p - p_0 = \rho g (x - x_0) - \rho \int_{x_0}^x \frac{v}{dt} dx$$

wenn  $p_0$  den Druck auf dem Wasserspiegel ausdrückt, und für diesen  $x = x_0$  ist. Man hat aber  $v = \frac{au}{q}$ , also  $dv = \frac{a du}{q} - \frac{au}{q^2} dq$ , und  $dq = \frac{dq}{dx} dx = \frac{dq}{v dt} v dt$ , weil  $dx = v dt$ ; daher  $dq = \frac{au}{q} \cdot \frac{dq}{dx} dt$ , und  $\frac{dv}{dt} = \frac{a}{q} \cdot \frac{du}{dt}$

$$- \frac{a^2 u^2}{q^3} \cdot \frac{dq}{dx}. \text{ Hieraus folgt } \int_{x_0}^x \frac{v}{dt} dx = a \frac{du}{dt} \int_{x_0}^x \frac{1}{q} + \frac{a^2 u^2}{2} \left( \frac{1}{q^2} - \frac{1}{q_0^2} \right)$$

da bei dieser Integration noch  $x$ ,  $t$  und mithin das bloß von  $t$  abhängige  $u$ , als constant angesehen werden müssen. ( $q_0$  ist die Fläche des Wasserspiegels, d. h.  $q$  für  $x = x_0$ .) Die obige Gleichung verwandelt sich daher in folgende:

$$p - p_0 = \rho g (x - x_0) - a \rho \frac{du}{dt} \int_{x_0}^x \frac{dx}{q} - \frac{\rho a^2 u^2}{2} \left( \frac{1}{q^2} - \frac{1}{q_0^2} \right)$$

Es sei für die Ausflussöffnung  $x = x_0 + h$ , und der daselbst wirkende Druck sei dem auf den Wasserspiegel gleich, so hat man für  $x = x_0 + h$ ,  $p = p_0$ ,  $q = a$ ; setzt man noch  $x_0 + h = l$ , so verwandelt sich vorstehende Gleichung in folgende:

$$gh - a \frac{du}{dt} \int_{l-h}^l \frac{dx}{q} - \frac{u^2}{2} \left(1 - \frac{a^2}{q_0^2}\right) = 0.$$

Ist die Wasserhöhe  $h$  constant, so reicht diese Gleichung da  $q_0$  und

$\int_{l-h}^l \frac{dx}{q}$  Funktionen von  $h$  sind, die durch die Gestalt des Gefässes

bedingt werden, zur Bestimmung von  $u$  hin; ist  $h$  veränderlich, so erhält man noch die Bedingung  $q_0 dh + audt = 0$ , welche ausdrückt, dass das Sinken des Wasserspiegels ( $-dh$ ) der in der Zeit  $dt$  ausfliessenden Wassermenge  $audt$ , dividirt durch den Querschnitt des Wasserspiegels gleich sein muss, wenn nämlich kein Zufluss Statt findet; alsdann erhält man durch Elimination von  $dt$ :

$$gh dh + \frac{a^2 u du}{q_0} \int_{l-h}^l \frac{dx}{q} - \frac{u^2}{2} \left(1 - \frac{a^2}{q_0^2}\right) dh = 0$$

woraus sich  $u^2$  durch Integrale nach  $h$  ausdrücken lässt. So lange  $h$  nicht sehr klein ist, nähert sich, wie aus vorstehenden Gleichungen leicht ersehen wird, die Ausflussgeschwindigkeit  $u$  sehr bald einer constanten Grenze, für welche  $\frac{du}{dt} = 0$  und  $\frac{u^2}{2} \left(1 - \frac{a^2}{q_0^2}\right) = gh$  wird. Ist  $a$  gegen  $q_0$  nur klein, so erhält man  $u = \sqrt{2gh}$ .

Dieser Ausdruck der Geschwindigkeit wird durch viele Erfahrungen bestätigt, wenn nur der Querschnitt beim Ausfluss sich nicht plötzlich ändert, sondern allmählig abnimmt, also das Wasser durch eine abgerundete trichterförmige Oeffnung (*orifice évasé*) ausfliesst. Ist aber der Querschnitt unmittelbar vor der Oeffnung  $= b$ , und  $b$  viel grösser als der Querschnitt der Oeffnung  $a$ , so muss die Geschwindigkeit in  $b$ , welche  $= \frac{au}{b}$  ist, plötzlich bis  $u$  steigen, also eine neue Geschwindigkeit  $= u - \frac{a}{b} u$ , oder eine lebendige Kraft

$= \frac{1}{2} \left(u - \frac{ba}{a}\right)^2$  hervorgebracht werden. Mit Berücksichtigung derselben erhält man, statt des vorigen Werthes von  $u$ , folgende Gleichung:

$$gh = \frac{u^2}{2} \left\{ 1 - \frac{a^2}{q_0^2} + \left(1 - \frac{a}{b}\right)^2 \right\},$$

welche einen kleinen Werth von  $u$  gibt, der für sehr kleine  $a$  in  $\frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \sqrt{2gh} = 0,707 \sqrt{2gh}$  übergeht.

Die Gleichung selbst kann auch leicht aus dem Satze der lebendigen Kräfte hergeleitet werden. Dann theilt man die Wassermasse in unendlich dünne Schichten von gleicher Masse, und ist  $qqvdt = \mu$  die Masse einer Schicht, so ist  $g\mu dh$  das Produkt des Gewichtes der Schicht und ihre Senkung  $dh$ ; für alle Schichten zusammen ergibt

sich hieraus, da  $g\mu$  constant ist als Wirkung der Schwere:  $ghu$ ; welche der Zunahme an lebendiger Kraft, die der zur Zeit  $t$  im Gefäß enthaltenen Wassermasse in der Zeit  $dt$  mitgetheilt wird, gleich sein muss. Diese Zunahme ist, den Beharrungszustand der Bewegung vorausgesetzt  $= \left( \frac{1}{2} u^2 - \frac{1}{2} \frac{a^2 u^2}{g_0^2} \right) \mu$ ; denn in der Zeit  $dt$  ist die unterste Schicht in die Oeffnung getreten und hat die Geschwindigkeit  $u$ , also die lebendige Kraft  $\frac{1}{2} u^2 \cdot \mu$  erlangt; alle übrigen Schichten sind jede um eine Stelle herabgerückt; und ihre lebendige Kraft zur Zeit  $t+dt$  ist dieselbe, wie die der Schichten, in deren Stellen sie eingetrückt sind, zur Zeit  $t$  war; die oberste Schicht, deren Geschwindigkeit zur Zeit  $t$   $\frac{au}{g_0}$  war, ist weggefallen und dadurch die lebendige Kraft  $\frac{1}{2} \cdot \frac{a^2 u^2}{g_0^2} \cdot \mu$  verloren gegangen. Hieraus folgt die Gleichung:  $gh = \frac{1}{2} u^2 \left( 1 - \frac{a^2}{g_0^2} \right)$ ; bei plötzlicher Zusammenziehung der untersten Schicht kommt aber noch der dadurch bewirkte Verlust an bewegender Arbeit hinzu, welcher nach dem Obigen durch  $\frac{1}{2} u^2 \left( 1 - \frac{a}{b} \right)^2 \cdot \mu$  ausgedrückt wird; wodurch sich die Gleichung in  $gh - \frac{1}{2} u^2 \left( 1 - \frac{a}{b} \right)^2 = \frac{1}{2} u^2 \left( 1 - \frac{a^2}{g_0^2} \right)$ , wie oben angegeben, verwandelt. Hierbei ist der Druck auf den Wasserspiegel dem auf die Ausflussöffnung gleich angenommen, wären beide ungleich, jener  $p_0$ , dieser  $\pi$ , so hätte man in diesen Gleichungen statt  $gh$ , nur  $gh + \frac{p_0 - \pi}{q}$  zu setzen.

Für die Ausflussgeschwindigkeit  $u$  müsste die Menge des aus dem Querschnitte  $a$  der Oeffnung in der Zeiteinheit ausfliessenden Wassers  $= au$  sein; sie findet sich aber kleiner, da der Strahl sich vermöge der Convergenz der einzelnen ausströmenden Wasserfäden nahe bei der Oeffnung auf einen kleineren Querschnitt zusammenzieht, in welchem die Fäden erst parallel werden. Wird dieser  $= ma$  gesetzt, so ist  $m$  der Contractions-Coefficient, und die Ausflussmenge wird durch  $mau$  ausgedrückt, wenn in dem Querschnitt  $ma$  alle Fäden die gleiche und parallele Geschwindigkeit  $u$  haben, für welche der oben angegebene Werth zu setzen ist. Durch eine freilich nur hypothetische Betrachtung findet Navier (leçons Bd. 2. §. 53) den Werth von  $m = \frac{2}{\pi} = 0,637$ , welcher sich gut mit den Beobachtungen verträgt. Die Werthe von  $m$  weichen jedoch nach Verschiedenheit der Umstände von einander ab; auch wird die Contraction des Strahles durch Ansatzröhren vermindert oder aufgehoben, worüber in Schriften wie „d'Aubuisson traité d'hydraulique“ zahlreiche Beobachtungen gesammelt sind. In Hinsicht auf die theoretische Aufklärung der Sache ist der 2. Band der „leçons sur l'application de la mécanique“ von Navier vorzüglich zu empfehlen.

Die vorstehenden und ähnliche Betrachtungen lassen sich auch auf die Ausströmung von Gasen anwenden, für welche die Gleichung

$dp = \rho \left( g - \frac{dv}{dt} \right) dx$  wegen  $p = k \rho$  in  $\frac{k dp}{p} = \left( g - \frac{dv}{dt} \right) dx$ , oder, wenn hier die Wirkung der Schwere als unbedeutend vernachlässigt wird, in  $\frac{k dp}{p} + \frac{dv}{dt} dx = 0$  übergeht. Im Allgemeinen ist  $\frac{dv}{dt} = \left( \frac{dv}{dt} \right) + \left( \frac{dv}{dx} \right) \frac{dx}{dt}$ ; aber für den Beharrungsstand der Bewegung ist  $v$  für jeden bestimmten Querschnitt unabhängig von  $t$ , also  $\left( \frac{dv}{dt} \right) = 0$ , und  $\frac{dv}{dt} = \frac{dv}{dx} \cdot v dt$ , wo die Klammern weggelassen

sind und  $v dt$  für  $dx$  gesetzt ist. Man hat also  $\frac{k dp}{p} + v \frac{dv}{dx} = 0$ ; also  $k \log p + \frac{1}{2} v^2 = k \log \pi + \frac{1}{2} u^2$ , wenn  $u$  die Ausflussgeschwindigkeit,  $\pi$  den äusseren Druck anzeigt. Ferner ist noch  $p q v = \pi a u$ , wenn  $q$  den Querschnitt des Gasbehälters,  $a$  den der Oeffnung bedeutet; folglich  $v = \frac{\pi a u}{p q}$ ; mithin  $\frac{1}{2} u^2 \left( 1 - \frac{\pi^2 a^2}{p^2 q^2} \right)$

$= k \log \frac{p}{\pi}$ , wo  $p$  den Druck im Gasbehälter,  $\pi$  den äusseren Druck bedeutet. Ist die Oeffnung  $a$  gegen  $q$  sehr klein, so erhält man  $\frac{1}{2} u^2 = k \log \frac{p}{\pi}$ . Hieraus ergibt sich die in der Zeiteinheit durch  $a$

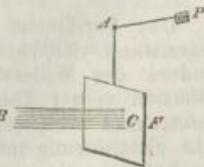
ausfliessende Gasmenge  $= a \cdot \frac{\pi}{k} u = a \pi \sqrt{\frac{2}{k} \log \frac{p}{\pi}}$ , da  $\frac{\pi}{k}$  die Dichte des ausströmenden Gases ist. Dieser Ausdruck wird Null, wenn  $\pi = a$ ; die in der Zeiteinheit unter dem inneren Drucke  $p$  in den leeren Raum ausströmende Gasmenge wäre also = Null; was offenbar falsch ist. In der That aber muss eigentlich die Ausflussmenge, wenn man die Geschwindigkeit  $u$  wie vorhin beibehält, durch

$a' \pi \sqrt{\frac{2}{k} \log \frac{p}{\pi}}$  ausgedrückt werden, wo  $a'$  derjenige Querschnitt des ausfliessenden Strahles ist, in welchem die Dichtigkeit den Werth  $\frac{\pi}{k}$  erreicht. Dieser Querschnitt wird aber ausserhalb des Gefässes liegen, während in der Oeffnung  $a$  die Dichtigkeit noch grösser sein wird als  $\frac{\pi}{k}$ . Ist nun  $\pi$  gegen  $p$  sehr klein, so wird der ausströmende Strahl sich sehr schnell ausbreiten und  $a'$  sehr gross werden, so dass man auch nicht mehr annäherungsweise  $a$  für  $a'$  setzen kann.

Das Fortfliessen des Wassers in langen Röhren ist ebenfalls Gegenstand vielfacher Untersuchungen gewesen. Hierbei kommt besonders der Widerstand in Betracht, welchen das Wasser durch Adhäsion seiner Theile gegen einander und gegen die Wände erleidet, und welcher die Bewegung auch in geneigten Röhren sehr bald gleichförmig macht. Ist  $v$  die gleichförmige Geschwindigkeit in der Röhre,  $q$  der unveränderliche Querschnitt derselben,  $c$  der Umring von  $q$ , so wird dieser Widerstand den Beobachtungen ziemlich entsprechend für die Längeneinheit der Röhre, durch  $\alpha \frac{c}{q} (v + \beta v^2)$  ausgedrückt, wo  $\alpha$  und  $\beta$  Beobachtungs-Coefficienten sind. Ist nun  $l$

die Länge eines Stückes der Röhre,  $i$  ihre Neigung gegen den Horizont,  $p$  der Druck im Endpunkte von  $l$ ,  $p_0$  der Druck im Anfange der Röhre oder für  $l = 0$ ; so gilt für die gleichförmige Bewegung in der Röhre die Gleichung:  $p = p_0 + gl \sin i - \alpha \frac{c}{q} (v + \beta v^2) - \frac{1}{2} v^2$ , in welcher  $p$  und  $l$  die veränderlichen Grössen sind; dabei ist die Dichtigkeit des Wassers = 1 gesetzt. Am Ende der Röhre ist  $p = 0$ , wenn der atmosphärische Druck aus  $p$  und  $p_0$  von vorn herein ausgeschlossen gedacht wird; also ergibt sich, wenn die Röhre am Ende ganz geöffnet ist und voll ausfliesst, ihre ganze Länge aber =  $L$  ist,  $p_0 + gL \sin i = \alpha \frac{cL}{q} (v + \beta v^2) + \frac{1}{2} v^2$ ; hieraus kann  $v$  gefunden werden. Für  $\alpha$  und  $\beta$  hat man nach d'Aubuisson:  $\alpha = 0,0003425 \cdot g$ ,  $\beta = 0,055$ , wo der Meter zu Grunde liegt und  $g$  die Schwere ist, also in Metern für Paris  $g = 9^m,8088$ . Der Wasserausguss ist in der Secunde =  $qv = Q$ ; ist  $Q$  gegeben, und setzt man für eine kreisförmige Röhre  $q = \frac{1}{4} d^2 \pi$ ,  $c = d \pi$ , so findet man aus vorstehender Gleichung durch Einsetzung von  $\frac{Q}{q}$  für  $v$  eine neue Gleichung, in welcher  $d$  auf den 5ten Grad steigt und aus welcher der dem verlangten Wasserausguss entsprechende Durchmesser der Röhre gefunden werden muss.

Stösst ein Wasserstrahl, dessen Querschnitt  $a$ , Geschwindigkeit  $v$ , gegen eine ruhende auf seiner Richtung senkrechte Ebene, so ist die Kraft dieses Stosses dem Drucke eines Gewichtes  $P = \pi \frac{av^2}{g}$  gleich, wo  $\pi$  das Gewicht der Cubikeinheit des Wassers, also  $66 \frac{1}{11}$  für den Cubikfuss bedeutet. Denn die in der Zeit  $dt$  anstossende Wassermenge ist  $av dt$  dem Volumen,  $\frac{\pi}{g} av dt$  der Masse nach; diese Masse mit der Geschwindigkeit  $v$  multiplicirt, gibt das Bewegungsmoment  $\frac{\pi}{g} \cdot av^2 dt$ , während das einem Gewichte  $P$  entsprechende Bewegungsmoment durch  $P dt$  ausgedrückt wird; denn die Masse von  $P$  ist  $\frac{P}{g}$  und seine Geschwindigkeit durch die Schwere im ersten Augenblicke  $g dt$ . Dies bestätigt auch die Beobachtung; wenn man nämlich den Wasserstrahl  $BC$  senkrecht auf eine Scheibe  $T$  stossen lässt, welche an einen Hebelarm befestigt ist, der sich um eine feste Axe  $A$  drehen kann, so hält ein Gewicht  $P$ , welches an einem dem vorigen gleichen und mit ihm unter einem rechten Winkel fest verbundenen Hebelarme angebracht ist, dem Stosse Gleichgewicht, und der Werth von  $P$  entspricht, wenigstens in einer gewissen Entfernung vom  $B$  Ausfluss, wo der Stoss seine grösste Stärke erreicht, der angegebenen Bestimmung. Durch an der Scheibe angebrachte Ränder wird die Kraft des Stosses sehr verstärkt, worauf Morosi im Jahre 1812 zuerst aufmerksam gemacht hat, obgleich diese Wirkung der Ränder nach d'Aubuisson von einzelnen Technikern schon seit Jahrhunderten benutzt worden ist.



Durch dieselbe kann die Kraft des Stosses höchstens auf das Doppelte der vorigen, d. i. auf  $2\pi \frac{av^2}{g}$  gebracht werden. Wie sich diese Wirkung aus der Schwungkraft der auf einer krummen Bahn mit beständiger Geschwindigkeit fortgehenden Wassertheilchen berechnen lässt, zeigt Coriolis auf einfache Weise im Calcul de l'effet des machines; das Ergebniss dieser Berechnung ist, dass, wenn ein Wasserstrahl vom Querschnitt  $a$  durch einen ruhenden krummen Canal von demselben Querschnitt, in welchen er tangential einströmt, mit der beständigen Geschwindigkeit  $v$  hindurchgeht, der durch die Schwungkraft der Theilchen auf den fortwährend gefüllten Canal ausgeübte Druck zweier einander gleichen, an den Enden des Canals angebrachten und tangential von aussen nach innen auf den Canal drückenden Kräften gleichkommt, deren jede dem Gewicht  $P = \pi \frac{av^2}{g}$  entspricht.

Hat die den Stoss auffangende Fläche zugleich in der Richtung des Strahls eine eigene Bewegung mit der Geschwindigkeit  $u$ , (eine Vorstellung, die bei Wasserrädern angenähert verwirklicht ist, in so fern man die Bewegung einer Schaufel für kurze Zeit als geradlinig ansehen kann) so ist  $v-u$  die relative Geschwindigkeit des stossenden Strahles, und der Vorgang ist derselbe, als ob die Scheibe still stände, der Strahl aber nur die Geschwindigkeit  $v-u$  besässe. Die Stärke des hieraus entspringenden Stosses ist nach dem Vorigen,  $P = \frac{\pi a}{g} (v-u)^2$  für eine ebene Scheibe; wenn aber das Wasser in einen

krummen Canal  $ab$  tangential einströmt, und  $i$  der Winkel  $bcd$  zwischen den Tangenten  $ac$ ,  $bc$  am Anfange und Ende des Canals ist, so ist  $P = \frac{\pi a}{g} (v-u)^2 (1 - \cos i)$ , also insbesondere, wenn die

Richtung des aus dem Canal austretenden Wassers der des Eintrittes entgegengesetzt, oder  $i = 180^\circ$  ist,  $P = \frac{2\pi a}{g} (v-u)^2$ . Da der Angriffspunkt der Kraft  $P$  sich in der Richtung der Kraft mit der Geschwindigkeit  $u$  fortbewegt, so ist  $Pu$  die bewegende Arbeit oder Leistung der Kraft  $P$ , während der Zeiteinheit; will man die Leistung der Einheit der aufgefundenen Wassermenge ausdrücken, so ist  $\frac{1}{a(v-u)}$  die Zeit, in welcher die Wassermenge  $= 1$  aufgefangen wird; die in dieser Zeit erfolgende Fortrückung ist  $\frac{u}{a(v-u)}$  und mithin ist  $\frac{Pu}{a(v-u)}$  die Leistung der Einheit der aufgefangenen Wassermenge. Diese beträgt also bei dem geraden Stosse auf eine Scheibe:  $\varepsilon = \frac{\pi u (v-u)}{g}$ , bei einem Canale, in welchen das Wasser tangential einströmt und in einer der Einströmung parallelen und entgegengesetzten Richtung ausströmt,  $\varepsilon' = \frac{2\pi u (v-u)}{g}$ . Die Leistungen  $\varepsilon$  und  $\varepsilon'$  werden am grössten für  $u = \frac{1}{2}v$ , nämlich  $\varepsilon = \frac{\pi v^2}{4g}$ ,  $\varepsilon' = \frac{\pi v^2}{2g}$ . Die lebendige

Kraft der Einheit der im Gerinne fließenden Wassermenge ist  $\frac{\pi v^3}{2g}$ ; wenn also, wie bei einem gut construirten unterschlächtigen oder auch horizontalen Wasserrade, durch aufeinander folgende Schaufeln oder Canäle die ganze ausströmende Wassermenge aufgefangen wird, so geht beim Stoss auf ebene Schaufeln die Hälfte der lebendigen Kraft verloren, während dieselbe mittelst passend angeordneter Canäle oder krummer Schaufeln vollständig benutzt werden kann. Bei diesen Berechnungen ist die Wirkung des Gewichtes der Wassermasse nicht berücksichtigt; diese kommt bei oberflächlichen Wasserrädern in Betracht, und wird für die Einheit der Wassermenge, deren Gewicht  $\pi$ , durch  $\pi h$  ausgedrückt, wenn  $h$  der Höhenunterschied zwischen der Stelle, wo das Wasser in die Zellen des Rades einströmt und da, wo es ausströmt, bezeichnet. — Näheres hierüber findet man, nebst literarischen Nachweisungen, in d'Aubuisson's Hydraulik, von welcher auch eine Uebersetzung mit Zusätzen von G. T. Fischer erschienen ist. Vgl. auch Navier leçons Bd. 2. §. 93. Mdg.

**Hydro-elektrische Ströme** heissen die Ströme im Gegensatz zu den inducirten, den magnetoelektrischen und den thermo-elektrischen Strömen.

**Hydrogen**, d. i. Wassererzeuger, von  $\epsilon\delta\omega\sigma$ , Wasser und  $\gamma\epsilon\nu\nu\acute{\alpha}\omega$ , ich erzeuge, ist Wasserstoff.

**Hydrogen-pol** ist identisch mit dem Kupferpol der galvanischen Säule (der negativen Elektrode Faraday's).

**Hydroleïnsäure.** Bei der Einwirkung der Schwefelsäure auf die Oele, welche Oleïn und Margarin enthalten, bildet sich schwefelsaures Glyceryloxyd und schwefelsaure Oelsäure und schwefelsaure Margarinsäure. Siedet man die wässrige Auflösung der schwefelsauren Oelsäure, die auch die Margarinsäure-Verbindung noch enthält, so bildet sich aus dieser Metamargarinsäure mit Hydromargaritinsäure verbunden, aus jener Metoleïnsäure und Hydroleïnsäure. Diese scheiden sich als Oele ab. Heisser Alkohol löst daraus Alles bis auf den grössten Theil der Metoleïnsäure. In der erkalteten Lösung bleibt nun die Hydroleïnsäure gelöst. Durch Wasser wird sie niedergeschlagen, vermischt mit etwas Hydromargaritinsäure, die sich bei niedriger Temperatur krystallinisch daraus abscheidet. Sie stellt dann eine wenig gefärbte, ölige Flüssigkeit dar, unlöslich in Wasser, leicht in Alkohol und Aether. Mit Bleioxyd erhitzt verliert die Säure 2 At. Wasser; die übrigen Salze enthalten 2 Aeq. Oxyd und 1 Aeq. Wasser. Die freie Säure besteht aus  $C_{7,6} H_{1,3,0} O_{1,6}$ ; die Säure in den Salzen aus  $C_{7,6} H_{1,2,8} O_{9,0}$ . Das Atomgewicht fand Fremy zu 3468. Durch Destillation zerlegt sich die Säure unter steter Kohlensäureentwicklung, wie die Metoleïnsäure; dabei bildet sich ein Gemenge von zwei, dem ülbildenden Gase gleich zusammengesetzten flüssigen Kohlenwasserstoffen, das Oleïn und Elaïn s. d. S. Fremy Journ. f. pr. Ch. XII. 404. S. auch Art. Hydromargaritinsäure etc. M.

**Hydromargarinsäure** ist eine Verbindung der Metamargarinsäure und Hydromargaritinsäure; man erhält sie durch Zusammenschmelzen von gleichen Atomgewichten derselben, oder durch Kochen einer wässrigen Auflösung der Margarinschwefelsäure; es scheiden sich die genannten beiden Säuren aus, und vereinigen sich zur Hydromargarinsäure. Durch Krystallisation aus Alkohol wird die Säure gereinigt. Sie erscheint sodann zuweilen in kleinen Nadeln, meist in halbkugelig-zusammengehäuftten Massen. Die Säure schmilzt bei  $+70^\circ$  und erstarrt bei  $+51^\circ$ , während die sie constituirenden Verbindungen der Metamargarinsäure bei  $51,5$ , die Hydromargarinsäure bei  $73^\circ$  schmelzen und bei  $+49^\circ$  und  $51$  erstarren. Miller, Liebigs Chem. 995. Sie ist im Alkohol viel löslicher als diese beiden Säuren. Sie bildet eigenthümliche, der Metamargarinsäure ähnliche Salze, von denen nur die alkalischen in Wasser löslich sind. Das Kalisalz löst sich in Alkohol und reagirt dabei sauer; bei 500 Th. Alkohol in der Lösung wird durch Wasser reine Hydromargarinsäure abgeschieden; durch trockne Destillation bildet sich Metamargarinsäure. Nach Fremy besteht die Säure aus  $C_{23}H_{69}O_4 + H_2O$  Atomgew. 3505 der wasserfreien Säure. Nach Liebig's Berechnung aus  $C_7H_{13}O_9$ . Sie ist entstanden aus Metamargarinsäure =  $C_{72}H_{144}O_6$ , Hydromargaritinsäure =  $C_{74}H_{148}O_{10} - 6Aq = 2(C_7H_{13}O_9)$ . Berzelius betrachtet sie als eine zu dem von ihm angenommenen Radical Pictin  $C_{34}H_{70}$  gehörige Säure =  $R + 4O = C_{32}H_{70}O_4$ . Unterpictinsäure s. Fremy Journ. f. pr. Ch. XII. 400. Liebig, Geiger, Pharm. Handb. d. Chem. 996. Miller ebdas. M.

**Hydromargaritinsäure.** Wenn man, anstatt die wässrige Auflösung der schwefelsauren Margarin- und Oelsäure schnell zu kochen (s. d. vorig. Art.), sie lange Zeit stehen lässt, so scheidet sich ein Gemenge von Metamargarinsäure und Metoleinsäure ab, während Hydromargaritinsäure gelöst bleibt. Hydroleinsäure kann sie verunreinigen. Dann scheidet man sie durch kalten Alkohol, von dem jene fast gar nicht, diese sehr leicht in jedem Verhältniss aufgenommen wird. Die Säure ist dann fest, ganz weiss, unlöslich in Wasser, löslich in warmem Alkohol und in Aether; krystallisirt in harten, rhombischen Prismen. Sie schmilzt nach Fremy bei  $+68^\circ$ , nach Miller bei  $73^\circ$  und wird bei  $51^\circ$  fest. Nach Fremy besteht sie aus  $C_{32}H_{73}O_{6,5}$  im wasserfreien Zustande, in den Salzen aus  $C_{34}H_{71}O_5$ . Liebig stellt die Formel  $C_{74}H_{148}O_{10}$  für die wasserfreie, und  $C_{74}H_{152}O_{12}$  für die wasserhaltige auf. Bei der Destillation der Hydromargaritinsäure bildet sich neben Wasser (und Kohlensäure?) Metamargarinsäure.  $C_{74}H_{152}O_{12} - (2H_2O + 2CO_2) = C_{72}H_{148}O_6$ , d. i. die Zusammensetzung der Metamargarinsäure. Berzelius betrachtet die Säure als die höchste Oxydationsstufe des Radicals Pictin = Pictinsäure.  $R + 5O = C_{34}H_{70} + O_5$ , S. Fremy. Liebig, Miller a. a. O. im vorherg. Art. M.

**Hydromercaptum** oder Wasserstoffmercaptid, der Name für Mercaptan, Schwefelwasserstoff-, Schwefeläthyl  $SH_2 + C_4H_9S$ , welchen Zeise, der die Constitution der Verbindung Anfangs verkannte, wählte. M.

Hydrometer sind Vorrichtungen zur Bestimmung des specifischen Gewichtes, welche sich von den Aräometern dadurch unterscheiden, dass bei diesen das Gewicht constant, die Tiefe des Einsinkens verschieden, bei jenen aber das Gewicht veränderlich ist, während das Instrument immer ein gleiches Volumen Flüssigkeit verdrängt. Das genannte Prinzip war schon von Mehreren vorgeschlagen, als Fahrenheit sein Aräometer mit Gewichten construirte. Es bestand in einem gewöhnlichem Aräometer mit dünnem Rohr, das an seiner oberen Spitze ein Schälchen trug. An der Röhre ist eine Marke angebracht, bis zu welcher das Instrument bei einer bestimmten Belastung in destillirtem Wasser untergeht. Ist das Gewicht des Aräometers allein =  $P$ , die Belastung, bei welcher es im Wasser bis zur Marke einsinkt =  $p$ , so verdrängt es ein Wasservolumen vom Gewicht  $P + p$ . Bedarf es einer Belastung  $q$ , um in irgend einer andern Flüssigkeit bis zu demselben Punkte unterzugehen, so ist das Gewicht des jetzt verdrängten, dem früheren gleichen Flüssigkeitsvolumens =  $P + q$ , also das specifische Gewicht dieser Flüssigkeit =  $\frac{P+q}{P+p}$ .

Richtet man die Gewichte  $P$  und  $p$  so ein, dass sie zusammen eine Potenz von 10 bilden, z. R.  $P = 700$  Gr.,  $p = 300$  Gr., so dass  $P + p = 1000$  Gr. und das Aräometer bedarf in einer andern Flüssigkeit der Belastung 437 Gr., so ist das specifische Gewicht desselben  $\frac{700+437}{1000} = 1,137$ . Man hat dann also nur nöthig, die Belastung, welche das Instrument erfordert, um in einer Flüssigkeit bis zur Marke unterzugehen, zu 700 zu addiren, und das Komma um 3 Decimalen nach links zu rücken. Diese Konstruktion, welche die weitere Rechnung erspart, ist von Schmidt und Ciarcy zuerst angewandt. Wird die Belastung an diesem Instrument zu gross, so rückt der Schwerpunkt sehr nach oben, und kommt möglicher Weise über den der verdrängten Wassermasse zu liegen, so dass die Vorrichtung dann umschlagen würde. Dies vermeidet man durch Anwendung eines schwereren Hydrometers, oder indem man das frühere selbst durch ein unten angehängtes Gewicht schwerer macht, so dass jetzt eine nach oben ziehende Kraft  $p$  nöthig wäre, um das Instrument bis zur Marke untergehen zu lassen, das verdrängte Wasser also  $Q - p'$ , und ein gleiches Volumen einer andern Flüssigkeit  $Q + q'$  wöge. Das specifische Gewicht der letzteren Flüssigkeit ist dann =  $\frac{Q+q'}{Q-p'}$ , was man sich wieder wie vorher für die Beobachtung mit bequemen Zahlen einrichten kann.

Allgemeiner anwendbar als die genannten Hydrometer ist das von Nicholson construirte. Sein Zweck ist, nicht nur das specifische Gewicht von Flüssigkeiten, sondern auch das fester Körper zu bestimmen. Zu dem Ende trägt das, im Uebrigen ganz wie das Fahrenheitsche eingerichtete Instrument unten an einem Bügel eine Schale. Will man mit demselben das specifische Gewicht eines festen Körpers finden, so legt man denselben oben auf die Schale, und nimmt so viel von den Gewichten; die das Aräometer im reinen Wasser zum Untersinken gebraucht hatte, fort, dass das Instrument wieder den

normalen Stand einnimmt. Diese Gewichte geben das absolute Gewicht des Körpers, in der Luft gewogen, an. Dann legt man den Körper in die untere Schale, wo er so viel an seinem Gewichte verliert, als das Gewicht der von ihm verdrängten Wassermasse beträgt. Wieviel dies ist, sieht man, wenn man in die obere Schale wieder Gewichte zulegt, bis das Hydrometer bis zur Marke einsinkt. Mit dem Gewichtsverlust dividirt man dann in das absolute Gewicht des Körpers und findet dadurch sein specifisches Gewicht. z. B. das Instrument wiege mit der Belastung, mit welcher es im Wasser bis zur Marke untersinkt,  $P + p$ , nach Auflegung des Körpers auf die obere Schale aber sei nur noch das Gewicht  $r$  auf derselben, so wiegt der aufgelegte Körper  $p - r$ . Legt man ihn auf die untere Schale, so muss man oben wieder ein Gewicht  $q$  zulegen, folglich ist das specifische Gewicht  $\frac{p-r}{q}$ . Man hat also hierbei gar nicht nöthig, das Gewicht des Aräometers selbst zu kennen. Da diese Vorrichtung nur in destillirtem Wasser gebraucht wird, so kann man sie von lackirtem Blech fertigen; doch sind gläserne vorzuziehen, weil sie vom Wasser besser benetzt werden. Man kann dieses Hydrometer auch für Körper benutzen, welche leichter sind als Wasser. Dann muss nur das untere Schälchen nach unten concav und durchlöchert sein, um nicht beim Eintauchen Luftbläschen unter sich zu behalten. Am besten fertigt man es dann aus einem feinen Drathnetz. Der zu untersuchende Körper wird nicht auf, sondern unter diese Schale gelegt, und drückt also das Instrument, wenn es unter Wasser liegt, mehr nach oben, während er beim obengenannten Verfahren es weniger nach unten drückte. Die Rechnung bleibt aber in beiden Fällen ganz dieselbe. Bz.

**Hydrophan** oder Weltauge, eine Art gemeinen Opals, von gelblich weisser oder röthlicher Farbe, welche, in Wasser gelegt, dasselbe begierig einsaugt, Luftblasen entwickelt, und halbdurchsichtig und farbenspielend wird, was der aus  $\upsilon\delta\omega\varrho$ , Wasser, und  $\varphi\alpha\acute{\iota}\nu\omega$ , ich zeige, zusammengesetzte Name andeuten soll. Nach dem Trocknen verliert sich dies alles wieder. Er findet sich zu Hubertsburg in Sachsen im Porphyr. B.

**Hydrophit** ein serpentinarartiges vanadinhaltiges Mineral vom Taberg in Smaland, von berggrüner Farbe, weich, unschmelzbar vor dem Löthrohr, spec. Gew. 2,65. Besteht nach Svanberg aus 36,19 Kieselsäure; 22,73 Eisenoxydul; 1,66 Manganoxydul; 21,08 Talkerde; 2,89 Thonerde; 0,115 Vanadinsäure; 16,08 Wasser. Im Wesentlichen ist der Hydrophit also kieselsaures Talkerde-Eisenoxydul mit Wasser, wofür Rammelsberg die Formel  $(Mg, Fe)_2 Si + 3 H$  passend findet. Der Name kommt von  $\upsilon\delta\omega\varrho$ , Wasser, und Ophit Syn. mit Serpentin. Berzelius Jahresh. XX. 216. B.

**Hydrostatik**, die Lehre vom Gleichgewichte der Flüssigkeiten, zunächst nur der tropfbaren, mit welcher sich jedoch die Entwicklung der aërostatischen Grundgesetze bequem vereinigen

lässt. — Da das Princip der gleichmässigen Fortpflanzung eines äusseren Drucks in Flüssigkeiten, schon im Artikel Druck erläutert ist, so genügt es, auf diesen zu verweisen, und hier nur noch die Grundgleichung der Hydrostatik daraus herzuleiten. Es sei  $\omega = dx dy dz$  ein Element einer zusammenhängenden flüssigen Masse,  $\rho$  die Dichtigkeit, also  $\rho \omega$  die Masse desselben;  $p$  der auf die Flächeneinheit reducirte Druck der umgebenden Flüssigkeit auf das Element;  $X \rho \omega$ ,  $Y \rho \omega$ ,  $Z \rho \omega$  die Componenten einer auf das Element wirkenden äusseren Kraft, nach  $x$ ,  $y$ ,  $z$ ; so stellt  $p dx dy$  den Druck dar, welchen das Element auf einer seiner mit  $y z$  parallelen Seiten nach der Richtung der  $Z$  erleidet; und da noch die Kraft  $Z \rho \omega$  das Element nach der Richtung der  $Z$  zu verschieben strebt, so muss für das Gleichgewicht der von der anderen Seite wirkende Gegendruck  $(p + \frac{dp}{dz} dz) dx dy$  der Summe  $p dx dy + Z \rho \omega$  gleich sein; also muss  $\frac{dp}{dz} = \rho Z$ , und eben so  $\frac{dp}{dy} = \rho Y$ ,  $\frac{dp}{dx} = \rho X$  sein. Diese drei Gleichungen lassen sich auch wegen  $dp = \frac{dp}{dx} dx + \dots$  in Eine zusammenfassen, welche die Grundgleichung der Hydrostatik ist; nämlich  $dp = \rho (X dx + Y dy + Z dz)$ . (1). Hier stellt der Ausdruck auf der rechten Seite das virtuelle Moment der auf  $\omega$  wirkenden Kraft dar, welches, damit die Gleichung bestehe, ein vollständiges Differential sein muss. In den Anwendungen sind die auf die Flüssigkeit wirkenden Kräfte Anziehungen zwischen den Theilen derselben oder auch zwischen diesen und anderen Körpern, und in so fern diese Anziehungen als Functionen der Entfernung gedacht werden, ist ihr virtuelles Moment immer ein vollständiges Differential. Ist nämlich  $r$  die Entfernung zwischen dem anziehenden und angezogenen Punkte,  $F(r)$  die anziehende Kraft, so sind  $F r \frac{dr}{dx}$ ,  $F r \frac{dr}{dy}$ ,  $F r \frac{dr}{dz}$  die Componenten der Anziehung nach den Axen der Coordinaten, wenn  $x$ ,  $y$ ,  $z$  die Coordinaten des angezogenen Punktes bedeuten; folglich ist  $F r (\frac{dr}{dx} dx + \frac{dr}{dy} dy + \frac{dr}{dz} dz) = F r dr$  das virtuelle Moment der Anziehung; dieses also ein vollständiges Differential. Setzt man daher  $X dx + Y dy + Z dz = dV$ , so geht die Gleichung (1.) in  $dp = \rho dV$  über, und gibt durch Integration, wenn  $\rho$  constant,  $p = \rho V + \text{Const.}$  oder  $p - p_0 = \rho (V - V_0)$ , wo  $p_0$ ,  $V_0$  die Werthe von  $p$  und  $V$  für einen bestimmten Punkt der Flüssigkeit bezeichnen. Setzt man hingegen, für Gase von constanter Temperatur,  $k \rho = p$ , so folgt  $k dp = p dV$ , und hieraus  $k \log \frac{p}{p_0} = V - V_0$ . Wird in diesen Gleichungen für  $p$  der Werth des Druckes an der Oberfläche gesetzt, so erhält man eine Gleichung zwischen  $x$ ,  $y$ ,  $z$ , welche die Gestalt der Oberfläche angibt. — Das Gleichgewicht der Flüssigkeit erfordert jedoch nicht allein, dass der Ausdruck auf der rechten Seite von (1.) integrabel sei, sondern der durch Integration hergeleitete und den Bedingungen gemäss bestimmte Werth von  $p$  muss auch in jedem Punkte der Flüssigkeit positiv sein, da ein negatives  $p$  die Zerstreung der Flüssigkeit andeuten würde.

So wie in 1. der Ausdruck auf der rechten Seite ein virtuelles Moment ausdrückt, so lässt sich auch  $-dp$  in dieser Gleichung als das virtuelle Moment der innern Abstossungen ansehen, welche zwischen den Theilchen der Flüssigkeit wirkend gedacht werden müssen, sobald äussere Kräfte dieselben einander zu nähern streben. Das virtuelle Moment dieser Abstossungen, die als Functionen der Entfernungen gedacht werden müssen, welche schon für sehr kleine Entfernungen Null werden, lässt sich als ein Aggregat von der Form  $\Sigma Fr. dr$  darstellen, welches ein vollständiges Differential ist und in 1. für  $-dp$  gesetzt werden kann. Auf diese Weise erhellt im Allgemeinen, dass die Gleichung 1. nichts Anderes ausdrückt, als den Satz der virtuellen Geschwindigkeiten, angewandt auf ein Aggregat frei beweglicher Theilchen, auf welche äussere Kräfte wirken, und zwischen denen innere Abstossungen bestehen, welche sich der Zusammendrängung der Theilchen entweder in jedem beliebigen Maasse, wenn man die Flüssigkeit als gänzlich unelastisch betrachtet, oder bei elastischen Flüssigkeiten mit einer der jedesmaligen Zusammendrückung entsprechenden Stärke widersetzen.

Wirkt bloss die Schwere und nimmt man die Axe der  $x$  vertical und positiv nach unten, so ist  $X = g$ ,  $Y = 0$ ,  $Z = 0$  zu setzen, woraus sich  $V = gx$ , also, für ein constantes  $q$ ,  $p - p_0 = gq(x - x_0)$  und für  $p = kq$ ,  $k \log\left(\frac{p}{p_0}\right) = g(x - x_0)$  ergibt. Diese Gleichungen enthalten die Gesetze des Druckes in unelastischen (oder annäherungsweise als unelastisch betrachteten) und in elastischen Flüssigkeiten von constanter Temperatur, in so fern dabei auch die Schwere in der ganzen Ausdehnung der Masse als gleich betrachtet wird.

Bei schwimmenden Körpern halten die horizontalen Componenten des Druckes einer ruhenden Flüssigkeit einander immer Gleichgewicht; die verticalen Componenten der Druckkräfte geben eine Mittelkraft, die dem Gewichte der verdrängten Flüssigkeit gleich ist und durch den Schwerpunkt derselben geht. Das Gleichgewicht eines schwimmenden Körpers erfordert daher, dass das Gewicht des Körpers dem Gewichte der verdrängten Flüssigkeit gleich sei und der Schwerpunkt des Körpers mit dem Schwerpunkte der verdrängten Flüssigkeit in einer Verticalen liege. Beispiele der Berechnung von Gleichgewichtslagen und anderweitige hierher gehörige Bemerkungen findet man in den Lehrbüchern der Hydrostatik; z. B. im 2. Bande der Mechanik von Poisson. — Ueber die Anwendung der hydrostatischen Grundsätze auf die Theorie der Erdgestalt s. Gravitation. — Als Begründer der Hydrostatik ist Archimedes anzusehen; das Princip der gleichmässigen Verbreitung des Druckes in Flüssigkeit hat Pascal zuerst aufgestellt; die allgemeine Formel für das Gleichgewicht einer Flüssigkeit unter beliebigen Kräften hat Clairaut in seiner Schrift: „Sur la figure de la Terre“ zuerst gegeben. Zur Hydrostatik gehört auch die Theorie der Capillar-Anziehung, welche von Laplace, Gauss und Poisson bearbeitet worden ist; der letztere hat namentlich eine bestimmte atomistische Hypothese in die Hydrostatik eingeführt, und die dabei in Betracht kommenden Wirkungen der Molecular-Kräfte genauer nachzuweisen versucht.

Mdg.

**Hydrostatische Wage**, siehe Wage.

**Hydrostearinsäure** nannte Frémy Anfangs die nicht völlig reine Hydromargaritinsäure, s. Liebig Ann. XIX. 298. M.

**Hydrothionsäure** (von ἵδωρ Wasser und θείον Schwefel) ist Schwefelwasserstoff (s. d.), welches die Rolle einer Säure spielt.

**Hydroxalsäure**. Die von Scheele entdeckte, sogenannte künstliche Aepfelsäure wurde von Guérin-Varry unter dem Namen Hydroxalsäure beschrieben. Später wurde von verschiedenen Chemikern die Unrichtigkeit der gedachten Untersuchung nachgewiesen und die Säure unter dem nicht passendem Namen der Zuckersäure (sie entsteht durch Einwirkung der Salpetersäure auf Zucker, aber auch auf Stärke u. a. Stoffe) in die chemischen Handbücher aufgenommen, s. d. A. Zuckersäure. M.

**Hygrometer** sind Vorrichtungen, durch welche man den Wasserdunstgehalt der freien atmosphärischen Luft oder irgend einer andern abgesperrten Gasart genauer ermitteln kann, als es durch Hygroskope, s. d., möglich ist. Die wichtigsten darunter sind 1) das Fischbeinhygrometer von Deluc, 2) das Haarhygrometer von Saussure, 3) das Schwefelätherhygrometer von Daniell und 4) das Psychrometer von August. Man sehe über diese die besonderen Artikel nach; vergleiche auch Hygroskop. A.

**Hygrometrie** ist die wissenschaftliche Erforschung des in einer Gasart oder in der freien Luft enthaltenen Wasserdunstes. Vorzugsweise kommt es darauf an, den Wasserdunstgehalt der freien atmosphärischen Luft kennen zu lernen. Die Luft ist fortdauernd mit Wasserdunst angefüllt und wohl nur selten oder nie absolut trocken, d. h. wasserfrei. Ueber den Dunstzustand des Wassers ist im Artikel Dunst und Dampf gehandelt. Das Wasser ist, wenn es denselben angenommen hat, vollkommen luftartig und verhält sich gegen die ausdehnende Wärme, wie auch gegen die Verminderung des Drucks auch ganz wie Luft: hingegen bei der zusammenziehenden Kälte oder bei vermehrtem Druck zeigt der Wasserdunst eine Grenze, ein Maximum der Expansivkraft und der Dichtigkeit, über welches hinaus die Contraction durch vermehrten Druck oder verminderte Wärme nicht hinausgeht, sondern ein Theil des Dunstes sich flüssig ausscheidet, während der luftförmig zurückbleibende von da ab seine Expansivkraft ungeändert beibehält. Durch fortgesetzten, diese Expansivkraft übersteigenden Druck kann aller Dunst in einem abgeschlossenen Raum vollständig in tropfbares Wasser verwandelt werden. Dieses Maximum der Dichtigkeit und Expansivkraft ist bei verschiedenen Temperaturgraden verschieden und für hygrometrische Zwecke ist es von grosser Wichtigkeit, dasselbe genau für die Temperaturen zwischen  $-30^{\circ}$  und  $+40^{\circ}$  zu kennen. Da man aus der Expansivkraft des Wasserdunstes im Maximum das Gewicht einer Raumeinheit d. h. die Dichtigkeit leicht berechnet; so kommt es vor-

züglich darauf an, die erstere scharf zu bestimmen. Die sorgfältigsten Versuche der Physiker, Dalton, Gay-Lussac, Ure, Kämtz und August, haben bis jetzt noch Resultate geliefert, die unter sich mehr abweichen als dem gegenwärtigen Standpunkt der physikalischen Wissenschaften entspricht. Die neuesten Versuche von Magnus (Pogg. Ann. LXI, 225.) die mit grosser Sorgfalt und Umsicht angestellt sind und sich einer von August aufgestellten Formel sehr gut fügen, weichen von jenen bedeutend ins Minus ab; lassen sich aber durch eine kleine Modification der Coefficienten jener Formel mit den Dulong'schen Versuchen, welche die Spannkraft der Wasserdämpfe in hohen Temperaturen angeben, in sehr gute Uebereinstimmung bringen; so dass es angemessen erscheint, die letzterwähnte Formel für die Berechnung der Wasserdünste zu Grunde zu legen. Diese ist

$$\text{Log } e = \frac{4.9672 (t - 100)}{222.56 + t}$$

wenn  $t$  hunderttheilige Grade eines Thermometers bezeichnet, dessen Siedpunkt bei 0,76 Meter Atmosphärendruck bestimmt worden, und  $e$  die Grösse der Spannkraft des Wasserdunstes in ganzen Atmosphären, jede zu 0,76 Meter Quecksilberdruck gerechnet, ausdrückt. Der so gefundene Werth von  $e$  lässt sich durch Multiplication mit 760 in Millimeter, durch Multiplication mit 336.9 in Pariser Linien verwandeln. Da die Berechnung der Werthe für die einzelnen Zehntelgrade für die Benutzung des Psychrometers wichtig ist; so bleiben die Tabellen darüber diesem Artikel vorbehalten. Es folge hier nur eine kleine Vergleichung der Werthe, die diese Formel darbietet, mit den Versuchen

$t$	$e$ nach Magnus Versuchen	$e$ nach der Formel	Unterschied
- 6,61°	0,003618 Atm.	0,003531	- 0,000087
0°	0,005954	0,005864	- 0,000090
+ 11,98	0,013000	0,013674	+ 0,000674
+ 23,85	0,029264	0,029172	- 0,000092
+ 35,95	0,057869	0,058791	+ 0,000922
+ 73,19	0,35493	0,35460	- 0,00033
+ 89,64	0,68167	0,68168	+ 0,00001
$t$	$e$ nach Dulong's Versuchen	$e$ nach der Formel	Unterschied
138,00	3,3394 Atm.	3,3381	- 0,0013
206,13	17,088	17,083	- 0,005

Da die Formel eigentlich aus Dulong's Versuchen abgeleitet ist, und damit genauer zusammenstimmt als alle bisher darauf bezogenen; so ist es wichtig, dass sie auch den Versuchen in niedren Temperaturen genau entspricht und die Abweichungen hier innerhalb der Abweichungen liegen, welche die Beobachtung bei gleicher Temperatur demselben Beobachter gegeben haben. Für niedre Temperaturen folge hier noch eine Vergleichung neuerer Versuche von August, die noch nirgend gedruckt sind:

$t$	$e$ nach der Beobachtung	$e$ nach der Formel	Unterschied
- 12,7	0,002790 Atm.	0,002151	- 0,00064
- 10,1	0,003295	0,002586	- 0,00071
- 6,4	0,004096	0,003590	- 0,00051
- 3,4	0,005284	0,004535	- 0,00075
+ 0,9	0,006619	0,006267	- 0,00036
+ 2,5	0,007450	0,007045	- 0,00044

$t$	$e$ nach der Beobachtung	$e$ nach der Formel	Unterschied
+ 3,2	0,007836 Atm.	0,007417	— 0,00042
+ 4,7	0,008845	0,008258	— 0,00096
+ 6,4	0,009558	0,009320	— 0,00024
+ 9,7	0,01196	0,01196	— 0,00024
+ 14,8	0,01639	0,01648	+ 0,00009
+ 16,2	0,01772	0,01807	+ 0,00035
+ 18,2	0,01971	0,02053	+ 0,00082

Auch hier liegen die Unterschiede innerhalb der Grenzen, welche die Unsicherheit der Correction wegen der Capillarität bei barometrischer Bestimmung so kleiner Druckhöhen darbietet.

Magnus giebt die Formel

$$e = 4,525 \cdot 10^{\frac{7,4475 t}{234,69 + t}} \text{ Millimeter}$$

welche durch Annahme des Werthes von  $e$  für  $0^\circ$  aus den Versuchen so bestimmt ist, dass die übrigen Constanten nach der Methode der kleinsten Quadrate berechnet wurden. (Pogg. Ann. LXI. 247.) In der ersten Formel sind alle Constanten nach dieser Methode aus Dulong's Versuchen abgeleitet. Durch ihre grosse Uebereinstimmung mit Magnus Versuchen bei  $0^\circ$  muss sie Vertrauen erwecken.

Nach ihr ist, wenn  $e$  in Atmosphäre gegeben wird:

$$t = 222,56 \frac{2,23185 - \text{Log } e}{4,9672 - \text{Log } e}$$

Das hygrometrische Verfahren geht nun entweder darauf aus, die Expansivkraft des in der Luft vorhandenen Wasserdunstes zu finden, oder die Temperatur, bei welcher derselbe anfängt zu condensiren. Aus einer dieser Bestimmungen lässt sich die andere mittelst der eben mitgetheilten Formeln ableiten.

Die eben erwähnte Temperatur wird in der Hygrometrie der Thaupunkt genannt. Weil sich Thau an sehr feste Gegenstände aus der Luft anschlägt; wenn diese soweit abgekühlt sind. Der frei in der Luft enthaltene Dunst behält nämlich, wenn er durch irgend einen Umstand abgekühlt wird, seine Expansivkraft bei, während er sich verdichtet; hat er aber durch fortgesetzte Abkühlung das Maximum der Dichtigkeit erreicht, so fängt er an, zum Theil tropfbar zu werden. Von dem Augenblick an vermindert sich auch die Expansivkraft des abgekühlten Dunstes. Im Moment des anfangenden Niederschlages zeigt er aber noch diejenige Expansivkraft, welche er vor der Abkühlung hatte. Kann man demnach den Thaupunkt thermometrisch genau bestimmen; so ist damit auch die Expansivkraft des Dunstes bestimmt. Zu einer solchen Bestimmung des Thaupunktes führt das Schwefelätherhygrometer (s. d.), an welchem eine kleine hohle Glaskugel, deren Temperatur fortdauernd genau beobachtet werden kann, durch Verdunstung von Schwefeläther so weit abgekühlt wird, bis sie äusserlich zu beschlagen anfängt. Diejenige Temperatur, bei welcher sich der erste Anflug eines solchen feuchten Beschlagens äusserlich zeigt, ist der Thaupunkt. Aus ihm (als  $t$ ) berechnet man die Expansivkraft ( $e$ ) des in der Luft enthaltenen Dunstes. Ein Mittel, die Expansivkraft des atmosphärischen Wasserdunstes unmittelbar zu beobachten, ist nicht bekannt. Das Psychrometer (s. d.) führt aber zur mittelbaren Auffindung desselben. Aus

den Angaben dieses Instrumentes wird also  $e$  leicht berechnet und daraus nach der letzten der obigen Formeln  $f$ .

Hat man nun  $e$  und  $i$ , so hält es nicht schwer, alle Fragen über das Verhalten des Wasserdunstes in der Atmosphäre zu beantworten. Ist der Barometerstand  $b$  bekannt, so weiss man, dass  $b - e$  eigentlich der Druck der trockenen (wasserfreien) Luft ist.

Ist ausserdem die Temperatur der freien Luft  $T$  bekannt, so findet man sehr leicht die Menge des in einer Cubikeinheit Luft enthaltenen Wasserdunstes. Mit Berücksichtigung dessen, was darüber im Artikel „Dampf“ B.I. S. 536 gesagt ist, erkennt man leicht, dass nur für irgend eine Temperatur  $\vartheta$  das Gewicht eines Cubikfusses Dampf im Maximo bekannt zu sein braucht, um es für jede andre Temperatur zu finden. Man kann aber auch die Dichtigkeit des Wasserdampfes auf Luft von gleicher Temperatur und gleichem Druck beziehen, d. h. diejenige Zahl  $\delta$  in Rechnung bringen, welche das spezifische Gewicht des Dunstes gegen atmosphärische Luft ausdrückt. Nach Gay-Lussac ist  $\delta = \frac{1}{2}$ . Die stöchiometrische Bestimmung ergiebt nur 0,62082. Hat man nun für die Temperatur  $T$  das Maximum der Expansivkraft in Atmosphären  $E$ ; so ist

$$D = \frac{E \delta}{1 + m T}$$

das Gewicht einer Cubikeinheit Wasserdunstes, wenn das Gewicht eines gleich grossen Volumens trockner Luft bei  $0^\circ$  und dem Atmosphärendruck (0,76 Met.) als Gewichts-Einheit betrachtet wird und wenn  $m$  den Rudberg'schen Ausdehnungs-Coëfficienten für Luftarten bei Erwärmung um einen Centesimalgrad angiebt; also  $m = 0,00365$  ist.

Ist der Wasserdunst nicht im Maximum; sondern seine Spannkraft durch die Hygrometer =  $e$  in Atmosphären ermittelt; so ist

$$d = \frac{e \delta}{1 + m T}$$

der Ausdruck für das Gewicht desselben.

Man pflegt diese Grösse  $d$  die absolute Feuchtigkeit der Luft zu nennen. Sie kann auf andre übliche Gewichtsmaasse reducirt werden; wenn man erwägt, dass die Luft gegen dichtestes Wasser das spezifische Gewicht  $l = 0,0012989$  hat.  $l$  drückt also das Gewicht eines Cubikcentimeters Luft in Grammen aus. Multiplicirt man diese Zahl mit  $\delta = 0,62082$ , so erhält man die numerische Bestimmung

$$d = 0,0008064 \frac{e}{1 + 0,00365 T} \text{ Grammes.}$$

Es ist kein Instrument vorhanden, an welchem man diese absolute Feuchtigkeit unmittelbar beobachten kann, doch ist es nicht schwer, Versuche anzustellen, durch welche man dieselbe ermittelt. Man hat nur nöthig, in einen abgesperrten Raum, der ein genau bekanntes Volumen der zu prüfenden Luft enthält, austrocknende Salze (Chlorcalcium) zu bringen und die Gewichtszunahme derselben genau zu beobachten: oder man lässt eine dem Volumen und Druck nach genau bekannte Quantität Luft in einen feinen Strom durch Schwefelsäure streichen und beobachtet die Gewichtszunahme dieser Säure, welche der Luft alles Wasser entzogen hat. Versuche der Art sind von Saussure, Brunner, Anderson u. A. angestellt worden. Sie dienen zur Bestätigung der oben angegebenen Formeln.

Eine für die Hygrometrie sehr wichtige Bestimmung ist auch die relative Feuchtigkeit der Luft, oder die Feuchtigkeitsprocente. Man versteht darunter die Angabe, wieviel Hundertel derjenigen Dunstmenge, die bei der herrschenden Temperatur im Maximum vorhanden sein könnte, wirklich darin angetroffen werden. Ist  $D$  die mögliche Gewichtsmenge des Dunstes für die Temperatur  $T$  im Maximum und  $d$  die in der Luft wirklich vorhandene Menge, so giebt  $100 \frac{d}{D}$  die erwähnten Procentzahlen an. Nach den oben aufgestellten Formeln für  $d$  und  $D$  ist aber  $\frac{d}{D} = \frac{e}{E}$ ; also

$$p = 100 \frac{e}{E}$$

ein Ausdruck für die relative Feuchtigkeit.

Die Grösse dieses Ausdrucks bestimmt die Leichtigkeit der Verdunstung. Ist  $p = 100$ ; so ist die Luft ganz mit Feuchtigkeit gesättigt und alle Ausdunstung gehemmt. Die freie Luft hat nur im Nebel oder bei lang anhaltendem Regen diesen Zustand auf kurze Zeit. Wenn aber  $p$  zwischen 80 und 100 ist; so kann die Luft schon als sehr feucht betrachtet werden. Der Zustand  $p = 0$  ist im Freien noch nie beobachtet worden. Die grösste Trockenheit hat A. v. Humboldt in den asiatischen Steppen bei Platowskaja beobachtet. Es war  $p = 16$ . Für die Vegetation und für den Gesundheitszustand der Menschen und Thiere ist  $p$  von erheblichem Einflusse. Die Veränderungen hygroskopischer Substanzen richten sich auch vorzugsweise nach dieser Grösse, wie bereits in dem Artikel Haarhygrometer bemerkt ist. (Vergl. Fischer's mechan. Naturlehre I. Cap. 37. S. 623.)

Wie man sich bei der Messung des Dunstgehaltes in der atmosphärischen Luft zu verhalten hat, so verfährt man auch bei der Untersuchung abgesperrter Gasarten, die gegen den Wasserdunst keine Affinität zeigen, sondern sich nach dem Daltonschen Gesetz (s. Dampf B. I. S. 536. 537) zu demselben wie ein leerer Raum verhalten. Man kann sich nur hier nicht aller Arten von Hygrometer bedienen. Das Saussuresche, Deluc'sche sind hier mit derselben Zuversicht anwendbar, welche ihnen bei Beobachtungen in freier Luft zugestanden werden muss. Das Schwefelätherhygrometer wird, gehörig angebracht, wie wir bei Beschreibung desselben angeben werden, gewiss hier den Vorzug verdienen. Das Psychrometer, für Beobachtungen in freier Luft höchst empfehlenswerth, ist in solchen Fällen meistens weniger brauchbar, da es den Wasserdunst in dem abgeschlossenen Raum etwas vermehrt. A.

**Hygroskope** sind Vorrichtungen, durch welche man die Zunahme oder Abnahme der Feuchtigkeit in der Luft beobachten kann. Sie bestehen meistens aus einem Stoffe, der Wasserdunst absorbiert und dadurch Volumen, Gestalt oder Gewicht verändert. Mitunter hat man auch aus der chemischen oder elektrischen Aenderung gewisser Stoffe auf die Luftfeuchtigkeit geschlossen. Da die Absorption (s. d.) bei festen Körpern als Anziehungskraft der festen Masse gegen Gastheilchen aufgefasst werden muss, die sich in den Poren

der ersteren durch Vermehrung der Berührungsflächen verstärkt und bis zur Condensation der Flüssigkeit gesteigert wird; so ist das Wasser in jedem hygroskopischen (wasserabsorbirenden) Körper zweien Kräften unterworfen, nämlich der eben erwähnten condensirenden, capillaren Attractionskraft, die von der Einwirkung des Körpers ausgeht, und zweitens dem Einfluss der Wärme, welche das Wasser in Dunst verwandelt und also durch Expansivkraft wieder aus den Poren desselben vertreibt. Der Verdunstung setzt sich aber, wie im Art. Dampf gezeigt ist, jederzeit der Druck des in der Umgebung schon vorhandenen Dunstes entgegen; die Evaporationswirkung der Wärme auf die in einem hygroskopischen Körper enthaltene Wassermenge ist demnach in einem gewissen umgekehrten Verhältnisse zu der Dunstsättigung. Sie wird 0 in einem Raum, der absolut feucht ist; sie steigert sich mit der Trockenheit der umgebenden Luft und schwächt dadurch die Wirkung der Absorptionskraft. Der jedesmalige hygroskopische Zustand eines solchen Stoffes ist also der Zustand des Gleichgewichts zwischen Absorption und Evaporation. Daher die Abhängigkeit desselben von dem Sättigungsgrade der umgebenden Luft d. i. von der relativen Feuchtigkeit derselben.

Es giebt fast unzählige Vorschläge zu Hygrometern, welche auf dieser hygroskopischen Eigenschaft der Stoffe gegründet sind. Saussure und Deluc haben in Haar- und Fischbeinstreifen die zweckmässigsten Stoffe gefunden und durch sorgfältige Untersuchungen ihre Hygroskope zu Hygrometern erhoben. Andre Versuche der Art dürfen hier wohl nur aufgezählt und angedeutet werden, mit Uebergang derer, denen besondere Artikel gewidmet sind, z. B. des Grannenhygroskops, des Federposenhygroskops u. a.

Leslie schlug ein Thermometer mit eisenbeinem Quecksilberbehältniss vor, das Princip stimmte mit dem des Federkielhygroskops überein. Baptista prüfte die Feuchtigkeit an ausgespannten Goldschlägerhäutchen, die gewissermassen die Stelle des Fischbeinstreifchens im Delueschen Apparat ersetzen. Bjurkander wählte die Oeffnungen und Schliessungen eines getrockneten Blumenkelchs der *Carlina vulgaris* zum hygroskopischen Anzeiger. Casaletti substituirt dem Saussure'schen Haar, nach dem Vorgange von Casbois, den Dorn eines Seidenwurms, Parrot die Coconfäden selbst. Barbosa gab eine Art Grannenhygroskop an, bei welchem die Bewegung der Granne einen Drahtzeiger führte. Seiferheld schnitt einen Federkiel in Schraubenwindungen aus und befestigte ihn mit einem Ende im Mittelpunkt einer Scheibe, die eine Kreistheilung hatte, über welche ein Zeiger, der am andern Ende befestigt war, sich fortbewegte. Conversinus, einen früheren Vorschlag Guadagnes aufnehmend, führte eine lange Schnur über mehrere Rollen auf und ab und streckte sie durch ein Gewicht. Sie bewegte eine Zeigeraxe und ein Schlagwerk, je nachdem die Schnur sich ausdehnte oder zusammenzog; statt der Schnur war auch eine Darmsaite anwendbar. Kater benutzte die hygroskopische Torsionskraft eines Streifchens von *Andropogon contortum*, der als Axe eines kleinen Zeigers diente. Wilson füllte eine Rattenblase mit Quecksilber und brachte eine Thermometerröhre daran an. Sein Hygroskop ist demnach eine Veränderung

des Federposenhygroskops, Huth hatte schon früher eine Froshaut so angewendet, Meyer eine Eiweisshaut, Adin die Markhaut des Rohrs (*Arundo phragmites*). Gaugh (nach Fränkling's Vorschlage) benutzte ein nach der Querrichtung der Fibern geschnittenes Holzstäbchen, dessen Ausdehnung gemessen wurde. Schön gab eine Art Grannenhygroskop an. Lowitz benutzte einen in Russland vorgefundenen sehr hygroskopischen Schiefer, um eine hygroskopische Wage zu construiren, deren einer Arm ein Stück dieses Schiefersteins trug, während der andre die Anzeige seines jedesmaligen Gewichts angab. Lüdike verfertigte künstliche Schiefer der Art und verbesserte die Einrichtung der Wage. Schreiber wendete in ähnlicher Art den Hydrophan an. De la Guerraud benutzte Seegras (*Alga marina*) an einer hygroskopischen Wage. Hochheimer wendete statt des Schiefers mattgeschliffene Glasplatten an, die nur an der Oberfläche hygroskopisch sind und sich daher schneller mit der Luft ausgleichen. Nicholson wog Cobalt-Oxyd auf seiner hydrostatischen Wage. Guiton Morveau erfand einen kleinen Apparat, der mit austrocknenden Salzen gefüllt, im abgeschlossenen Raum geöffnet und wieder verschlossen werden konnte, um nachher die Gewichtszunahme zu beobachten. Burchard befestigte Meerschwamm an einer Art Schnellwage. Grotthusen benutzte die Eigenschaft des Kali anthrazothionium, sich in feuchter Luft aufzulösen, in trockner wieder Flüssigkeit abzugeben, um an einer Wage die Veränderungen des Feuchtigkeitszustandes der Luft zu beobachten. Livingstone benutzte auf ähnliche Art die Schwefelsäure, deren hygroskopische Veränderungen Kastner durch das Siderometer beobachten wollte. Mann schlug vor, die Abnahme der Wirkungen einer kleinen Elektrisirmaschine zur Hygrometrie zu benutzen; da die Reibungs-Electricität durch feuchte Luft schneller vertheilt wird. Volta unterstützte diesen Vorschlag durch genaue Versuche. Van Mons beobachtete die Wärmezunahme eines zuvor in concentrirte Schwefelsäure getauchten und danu der Luft ausgesetzten Thermometers. De la Rive kam auf dasselbe hygrometrische Princip zurück. Es würde ermüden, alle Vorrichtungen dieser Art hier aufzuzählen, von denen doch nur wenige in Anwendung geblieben sind. Ausführliches findet man in den Abhandlungen: *Enumeratio ac descriptio Hygrometrorum*, auctore Bunsen Gotting. 1830 und *Enumeratio atque descriptio Hygrometrorum*, auctore Hopf. Gott. 1830. A.

**Hyoscyamin.** Hesse und Geiger stellten dieses, seiner Zusammensetzung nach noch unbekanntes Alkaloid zuerst dar. Es findet sich in *Hyoscyamus niger* und *albus*; vielleicht auch in andern *Hyoscyamus*-arten. Am einfachsten stellt man es aus dem Samen dar, welcher zerquetscht, mit Weingeist, der etwa  $\frac{1}{5}$  Schwefelsäure enthält, heiss ausgezogen und ausgepresst wird; die Flüssigkeit wird mit Kalk übersättigt, der Niederschlag abfiltrirt, die Flüssigkeit durch Schwefelsäure zerlegt und der Weingeist abdestillirt. Der Rückstand wird mit Wasser vermischt, gelinde erhitzt, bis aller Weingeist verschwunden ist, mit kohlensaurem Kali versetzt und mit Aether vermischt. Dieser wird abdestillirt; der Rückstand in Wasser gelöst, filtrirt, das Filtrat mit dem doppelten Volumen Weingeist und Aether

versetzt und die Auflösung mit Blutkohle geschüttelt. Der Aether und Weingeist werden unter der Luftpumpe verdampft. Die Ausbeute ist gering. Das Alkaloid krystallisirt in seidenglänzenden Nadeln (oft ist es eine zähe Masse); feucht riecht es widerlich, tabakähnlich. Es ist sehr giftig; nicht so wie Coniin; erregt im Auge starke Pupillen-Erweiterung. Wässrig reagirt es stark alkalisch, trocken nicht, es ist luftbeständig; schmilzt unverändert, und wird selbst zum Theil unzersetzt verflüchtigt. Mit Wasser gekocht geht nur sehr wenig über; während Nicotin und Coniin sich gänzlich damit verflüchtigen. Alkalien zerstören es ziemlich schnell; es wird braun und verliert alle giftigen Eigenschaften. Jodtinktur verdickt die wässrige Lösung mit Kermesfarbe; Gallustinktur fällt sie stark, ebenso Goldauflösung; nicht Platinlösung. Das Hyoscyamin hat eine starke Sättigungscapacität; die Salze krystallisiren zum Theil.

M.

**Hypericumroth.** Die Blüten von *Hypericum perforatum* geben an Weingeist einen rothen Farbstoff ab, welcher kamillenartig riecht und harzähnliche Eigenschaften besitzt; er ist unlöslich in verdünnter Säure und Wasser; leicht löslich in Alkohol, Aether und ätherischen, nicht in fetten Oelen; in Alkalien bei durchfallendem Lichte mit grüner, bei auffallendem Lichte rother Farbe. Bildet Lacke. Buchner giebt an, dass 2—10 Gran innerlich genommen, starken Hunger erregen! Es ist in dem offic. *Ol. Hyperici* enthalten. Zusammensetzung nicht bekannt.

M,

**Hyperoxyd** gleichbedeutend mit **Superoxyd**, welcher Name zwar üblicher, aber in sprachlicher Beziehung nicht so gut ist, da man es vermeidet, *Composita* aus lateinischen und griechischen Wörtern zu bilden. Aehnlich verhält es sich mit **Hyperchlorid**, welches mit **Superchlorid** synonym ist und unter den Chlorstufen dem **Superoxyd** in der Reihe der Oxyde entspricht. S. **Oxyd**.

B.

**Hypersthen**, eine Varietät des Augits (s. d.), welche ihren Namen von *ὑπέρ*, über, und *σθένος*, Kraft, hat, weil sie die Hornblende, mit der man sie früher verwechselte, in spec. Gewicht und Härte übertrifft.

B.

**Hypomochlion** heisst der feste Punkt, um welchen sich der mathematische, oder die feste Unterlage, auf welcher sich der physikalische Hebel dreht.

**Hypopikrotoxinsäure.** **Unterpikrotoxinsäure.** Pelletier und Couerbe fanden in den Kockelskörnern eine braune, starre, amorphe Masse, in Wasser und Aether nur erweichend; in Alkalien löslich. Sie hat grosse Aehnlichkeit in der Zusammensetzung mit dem Picrotoxin. Sie fanden 64,44 C; 6,09 H; 29,77 O, woraus sie die sehr unwahrscheinliche Formel  $C_{11}H_{13}O_4$  ableiten. Vgl. Journ. f. pr. Ch. I. 168. Ann. der Pharm. X. 196.

M.

**Hypsometrie.** Dass der Barometerstand in verschiedenen Höhen sich verschieden zeigt, wurde sehr bald nach Erfindung des

Barometers beobachtet und man erkannte auch sehr leicht die Gründe dieser Erscheinung. Die Schwere der atmosphärischen Luft war durch den torricellischen Versuch (s. Barometer) nachgewiesen. Man durfte auf sie nur das Gesetz der Flüssigkeiten anwenden (s. Hydrostatik), nach welchem der Druck an jeder Stelle im Innern überall von der Höhe der darüber ruhenden Flüssigkeitssäule abhängig ist. Demnach musste auch der Barometerdruck immer mehr abnehmen, je mehr man sich über das Niveau des Meeres erhob: nur merkte man bald, dass diese Abnahme nicht der Höhenänderung proportional war und sah auch ein, dass sie dies nicht sein konnte, sondern dass vielmehr die Abnahme des Barometerdrucks bei gleichen Höhendifferenzen dem Gesetze einer geometrischen Reihe entsprechen musste. Dies folgt einfach und elementar auf folgende Art.

Man denke sich  $\alpha, \beta, \gamma, \delta$  etc. als gleiche cubische Volumina der Luft senkrecht über einander. Man nehme an, dass die Zeichen  $\alpha, \beta, \gamma, \delta$  etc. angeben, wie gross in jedem dieser Cubikräume die Expansivkraft der Luft ist, unter der Voraussetzung, dass 1) die Expansivkraft in jedem Raume überall so ist, wie sie an der unteren Grundfläche des Raumes sich in der Wirklichkeit zeigt, 2) die Temperatur der Luft in allen Cubikräumen dieselbe ist, 3) auch die Luft keine anderen Gasbeimengungen (z. B. Wasserdunst und dgl.) enthält.

Wenn auch diese drei Annahmen nie einem Zustande in der Wirklichkeit entsprechen; so lässt sich doch leicht das für sie gefundene Gesetz auf die Wirklichkeit übertragen.

Ausserdem bezeichne man mit  $a$  das Gewicht der ganzen Luftsäule von der unbekanntem oberen Grenze bis zur untersten Grenze des untersten ersten Cubikraums, desgleichen mit  $b$  das Gewicht der ganzen Luftsäule bis zur untersten Grenze des zweiten Cubikraums und gebe den Zeichen  $c, d, e$  etc. ähnliche Bedeutungen; so ergibt sich nach dem Mariotteschen Gesetze, dass die Expansivkräfte eingeschlossener Luftmassen in demselben Raum sich wie der darauf ausgeübte Druck verhalten, für unsern Fall

$$\alpha : \beta = b : c.$$

Es ist aber auch eine unmittelbare Folgerung jenes Gesetzes, dass die Expansivkraft derselben Gasart bei gleicher Temperatur der Dichtigkeit, d. i. dem Gewichte gleicher Volumina proportional ist. Daraus folgt:

$$\alpha : \beta = a - b : b - c.$$

Die Verbindung dieser beiden Proportionale ergibt  $a - b : b - c = b : c$ , oder

$$a : b = b : c.$$

Auf gleiche Art findet man  $b : c = c : d$  etc. Demnach ist das Gewicht der ganzen Luftsäule in den gleichen Höhen  $a, b, c, d$  etc. einer geometrischen Reihe entsprechend.

Unter den angegebenen Voraussetzungen musste also auch der Barometerstand an den unteren Grenzen der angenommenen Cubikräume nach oben hin dem Gesetze einer abnehmenden geometrischen Reihe folgen.

Wir müssen aber diese Grenzen einander möglichst nahe annehmen; wenn die erste der oberen Bedingungen zulässig sein soll. Be-

ziehen wir dann die Entfernung  $ab = bc = cd$  mit  $h$ ; so werden die Gewichte der einzelnen übereinander geschichteten Volumina  $a - b$ ,  $b - c$ ,  $c - d$  etc. von gleicher Grundfläche und der Höhe  $h$  eine geometrische Reihe bilden.

Denn weil  $a, b, c, d, e$  u. s. w. und  
 $b, c, d, e, f$  u. s. w.

aufeinander folgende Glieder zweier geometrischen Reihen mit denselben Exponenten sind; so sind es auch die Differenzen

$$a - b, b - c, c - d \text{ etc.}$$

Diese Differenzen bestimmen aber die Gewichte der in den einzelnen kleinen Cubikräumen enthaltenen Luftmengen.

Die Eigenschaft der geometrischen Reihe, dass die aufeinander folgenden Summen je gleich vieler Glieder ebenfalls eine geometrische Reihe bilden, führt dann zu dem Schlusse, dass die absoluten Gewichte der in einzelnen Cubikräumen beliebiger Grösse enthaltenen Luftmassen, von unten nach oben eine geometrische Reihe bilden müssen; so dass, wenn in der Eingangs gebrauchten Figur  $\alpha, \beta, \gamma$  u. s. w. die Dichtigkeiten der einzelnen Kubikfusse bezeichneten, auch

$$\frac{\beta}{\alpha} = \frac{\gamma}{\beta} = \frac{\delta}{\gamma} \text{ u. s. w. sein würde.}$$

In dieser elementaren Betrachtung ist auf die Abnahme der Schwere mit der Höhe nicht weiter Rücksicht genommen; sondern die Schwerkraft überall gleichwirkend gesetzt; ausserdem ist die Luft von gleicher Zusammensetzung und von gleicher Temperatur in allen Höhen vorausgesetzt. Da in der That die Berücksichtigung der Abnahme der Schwere nach der unten näher entwickelten genaueren Betrachtung sich von nicht sehr bedeutendem Einflusse zeigt; so kann sie vernachlässigt werden.

Dächte man sich nun eine vertikale Luftsäule von gleicher Wärme und gleicher chemischer Beschaffenheit nach diesem Gesetze der Dichtigkeitsänderung aufgerichtet in der Atmosphäre, so würde sie einer jeden anderen danebenstehenden, wenn kein Wärmeaustausch statt fände, das Gleichgewicht halten; sobald in dieser in jeder Horizontalebene gleicher Druck und gleiche Dichtigkeit vorhanden wäre. Dies führt zu dem Schlusse, dass im Zustande eines, freilich nie vorhandenen, Gleichgewichtes der Luft die Gewichte der einzelnen Cubikfusse oder Cubikmeter, kurz aller beliebigen cubischen Maasseinheiten von unten nach oben sehr nahe eine geometrische Reihe befolgen. Unter dieser Voraussetzung ist die Berechnung der Höhe leicht.

Bestimmt man das Gewicht einer Raumeinheit Luft mit Berücksichtigung des Barometers, Thermometers und Hygrometers, so wie auch der Schwereänderung, welche von der geographischen Breite und von der vertikalen Erhebung abhängt, sehr genau, sowohl an der oberen Station, es sei  $p$ , als auch an der unteren, es sei  $P$ ; so hat man in  $p$  und  $P$  die äussersten Glieder einer geometrischen Reihe.

Bestimmt man ferner den Unterschied der Barometerstände  $B - b$  sehr genau und berechnet das Gewicht  $Q$  einer Quecksilbersäule von dieser Höhe und von der Grundfläche des für die Luft angenommenen Cubikmaasses sehr genau, so ist dieses  $Q$  offenbar ein Ausdruck für die Summe jener geometrischen Reihe; da die Luftsäule zwischen

beiden Stationen, dem Gewichte nach, der Abnahme des Barometerstandes entspricht.

Da nun Anfangsglied  $P$ , Endglied  $p$  und Gliedersumme  $Q$  einer geometrischen Reihe bekannt sind; so findet man die Anzahl der Glieder nach bekannten Regeln.

$$n = \frac{\text{Log } P - \text{Log } p}{\text{Log } (Q-p) - \text{Log } (Q-P)} + 1$$

Da die Messungen der Dichtigkeiten als in der Mitte der Cubikräume angestellt gedacht werden müssen, die Mitte des  $n$ ten Cubikfusses von der Mitte des ersten aber nur  $n-1$  Fusse absteht; so ist  $n-1 = x$  die Höhe in Fussen, wenn  $P$ ,  $p$ ,  $Q$  auf dieses Maass bezogen sind.

Demnach ist

$$x = \frac{\text{Log } P - \text{Log } p}{\text{Log } (Q-p) - \text{Log } (Q-P)}$$

Diese hypsometrische Methode, welche ein mit trigonometrischen Messungen sehr genau übereinstimmendes Resultat giebt, ist bis jetzt noch nicht in Anwendung gekommen. Sie findet sich genauer erörtert in E. G. Fischer's mechanischer Naturlehre, vierte Aufl. 1. Thl. S. 644 und hat den Bearbeiter jener neuen Auflage und dieses Artikels hier zum Urheber. Die Anwendung des dort noch nicht benutzten Rudbergschen Coëfficienten für die Wärmeausdehnung der Luft macht die dort berechneten Resultate mit den trigonometrischen Messungen noch mehr übereinstimmend. Wenn man die Angaben der Barometer, Thermometer und Hygrometer in obige Formel einführt, wie in dem gedachten Werke geschehen ist; so erhält sie folgende  $x = A. B. C. D. E$  Meter:

$A = 18316,57$ .

$B = 1 + 0,0026 \text{ Cos } 2 \varphi$ , wenn  $\varphi$  die geographische Breite des Ortes ist.

$C = 1 + \frac{h + h'}{6366163}$ , wo  $h$  die ungefähr ermittelte Erhebung der unteren Station über dem Niveau des Meeres  $h'$ , die der obere in Metern angegeben, bedeutet. Diese Annäherung ist durch ein Täfelchen erleichtert, in welchem  $h$  nach dem Barometerstande  $b$  zu beurtheilen ist. Ist  $b$  in Atmosphären (zu 0,75 Met.) bestimmt, so gehört zu

$b$	$h$	$\frac{2h}{r} r = 6366163$
1.0	0 Met.	0
0,9	921 "	0,0002893
0,8	1950 "	0,0006126
0,7	3122 "	0,0009808
0,6	4448 "	0,0013846
0,5	5888 "	0,0018498
0,4	7783 "	0,0024451

$D = \frac{(b-b')(1+mt)(1+mt')}{(b-\delta e)(1+mt) - (b'-\delta e')(1+mt')}$  Hier ist  $b$  der auf 0° Quecksilberwärme reducirte untere Barometerstand,  $b'$  der obere,  $t$  die Luftwärme in Centigraden oben,  $t'$  dieselben unten,  $m$  der Rudbergsche

Coëfficient 0,00365,  $\delta = \frac{3}{8}$  die Dichtigkeit des Wasserdunstes gegen atmosphärische Luft, wenn  $\frac{e}{b}$  angenommen wird,  $e$  die Spannkraft des Wasserdunstes unten auf gleiche Maasseinheit mit  $b$  bezogen,  $e'$  diese Spannkraft oben (beide durch das Psychrometer oder Schwefelätherhygrometer ermittelt).

$$E = \text{Log} \frac{(b - \delta e)(1 + mt')}{b' - \delta e'(1 + mt)}$$

Erleichternde Tafeln sind für diese Formel noch nicht berechnet.

Zur Entwicklung der Laplaceschen Formel dienen folgende Betrachtungen.

$dx$  |  $B$  Es sei  $A$  der untere Standpunkt, wo der Barometerstand  
 $x$  |  $b$  ermittelt wird,  $B$  sei der obere Standpunkt, der Barometer-  
 stand  $b'$ ,  $A$  selbst habe vom Mittelpunkt der Erde  $C$  den Ab-  
 stand  $r$ . Es kommt nun darauf an, den Druck  $p$  zu bestim-  
 men, den die Luft in  $B$  ausübt; wenn  $B$  ein veränderlicher  
 Punkt und  $AB = x$  gesetzt ist. Offenbar ist  $p$  Funktion zu  $x$   
 und zwar

$$dp = -\alpha dx$$

$r$  | wenn  $\alpha$  das Gewicht eines Luftvolums bei  $B$  bezeichnet, das  
 die Durchschnittsfläche der unendlich dünnen Säule  $AB$  zur  
 Grundfläche und die Einheit, nach welcher  $x$  gemessen wird,  
 zur Höhe hat. Das negative Zeichen ist nöthig, weil der Druck  
 $C$   $p$  abnimmt, wenn  $x$  wächst.

Wenn nun  $q$  das spezifische Gewicht des Quecksilbers gegen  
 Luft bei  $0^\circ$  und bei dem Druck  $\beta$  ( $= 0,76$  Met.) ist, so ist für  $\alpha$  zu  
 setzen:  $\frac{p}{\beta q(1+mt)} \cdot \frac{r^2}{(r+x)^2}$ . Der zweite Faktor entspricht der Ab-

nahme der Schwerkraft in der Höhe  $x$ . Das Verhältniss  $\frac{p}{\beta}$  dem  
 Mariott'schen Gesetz und  $\alpha$  ist nun ausgedrückt durch eine Ein-  
 heit, welche das Gewicht eines mit Quecksilber gefüllten gleichen  
 Einheitvolumens bestimmt. Demnach ist

$$\frac{dp}{p} = -\frac{r^2}{\beta q(1+mt)} \frac{dx}{(r+x)^2}; \text{ folglich}$$

$$\text{Log } p = \frac{r^2}{\beta q(1+mt)} \cdot \frac{1}{r+x} + \text{Const.}$$

Um die Constante zu bestimmen, nenne man den Druck  $P$ , der in  
 $A$  statt findet, wo  $x = 0$  ist; so wird

$$\text{Log } P = \frac{r^2}{\beta q(1+mt)} + \text{Const.}$$

Durch Subtraction der so bestimmten Logarithmen ergibt sich

$$\text{Log } \frac{P}{p} = \frac{r^2}{\beta q(1+mt)} \cdot \frac{x}{r+x}$$

und daraus

$$x = \beta q(T + mt) \left(1 + \frac{x}{r}\right) \text{Log } \frac{P}{p}$$

Der Druck  $P$  hängt vom Barometerstande ab und zwar so, dass, wenn  
 $P = nb$  ist, auch  $p = nb' \frac{r^2}{(r+x)^2}$  wegen Abnahme der Schwere, ist.

Daher ist  $\frac{P}{p} = \frac{b}{b'} \left(1 + \frac{x}{r}\right)^2$

$$\text{Log } \frac{P}{p} = \text{Log } \frac{b}{b'} + 2 \text{Log} \left( 1 + \frac{x}{r} \right)$$

Die vollständige Formel ist daher.

$$x = \beta q (1 + mt) \left( 1 + \frac{x}{r} \right) \left[ \text{Log } \frac{B}{b} + 2 \text{Log} \left( 1 + \frac{x}{r} \right) \right]$$

Die Logarithmen sind natürliche. Bedient man sich der gewöhnlichen und bringt noch die Correction für die Aenderung der Schwere mit der Breite an; so ist

$$x = \frac{\beta q}{M} (1 + \alpha \text{Cos } 2g) \left( 1 + \frac{x}{r} \right) (1 + mt) \left[ \text{Log } \frac{B}{b} + 2 \text{Log} \left( 1 + \frac{x}{r} \right) \right]$$

In dieser Gestalt giebt Poisson die von Laplace entwickelte Formel (*Mécanique* II. §. 628).

$$\text{Es ist } \frac{\beta q}{M} = 18337,46 \quad \alpha = 0,002588.$$

Die Annäherung für  $x$  kann aus der Tabelle, die wir vorhin mitgeteilt haben, entnommen werden um  $1 + \frac{x}{r}$  oder  $1 + \frac{h}{r}$  zu bestimmen, die Bezeichnung der übrigen Grössen stimmt mit der in der vorigen Betrachtung gewählt überein, da aber in dieser Formel Luft von gleicher Wärme in der ganzen Säule vorausgesetzt wird; weil das Gesetz der Wärmeabnahme in der Luft nicht in die analytische Entwicklung aufgenommen werden kann, da es unbekannt und veränderlich ist; so muss für  $t$  hier das arithmetische Mittel  $\frac{t+t'}{2}$  gesetzt werden. Weil ferner auf die Feuchtigkeit der Luft nicht Rücksicht genommen ist, indem auch das Gesetz der hygrometrischen Veränderung mit der Höhe als ein schwankendes in die Entwicklung der Formel nicht eingehen konnte; so ist für  $m$  nicht der normale Werth 0,00375 oder richtiger nach Rudberg 0,00365, sondern 0,002 gewählt worden. Aus demselben Grunde ist auch der Coëfficient  $\frac{\beta q}{M}$  nicht so, wie die Abwägung der Luft ihn ergiebt, und wie er in der zuerst entwickelten Formel als  $A$  auftritt, sondern etwas grösser nach unmittelbaren Versuchen in der Atmosphäre, also für einen gewissen mittleren Zustand der Feuchtigkeit bestimmt worden.

Wenn die erste Formel sich demnach mehr an die Dichtigkeitsverhältnisse der Luft anschliesst und dabei am einfachsten die hygrometrischen und thermometrischen Abweichungen aufnehmen kann; so schliesst sich diese zweite mehr an die Druckverhältnisse und kann nur durch Berücksichtigung gewisser mittlerer Zustände, die thermometrischen und hygrometrischen Beobachtungen in Rechnung ziehen. Genauere Beobachtungen werden bald über die Anwendbarkeit beider entscheiden, da gegenwärtig die hygrometrischen Angaben die Rechnung unterstützen können, was bei der Mangelhaftigkeit früherer Hygrometer unmöglich war.

Soll der Feuchtigkeitszustand der Luft in der Laplace'schen Formel berücksichtigt werden, so geschieht dies am besten in folgender Weise. Man behalte die (von Poisson gegebene) Form mit denjenigen Constanten bei, welche sich auf absolut trockne Luft und die mittlere Temperatur beider Beobachtungspunkte beziehen, und wähle, wie die übereinstimmenden Untersuchungen der neueren Physiker ge-

bieten, für die Ausdehnung der Luft den Rudbergschen Coëfficienten 0,00365. Das  $x$  der Formel würde dann unter der Voraussetzung vollkommen trockner Luft die Höhe richtig bestimmen, d. h. die Länge der Luftsäule angeben, deren Druck durch den Unterschied der Barometerstände in beiden Stationen angegeben ist. Da die feuchte Luft bei gleicher Temperatur und gleichem Barometerstande leichter ist als trockene; so wird die Höhe etwas grösser sein, als diese Rechnung für  $x$  ergibt. Man wird daher Luft von einer Feuchtigkeit voraussetzen müssen, die das Mittel zwischen der oben und unten beobachteten ist und nun die Höhe einer Luftsäule bestimmen, die aus solcher Luft bestehend, mit jener trocknen gleichen Druck ausübt. Diese mittlere Feuchtigkeit lässt sich zunächst so darstellen, dass man das Mittel des durch das Psychrometer gefundenen Dunstdruckes oben und unten als den in der ganzen Luftsäule herrschenden Dunstdruck ansieht. Ist demnach  $\varepsilon$  die Expansivkraft des atmosphärischen Wasserdunstes unten und  $\varepsilon'$  dieselbe oben; so wird  $\frac{\varepsilon + \varepsilon'}{2}$  als der mittlere Dunstdruck zu betrachten sein. Eben so ist

$\frac{b + b'}{2}$  als der mittlere Luftdruck des obersten und untersten Cubikraumes zu betrachten. Wenn die trockne Luft mit dem Druck  $\frac{b + b'}{2}$

das specifische Gewicht  $\alpha$  hat; so wird feuchte Luft von demselben Gesamtdrucke und der Dunstspannung  $\frac{\varepsilon + \varepsilon'}{2}$  das specif. Gewicht

$\frac{b + b'}{2} - (1 - \delta) \frac{\varepsilon + \varepsilon'}{2} = 1 - \frac{(1 - \delta)(\varepsilon + \varepsilon')}{b + b'}$  haben, wobei  $\delta$  das speci-

fische Gewicht des Wasserdunstes gegen atmosphärische Luft (nach Gay-Lussac  $\frac{1}{8}$  bedeutet.) Die Höhen gleich schwerer Säulen stehen aber in dem umgekehrten Verhältniss der specifischen Gewichte. Demnach ist die für trockne Luft gefundene Höhe  $h$  noch mit  $1 - \frac{1}{8} \frac{\varepsilon + \varepsilon'}{b + b'}$  zu dividiren, oder, da es sich hier nur um kleine Ab-

weichungen von der Einheit handelt mit  $1 + \frac{1}{8} \frac{\varepsilon + \varepsilon'}{b + b'}$  zu multipliciren.

Diese Correction wegen der Feuchtigkeit der Luft giebt befriedigende Resultate. Mit Anwendung derselben ist die Poissonsche Formel, unter Benutzung der schon erklärten Bezeichnungen, in folgender Art zu schreiben:

$$x = 18316,57 (1 + 0,0026 \cos 2\varphi) \left(1 + 0,00365 \frac{t + t'}{2}\right) \left(1 + \frac{1}{8} \frac{\varepsilon + \varepsilon'}{b + b'}\right) \left(1 + \frac{x}{r}\right) \times \left[ \text{Log} \frac{b}{b'} + 2 \text{Log} \left(1 + \frac{x}{r}\right) \right]$$

Um sie an einem Beispiel zu prüfen, wählen wir Ramonds Beobachtungen in Tarbes und auf dem Pic de Bigorre, indem wir wegen mangelnder hygrometischer Beobachtung, sowohl oben als unten die Luft halb so feucht annehmen, als sie bei vollständiger Sättigung sein könnte.

Es war  $b = 27,17''$  Par. bei  $14,9^\circ$  R. Quecksilbertemperatur

$$b' = 19,845 \quad \text{,,} \quad \text{,,} \quad 7,6 \quad \text{,,} \quad \text{,,}$$

Hieraus findet man auf 0 reducirt

$b = 0,96460$  und  $b' = 0,70556$  Atmosphäre die Dunstspannung ist nach zuverlässigen Beobachtungen

$$\frac{3}{4}e = 9,00429 \quad \text{und} \quad \frac{3}{4}e = 0,00163 \quad \text{Atmosphäre.}$$

Es war  $q = 13^\circ$  und nach dem oben mitgetheilten Täfelchen  $x = 2745$  Met. angenähert; wenn  $r = 6366163$  ist. Bringt man diese Zahlen in Rechnung; so ergiebt sich  $x = 2610,32$  Meter, d. i. 8035,7 Pariser Fuss.

Die trigonometrische Messung hatte 8044 Fuss ergeben. Nimmt man die Luft zu drei Viertheilen durchschnittlich gesättigt an; so findet man schon  $x = 8050$  Fuss. Das Resultat der Formel scheint daher dieser Beobachtung sehr gut zu entsprechen. Dies verdient um so mehr Beachtung, als die in derselben aufgestellten Coëfficienten nicht aus hypsometrischen Versuchen entlehnt, sondern rein aus wissenschaftlichen Bestimmungen über Luftdichtigkeit, Wärmeausdehnung und Verdunstung abgeleitet sind. Die oben angegebene erste Formel, welche die Abnahme des specifischen Gewichts der Luft nach dem Gesetze der geometrischen Reihe voraussetzt, giebt die Höhe etwas kleiner 8021 Fuss. Es möchte daher die hier zuletzt aufgestellte Formel mehr Vertrauen verdienen.

Es giebt eine grosse Anzahl hypsometrischer Tafeln, welche die Rechnung nach den bekannten Formeln erleichtern. Die wichtigsten derselben von *Ottmans* und *Gauss* findet man mit den neuesten von *Bessel* in dem astronomischen Jahrbuch von *Schumacher* für das Jahr 1843 S. 36 bis 90 zusammengestellt, sonst auch häufig einzeln abgedruckt.

*Bessel* hat die hygrometrischen Bestimmungen in seine Tafeln mit aufgenommen, die zuerst in den astronomischen Nachrichten XV. S. 329 mitgetheilt sind. Es wird die mittlere relative Feuchtigkeit d. i. der mittlere Dunstsättigungs-Zustand (s. Hygrometrie) dabei berücksichtigt. Die Anwendung dieser Tafeln auf das hier behandelte Beispiel ergiebt fast dasselbe Resultat, welches die erste hier aufgestellte Formel darbietet, nämlich 8027 Fuss; also auch zu klein gegen die trigonometrische Messung.

Die hier mitgetheilten Tafeln dienen zur bequemerer Rechnung nach der eben mitgetheilten, die Feuchtigkeit berücksichtigenden Formel, die deshalb in folgende Gestalt gebracht ist.

$$x = \text{Log} \frac{b}{b'} \cdot \left(1 + \frac{x'}{r}\right) \cdot \left(1 + 0,00365 \frac{t+t'}{2}\right) \cdot \left(1 + \frac{3}{8} \frac{e+e'}{b+b'}\right) \cdot K. \\ (1 + 0,0026 \text{ Cos } 2q).$$

also  $\text{Log } x = A + B + C + D + E + F.$

Um  $A$  zu bestimmen dient die erste Tafel; welche den in Linien oder Millimetern beobachteten Barometerstand in Atmosphären verwandelt und nach der Quecksilber- und Messingskalenwärme corrigiren lehrt.

Ist z. B. unten beobachtet  $326,04''$  bei  $18,6^\circ$  C so findet man nach der Tabelle

zu 300''..	0,89020	Atmosphäre u.	14,445	Correction
20	5935	" "	963	"
6	1780	" "	280	"
0,04	12	" "	2	"
zu 326,04''..		0,96747	Atmosphäre u.	15,699
		292	18,6... = t	
		0,96455	156,99	
			125,59	
			9,42	
			292,00	

Die Ganzen der berechneten Correction geben Hunderttausendtheile der Atmosphäre, welche abgezogen werden müssen. Die aus der Tafel berechnete Correction gilt nur für einen Centesimalgrad und ist mit der Zahl der Grade des Quecksilbers zu multipliciren; wobei angenommen wird, dass die Messingskale gleiche Temperatur mit dem Quecksilber im Barometer hat.

Wäre nun oben beobachtet 537,20 Millimeter bei 9,5° C., so findet man ebenso

zu 500	Millimeter	0,65771	Atmsph. u.	10,6720	Correct.
30	" "	3946	" "	6402	"
7	" "	921	" "	1494	"
0,2	" "	26	" "	42	"
537,2	" "	0,70664	" "	11,466	"
		109	9,5		"
		0,70555	103,194		
			5,733		
			108,93		

Die so in Atmosphären bestimmten Barometerstände sind noch nach der Abnahme der Schwere mit der Höhe zu corrigiren. Dies geschieht durch die zweite Tafel, in welcher die ersten beiden Ziffern des Barometerdrucks (in Atmosphären) den Index bilden und die Columne  $\alpha$  die zu subtrahirende Zahl in Hunderttausendtheilen des Atmosphärendrucks angiebt.

Bei 0,96 ist  $\alpha = 9$  bei 0,705 ist  $\alpha = 62$

Demnach ist

$$b = 0,96455 - (9) = 0,96446$$

$$b' = 0,70555 - (62) = 0,70493$$

Diese Correction ersetzt den zu  $\text{Log } \frac{b}{b'}$  in der Formel hinzugefügten

$$\text{Werth } 2 \text{Log} \left( 1 + \frac{x}{r} \right)$$

$$\text{Man sucht jetzt nur } \text{Log } b = \text{Log } 0,96446 = 0,98428 - 1$$

$$\text{Log } b' = \text{Log } 0,70493 = 0,84815 - 1$$

$$\text{Log } \frac{b}{b'} = \text{Log } b - \text{Log } b' = 0,13613$$

$$\text{und } \text{Log} (\text{Log } b - \text{Log } b') = 0,13395 - 1 = A.$$

Der Werth von  $B$  ergibt sich aus der zweiten Tafel, indem man zu  $b$  und  $b'$  den Werth von  $\beta$  aufsucht und aus beiden das Mittel nimmt. Für  $b = 0,96$  findet man  $\beta = 3$ , für  $b' = 0,70$  findet man

### Hypsometrische Tafeln.

Taf. I. Correction des Barometerstandes.

Linien.	Atmosph.	Correct.	Millim.	Atmosph.	Correct.
100	0,29673	4,815	100	0,13154	2,1344
200	0,59347	9,630	200	0,26308	4,2688
300	0,89020	14,465	300	0,39463	6,4023
400	1,18694	19,260	400	0,52617	8,5367
500	1,48367	24,075	500	0,65771	10,6720
600	1,78040	28,890	600	0,78925	12,8064
700	2,07714	33,705	700	0,92079	14,9408
800	2,37387	38,520	800	1,05234	17,0752
900	2,67061	43,335	900	1,18388	19,2096

Taf. III. Correction der Wärme und Feuchtigkeit.

$\tau$	$\gamma-$	$\delta$	$\tau$	$\gamma+$	$\delta$		
-39	3203	85	6	+	0	79	220
38	3118	7	1	79			237
37	3033	8	2	158			255
36	2949	84	9	3	237		274
-35	2865	10	4	316	78		294
34	2781	11	+	5	395		316
33	2697	12	6	473			340
32	2613	13	7	551			364
31	2579	15	8	629			391
-30	2445	83	17	9	707		419

Taf. II. Correction wegen der Höhe.

Atm.	$\alpha$	$\beta$												
0,50	87	36	0,60	77	31	0,70	63	27	0,80	45	26	0,90	23	9
51	86	36	61	76	31	71	61	27	81	43	19	91	21	8
52	85	36	62	74	31	72	59	26	82	41	18	92	19	7
53	84	35	63	73	30	73	58	25	83	39	17	93	16	6
54	83	35	64	71	30	74	56	25	84	36	16	94	13	5
55	83	34	65	70	30	75	54	24	85	34	15	95	11	4
56	82	34	66	68	29	76	52	24	86	32	14	96	9	3
57	81	33	67	67	29	77	50	23	87	29	13	97	6	2
58	80	32	68	66	28	78	49	22	88	27	12	98	3	1
59	79	32	69	64	28	79	47	22	89	25	10	99	1	0

29	2361	20	+	10	785	448
28	2278	23	11	863	480	
27	2194	26	12	941	513	
26	2111	29	13	1019	549	
-25	2028	31	14	1096	587	
24	1945	33	+	15	1173	626
23	1862	35	16	1250	669	
22	1780	82	37	17	1327	713
21	1697	40	18	1404	760	
-20	1615	43	19	1481	76	810
19	1533	47	+	20	1557	862
18	1451	51	21	1643	918	
17	1369	56	22	1710	977	
16	1287	61	23	1786	1039	
-15	1205	81	67	24	1862	1104

Taf. IV. Correction wegen der Breite.

$\varphi$	$\epsilon$														
0	114	90	10	107	80	20	87	70	30	57	60	40	20	50	
1	114	89	11	106	79	21	85	69	31	54	59	41	16	49	
2	114	88	12	104	78	22	82	68	32	50	58	42	12	48	
3	113	87	13	103	77	23	79	67	33	46	57	43	8	47	
4	112	86	14	101	76	24	76	66	34	43	56	44	4	46	
5	112	85	15	99	75	25	73	65	35	39	55	45	0	45	
6	112	84	16	97	74	26	70	64	36	35	54				
7	111	83	17	95	73	27	67	63	37	31	53				
8	110	82	18	92	72	28	64	62	38	28	52				
9	109	81	19	90	71	29	60	61	39	24	51				

14	1124	74	+	25	1983	1173	
13	1043	79	26	2014	1245		
12	962	86	27	2089	75	1321	
11	881	94	28	2164	1402		
-10	800	102	29	2240	1486		
9	719	80	111	+	30	2315	1575
8	639	119	31	2390	1668		
7	558	129	32	2465	1765		
6	478	139	33	2540	1867		
-5	398	151	34	2615	1975		
4	318	162	35	2684	2091		
3	238	175	36	2763	2113		
2	159	196	37	2838	74	2242	
1	79	79	205	38	2912	2420	

F = 4,26284 für Meter ... 4,75118 für Pariser Fuss ... 3,97303 für Toisen.

$\beta' = 27$ . Das Mittel ist  $\frac{\beta + \beta'}{2} = 15$  in Hunderttausendtheilen des Logarithmus.

Es ist also

$$A = 0,13395 - 1$$

$$B = 0,00015$$

also

$$A + B = 0,13410 - 1$$

Der Werth von  $C$  ist in der dritten Tafel aufzusuchen. Der Index ist die Summe der freien Luftwärme in Centesimalgraden oben und unten. Das zu diesem Index gehörige  $\gamma$  ist das gesuchte  $C$  in Hunderttausendtheilen des Logarithmus.

Es sei unten  $t = 19,1^\circ C$ , oben  $4,0^\circ C$ ; so ist der Index  $+ 23,1$  da zu  $\gamma = 1794$ . Demnach ist  $A + B = 0,13410 - 1$

$$C = 1794$$

$$A + B + C = 0,15204 - 1$$

Wäre die Summe der Temperaturen negativ gewesen; so wäre auch die Correction  $C$  subtractiv.

Um nun  $D$  zu finden, muss der Dunstdruck berücksichtigt werden. Diesen erkennt man am besten aus dem Thaupunkt. Diesen sucht man in der dritten Tafel als Index auf und sucht die zugehörige Zahl  $\delta$ . So ist diese  $\frac{1}{2}e$ , wenn  $e$  die zugehörige Dunstspannung ist. Man hat nun  $\delta$  für die Beobachtung unten und  $\delta'$  für die

Beobachtung oben zu suchen und den  $\text{Log} \left( 1 + \frac{\delta + \delta'}{b + b'} \right)$  zu bestimmen.

Es sei unten der Thaupunkt

$$+ 11,3^\circ C \quad + 2,5^\circ C$$

was unten auf einer Dunstsättigung von 60 p. Ct. und oben auf eine von 90 p. Ct. schliessen lässt; (unter diesen Umständen wohl allerdings zu erwarten.)

Man findet in Taf. III. zu  $+ 11,3^\circ C$   $\delta = 490$ , zu  $+ 2,5^\circ C$ ,  $\delta = 265$ . Es ist  $\delta + \delta' = 755$  Einheiten der 5ten Bruchstelle einer Atmosphäre. Es ist aber  $b + b' = 1,66939$ .

Man hat nun  $1 + \frac{\delta + \delta'}{b + b'} = \frac{b + b' + \delta + \delta'}{b + b'}$  zu berechnen und den Logarithmus zu suchen:

$$\text{Log } 1,67694 = 0,22452$$

$$\text{Log } 1,66939 = 0,22256$$

$$\text{Log } 1 + \frac{\delta + \delta'}{b + b'} = 0,00196 = D$$

$$\text{Es war } A + B + C = 0,152041 - 1$$

$$D = 196$$

$$\text{Demnach ist } A + B + C + D = 0,15400 - 1$$

Den Werth von  $E$  findet man in der 4ten Tafel, wenn man zu dem Index  $\varphi$ , der die Breitengrade anzeigt, die Zahl  $\varepsilon$  sucht, welche die Correction in Hunderttausendtheilen des Logarithmus anzeigt, additiv wenn  $\varphi < 45^\circ$ , subtractiv, wenn  $\varphi > 45^\circ$  ist

Wenn daher  $\varphi = 43^\circ$  ist; so ist  $\varepsilon = + 8$ .

Es ist also  $A + B + C + D + E = 0,15408 - 1$ .

Zu diesem Logarithmus ist noch aus der Tafel  $F$  hinzuzufügen. Soll die Höhe in Pariser Fussen bestimmt werden; so ist  $F = 4,75118$

$$\begin{array}{r}
 \text{Also } \text{Log } x = 0,15408 - 1 \\
 + 4,75118 \\
 \hline
 = 3,90526 \qquad x = 8040
 \end{array}$$

Die Bestimmungen, welche diesem Beispiele zu Grunde liegen, sind die oben erwähnten, von Ramond angestellten Beobachtungen. Die trigonometrische Messung gab 8044 Fuss; welche Grösse bei einer etwas veränderten Annahme der Feuchtigkeit, die leider nicht beobachtet war, sich auch aus der Formel ergeben würde, wie oben gezeigt ist. Ausserdem ist eine Abweichung von 4 Fuss an und für sich nur gering; da die Ablesung des Barometers oben nur um wenige Hunderte der Linien unrichtig sein darf, um diesen Unterschied hervorzubringen.

Es scheint daher die Formel allen Anforderungen zu genügen.

Barometermessungen nach dieser oder ähnlichen Formeln können nur genaue Resultate geben; wenn der horizontale Abstand der Schwerlinien beider Beobachtungsstellen nicht sehr gross ist, und wenn zwischen beiden Punkten nicht eine Gebirgswand oder ein Gewässer liegt, wodurch die Zustände der Atmosphäre so modificirt werden, dass ein aërostatiches Gleichgewicht auch nicht einmal angenähert eintreten kann. Namentlich entsteht an Felswänden sehr leicht durch die Einwirkung der Sonne ein aufsteigender Luftstrom, der das Barometer afficirt und die gleichmässige Vertheilung der Wärme in der Luftsäule stört.

Da auch die Winde, wie Ramond nachgewiesen hat, ungleichen Einfluss auf das obere und auf das untere Barometer äussern; so müssen die Messungen bei ruhiger Luft angestellt werden. Sind zwei Oerter weiter von einander entfernt; so kann man den Höhenunterschied barometrisch bestimmen; wenn man den aus mehrjährigen Beobachtungen gefundenen mittleren Stand des Barometers, Thermometers und Hygrometers in den Formeln zum Grunde legt.

Bei Reisen ist ein zweckmässig angeordnetes barometrisches Nivellement von Nutzen. Wenn zwei Beobachter mit genau verglichenen Instrumenten denselben Weg verfolgen und an denselben Punkten Beobachtungen anstellen, so dass der zweite bei jeder Station etwa eine Viertelstunde später eintrifft als der erste und beide genau die Zeit ihrer Beobachtungen anmerken; so lässt sich die Veränderung des Barometerstandes an jeder Stelle bestimmen und daraus die fehlende gleichzeitige Beobachtung durch Interpolation finden. Will ein Beobachter diesen Zweck erreichen; so muss er es nicht scheuen, den Weg dreimal zurückzulegen, indem er von jeder Station nach beendigter Beobachtung zur vorhergehenden wieder zurückkehrt und dort eine zweite Beobachtung macht. Er erhält auf diese Weise an jeder Stelle drei Beobachtungen, die zu einem genauern Resultate führen; wenn die Stationen nicht zu weit von einander liegen. Wer diese Mühe scheut, muss an jeder Station so lange verweilen, bis er die Aenderungen des Barometers für die Viertelstunde bestimmt hat und dann zur folgenden übergehen.

D'Aubuisson empfiehlt die Zeit um 8 Uhr Morgens und 4 Uhr Nachmittags als am geeignetsten zu barometrischen Höhenbestimmungen. Allerdings ist dann die Luft am gleichmässigsten erwärmt.

Der Coefficient, den Ramond bestimmte und den nachher Laplace und Poisson mit geringen Modificationen beibehalten haben, gilt für die Luft in diesem Zustande. Er findet daher, wie auch Eynard, bei Sonnenaufgang die Höhen geringer, um 2 Uhr beträchtlicher, und zwar beträgt der Unterschied bei 2000 Fuss Höhe in den verschiedenen Monaten des Jahrs: 33, 39, 37, 67, 52, 73, 35, 62, 49, 24, 15, 19 Fuss. Man sieht leicht, dass dies der Feuchtigkeit hauptsächlich beizumessen ist. Die Berechnung nach der oben genauer behandelten Formel würde diese Unterschiede gewiss sehr vermindern, wenn gleichzeitig angestellte hygrometrische Beobachtungen in Rechnung gezogen werden könnten.

Das Barometer kann bei Höhenmessungen durch das Differenzialbarometer (s. d.) ersetzt werden; auch durch die Luftwage, s. d., welche unmittelbar das Gewicht einer Cubikeinheit Luft kennen lehrt. Aus dieser lässt sich, wenn gleichzeitig Thermometer und Hygrometer beobachtet sind, der Barometerstand ableiten. Es ist indess dies Verfahren, seiner Unbequemlichkeit wegen, wenig in Anwendung gekommen.

Häufiger wird, nach Wollastons Vorschlage, das Barometer durch den Siedeapparat s. d. ersetzt, in welchem der Siedepunkt des Wassers an einem sehr empfindlichen Thermometer genau beobachtet wird. Die Dämpfe, welche dem siedenden Wasser entsteigen, sind im Maximum der Dichtigkeit und haben eine Spannung, die dem Barometerdruck gleich kommt. Die oben mitgetheilte Formel für die Spannkraft der Wasserdämpfe im Maximum dient also unmittelbar zur Bestimmung des Barometerstandes in Atmosphären. Ist die Temperatur des Thermometers im Siedeapparat  $t^{\circ} C$ , so ist

$$\text{Log } b = \frac{4.9672 (t - 100)}{222.56 + t}$$

Die Beobachtungen sind indessen auch manchen Unsicherheiten unterworfen, unter denen die Ungleichheit der Thermometerröhre, die für so kleine Grössen beträchtlich stört, eine der bedeutendsten ist. Man erhält daher nur selten recht übereinstimmende Resultate. Wollte man das Luftthermometer anwenden; so würde dies in Behandlung und Aufstellung noch mehr Vorsicht erfordern als das Barometer selbst, das man für diese Zwecke wohl schwerlich je wird vollständig ersetzen können.

A.

**Hyssopin.** Herberger wie Chevallier glaubten im *Hyssopus officinalis* eine eigene Base gefunden zu haben, von der Trommsdorff zeigte, dass es schwefelsaurer Kalk, verunreinigt mit einer bittern Substanz, gewesen sei.

M.

I. Wenn man *C* als den ersten Ton der natürlichen oder harmonischen Tonreihe annimmt, so gehören die zehn ersten Töne dieser Reihe, mit Ausnahme des siebenten zur Tonleiter von *c*, dieser aber, welcher etwas tiefer als *b* ist, und von theoretischen Schriftstellern zuweilen *i* genannt wird, gehört bei der Einrichtung unserer musikalischen Systeme mit keinem der übrigen in eine Tonleiter. Doch scheint es, dass das Ohr zuweilen ein *b* für dieses *i* nimmt, namentlich bei dem Septimenaccord *c e g b*, welcher dann sehr einfach durch die Zahlen 4 : 5 : 6 : 7 vorgestellt wird. S.

**Jaguarfett.** Ein pomeranzenfarbenes, bei  $+29,5^{\circ}\text{C}$  erstarrendes Fett, wobei etwas Elain flüssig bleibt; riecht unangenehm, bedarf 46 Th. kochenden Alkohols von 0,821 zur Auflösung; das Glycerin, welches sich bei seiner Verseifung abscheidet, riecht und schmeckt widerlich. M.

**Jahrestemperatur** bezeichnet den Wärmegrad, welchen ein im Schatten aufgehängtes, gegen Rückstrahlung geschütztes Thermometer zeigen würde, wenn es weder innerhalb der täglichen noch der jährlichen Periode eine Veränderung erführe. Da aber die Luftwärme in fortwährenden Schwankungen begriffen ist, welche theils einen periodischen Verlauf zeigen, theils von Ursachen bedingt werden, in denen keine regelmässige Wiederkehr sich nachweisen lässt, so kann die mittlere Wärme des Jahres nur durch Rechnung gefunden werden. Die Elimination der täglichen Veränderungen kann für beliebig gewählte Beobachtungsstunden erhalten werden, wenn bekannt ist, um wieviel das Mittel derselben von dem Mittel der 24 Stunden abweicht. Aus den stündlichen Beobachtungen von Salzuffen ergibt sich z. B., dass das Mittel aus  $7^{\text{h}} 2^{\text{h}} 9^{\text{h}}$  um  $\frac{1}{4}^{\circ}$  R. höher ist als das Mittel aus den einzelnen 24 Stunden, die anzuwendende Correction ist also  $-0,25$ . Auf dieselbe Weise findet man

Stunden.	Verbesserung	
	Salzuffen	Plymouth
9. 9	+ 0°.01	0.
7. 2. 9	- 0. 25	- 0. 22
6. 2. 8	- 0. 11	- 0. 10
6. 2. 10	+ 0. 03	+ 0. 07
8. 4. 12	- 0. 06	- 0. 02
Mx u Min	0. 04	- 0. 27
9. 12. 3. 9	- 0. 93	- 0. 99

Man sieht daraus, dass die in Deutschland durch die Manheimer Societät eingeführten Beobachtungsstunden 7. 2. 9. nahe dieselbe Abweichung vom wahren Mittel geben als die in England gebräuchliche Bestimmung durch Maximum und Minimum Thermometer, wenn man für diese die Plymouther Beobachtungen zu Grunde legt. Ebenso erhellt, dass das Mittel aus den synonymen Stunden 9. 9. die grösste Annäherung giebt. Wenn es nun auch wünschenswerth ist, die Beobachtungsstunden so zu wählen, dass eine schickliche Combination derselben wie z. B. für 7. 2. 9 die Formel  $m = \frac{VII. + II. + 2IX.}{4}$  das

Mittel nahe richtig giebt, so muss doch darauf Rücksicht genommen werden, dass die Stunden zugleich so liegen, dass das Innehalten derselben nicht zu beschwerlich fällt. In dieser Beziehung sind die Manheimer Stunden entschieden am passendsten gewählt und daher auch mit Recht in Deutschland grösstentheils beibehalten worden.

Die Elimination der jährlichen Periode geschieht unmittelbar dadurch, dass die Summe der 365 Tagesmittel durch 365 dividirt wird, oder wenn die monatlichen Temperaturen publicirt sind, durch den zwölften Theil der Summe derselben. Die letztere Zahl weicht un- erheblich von der ersteren ab.

Die nicht periodischen Störungen, welche die Temperatur eines bestimmten Jahres oft erheblich erhöhen oder erniedrigen, werden eliminirt, wenn man an einem benachbarten Orte, an welchem eine viele Jahre umfassende Beobachtungsreihe vorhanden ist, die Abweichung dieses Jahres vom vieljährigen Mittel bestimmt, und die so erhaltene Verbesserung auf den Beobachtungsort, für welchen man nur dieses Jahr besitzt, überträgt. Dieses ist deswegen erlaubt, weil grössere Störungen nicht lokal auftreten, sondern über grössere Strecken und Erdoberfläche verbreitet sind.

In unserer Breite ist die mittlere Wärme des Oktobers nahe die des Jahres.

**Jahreszeiten.** Die astronomischen Jahreszeiten, welche durch die Solstitien und Aequinoctien bestimmt werden, unterscheiden sich von den meteorologischen, welche sind:

Winter = 1. Decmb. — 28. Febr.  
Frühling = 1. März — 31. Mai.  
Sommer = 1. Juni — 31. Aug.  
Herbst = 1. Sept. — 30. Nov.

Diese meteorologischen Jahreszeiten sind deswegen eingeführt worden, weil in der Regel nur die monatlichen Mittel publicirt werden, die Berechnung der astronomischen Jahreszeiten aber die Kenntniss der einzelnen Tagesmittel voraussetzt. Diese Abschnitte haben natürlich nur für eine bestimmte Breite den mit dem Namen gewöhnlich verknüpften Sinn. Zwischen den Wendekreisen zerfällt das Jahr in die trockne und nasse Jahreszeit, je nachdem der Beobachtungsort in die Passate aufgenommen wird, oder der Gegend der Windstillen sich nähert und in sie eintritt; in Hindostan bilden die sogenannten Wendemonate die Uebergänge der entgegengesetzten Mousons in einander. Die regenlose Zeit der subtropischen Gegenden in der äusseren Grenze der Passate schrumpft weiter nach Norden

immer mehr zusammen bis sie in der Nähe der letztern vollkommen verschwindet.

Der Nachsommer, in Nordamerika als Indianersommer mit größerer Beständigkeit beschliesst die Sommerregenzeit unserer Breite, während im hohen Norden der immer kürzer werdende Sommer fast ohne Vermittelung in den Winter übergeht, Frühling und Herbst daher vollkommen ihre Bedeutung verlieren. D.

**Jalappenharz.** Diese Substanz wird aus der Wurzel vom *Convolvulus (Ipomea) Jalappa* gewonnen. Es stellt ein festes, sehr sprödes, zerreibliches Harz dar, von graugelber Farbe, welche durch Kochen der alkoholischen Lösung mit Thierkohle verschwindet; es ist fast geruch- und geschmacklos, erregt ein sehr kratzendes Gefühl im Halse. Es ist fast durchsichtig. Es hat eine stark drastische Wirkung. Cadet hat die Zusammensetzung der Wurzel, die aus Mexico kommt, untersucht, und darin 10% Harz, 44% gummiartigen Extractivstoff gefunden. Wiedemann fand in einer aus dem Münchener Garten stammenden 22% Harz (und Extractivstoff). Cadet theilte das Harz in zwei Bestandtheile, von denen der eine in reinem Aether unlöslich, der andere löslich ist. Salpetersäure löst das Harz mit Leichtigkeit und ohne Gasentwicklung auf. Es muss hart und brüchig sein; in Wasser und kaltem Aether fast unlöslich. Verfälschung mit Lerchenschwamm s. Trommsdorff, Lieb. Ann. IV. 361. M.

**Jalappin.** Buchner und Herberger fanden in dem Jalappenharze einen nicht krystallinischen, farblosen, in Aether ganz unlöslichen Stoff, dem sie basische Eigenschaften zuschreiben; ohne Zweifel mit Unrecht. M.

**Jamaïcin.** Hüttenschmidt fand in einer, für von *Geoffraea inermis* stammend gehaltenen Rinde diesen Stoff, den er durch die alkoholische Extraction derselben, Behandeln des Rückstandes mit Wasser, Fällern durch basisch essigsaures Bleioxyd, Zerlegung des Niederschlages mittelst Schwefelwasserstoff, Niederschlagen des Jamaïcins durch Schwefelsäure und Zerlegung des Niederschlages mittelst kohlensäuren Baryts und Umkrystallisiren erhielt. Die Substanz stellt bräunlich-gelbe quadratische Tafeln dar, von bitterm Geschmack, luftbeständig, in der Wärme leicht schmelzbar; durch Chlor werden sie roth gefärbt; in Wasser sind sie leicht, schwerer in Weingeist löslich; die Lösung reagirt ganz neutral; Quecksilberchlorid und Gerbsäure fällt sie gelb. Mit Säuren werden gelbe, bittere Salze gebildet, welche sauer reagiren, aber selbst die flüchtigen Säuren nicht in der Hitze entweichen lassen. Die Substanz ist eine, dem Surinamin ähnliche Basis. Zusammensetzung unbekannt. v. Hüttenschmidt, Dissertatio inaug. chem. hist. analys. chem. cort. *Geoffraeae jamaïc. nec non surinam.* Heidelb. 1824. Geiger, Mag. f. Pharm. VII. 251. M.

**Jamesonit** (zu Ehren des Prof. Jameson in Edinburg) ein von Mohs entdecktes und von ihm axotomer Antimonglanz genanntes Mineral, welches in graden rhombischen Säulen von 102° 20' kry-

stallisirt und in krystallinischen metallglänzenden Massen von stahlgrauer Farbe in Cornwall und Ungarn vorkommt, Härte zwischen Steinsalz und Kalkspath, spec. Gew. 5,5 — 5,8. Der Jamesonit ist von H. Rose analysirt und besteht aus Schwefelblei und Schwefelantimon nach der Formel  $Pb_2Sb_2$ . Graf Schaffgotsch hat eine Abänderung dieses Minerals aus Estremadura untersucht. Pogg. Ann. VIII. 99. XV. 470. XXXVIII. 403. B.

**Japonsäure.** Löst man Katechin (s. d.) in überschüssigem kaustischem Kali auf, und lässt die Lösung mehrere Tage an der Luft bei gelinder Wärme stehen, so färbt sich die Flüssigkeit unter Sauerstoffaufnahme schwarz. Die mit Essigsäure versetzte Substanz wird eingedampft und besteht sodann aus saurem japonsaurem Kali und neutralem essigsäurem Kali; dieses entfernt man durch heissen Weingeist; das erstere Salz löst man in heissem Wasser, setzt Salzsäure hinzu, welche die Japonsäure als schwarzes Pulver fällt, das sich in heissem Wasser auflöst und beim Erkalten körnig daraus absetzt. Mit den Alkalien bildet sie unkrystallisirte Salze, welche die der Erden und Metalloxyde fällen. Svanberg fand die freie Säure aus  $C_7H_5O_4 + H_2O$  bestehend; das Silbersalz aus  $C_{24}H_{16}O_8 + AgO$ . Svanberg in Liebigs Ann. XXIV. 221. Journ. f. pr. Ch. X. 494. M.

**Jasminöl.** Die Blüten von *Jasminum officinale* enthalten eine geringe Menge von dem ätherischen Oele, dessen Geruch sie besitzen; man zieht es aus den frischen Blumen mit fettem Oel aus, indem man sie schichtweise mit Baumwolle zusammenpresst, die mit Oel getränkt ist; diese wird mit Wasser destillirt und das mit Oel gesättigte Wasser, von dem man das überschüssige Oel abgenommen hat, zu neuer Destillation angewendet. Bei  $+6^\circ$  setzt das Oel das Stearopten ab. M.

**Jasminstearopten** scheidet sich bei  $+6^\circ$  aus dem ätherischen Oele ab, indem es weisse, glänzende, geruchlose, fast wie Kampfer schmeckende Blättchen bildet. Es schmilzt bei  $+12,5^\circ$ , ist leichter als Wasser, in diesem fast unlöslich; löslich in Aether, Alkohol, fetten und ätherischen Oelen. Mit Jod nicht detonirend wird es unter Erwärmung zuerst roth, bald grün. Salpetersäure löst es leicht, Essigsäure nicht, theilweis Schwefel- und Chlorwasserstoffsäure. Kalium zerlegt es nicht. Herberger in Liebigs Annal. XII. S. 258. M.

**Jaspis.** Ein aus dem Hebräischen stammendes Wort, das in der Bibel öfter vorkommt und einen Edelstein bezeichnet (2. Mos. 28, 20; 39, 13; Hesekiel 28, 13). Gegenwärtig versteht man unter Jaspis eine dichte, durch Thonerde, Eisenoxyd, Eisenoxydul und Manganoxyd grau, braun, roth u. s. w. gefärbte Quarzmasse, welche dicht, undurchsichtig und muschlig im Bruch ist. Man unterscheidet mehrere Varietäten. Der gemeine Jaspis ist einfarbig, meist roth oder braun, selten gefleckt, grün oder gelb, und kommt auf Gängen in Sachsen, Böhmen, Ungarn, Sibirien u. a. a. O. häufig vor.

Der Kugeljaspis findet sich in kugligen und knolligen Stücken, Geschieben ähnlich, im Bohnerz bei Kändern in Baden und im Sande bei Cairo und a. O. in Aegypten. Er zeigt im Innern, parallel der Oberfläche schöne farbige Ringe auf rothem oder gelbgrauem Grunde, bei dem ägyptischen Jaspis sind die Ringe dunkelbraun auf gleichfarbigem aber hellerem Grunde. Der Bandjaspis bildet derbe Massen mit gelben, rothen, grünen und grauen Streifen. Sehr schön findet man ihn in Sibirien. Der Jaspis wird geschliffen und zu Dosen, Siegelsteinen, Tischplatten, architektonischen Verzierungen u. dgl. benutzt. Sehr grosse und schöne Arbeiten dieser Art werden auf der Schleifhütte zu Kolywan am Ural verfertigt. B.

**Jatropaöl.** Das Oel aus den verschiedenen Jatropa-Arten, z. B. Jatropa-Curcas, dann von dem Pinon-Baum u. a., das aus dem Samen gepresst wird, enthält einen scharfen Stoff, wie er auch im Crotonöl enthalten ist, und wodurch es eine sehr stark purgirende und brechenerregende Eigenschaft erhält; das Oel wird deshalb auch Oleum infernale genannt. Soubeiran, der das Oel untersucht hat, (Huile de Pignons d'Inde), glaubt einen Harzstoff für das Gift erklären zu müssen. Es ist ein in Indien sehr geschätztes Heilmittel. M.

**Jatrophasäure** s. Crotonsäure.

**Ichthyocolla.** Der aus der Hausenblase gewonnene Leim hat den Namen Fischleim (Ichthyocolla) erhalten. M.

**Ichthyophthalm** von *ἰχθύς* Fisch und *ὄφθαλμός* Auge, also Fischaugenstein ist Apophyllit, s. d. B.

**Idokras** gleichbedeutend mit Vesuvian. Der Name Idokras rührt von Haug her, der in den Krystallgestalten des Minerals viel Aehnliches fand mit den Krystallen anderer Substanzen, so dass jene gleichsam aus diesen zusammengesetzt zu denken seien, was durch Idokras von *εἶδος*, Gestalt, und *χρᾶσις*, Mischung, angedeutet werden sollte. B.

**Idrialin.** In dem Lebererz von Idria fand Dumas zuerst diesen Stoff, der später auch von Schrötter untersucht wurde. Das Lebererz ist ein Gemenge von Zinnober und Idrialin, welches Schrötter bis zu 77% darin fand. Am besten erhält man es aus dem Erze durch Auskochen desselben mit Terpenthinöl; aus diesem krystallisirt es beim Erkalten heraus. Schrötter fand in einem Erze 77,32 Idrialin, 17,847 Zinnober und 2,75 fremde Bestandtheile. In Alkohol und Aether wenig löslich, wird es unter intensiver Blaufärbung von Schwefelsäure aufgenommen, die eine eigene Säure bildet, welche mit Kali ein krystallisirbares Salz darstellt, das in hellglänzenden Krystallen erhalten wird. Dumas und Schrötter fanden die Zusammensetzung =  $C_3 H_2 = 94,84 C$  und  $5,16 H$ . Laurent fand durch Einwirkung der Salpetersäure eine neue Säure entstehen, =  $C_1, H_3 O + N_2 O_4$  zusammengesetzt. Das Erdwachs, welches Magnus, Malaguti und Schrötter analysirt haben, ist anders zusammengesetzt,



= 86% C; 14% H (Journ. f. pr. Ch. XI. 140) s. Idryl. Bei der Destillation des Bernsteins erhielten Pelletier und Walter einen dem Idrialin gleich zusammengesetzten Körper, der auch dasselbe Verhalten gegen Schwefelsäure zeigte. Succisteren (ib. XIV. 380). Vergl. Dumas, Annal. de Chim. et de Phys. L. 193. Schrötter, Baumgärtners Zeitschrift III. 245. V. 5. M.

**Idryl.** Bei der Destillation der idrialinhaltenden Quecksilbererze von Idria wird als Nebenprodukt eine weiche, schwarze Masse, mit Quecksilberkugeln vermischt, gewonnen, welche den technischen Namen Stupp erhalten hat. Wird dies mit Alkohol ausgezogen, so nimmt dieser einen braunen Körper auf, der beim Abdestilliren zurückbleibt, und in concentrirter, siedender Essigsäure gelöst und dann mittelst Alkohol umkrystallisirt wird. In reinem Zustand ist das Idryl eine etwas gelblichgrüne Masse, feine Krystallblättchen darstellend; kaum von Geruch und Geschmack. Es schmilzt bei 86° zu einem klaren, blassgelben Liquidium, bei 79° erstarrt es strahlig und fast farblos. Stärker erhitzt sublimirt es zu schön irisirenden Blättchen. Alkohol, Aether, Terpenthinöl, Essigsäure, lösen es in der Kälte wenig, in der Hitze sehr leicht. Concentrirte Schwefelsäure färbt es goldgelb bei gewöhnlicher Temperatur, beim Erwärmen löst es sich reichlich; die Flüssigkeit lässt sich mit Wasser unverändert mischen. Bei höherer Temperatur entwickelt sich schwefelige Säure. Es besteht aus  $C_3H_2$  ist also ein Kohlenwasserstoff, der sich zu dem Idrialin als Radical verhält, dies besteht nach der Analyse von Wöhler aus  $C_{12}H_{28}O$ . Demnach würde das Idryl =  $C_{12}H_{28}$  sein. Ausser dem Idryl enthält der Stupp noch einen dem Idryl gleich zusammengesetzten, jedoch von ihm verschiedenen Körper. S. Boedecke und Wöhler (Journ. f. pract. Chemie. XXXIII. 250.) M.

**Jeffersonit**, ein dunkel olivengrünes, stellenweise ins Braune übergehendes, augitartiges krystallinisches Mineral, welches sich bei Sparta in New-Yersey findet. Es hat eine vom Augit verschiedene Structur, zwei unter 106° sich schneidende Blätterdurchgänge, halbm metallischen Glanz, Härte zwischen Flussspath und Apatit, spec. Gewicht 3,5. Es schmilzt vor dem Löthrohr zu einer schwarzen Kugel, und wird von Säuren wenig angegriffen. Entdeckung und Untersuchung sind von Keating und Vanuxem, von denen der erstere auch die Analyse anstellte, zufolge welcher der Jeffersonit ein neutrales

Silicat von Kalkerde, Mangan- und Eisenoxydul ist:  $(Ca, Mn, Fe) Si$ . Den Namen erhielt das Mineral nach dem nordamerikanischen Präsidenten Jefferson. Schweigg. Journ. XXXVI. 181. Berzel. Jahresb. III. 148. B.

**Jervin.** E. Simon hat in der Wurzel von Veratrum album neben dem Veratrin eine zweite Basis entdeckt, welche man erhält, wenn das alkoholische Extract desselben einige Male mit Alkohol, der durch Salzsäure angesäuert ist, ausgekocht, und die geklärte Flüssigkeit mit kohlensaurem Natron niedergeschlagen wird. Der Niederschlag wird in Weingeist gelöst, durch Kohle entfärbt, der Alkohol abdestillirt; beim Erkalten erstarrt fast die ganze Masse; diese, welche



eine Menge nicht krystallisirendes Veratrin enthält, wird durch Abpressen hiervon befreit, mit Weingeist befeuchtet und nochmals abgepresst. Der Rückstand ist jetzt fast reines Jervin. Die abgepressten Flüssigkeiten enthalten Jervin und Veratrin. Sie werden mit Schwefelsäure versetzt, wodurch das Jervin niedergeschlagen wird. Der Niederschlag wird ausgewaschen, durch kohlen saures Natron in der Siedehitze zerlegt, abgedampft, und mit dem übrigen Jervin vermischt. Ich halte es für durchaus nöthig, die Substanz jetzt in Essigsäure zu lösen, durch gereinigte Kohle völlig zu entfärben, und durch Schwefelsäure niederschlagen. Der Niederschlag wird mit siedendem Wasser anhaltend ausgewaschen, wobei sich ein wenig auflöst, das zu der nächsten Bereitung benutzt werden kann. Der Rückstand wird dann durch kohlen saures Natron zerlegt; abgedampft, und wiederholt in Alkohol umkrystallisirt. Es bildet dann feine, weisse Krystallnadeln, welche fast keinen Geschmack, einen gelinden Geruch nach Viburnum Opulus haben, sich schwer in Wasser und kaltem Alkohol, sehr leicht in kochendem lösen. Mit Schwefel-, Salpeter- und Chlorwasserstoffsäure bildet es in Wasser sehr schwer lösliche Verbindungen, die sich leicht in Weingeist auflösen, mit Essigsäure, Phosphorsäure, Weinsteinsäure leicht lösliche. Nach meinen Analysen besteht es aus  $C_{34}H_{15}N_2O_2$  oder 79,34 C. 9,44 H. 5,40 N. 6,41 O. Will fand  $C_{66}H_{26}N_4O_3 + 4 Ag.$ , ist also die kohlenstoffreichste der jetzt bekannten Basen. Es enthält im krystallisirten Zustande 2 At. Wasser; das schwefelsaure Salz enthält 2 At. Wasser, das chlorwasserstoffsäure ebenfalls.

Es ist ohne bemerkbare Wirkung auf den thierischen Organismus, weshalb Jervin ein schlecht gewählter Name ist, da er davon abgeleitet ist, dass die Spanier das Gift aus Helleborus albus de Jerva nannten. Simon, in Poggend. Annal. XLI. 569. Will in Lieb. Ann. XXXV. 118. M.

**Ilicin.** Das Decoct der Blätter von Ilex aquifolium wird mit Bleiessig gefällt, das Filtrat abgedampft, mit absolutem Alkohol ausgekocht, dieser verdampft. Es bleiben dabei kleine gelbbraune Krystalle zurück, die bitter schmecken, sich leicht in Wasser und Alkohol, nicht in Aether lösen. Delechamps fand, dass diese Lösung Metalloxydsalze nicht fällt. Gegen Wassersucht und Wechselfieber wurde die Substanz wie das Decoct nicht mit grossem Glück angewendet. M.

**Ilmenit** ein zum Titaneisen (s. d.) gehöriges und nach seinem Fundort dem Ilensee bei Miask im Ural benanntes Mineral.

**Ilvait** s. Lievrit.

**Imabenzyl.** Bei der Einwirkung des Ammoniaks auf eine siedende alkoholische Lösung von Benzyl entstehe, wie Zinin beobachtet, Benzoeäther, eine Verbindung  $C_{12}H_{10}O_2N_2$ , und mehrere andere Stoffe; Laurent fand unter diesen eine in Nadeln krystallisirende und durch Kali zersetzbare; sie besteht aus  $C_{22}H_{22}N_2O_2$ , entstanden durch  $2(C_{11}H_{10}O_2) + N_2H_6 = C_{22}H_{22}N_2O_2 + 2H_2O$ ;



man kann den Körper als Benzyl betrachten, in dem 1 Doppelatom Sauerstoff durch 1 Aequivalent Imid ersetzt ist =  $C_{10}H_{10} + (O_2, N, H_2)$ , während das Doppelatom des Benzyls aus  $C_{10}H_{10}O_2$  besteht. Laurent, Journ. f. pract. Chemie XXVII. 313. M.

**Imabibromisatin** (Imabibromisatinöse). Das Bibromisatin im Ueberschuss mit siedendem absolutem Alkohol zusammengebracht und mit einem Ammoniakstrom behandelt, löst sich leicht auf. Beim Erkalten setzt sich ein aus röthlichgelben, mikroskopischen Blättchen gebildetes Pulver, später ein mehr rothes Pulver ab. Man darf demnach nicht zu lange warten, um den ersten Niederschlag abzuschneiden. Dieser entspricht nicht dem unter gleichen Umständen erhaltenen Imasatin und Imachlorisatin (s. d.) sondern dem Imasatin. Die Wärme entwickelt daraus eine in Nadeln krystallisirende Substanz; Alkohol und Aether lösen nur Spuren davon auf. Chlorwasserstoffsäure ist ohne Wirkung darauf; Kali löst ihn ohne Abscheidung von Ammoniak auf, und eine Säure fällt daraus einen gallertartig-weisslichen Niederschlag. Die Substanz besteht aus  $C_{10}H_{10}N_2O_2Br_2 = C_{10}H_{10}Br_2 + N_2O_2 =$  Bibromisatin, in dem ein Doppelatom Sauerstoff durch ein Aequivalent Imid ersetzt ist. Laurent (Journ. f. pract. Chemie. XXV. 468. M.

**Imachlorisatin.** Wird Chlorisatin mit Ammoniak und Alkohol gekocht, so löst es sich leicht, die Flüssigkeit nimmt eine braunrothe Farbe an. Nach einigen Tagen setzen sich gelbbraune, rundliche Körper ab; scheidet man diese ab, und setzt Wasser zur Flüssigkeit, so bekommt man dieselbe Verbindung in blassrothem Pulver; durch Salzsäure erhält man aus der rückständigen Flüssigkeit zuerst einen rothbraunen harzigen, durch Eindampfen einen krystallinischen Absatz, welche nicht hinreichend gekannt sind. Die ersten Absätze werden mit Alkohol gekocht, der das Imachlorisatin nicht aufnimmt, und es als blassröthliches Pulver hinterlässt. Es besteht aus  $C_{10}H_{10}N_2Cl_2O_2 =$  Chlorisatin, in welchem ein Doppelatom Sauerstoff durch ein Aequivalent Imid ersetzt ist. In seinen Eigenschaften gleicht es dem Imasatin. Laurent (Journ. für pract. Chemie. XXV. 467.) M.

**Imasatin.** Wenn man in eine Auflösung von Isatin in gewöhnlichem Alkohol, welche noch überschüssiges Isatin enthält, gewöhnliches flüssiges Ammoniak giesst, so nimmt die Flüssigkeit eine sehr dunkle carminrothe Farbe an. Es scheint sich dabei zuerst isatinsaures Ammoniak zu bilden, denn das überschüssige Isatin löst sich auf und wenn man das Alkali durch eine Säure sättigt, so bildet sich ein Niederschlag von Isatin. Wenn man dagegen die ammoniakalische Flüssigkeit an einem 40–50° warmen Orte stehen lässt, so bildet sich allmählig im Verlaufe einiger Tage ein grauer krystallinischer oder aus braunen rundlichen Körnern gebildeter Absatz.

Die nämliche Verbindung wird erhalten, wenn man die ammoniakalische Flüssigkeit sieden lässt, es bildet sich bald ein brauner weicher harziger Absatz, welcher dem vorhergehenden gleich ist, aber einer Reinigung bedarf. Zu diesem Zwecke löst man ihn in ei-

ner möglichst kleinen Menge Kali in der Wärme auf, verdünnt die Lösung mit Alkohol, filtrirt, wenn es nöthig ist, erhitzt von Neuem und neutralisirt die Flüssigkeit, während sie heiss ist, mit Salzsäure. Beim Erkalten setzen sich krystallinische Körper von Imasatin ab.

Man wäscht sie zuerst mit etwas Alkohol, dann mit Wasser, um das Chlorkalium aufzulösen. Das Imasatin ist graulich-gelb, häufig ins Braune oder Grünliche ziehend, wegen der Gegenwart einer kleinen Menge fremder Substanzen. Es ist bald in blätterigen Körnern krystallisirt, bald besteht es aus kleinen abgerundeten dunkeln Kügelchen. Siedender Alkohol löst nur sehr wenig davon auf. In der Wärme zersetzt es sich so wie es zu schmelzen beginnt. Es entwickelt sich Ammoniak von einem stinkenden Geruch begleitet. Es sublimirt dabei eine weisse Substanz in sehr spitzen und so verlängerten Rhomboëdern, dass sie Nadeln bilden. In der Retorte bleibt viel Kohle zurück. Siedende Salpetersäure zersetzt es nicht. Concentrirte Schwefelsäure löst es auf, Wasser bildet in dieser Lösung einen weisslichen gallertartigen Niederschlag. Wenn man aber die Flüssigkeit, statt sie mit Wasser zu verdünnen, der Luft aussetzt, so lässt die Schwefelsäure, während sie Wasser anzieht, rundliche strahlige Körper fallen, welche Imasatin zu sein scheinen.

Aetzkali löst es auf und färbt sich dabei etwas braun, die Lösung mit Wasser verdünnt und durch eine Säure neutralisirt, giebt einen weisslichen gallertartigen Niederschlag. Brom entwickelt Hydrobromsäure daraus und es bildet sich eine gelbe, in Alkohol sehr lösliche Substanz. Siedende Salpetersäure zersetzt es, die Lösung giebt beim Verdünnen mit Wasser einen sehr reichlichen gelben, flockigen Niederschlag. Es besteht aus  $C_{32}H_{20}N_4O_6 + N_2H_2$ ; zwei Aequivalente Isatin werden durch ein Aequivalent Ammoniak zerlegt.  $C_{32}H_{20}N_4O_6 + N_2H_2 = C_{32}H_{18}N_4O_6 + N_2H_2 + 2H_2O$ . Das Isatin kann daraus nicht wieder erzeugt werden. Laurent (Journ. f. pract. Chemie. XXV. 459.) M.

**Imasatinsäure.** Löst man Imasatin in verdünntem Ammoniak auf, zersetzt die Lösung durch Salzsäure, löst den Niederschlag in möglichst wenig Ammoniak und zersetzt wiederum durch Salzsäure, so erhält man einen, dem Quecksilberjodid ähnlichen Niederschlag der neuen Säure. Sie bildet rhombische Blättchen von grossem Glanze; wenig löslich in heissem Alkohol, werden sie von Schwefelsäure mit violetten Farben aufgenommen, durch Wasser daraus wiederum gefällt. Salpetersäure zersetzt die Substanz in der Hitze. Die Verbindung ist vielleicht eine Imidverbindung des Isatins; sie besteht aus  $C_{32}H_{20}N_4O_6 + N_2H_2$ . Laurent (Journ. für pract. Chemie. XXV. 463.) M.

**Imid.** Eine hypothetische Stickstoff-Wasserstoffverbindung, welche in manchen organischen Zersetzungsprodukten der Ammoniaksalze enthalten ist. Es besteht aus  $N_2H_2$ , während Amid =  $N_2H_4$ , Ammoniak =  $N_2H_6$ , Ammonium =  $N_2H_8$  ist. Eine solche Verbindung ist z. B. das Benzimid =  $C_6H_4O_4 + N_2H_2$ , welche man auch als  $C_6H_4O_4 + N_2H_2$  zusammengesetzt sich denken kann, alsdann Bibenzamid genannt. M.

**Imperatorin.** Osánn fand in der Wurzel von Imperatoria Ostrutium durch Ausziehen mit Aether eine krystallisirende Substanz, welche nach Fr. Doebereiner aus  $C_{24}H_{22}O_8$  besteht; sie bildet farblose, lange, durchsichtige, schiefe Prismen, geruchlos, scharf schmeckend, neutral reagirend; sie schmilzt bei  $75^\circ$ , erstarrt zu strahliger Masse von 1,192 spec. Gewicht. Bei höherer Temperatur zerlegt es sich; es ist unlöslich in Wasser, löslich in Alkohol, Aether, fetten und ätherischen Oelen. Säuren und Alkalien lösen es unverändert auf; mit Jod bildet es eine braunrothe Masse, die beim Erwärmen Jod abgibt.

M.

**Imponderabilien** nennt man Licht, Wärme, Electricität und Magnetismus, wenn man deren Erscheinungen nicht als Aeusserungen irgend einer Thätigkeit, sondern als Körper ansieht. Diesen Körpern fehlt dann aber eine der wesentlichsten Eigenschaften der gewöhnlichen Körper, die Schwere. In der neueren Zeit hat man das Wort Imponderabilien fast nur noch als Namen für die vier genannten Erscheinungen beibehalten, ohne denselben auch ferner noch die Körperlichkeit zuzuerkennen. Nur sehr Wenige bleiben noch der alten Ansicht getreu, wobei sie sich wohl besonders auf Facta stützen, bei denen wirklich von einer Wärmemenge u. dgl., die in bestimmten, den chemischen Aequivalenten vergleichbaren Verhältnissen auftreten, wie z. B. bei der latenten und specifischen Wärme. In diesem bestimmten Sinne unterschied man einen Wärmestoff (*calorique*), Lichtstoff (*lumorique*) u. s. w. von der Wärme und dem Licht (*chaleur, lumière*) als Zustände der Körper gedacht.

Bz.

**Inclination** oder Neigung der Magnetnadel nennt man den Winkel, welchen eine in ihrem Schwerpunkt aufgehängte Magnetnadel mit dem Horizont macht. Da sich die freischwebende Nadel stets in die Ebene des magnetischen Meridians stellt, so wird die Neigung schon durch eine Nadel angezeigt, die um eine, durch den Schwerpunkt gehende, auf diesen Meridian senkrechte Axe beweglich ist.

Das Vorhandensein einer Inclination wurde zuerst von Robert Normann, einem Compassmacher zu Ratclif bemerkt, welcher sie 1576 für London auf  $71^\circ 50'$  bestimmte.

Wie die Declination ist auch die Neigung secularen Aenderungen, einer täglichen und einer jährlichen periodischen Aenderung, und kleinen unregelmässigen (sogenannten stündlichen) Aenderungen unterworfen, von denen die letzten am auffallendsten zur Zeit eines Nordlichts sind. In Bezug auf die täglichen Variationen schliesst Kupffer aus seinen Beobachtungen, dass die Neigung ihr Maximum erreiche 10<sup>h</sup> Morgens, ihr Minimum 10<sup>h</sup> Abends, dass jedoch namentlich die Zeit des Minimums sehr stark variire, indem dasselbe, besonders im Sommer, schon zuweilen 5<sup>h</sup> Abends eintrete; und dass übrigens die Aenderungen im Sommer grösser als im Winter seien.

Was die jährliche Periode betrifft, so scheint das Maximum im Frühling, das Minimum im Herbst einzutreten.

Ueber die Grösse der Neigung an den verschiedenen Orten der Erde siehe Artikel Isoclinen; über das Theoretische der Erscheinung



den Artikel Erdmagnetismus; über die Bestimmung ihrer Grösse den Artikel Inclinatorium.

**Inclinatorium** ist der Name für diejenigen Instrumente, welche zur Messung der magnetischen Neigung dienen.

Die bisherigen Bestimmungen dieser Neigung geschahen entweder 1) durch Beobachtung einer in einer vertikalen Ebene beweglichen Magnetnadel, oder 2) durch Beobachtung der Oscillationsdauer schwingender Magnetnadeln, oder 3) durch Beobachtung der Ablenkung einer Declinationsnadel, welche ein durch den Erdmagnetismus inducirter galvanischer Strom verursacht.

1) Die Richtung einer Magnetnadel, welche sich um eine durch deren Schwerpunkt gehende und auf dem magnetischen Meridian und auf der Längendimension der Nadel senkrechte Queraxe frei bewegen kann, würde unmittelbar die Neigung angeben, wenn die magnetische Axe derselben genau mit ihrer geometrischen Längensaxe zusammenfiel. Es ist aber namentlich eine noch unüberwundene Schwierigkeit, den Schwerpunkt einer Magnetnadel mit Sicherheit zu bestimmen, da Stahlnadeln schon während der Bearbeitung mehr oder weniger Magnetismus annehmen, und ein durch Abgleichung der Nadelarme hergestelltes Gleichgewicht nur dann der Schwere allein zugeschrieben werden kann, wenn kein Magnetismus im Spiel ist.

Um nun die Messungen auch benutzen zu können, wenn der Schwerpunkt aussorhalb der Drehungsaxe liegt, bestimmt man zugleich die Neigung der Nadel, nachdem man sie so umgekehrt hat, dass die Unterseite der Drehungsaxe nach oben zu liegen kommt; kehrt alsdann die Pole der Nadel durch Streichen um, und beobachtet wiederum die Neigung zweimal, wie vorher successiv beide Seiten nach oben kehrend.

Wie nun aus den vier Ablesungen die wahre Neigung gefunden werden kann, geht aus Folgendem hervor:

Ist  $AB$  die Richtung der bei  $C$  (im Meridian) aufgehängten Nadel;  $g$  deren Schwerpunkt;  $DE$  die Lage der Nadel, wenn der Schwerpunkt in  $C$  läge,  $CF$  eine Vertikale,  $DCF$  (das Complement der Inclination)  $= \alpha$ ;  $ACF = \beta$ ;  $ACg = \gamma$ : so ist, da der Erdmagnetismus die Nadel mit einer dem Sinus des W.  $ACD$  proportionalen Kraft, die Schwere mit einer dem Sinus des W.  $gCF$  proportionalen Kraft zu drehen strebt, und beide Kräfte sich das Gleichgewicht halten,

$$A \sin(\alpha - \beta) = B \sin(\beta - \gamma),$$

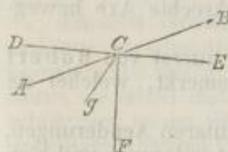
woraus, wenn man  $B = Ae$  setzt, folgt:

$$1) \quad \operatorname{tg} \beta = \frac{\sin \alpha + e \sin \gamma}{\cos \alpha + e \cos \gamma}$$

Keht man nun die Nadel um, so kommt  $g$  oberhalb der Axe zu liegen,  $\gamma$  wird negativ, und der W.  $ACF$  erhält einen andern Werth  $\beta'$ , welcher demnach gegeben ist durch

$$2) \quad \operatorname{tg} \beta' = \frac{\sin \alpha - e \sin \gamma}{\cos \alpha + e \cos \gamma}$$

Keht man ferner die Pole der Nadel um, so behält  $\gamma$  seinen



Werth, aber  $\epsilon$  ändert sich in Folge der Aenderung des magnetischen Moments etwa in  $\epsilon$  um,  $g$  kommt auf die andere Seite der Vertikalen  $CF$  zu liegen, und es wird daher, die Winkel zwischen  $CF$  und der Nadel in den Lagen, welche den Gleichungen (1) und (2) entsprechen,  $\beta''$  und  $\beta'''$  nennend:

$$3) \quad \operatorname{tg} \beta'' = \frac{\sin \alpha + \epsilon \sin \gamma}{\cos \alpha - \epsilon \cos \gamma} \quad 4) \quad \operatorname{tg} \beta''' = \frac{\sin \alpha - \epsilon \sin \gamma}{\cos \alpha - \epsilon \cos \gamma}$$

Setzt man über dies  $\operatorname{tg} \beta + \operatorname{tg} \beta' = M$ ,  $\operatorname{tg} \beta - \operatorname{tg} \beta' = m$ ,  $\operatorname{tg} \beta'' + \operatorname{tg} \beta''' = N$ ,  $\operatorname{tg} \beta'' - \operatorname{tg} \beta''' = n$ , so ergibt sich aus (1 und 2) und aus (3 und 4) resp.

$$5) \quad \operatorname{tg} \gamma = \frac{m \sin \alpha}{2 \sin \alpha - M \cos \alpha}, \quad \operatorname{tg} \gamma = \frac{n \sin \alpha}{N \cos \alpha - 2 \sin \alpha},$$

und hieraus die Endgleichung, welche die wahre Neigung  $90 - \alpha$  bestimmt,

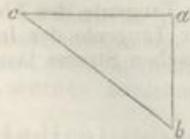
$$A) \quad \operatorname{tg} \alpha = \frac{mN + Mn}{2(m+n)}.$$

Die Umkehrung der Pole hat man indess nur bei der ersten Messung nöthig. Denn hat man auf dem eben bezeichneten Wege für eine bestimmte Zeit das  $\alpha$  gefunden, so giebt die Gleichung (5) den für alle Zeiten sich gleichbleibenden Werth von  $\gamma$ , und diese Gleichung (5) liefert dann für alle folgende Fälle das  $\alpha$  in  $\gamma$  ausgedrückt, nämlich

$$B) \quad \cot \alpha = \frac{2 - m \cot \gamma}{M}.$$

Das Instrument, mit welchem diese Messungen geschehen, besteht im Wesentlichen aus einer möglichst genau äquilibrirten Nadel, deren Queraxe mit ihren möglichst feinen Enden auf horizontalen Achatflächen ruht, und aus einem ringförmigen getheilten vertikalen Kreise, dessen innerer Rand von den keilförmig zugeschärften Enden der Nadel, die mit einem feinen Strich zur Bezeichnung der magnetischen Axe versehen sind, fast berührt wird. Zur Abhaltung des Luftzuges ist das Ganze in einen parallelepipedischen Glaskasten geschlossen, in welchem ein horizontaler Messingrahmen zur Aufnahme der Achallager angebracht ist, und dessen hintere Wand behufs der Herausnahme und Umwendung der Nadel sich abnehmen lässt. Zwei Mikroskope zur Ablesung, die sich an den Enden eines gleicharmigen Hebels befinden, lassen sich durch eine Zapfenbewegung zu den Nadelenden hinbewegen. Eine Schnur mit einem Gewicht am Ende hängt vom Deckel des Kastens dicht hinter dem Centrum des Kreises herab, damit man sich versichern könne, dass die Vertikalpunkte der Theilung in einer Vertikalen liegen. — Um sich vor Excentricitäts- und Theilungsfehlern zu sichern, kann man jede der Messungen doppelt anstellen, ein Mal den Kasten vom magnetischen  $N$  nach dem magnetischen  $S$ , das zweite Mal von  $S$  nach  $N$  stellend.

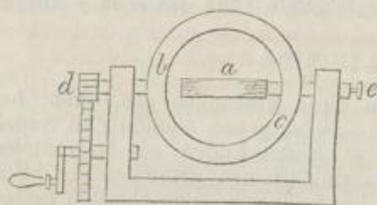
2. Oscillations-Inclinatorium. Stellt  $cb$  die Kraft vor, mit welcher der gesammte Erdmagnetismus auf die Nadel wirkt, ist  $acb$  die Inclination, und  $ba$  senkrecht auf  $ac$ , so ist  $ca$  die horizontale,  $ab$  die vertikale Componente der Erdkraft. Soll nun auf eine Nadel die Kraft  $cb$  wirken, so muss sie in der Ebene des magnetischen



Meridians sich befinden; soll die Kraft  $ab$  auf sie wirken, so muss sie in einer vertikalen und auf dem Meridian senkrechten Ebene angebracht sein; soll endlich die Kraft  $ac$  auf sie wirken, so muss sie in einer horizontalen Ebene sich befinden. Da nun die Schwingungszeiten sich verkehrt verhalten, wie die Quadratwurzeln aus denjenigen Kräften, welche die Schwingungen erzeugen, so lässt sich das Verhältniss der Kräfte  $ac$ ,  $ab$ ,  $cb$  finden, wenn man dieselbe Nadel in jenen drei Ebenen nach einander schwingen lässt, und die Zeiten bestimmt, in welchen sie in diesen Ebenen eine bestimmte Zahl Schwingungen vollendet. Je zwei dieser Beobachtungen reichen zur Bestimmung der Inclination aus. Sind nämlich die Schwingungszeiten für die Kräfte  $ac$ ,  $ab$ ,  $cb$  resp.  $p$ ,  $q$ ,  $r$ , so hat man, die Neigung  $= i$  setzend,

$$\sin i = \frac{r^2}{q^2}, \quad \cos i = \frac{r^2}{p^2}, \quad \operatorname{tg} i = \frac{p^2}{q^2}.$$

Durch Genauigkeit der Resultate zeichnet sich besonders die hierauf beruhende Einrichtung des Waltershausen'schen Oscillations-Inclinatoriums aus, über welches man Gauss und Weber's Resultate d. Beobacht. 1838, S. 58. sehe.



3. Inductions-Inclinatorium (von Weber beschrieben in Gauss und Weber's Result. d. Beobacht. 1837.) Ein in der Figur durch  $bc$  bezeichneter kupferner Ring wird um eine Boussole  $a$  um die im magnetischen Meridian befindliche horizontale Axe  $dc$  mittelst Zahnrad und Getriebe schnell gedreht, und hierdurch in dem-

selben vom Erdmagnetismus ein magneto-electrischer Strom erregt, welcher die Nadel ablenkt. Die Ablenkung geschieht nur durch den vertikalen Theil des Erdmagnetismus, da in Folge der Stellung des Ringes im Meridian weder die Nadel noch der horizontale Theil des Erdmagnetismus einen Strom erregen kann. Der Ring selbst wirkt dabei als Commutator und bewirkt daher eine Ablenkung stets nach derselben Richtung, indem bei jeder Umdrehung während der einen Hälfte derselben der inducirte Strom nach der einen, während die andere Hälfte nach der andern Richtung geht. Ueberdies versieht der gedachte Inductionsring zugleich die Dienste eines Multiplimators und verstärkt die Ablenkung. Endlich wirkt derselbe auch dämpfend auf die Schwingungen der Nadel und giebt derselben eine feste ruhige Lage.

Da der horizontale Theil des Erdmagnetismus die Nadel in den Meridian, der vertikale mittelst des inducirten Stroms in die darauf senkrechte Richtung zu drehen strebt, so muss die Tangente des Ablenkungswinkels (der Quotient beider Kräfte) der Tangente der Inclination proportional sein. Die Kraft des galvanischen Stroms lässt sich aber nach Gauss ausdrücken durch

$$k = \frac{T}{w} \pi r^2 \cos q \, dq,$$

wo  $T'$  der vertikale Theil der Erdkraft,  $r$  der Ringhalbmesser,  $\varphi$  der Winkel zwischen der Ringebene und der Vertikalebene,  $d\varphi$  der Drehungswinkel, und  $w$  der Widerstand des Ringes ist; und die ablenkende Kraft dieses Stromes auf die in der Mitte des Ringes befindliche Boussole

$$km \frac{2\pi r}{r^2} \cos \varphi,$$

wo  $m$  den Nadelmagnetismus bedeutet. Den Werth für eine halbe Umdrehung erhält man daher, wenn man den letzten Ausdruck von  $\varphi = -\frac{1}{2}\pi$  bis  $+\frac{1}{2}\pi$  integrirt, also gleich

$$\frac{\pi^2 r}{w} MT'.$$

Für  $n$  Umdrehungen in einer Secunde ist daher die ablenkende Kraft

$$\frac{2n\pi^2 r}{w} MT',$$

und mithin ist: (da, wenn  $T$  die horizontale Erdkraft ist,  $MT$  die Kraft ausdrückt, welche die Nadel in den Meridian zu drehen strebt) die Ablenkung  $v$  der Nadel gegeben, durch die Gleichung

$$tgv = \frac{2n\pi^2 r}{w} \frac{MT'}{MT} = \frac{2n\pi^2 r}{w} tgi,$$

wo  $i$  die gesuchte Inclination vorstellt.

Da bei gleichbleibender Umdrehungsgeschwindigkeit  $n$ , und mithin der Coëfficient von  $tgi$  constant ist, so lässt sich der Werth des letzteren aus einer einzigen Beobachtung des  $v$  ein für alle Mal bestimmen, wenn man gleichzeitig auf einem anderen Wege den Werth von  $i$  sich verschafft.

Eine einzige Ablesung genügt daher zur Bestimmung von  $i$  für jede andere Zeit, oder zwei Ablesungen, wenn man behufs grösserer Schärfe, ein Mal vorwärts, ein zweites Mal rückwärts mit derselben Geschwindigkeit dreht; es ist daher wegen des geringen Zeitaufwandes dieser Bestimmungsart das Instrument ganz vorzüglich geeignet, die stündlichen Variationen der Neigung zu beobachten.

Der Inductor, dessen sich Weber bei seinen ersten Versuchen nach dieser Methode bediente, bestand aus 16 aus Kupferblech geschnittenen Reifen, deren innerer Durchmesser 100<sup>mm</sup>, deren äusserer 161<sup>mm</sup> betrug, und hatte (eine Distanz von 12<sup>mm</sup> zwischen den 8 ersten und 8 letzten Ringen eingerechnet) eine Dicke von 34<sup>mm</sup>. Sieben Umdrehungen der Kurbel entsprechen 40 Umdrehungen des Ringes.

Dasselbe Instrument erlaubt auch, ohne Hilfe eines anderen Instruments, die absolute Neigung zu bestimmen, wenn man ein zweites Mal die Drehungsaxe vertikal stellt, die Boussole aber wiederum so befestigt, dass sie horizontal bleibt, indem man hiedurch die alleinige horizontale Erdkraft als Inductionskraft einführt. Das Nähere hierüber sehe man bei Weber a. a. O.

R.

**Indianit**, ein dem Labrador ähnliches, in der Zusammensetzung aber davon verschiedenes Mineral, das nach seinem Vaterlande Ceylon in Indien von Bournon benannt und von Laugier zerlegt wurde. Berzelius Jahresb. VIII. 213.

B.

**Indicolith** wird der blaue Turmalin genannt.

**Indifferenzpunkte** nennt man sowohl auf Magneten, als auf Leitern, die durch Vertheilung elektrisirt sind, diejenigen Punkte, in denen das  $+M$  und  $-M$ , oder das  $+E$  und  $-E$  gleich stark sind und welche daher anziehende und abstossende Wirkung äussern können. R.

**Indig.** Der Indig ist eine Pflanzenfarbe, welche in einer Anzahl verschiedener Pflanzen auftritt, unter denen besonders die Arten der Indigofera (tinctoria, Anil, dispuna u. a.), Nerium tinctorum, Isatis tinctor., lusitanica, Polygonum tinet, u. a. ihn liefern. Am reichlichsten aus den Indigoferen. In neuester Zeit hat man, besonders in Frankreich, die Aufmerksamkeit auf Polygonum tinctorium gerichtet, jedoch ohne beträchtlichen Erfolg.

Die in Blüthe stehende Pflanze wird gemäht, mit Wasser bedeckt, der Gährung unterworfen; Kohlensäure und Wasserstoff entwickeln sich; die Flüssigkeit wird gelb, der Schaum darauf bald violett; dieser schlägt sich nieder und stellt sodann den Indig dar. Chevreul zeigte, dass die Gährung hierzu nicht nothwendig sei, und luftfreies Wasser aus dem Waid einen Stoff auszöge, der an der Luft sich in Indig verwandele. Kalkwasser der Flüssigkeit beigemischt, beschleunigt die Ausfällung des Indigs. Getrocknet, wie er im Handel vorkommt, hat er eine erdige blaue Farbe; einen kupferrothen Strich, ist leicht, so dass er, durch Porosität, auf Wasser schwimmt, und besteht aus einer Anzahl verschiedener Stoffe, von denen der eigentliche Farbestoff noch nicht die Hälfte ausmacht. Berzelius hat besonders vier Stoffe aufgefunden: Indigleim, Indigbraun, Indigroth und Indigblau s. d. einz. Art.

Um mit dem Indig zu färben, muss man ihn auflösen; Wasser, Alkohol u. s. w. lösen ihn nicht; am besten concentrirte rauchende Schwefelsäure, welche die Indigschwefelsäure erzeugt, mit welcher gefärbt wird. Um ihn zu dieser Anwendung hinreichend zu reinigen, wird er der Küpe unterworfen, s. Indigküpe. Da die Güte des Indigs nur von dem Gehalt an Farbestoff abhängt, so unterwirft man ihn zur Prüfung der verschiedenen Indigproben, s. d. Art.

Ueber die Bestandtheile des Indigs s. Berzelius in Poggend. Ann. X. 105. M.

**Indigblau.** Das Indigblau, der eigentliche Farbestoff des Indigo, kann unmittelbar aus dem Stoffe durch Sublimation erhalten werden, namentlich im luftleeren Raum. Auf diese Weise erhält man sehr geringe Ausbeute; besser erreicht man im Grossen die Reinigung durch die Indigküpe (Vitriolküpe), am bequemsten auf die Methode, welche Fritsche empfohlen hat. (Journ. f. pr. Ch. XXVIII. 194.) 4 Unz. gepulverter roher Indig und 4 Unz. Traubenzucker werden in einer 12 Pfd. haltenden Flasche mit heissem Alkohol von 75 p. Ct. Richt. übergossen, 6 Unzen concentrirte Natronlauge hinzugefügt, die Flasche mit heissem Alkohol erfüllt und sich selbst überlassen. Nach einigen Stunden wird die Flüssigkeit abgezapft und in Ruhe an der Luft oxydiren gelassen. Der Indig schlägt sich krystallinisch nieder und wird mit heissem Alkohol und heissem Wasser abgewaschen. Die Ausbeute ist oft 50%. Das erhaltene Indigblau

ist ein glänzendes krystallinisches Pulver. Durch Sublimation kann man es in grösseren Krystallen erhalten. Es verdampft bei  $290^{\circ}$  (Crum.) und bildet oft ganz durchsichtige Krystalle; sp. G. 1,35. Der Farbstoff ist unlöslich in Wasser, siedender Alkohol färbt sich blau von einer Spur von aufgelöster Substanz; unlöslich in Aether, verdünnter Säure und Alkalien.

Concentrirte Säuren ändern es auf verschiedene Weise um; ebenso kaustische concentrirte Alkalien s. u. Das Indigblau besteht aus  $C_{16}H_{10}N_2O_2$  nach Analyse verschiedener Chemiker; die früher von Erdmann und mir aufgestellte Formel  $C_{16}H_{10}N_2O_3$  war in Folge des früher unrichtig angenommenen Atomgewichts des Kohlenstoffes entstanden.

Wird Indigblau mit Kali gekocht, so wird es gelb und es bilden sich Chrysanilsäure und Anthranilsäure (Fritsche Journ. f. pr. Chem. XXIII. 67. Liebig hierüber Ann. der Pharm. XXXIX. 91.). Die Chrysanilsäure besteht aus  $C_{12}H_{10}N_2O_4 + H_2O$ . Die Anthranilsäure aus  $C_{11}H_{11}N_2O_3 + H_2O$ . Diese zerfällt beim Erhitzen in Anilin und Kohlensäure =  $C_{11}H_{11}N_2 + 2CO_2$ . Mit Salpetersäure erhitzt, giebt der Indig zuerst Isatin, sodann Indigsäure, zuletzt Picrinsäure; dabei entsteht eine kleine Menge eines süßen, zuckerartig schmeckenden flüchtig krystallisirenden Stoffes. Fritsche a. a. O. XVI. S. 507. Mit Königswasser geht er in chlorhaltiges Oel über, von sehr scharfem Geschmack und Geruch. Chromsäure liefert Isatin; verdünnte Schwefelsäure giebt eine blaue Auflösung in der Wärme, welche durch Wasser das Indigblau fallen lässt; concentrirte, namentlich rauchende und wasserfreie Schwefelsäure giebt eine dunkelblaue Flüssigkeit, die Indigschwefelsäure und Indigunterschwefelsäure enthält. Chlor bildet Chlorisatin und Bichlorisatin, Brom die entsprechenden Verbindungen. S. Isatin, Indigweiss. M.

**Indigbraun.** Ein in dem rohen Indig enthaltener Stoff, der sich in schwach erhitzter Kalilauge auflöst, und hierdurch, vielleicht jedoch unter Zersetzung von Indigblau, getrennt werden kann. Sowohl mit Basen als mit Säuren vereinigt sich der Stoff, durch Salpetersäure wird eine nicht verpuffende Säure gebildet. Vielleicht ist Chevreuls Indiggrün die Auflösung des Brauns in Ammoniak, die gelb ist und etwas Blau enthielt, wodurch sie grün erscheint. Vgl. Berzelius Lehrb. Bd. VII. 194. M.

**Indigküpe.** Die Indigküpen dienen dazu, um den in Wasser unlöslichen Indig in den auflöslichen Zustand zu versetzen, und mit diesen Auflösungen die Pflanzen- und Thierfaser zu färben. Diese Eigenschaft erhält der Indig in dem sogenannten reducirten Zustande (s. Indigweiss), oder durch Auflösen in Schwefelsäure (s. Indigschwefelsäure). Man hat warme und kalte Küpen; jene sind die Waid und die Pottaschen-Küpe; diese die Vitriol- und die Urinküpe. 1. Warme Küpen. a) Waidküpe: Diese wurde besonders angewendet, als der Indig noch unbekannt, und statt dessen der Waid benutzt wurde. Später wurde dem Waid eine bedeutende Menge Indig hinzugefügt. Die aus Holz, Eisen oder Kupfer gefertigte Küpe ist in den Boden der Werkstatt versenkt; das Feuer oder der Dampf

umspielt nur ihre Wände. Sie wird gefüllt mit getrocknetem, oder auch wohl mit präparirtem oder gegohrtem Waid; der letztere ist nicht so anwendbar, weil er schon gefault sein kann, mit fein gemahlenem Indig, Krapp oder Röthe, gebranntem Kalk, Kleie, Pottasche; statt dieser in Frankreich mit Wau. In die mit Wasser gefüllte Küpe wird die Mischung eingebracht, bis auf 70° erwärmt, bis sich die Spuren der Umwandlung des Indigs zeigen; (12—48 Stunden). Blaue Blasen kommen auf die Oberfläche, zerplatzen und lassen einen kupferrothen Schaum stehen; die Flüssigkeit wird so sauer, dass sich alles Alkali sättigt und doch noch vorwaltet; sie muss sodann durch Kalk abgestumpft werden. Ist sie weingelb, so ist sie zum Färben zu benutzen; sie muss viel Kalk, doch nicht im Ueberschuss enthalten; darf nicht einmal neutral sein. Das Färben kann 6 Monate fortgesetzt werden. Krapp und Kleie werden von Zeit zu Zeit hinzugesetzt, um die Gährung zu unterhalten, Indig und Pottasche werden gleichfalls ersetzt, wenn sie durch das Färben entzogen sind. Wird der Kalk in Ueberschuss erhalten, so fällt Indig damit nieder (Scharf- oder Schwarzwerden). Eisenvitriol hinzugesetzt, hilft am schnellsten. Die Küpe kann auch faulen, durchgehen, dann wird der Waid zerstört; dies geschieht nur in der ersten Periode. Die zu färbenden Substanzen werden in die Küpe eingetaucht und dann gelinde bewegt, ohne die Küpen aufzurühren. Nach  $\frac{3}{4}$  Stunden nimmt man die Substanzen heraus, sie färben sich dann an der Luft blau (vergrünen), und können dann in der Küpe von Neuem Farbe aufnehmen. Bei der Waidküpe dient (wie in dem Fritsche'schen Verfahren s. Indigblau) die Gegenwart des Zuckers, der Stärke und des Klebers zur Reduktion des Indigs. Kalk schlägt das Indigbraun nieder, welches das Kali gelöst hatte; auch andre Extractivstoffe nimmt er auf. b) Pottaschen-Küpe, auch Indigküpe genannt. Indig wird mit Krapp, Kleie und Pottasche aufgelöst, 12 Pf. Indig, 8 Pf. Krapp und 8 Pf. Kleie werden mit 24 Pf. Pottasche und 120 Cub. F. Wasser angesetzt, nach 36 Stunden werden neue 12 Pf. Pottasche, und 12 Stunden darauf noch einmal ebensoviel hinzugesetzt. Nach 12 Stunden ist die Reduction so weit vorgeschritten, dass man Kalk hinzufügen muss. Diese Küpe färbt bedeutend schneller und besser, ist auch leichter zu behandeln. Indig mit dem gleichen Gewicht Krapp und dem doppelten Pottasche wird als Speisung hinzugefügt. Die Küpe erhält sich viele Monate.

2. Kalte Küpen. a) Vitriolküpe. Indig, fein gemahlen, wird mit Wasser, Eisenvitriol (frei von Kupfer- und Eisenoxyd), Kalk, auch Natron oder Kali vermischt. 1 Pf. Indig, 3 Pf. Vitriol; 4 Pf. Kalk; die Flüssigkeit wird sehr bald entfärbt und kann, um schnell zu färben, angewendet werden. Zu viel Kalk oder Vitriol schadet. b) Urinküpe. Faulender Urin mit Indigpulver gemengt, reducirt diesen. Der Ammoniakgehalt löst den reducirten Indig auf. Krapp wird ebenfalls oft hinzugesetzt; Alaun, um die Gährung zu mindern. Alle Küpen bezwecken das Indigblau in Indigweiss durch Wasserstoff liefernde Mittel zu verwandeln. Dieses löst sich in Alkalien und oxydirt sich an der Luft zu Blau. M.

**Indigleim.** Eine dem thierischen Leim nicht unähnliche Sub-

stanz findet sich in dem Indigo. Diese erhält man, wenn man den Indig mit verdünnter Schwefelsäure auszieht, und das Ungelöste mit Wasser anhaltend behandelt. Die gelbe Flüssigkeit wird mit Marmor gesättigt, filtrirt, eingedampft mit Alkohol ausgezogen und abgedampft. Der Leim bleibt als ein braungelber Firniss zurück. Er vereinigt sich leicht mit Säuren und Alkalien; ist stickstoffhaltig. Bei der Destillation zerlegt er sich, liefert stinkendes Oel. Dem Indigblau hartnäckig anhängend, verunreinigt er namentlich das sublimirte. Zusammensetzung unbekannt. S. Berzelius Lehrb. VII. 190. M.

**Indigprobe.** Da es bei dem Indig darauf allein ankommt, einen wie grossen Gehalt an Indigblau er enthält, so muss man ein Mittel haben, die Menge desselben genau zu bestimmen. Die beste Probe ist die, die ganze Menge des darin enthaltenen Blauen darzustellen. Dazu eignet sich die Fritsche'sche Methode (s. Indigblau); sie ist leicht und schnell auszuführen und liefert, bei zweimaliger Ausziehung, allen Indig. Dieser wird bei 100° getrocknet und gewogen. Die Methode von Dana besteht darin: 2½ Unze Indig fein gepulvert, werden mit einer ziemlich schwachen Lösung von Natron in einen Kolben gebracht, 8 Gran krystallisirtes Chlorzinn hinzugefügt. Die gelbe Flüssigkeit wird mit 500 Gran einer Auflösung von 50 Th. chromsauren Kali in 4000 Th. Wasser vermischt. Dadurch wird alles Blaue niedergeschlagen (Journ. f. pr. Chem. XXVI. 396.). Man hat auch die Entfärbung durch Chlor benutzt. Chlorwasser wird durch gereinigtes Blau auf seine entfärbende Kraft geprüft und mit diesem Chlorwasser der zu prüfende Indig untersucht. Die Methode ist unrichtig; die Substanz wird nicht entfärbt; ausserdem wirkt das Chlor auf die andern Stoffe, als Braun, Leim, Roth u. s. w. auch ein.

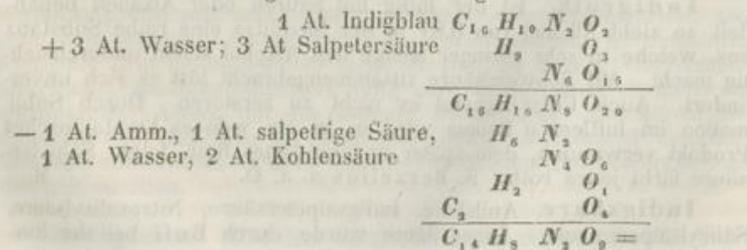
Die Vitriolprobe besteht darin, dass man auch Indigblau durch eine kleine Küpe darstellt. 1 Gramme Indig wird mit 2 Quart Wasser heiss vermischt und Kalkhydrat hinzugesetzt, in eine verstöpselte Flasche gebracht und Eisenvitriol hinzugesetzt, die klare Flüssigkeit nach einigen Tagen abgezogen, der Indig setzt sich an der Luft ab, und wird, mit heissem Wasser ausgewaschen und gewogen. M.

**Indigpurpur.** Phönicinschwefelsäure. Er wird erhalten, wenn man Indigblau in concentrirter Schwefelsäure auflöst. Ehe sich Indigschwefelsäure bildet, erzeugt sich diese Verbindung (Crums Phönicin). Durch ein Salz wird ein blauer Niederschlag gebildet, welcher aus der Basis und der Phönicinschwefelsäure besteht. Durch Reduction wird die Verbindung entfärbt, an der Luft aber wieder blau. M.

**Indigroth.** Ist der Indig mit Säuren oder Alkalien behandelt, so zieht Alkohol von 0,83 in der Siedhitze eine rothe Substanz aus, welche in sehr geringer Menge den Alkohol schon undurchsichtig macht. Mit Schwefelsäure zusammengebracht löst es sich unverändert. Auch Chlor scheint es nicht zu zerstören. Durch Sublimation im luftleeren Raume wird es in ein weisses krystallines Produkt verwandelt, dem später unverändertes Roth folgt. Salpetersäure färbt jenes roth. S. Berzelius a. a. O. M.

**Indigsäure.** Anilsäure, Indigsalpetersäure, Nitrosalicylsäure, Salicylsalpetersäure. Diese Säure wurde durch Buff bei der Ein-

wirkung der Salpetersäure auf Indigo entdeckt. Er hielt sie Anfangs für wasserstofffrei. Dumas stellte ihre Zusammensetzung fest, welche durch spätere Untersuchungen bestätigt wurde. Man kann die Säure aus Indigo, am besten aus reinem Indigoblau darstellen, indem man dieses mit sehr schwacher Salpetersäure erhitzt. Hat die Reaction aufgehört, so krystallisirt neben der Indigsäure noch Picrinsäure heraus. Durch Binden an Bleioxyd und Filtriren der kochenden Masse erhält man die Säure an Bleioxyd gebunden; die durchgehende Flüssigkeit zersetzt man mit Salpetersäure; dann krystallisirt die Säure rein heraus. Sie gehört nicht zu der Indigoreihe, sondern zu den Salicylverbindungen, und kann aus Salicin unmittelbar erhalten werden, durch Einwirkung schwacher Salpetersäure auf dasselbe, dabei entsteht Salicylwasserstoff; leichter noch erhält man die Säure durch Behandeln von Salicylsäure mit verdünnter Salpetersäure in der Hitze, oder rauchender in der Kälte; sie krystallisirt dann leicht rein aus den Auflösungen. Concentrirte heisse Salpetersäure bildet Picrinsäure. Sie enthält in den fast weissen, sternförmig vereinigten Krystallen 3 Atome Wasser, von denen sie 2 At. (8,94%) bei 140° abgiebt; sie besteht dann aus  $C_{14}H_{10}N_2O_{10}$ . In den Salzen verliert sie ein Atom Wasser. Mit einem At. Wasser lässt sie sich vorsichtig erhitzen, fast völlig verflüchtigen und sublimirt in schönen seidenglänzenden Nadeln. Geschmolzen erstarrt sie zu sechsseitigen Tafeln. Bei der Destillation bilden sich verschiedene Produkte; Kohlensäure, Stickgas, salpetrige Säure, Cyanwasserstoff und vielleicht Cyanyl. Kaltes Wasser nimmt  $\frac{1}{1000}$  der Säure auf; kochendes eine so grosse Menge, dass die erkaltende Flüssigkeit erstarrt. Die farblose Flüssigkeit reagirt sauer und rüthet Eisenoxydsalze stark. Mit Wasserstoff im Entstehungsmomente zusammengebracht, bildet sie kupferrothe Flocken; Schwefelammonium bildet eine schwefelhaltige neue Verbindung. Sie treibt die Kohlensäure aus den Carbonaten aus; ihre Salze sind meist leicht löslich; sie schmecken schwach bitter. Das Ammoniak-Kali- und Silberoxydsalz sind wasserfrei; das Barytsalz enthält 5 At. Wasser, von denen bei 200° 4 At. entweichen; bei höherer Temperatur bildet sich ein basisches Salz. Das Indigoblau, welches aus  $C_{16}H_{10}N_2O_2$  besteht, verliert den Stickstoff in Form von Ammoniak; der Wasserstoff dazu wird dem Wasser, welches zersetzt wird, entzogen, dessen Sauerstoff sich mit der Substanz vereinigt; zwei Atome Kohlenstoff gehen in Kohlensäure über; salpetrige Säure entweicht; Salicylsäure wird gebildet, welche mit Salpetersäure unter Wasserausscheidung die Indigsäure bildet. Die Reaction wird durch folgendes Schema dargestellt:



1 At. Salicylsäure ( $C_7H_6O_4$ ) + 1 At. Salpetersäure ( $N, O_5$ )  
 — 1 At.  $H_2O$ .

Vgl. Dumas, Journ. f. pr. Chem. X. 227. ibid. XXIV. 211. Marchand ibid. XXVI. 385. Gerhardt XXV. 256. XXVIII. 95. Buff, Schweigg. Journ. LI. 49. LIV. 172. M.

**Indigschwefelsäure.** Löst man Indigblau in rauchender oder wasserfreier Schwefelsäure, so erhält man eine blaue Flüssigkeit, die, mit Wasser vermischt, sich erwärmt. Bei Anwendung englischer Schwefelsäure dauert die Auflösung mehrere Tage, bei 50 bis 60° geht sie schneller vor sich. Bei Vermischen mit Wasser lässt die letztere einen purpurrothen Absatz, Purpurschwefelsäure; sie löst sich in reinem Wasser. Der blauen Flüssigkeit entzieht Wolle die Farbe und verbindet sich damit. Wasser und Alkohol nehmen ihr nicht die Farbe; wohl aber kohlen-saures Ammoniak. Alkohol trennt diese Salzlösung, die nun erhalten wird, in indigblauunterschwefelsaures Ammoniak, das sich löst, und in indigblauschwefelsaures Ammoniak, das unlöslich ist. Die Ammoniaksalze können durch essigsaures Bleioxyd zerlegt werden; die Bleisalze durch Schwefelwasserstoff; die abgeschiedenen Säuren trocknen im Vacuo über Schwefelsäure zu einer gelben zähen Masse ein. An der Luft werden sie grün, endlich schmutzig blau. Die Säuren lösen sich leicht in Alkohol; Schwefelwasserstoff, Zink, Eisen entfärben sie, der erstere unter Schwefelabsatz. Die erhaltenen Zink- und Eisenoxydsalze ziehen mit Begierde Sauerstoff aus der Luft an und werden blau. Ihre Salze mit alkalischer Basis sind in salzhaltigen Flüssigkeiten unlöslich.

Wird die verdünnte Indigschwefelsäure von der Purpurschwefelsäure abfiltrirt und mit kohlen-saurem Kali gesättigt, so erhält man einen blauen Niederschlag; dieser enthält schwefelsaures und indigschwefelsaures Kali; jenes wird ausgewaschen, bis der Rückstand sich löst, dieser in Wasser zertheilt, mit essigsaurem Kali gefällt und dann mit Alkohol ausgezogen. Der Rückstand ist das reine Kalisalz, welches unter dem Namen blauer Carmin bekannt ist.

Die Salze der Indigblauunterschwefelsäure mit Baryt und Bleioxyd zeichnen sich durch ihre Löslichkeit von denen der Indigschwefelsäure aus. Das indigschwefelsaure Kali giebt, in 50 Th. Kalkwasser gelöst, und in einer verschlossenen Flasche erwärmt, verschiedene Farben; endlich wird sie purpurroth und schlägt sich mit dem Kalk nieder; es hat sich dann die Purpurinschwefelsäure gebildet, s. d.

Dabei bildet sich bei einem gewissen Zeitpunkte die Flavinschwefelsäure, s. d. S a. Purpurschwefelsäure.

Die Indigschwefelsäure besteht nach Dumas aus  $C_{16}N_2H_8O$  + 2  $\bar{S}$  + Aq. Die Substanz ist also ähnlich der Aetherschwefelsäure gebildet. 1 Aeq. Wasser ist hier aus dem Indig ausgetreten. Siehe Journ. f. pr. Chem. XXIV. 200. M.

**Indigweiss.** Wenn man das Indigblau durch die verschiedenen Küpen reducirt, so erhält man einen farblosen Körper, der sich in Alkalien und alkalischer Erde farblos löst und durch Säuren daraus gefällt werden kann. An der Luft wird er schnell grau, dann grün,

endlich blau. Man hat lange Zeit angenommen, das Indigweiss sei in der That reducirter Indig, welcher z. B. an das Eisenoxydul Sauerstoff abgäbe. In der That ist das Weiss eine Verbindung des Blau mit Wasserstoff, welche durch Wasserzersetzung zu Stande kommt.  
 $= C_{16} H_{16} N_2 O_2 + H_2$ .  
 M.

**Indin.** Man bringt festes Sulfesatyd in einen Mörser, giesst darauf eine concentrirte Kalilösung, so dass ein Teig entsteht, welchen man einige Zeit reibt, fügt allmählig noch einige Tropfen Kali hinzu, und wenn die Färbung anfängt rosenroth zu werden, nach Verlauf von 5—6 Minuten, so giesst man allmählig unter beständigem Reiben Alkohol hinzu. Man fährt mit dem Reiben und dem Zusätze von Alkohol fort, bis die Flüssigkeit eine prachtvolle, dunkel rosenrothe Farbe angenommen hat. Dann verdünnt man mit Alkohol, filtrirt, wäscht mit Alkohol und zuletzt mit Wasser aus.

Das erhaltene Indin ist nicht immer rein. Bisweilen sieht man an seiner Oberfläche auf dem Filter eine kleine Menge eines leichten weissen glimmernden Pulvers, welches Sulfesatyd zu sein scheint. Man kann es alsdann auf folgende Weise reinigen.

Auf das mit Wasser gewaschene Indin giesst man etwas Alkohol, um das Wasser zu vertreiben und lässt das Filter abtropfen, bringt das Indin in eine Schale und giesst eine sehr concentrirte, etwas warme Kalilösung darauf. Das Indin löst sich sogleich zu einer schwarzen Flüssigkeit auf, die nach Verlauf einiger Secunden zu einem Brei schwarzer Nadeln gerinnt. (Wenn des Kali zu warm ist, so wird die schwarze Farbe zerstört und das Indin verschwindet vollständig.) Man giesst ein Wenig absoluten Alkohol auf diesen Brei und decantirt die Auflösung mittelst einer Pipette. Die Krystalle bringt man auf ein kleines Filter, wäscht sie mit gewöhnlichem Alkohol, dann mit einigen Tropfen Chlorwasserstoffsäure und zuletzt mit Wasser. Die schwarzen Krystalle verwandeln sich allmählig beim Waschen in ein pulveriges Indin.

Wollte man eine kleine Menge krystallisirt erhalten, so müsste man einen Theil der schwarzen Krystalle in siedendem absolutem Alkohol lösen und die siedende Flüssigkeit durch Salzsäure zersetzen, das Indin fällt dann in kleinen mikroskopischen Nadeln nieder.

Das reine Indin ist sehr schön dunkel rosenroth und unlöslich in Wasser. Alkohol und Aether lösen beim Sieden nur eine sehr kleine Menge davon auf. In der Wärme bläht es sich bei beginnender Schmelzung auf, es entwickelt sich eine in Nadeln krystallisirende Substanz und es bleibt viel Kohle zurück. Siedende Salpetersäure zersetzt es, ohne seine Farbe sehr zu verändern, unter Entwicklung rother Dämpfe. Bei fortgesetztem Sieden zersetzt sich auch das gebildete Produkt wieder und verschwindet. Schwefelsäure löst es mit rother Farbe, Wasser fällt es unverändert; Brom bringt Bromindin und Bibromindin hervor. Kali und Alkohol bilden Indinsäure. Indin besteht aus  $C_{16} H_{12} N_2 O_2$ , ist also isomer mit dem weissen Indig. Es ist Sulfesatyd minus 2 At. Schwefel. Man kann es erhalten bei Behandlung des Isatyd mit Kali neben isatinsaurem Kali. Auch bei Erhitzung von Hydrindin; auch bei Behandlung von Sulfesatyd mit Kali. Laurent, Journ. f. pr. Ch. XXV. 445.  
 M.

**Indinsäure.** Wird Indin mit Alkohol befeuchtet, und concentrirte Kalilauge darauf gebracht, so gerinnt die Masse zu einem Brei von schwarzen Krystallen, welche ein sehr zersetzbares Salz von Indinsäure und Kali sind. Wasser und Säuren zersetzen es, indem Indin abgeschieden wird. Wahrscheinlich ist von dem Indin ein Aeq. Wasser aufgenommen worden, wie bei dem Isatin u. s. w. Laurent, Journ. f. pr. Chem. XXV. 448. M.

**Inductionselektricität.** Die englischen Naturforscher bezeichnen das Vermögen der Spannungselektricität einen entgegengesetzten elektrischen Zustand in ihrer Nähe hervorzurufen, durch den Ausdruck Induction, wofür wir im deutschen Vertheilung sagen. Faraday hat darauf vorgeschlagen, diesen Ausdruck in eben so allgemeiner Bedeutung auch für die Kraft zu gebrauchen, vermöge welcher elektrische Ströme benachbarte Körper aus einem indifferenten in einen eigenthümlichen Zustand versetzen. Dieser Vorschlag ist angenommen worden, aber in der Weise, dass für die Wirkung der Spannungselektricität der Name Vertheilung beibehalten worden ist, die Bezeichnung Induction hingegen die vertheilende Wirkung der Ströme allein bezeichnet. Die Inductionerscheinungen umfassen in diesem Sinne die Magnetoelektricität, den Rotationsmagnetismus, die Nebenströme und den Gegenstrom (extracurrent), d. h. alle secundären Ströme, welche durch bereits vorhandene elektrische Ströme oder auf magnetischem Wege erzeugt werden. Diese werden unter den einzelnen Artikeln näher besprochen werden, der Gegenstrom aber als Unterabtheilung bei den Nebenströmen. D.

**Inflammable Luft** d. i. brennbare Luft, der frühere Name für Wasserstoff.

**Inflexioskop,** ein von Mayer angegebenes Instrument zur Beobachtung der Beugungs-Erscheinungen, die eine Spalte, ein feiner Drath u. s. w. dem unbewaffneten Auge zeigen. Es besteht aus einem Rohr, dessen vorderes (der Lichtquelle zugekehrtes) Ende mit einem Deckel bedeckt ist, der eine durch eine Schraube weiter und enger zu stellende Spalte enthält. Das hintere Ende ist genau ebenso eingerichtet für die Beobachtung des durch eine Spaltöffnung erzeugten Beugungsbildes. Für die Beugung durch Drähte dient ein in das Rohr zu schiebendes zweites Rohr, an dessen vorderem Ende die Drähte aufgespannt sind, und welches am hinteren Ende behufs genauerer Beobachtung mit einer vergrößernden Linse versehen werden kann. R.

**Instrumente, musikalische.** Die musikalischen Instrumente können verschieden eingetheilt werden, namentlich nach der Beschaffenheit des schwingenden Körpers, welcher Saite, Membran, Stab, starre Fläche oder Luftsäule ist, oder auch (namentlich Zungenpfeifen) aus zweien dieser Arten zusammengesetzt. Sie können ferner in ein- und mehrstimmige getheilt werden. Sie unterscheiden sich ferner in der Art der Tonerregung, und was damit zusammenhängt, in der Beschaffenheit des Vortrags, den sie gestatten. In der

letzteren, für den musikalischen Zweck besonders wichtigen Beziehung werden sie von Chladni (Beiträge zur praktischen Akustik, Leipzig 1824) in Singinstrumente und Klinginstrumente getheilt. Unter ersteren sind die Instrumente verstanden, bei denen der Ton dauernd ausgehalten werden kann, und zwar meistens in beliebig zu- und abnehmender Stärke; unter letzteren dagegen die, bei denen der Ton durch Anschlagen oder Zupfen hervorgerufen wird, und daher im ersten Augenblicke am stärksten ist und dann verklingt. Von dieser Art sind Clavier, Fortepiano, Harfe, Guitarre, Strohsiedel, Triangel, Pauken, Glockenspiel u. s. w. Zu den Singinstrumenten hingegen gehören alle Blasinstrumente, ferner diejenigen festen Körper, die durch Reiben in Schwingung versetzt werden, wie Geigen, Bogenclavier, Harmonichord (beide letzteren mehrstimmige Saiteninstrumente), Euphon, Clavicylinder, Eisenvioline, Glockenharmonica u. s. w., oder auch feste Körper durch einen Luftstrom in Bewegung gesetzt, wie Mundharmonica, Physharmonica u. s. w.; auch bei dem der Aeolsharfe nachgeahmten Anemochord und einem andern kürzlich von Isoard in Paris construirten Saiteninstrument wird der Ton durch Wind zwar nicht zum Ansprechen gebracht aber unterhalten. Aehnlich verhält es sich mit der Maultrommel, welche dadurch einigermaßen die Mitte zwischen den Sing- und Klinginstrumenten hält. Vergl. die Artikel Saiten, Blasinstrumente, Clavicylinder, Euphon, Harmonica, Maultrommel, Mundharmonica, Physharmonica, Strohsiedel.

**Intensität des Lichts.** Die Ursachen, durch welche die Intensität in einem Lichtstrahl sich ändern kann, sind folgende: 1) Das Fortschreiten in einem vollkommen durchsichtigen Mittel (s. d. Art. Erleuchtung); 2) das Fortschreiten in einem unvollkommen durchsichtigen Mittel (s. d. Art. Absorption); 3) das Zusammentreffen mit andern Lichtstrahlen (s. d. Art. Interferenz); 4) der Einfluss eines zweiten Mittels, d. h. Reflexion und Brechung. Die Aenderungen nun, welche die Intensität durch den letzten Umstand erleidet, sollen hier betrachtet werden, und zwar wollen wir uns auf die Anführung der wichtigsten, in der Anwendung am häufigsten vorkommenden Formeln beschränken, welche die Undulationstheorie liefert, und welche sich bei der Vergleichung mit Erfahrungsergebnissen bewährt haben.

In dieser Theorie nimmt man als Maass der Intensität das Product aus der Masse der bewegten Aethertheilchen in das Quadrat ihrer Oscillationsgeschwindigkeit an, oder, was auf dasselbe hinauskommt, in das Quadrat der dieser Geschwindigkeit proportionalen Schwingungswerte.

Dies vorausgesetzt erhält man 1) für den Fall, dass das reflektirende oder brechende Medium einfach brechend, und vollkommen durchsichtig ist, folgende Formeln.

Ist das einfallende Licht nach der Einfallsebene polarisirt und von der Intensität  $S^2$ , so ist, wenn  $R_1^2$  die Intensität des reflektirten,  $R_2^2$  die des gebrochenen Lichts,  $i$  den Einfallswert,  $i'$  den Brechungswert vorstellt,

$$R_1^2 = \frac{\sin^2 (i-i')}{\sin^2 (i+i')} S^2, \quad R_2^2 = \frac{\sin 2i \sin 2i'}{\sin^2 (i+i')} S^2.$$

Ist das einfallende Licht senkrecht gegen die Einfallsebene polarisirt, und von der Intensität  $P^2$ , so ist, wenn  $R_p^2$  die Intensität des reflektirten,  $R_s^2$  die des gebrochenen Lichts vorstellt,

$$R_p^2 = \frac{t^2 g^2 (i-i')}{t^2 g^2 (i+i')} P^2, \quad R_s^2 = \frac{\sin 2i \sin 2i'}{\sin^2 (i+i') \cos^2 (i-i')} P^2.$$

Bildet die Polarisationssebene des Einfalllichtes den Winkel  $\varphi$  mit der Einfallsebene, und ist dessen Intensität  $J^2$ , so kann man sich die schwingende Bewegung in demselben parallel und senkrecht zur Einfallsebene zerlegt, also aus zwei Strahlen bestehend denken, von denen der eine nach der Einfallsebene polarisirt und von der Intensität  $J^2 \cos^2 \varphi$ , der andere senkrecht darauf polarisirt und von der Intensität  $J^2 \sin^2 \varphi$  ist. Die Intensität wird daher alsdann im reflektirten und gebrochenen Licht resp.  $R_p^2 + R_s^2$ , und  $R_p'^2 + R_s'^2$ , wofern man in diesen Ausdrücken  $S$  und  $P$  resp. mit  $J \cos \varphi$  und  $J \sin \varphi$  vertauscht.

Ist das einfallende Licht unpolarisirt, so lässt sich dasselbe aus zwei Strahlen zusammengesetzt denken, von denen der eine um  $+45^\circ$ , der andere um  $-45^\circ$  gegen die Einfallsebene polarisirt ist, und demnach die Intensität aus den vorstehenden Gleichungen ableiten.

2) Ist das brechende Mittel optisch einaxig, so lassen sich für das reflektirte Licht die für den vorigen Fall hingestellten Formeln als Näherungswerth ansehen. Wesentlich anders werden dagegen wegen des zweifach gebrochenen Strahls die Formeln für das eindringende Licht. Denkt man sich das Einfalllicht zerlegt in zwei Strahlen, welche resp. parallel und senkrecht zur Einfallsebene polarisirt sind, und nennt deren Intensitäten  $S^2$  und  $P^2$ , so ist ferner  $\varepsilon^*$  das Azimuth der Polarisationssebene des gewöhnlich gebrochenen Lichts (d. h. der Winkel zwischen dieser Ebene und der Einfallsebene), und nennt man  $R'^2$  die Intensität des gewöhnlich gebrochenen,  $R''^2$  die des ungewöhnlich gebrochenen Lichts, sowie  $i'$  den Brechungswinkel des gewöhnlich gebrochenen ebenen Wellensystems, so ist näherungsweise:

$$R'^2 = \frac{\sin^2 2i}{\sin^2 (i+i')} \left( \frac{P \sin \varepsilon}{\cos (i-i')} - S \cos \varepsilon \right)^2$$

$$R''^2 = \frac{\sin^2 2i}{\sin^2 (i+i')} \left( \frac{P \cos \varepsilon}{\cos (i-i')} + S \sin \varepsilon \right)^2.$$

Für das Licht, welches durch einen von zwei parallelen Flächen begrenzten Krystall hindurchgegangen ist, hat man endlich, was die Intensität des nach der Einfallsebene polarisirten Theils durch  $S'^2$  oder  $S''^2$ , die des senkrecht darauf polarisirten Theils durch  $P'^2$  oder  $P''^2$  bezeichnet wird, je nachdem das austretende Licht von dem gewöhnlich oder dem ungewöhnlich gebrochenen Strahl herrührt, näherungsweise

\*) Dieses  $\varepsilon$  ist bestimmt durch die Gleichungen

$$\sin \varepsilon = \frac{\sin \alpha \sin a}{\sin \beta}, \quad \cos \varepsilon = \frac{\cos \alpha \sin i' - \sin \alpha \sin i' \cos a}{\sin \beta},$$

wobei  $a$  den Winkel zwischen der Einfallsebene und dem Hauptschnitt,  $\alpha$  den Winkel zwischen der optischen Axe und dem Einfallslot, und  $\beta$  den Winkel zwischen der optischen Axe und der Normale des gewöhnlich gebrochenen ebenen Wellensystems bedeutet.

$$P' = \frac{\sin 2i' \sin z}{\sin (i+i') \cos (i-i')} R', \quad S' = -\frac{\sin 2i' \cos z}{\sin (i+i')} R'$$

$$P'' = \frac{\sin 2i' \cos z}{\sin (i+i') \cos (i-i')} R'', \quad S'' = \frac{\sin 2i' \sin z}{\sin (i+i')} R''.$$

Die gesammte Intensität ist alsdann im ersten Fall  $P'^2 + S'^2$ , im andern Fall  $P''^2 + S''^2$ .

3) Für optisch zweiaxige Krystalle sind diese genähert richtigen Formeln gleichfalls als Näherungsformeln anzusehen. R.

**Intensität des Magnetismus.** Unter magnetischer Intensität versteht man gemeinhin die Intensität des Erdmagnetismus. Zur Messung derselben stehen zwei Wege offen. 1) Kann man sie aus der Schwingungsdauer einer in Oscillationen versetzten Magnetnadel von bestimmter Stärke erblicken; 2) aus der Ablenkung, welche eine Magnetnadel von bestimmter Kraft durch einen andern Magnet von gegebener Stärke erfährt.

Die erste Methode ist vor Gauss die allein bekannte gewesen, und beruht darauf, dass eine Magnetnadel, die aus ihrer, vom Erdmagnetismus bestimmten Richtung gelenkt wird, nach den Gesetzen des Pendels schwingt, d. h. dass die Dauer der Schwingungen, wenn dieselben nur kleine Bögen umfassen, der Quadratwurzel aus der auf sie wirkenden Kraft umgekehrt proportional ist. Man kann daher, wenn man stets dieselbe Nadel anwendet, und diese ihre magnetische Kraft nicht ändert, die Intensität des Erdmagnetismus für verschiedene Zeiten und verschiedene Orte durch Beobachtung ihrer Schwingungszeiten vergleichen. Je nachdem man hiezu eine Inclinations- oder eine Declinationsnadel anwendet, erhält man die vollständige Intensität oder deren horizontale Componente. Da aber die Inclinationsnadel in sehr grosse Schwingungen, und daher in Schwingungen von ungleicher Zeitdauer versetzt werden muss, wenn deren Zahl hinreichend gross sein soll, und überdies die Reibung störend einwirkt, so beschränkt man sich in neuerer Zeit auf die horizontale Intensität, zumal da die gesammte Intensität sich aus derselben mit Hilfe der Declination und Inclination berechnen lässt.

Hansteen bediente sich zu seinen Messungen einer an einem Faden in einen Glaskasten herabhängenden cylindrischen Stahlnadel von etwa 34 pariser Linien Länge.

Bei den Schwingungen einer solchen Nadel bleibt die Torsion, die Veränderung des Nadelmagnetismus mit der Temperatur, und die Grösse der Schwingungsbogen zu berücksichtigen. Was die letzte betrifft, so bemerke man, dass die Schwingungsdauer  $t'$ , wenn deren Amplitude  $e$  nicht  $20^\circ$  übersteigt, wie bei Pendeln, durch die Gleichung

$$t' = t \left[ 1 + \frac{1}{2} \sin^2 \frac{1}{2} e + \frac{11}{32} \sin^4 \frac{1}{2} e \right]$$

bekannt ist, in welcher  $t$  die allein zu benutzende Dauer unendlich kleiner Schwingungen vorstellt. Man hat aber nur nöthig, die Amplitude der ersten und letzten Schwingung zu bemerken, da die Werthe von  $e$  für auf einander folgende Schwingungen eine geometrische Reihe bilden, deren Exponent  $m$  daher sich findet aus

$$\log m = \frac{\log e_1 - \log e_n}{n},$$

wo  $e_1$  der Werth für die erste,  $e_n$  derselbe für die  $n$ te Schwingung ist.

Die Hansteen'sche Formel

$$t' = t \left[ n + \left( \frac{e}{4} \right)^2 \frac{1-m^{2n}}{1-m^2} + \frac{1}{2} \left( \frac{e}{4} \right)^4 \frac{1-m^{4n}}{1-m^4} \right]$$

gibt mit Hilfe jenes  $m$  den gesuchten Werth von  $t$ .

Von dem Einfluss der Temperatur wird am Schlusse die Rede sein.

Die nähere Einrichtung der bisher üblich gewesenen Messinstrumente lässt sich hier um so eher übergehen, als wir in dem von Gauss erfundenen Magnetometer und Bifilar-Magnetometer, deren Einrichtung und Anwendung in den betreffenden Artikeln beschrieben ist, Instrumente besitzen, die Alles leisten, was in dieser Beziehung gewünscht werden kann; und es mag hier nur noch des Prinzipes gedacht werden, nach welchem Gauss die Intensität des Erdmagnetismus, die durch die blosse Schwingungsmethode nur relativ bestimmt wird, in absolutem Maass mittelst des Magnetometers zu finden lehrte.

Im Art. Ablenkung ist angeführt worden, dass die Ablenkung  $\nu$ , welche eine an einem Faden aufgehängte Magnetnadel (der Magnetstab des Magnetometers) durch einen in deren magnetischem Aequator liegenden Magnetstab, dessen Mitte von der Mitte der Nadel um  $r$  entfernt ist, erfährt, durch folgende Gleichung bestimmt ist

$$\tan \nu = Ar^{-3} + A_1 r^{-5},$$

wo

$$A = \frac{2hh_1}{\varphi h + \frac{1}{2}\delta},$$

$\varphi$  die horizontale Intensität des Erdmagnetismus,  $\mathcal{G}$  die Torsionskraft des Fadens ist, und  $h$  und  $h_1$ , die Summen der magnetischen Momente der beiden Magnete ausdrücken. Beobachtet man daher die Ablenkungen für zwei Entfernungen  $r$  und  $r_1$  (für deren jede man nach Anleitung des Art. Ablenkung vier Ablesungen benutzen kann),  $\nu$  und  $\nu_1$ , so findet man nach Elimination von  $A_1$

$$A = \frac{r_1^3 \tan \nu_1 - r^3 \tan \nu}{\frac{r_1^5}{r_1^3} - \frac{r^5}{r^3}}.$$

Hat man auf diese Weise  $A$  bestimmt, so bleibt, da

$$A \frac{1}{2} \left( 1 + \frac{\delta}{\varphi h} \right) \cdot \frac{1}{\varphi h_1} = \frac{1}{\varphi^2}$$

ist, zur Auswerthung der gesuchten Grösse  $\varphi$  nur  $\frac{\delta}{\varphi h}$  und  $\varphi h_1$  zu bestimmen übrig.

Um  $\frac{\delta}{\varphi h}$  zu finden, drehe man den Faden des Magnetometers um  $w$  Grade, und beobachte den Winkel  $u$ , um welchen derselbe dadurch aus dem Meridian gelenkt ist. Da nämlich der Drehungswinkel des Fadens, d. h.  $w - u$  der Direktionskraft der Nadel proportional ist, so hat man  $w h \sin u = \mathcal{G}(w - u)$ , oder wegen der Kleinheit des  $u$ ,  $\varphi h u = \mathcal{G}(w - u)$ , mithin

$$\frac{\varphi h}{\delta} = \frac{w - u}{u}.$$

Um  $\varphi h_1$  zu finden, suche man zuerst auf eben diesem Wege den Quotienten  $\frac{\varphi h_1}{\delta}$ , dessen Werth z. B.  $n$  sein möge, und messe alsdann die Schwingungsdauer  $t$  des Stabes. Nimmt man diese letztere für den Fall sehr kleiner Amplituden  $t_1$  oder  $t$ , jenachdem man

die Torsion merksam senkt oder nicht, so ist, wenn  $M$  das Trägheitsmoment \*) des Stabes vorstellt,

$$(1) \quad t^2 = \frac{\pi^2 M}{g h_1}, \quad t_1^2 = \frac{\pi^2 M}{g h^2 + s^2},$$

also  $t^2 + \frac{n+1}{n} t_1^2$ ,

welche Gleichung das  $t$  liefert, wenn man für  $t_1$  die auf unendlich kleine Schwingungsbogen reducirte beobachtete Schwingungsdauer setzt. Mittelst dieses  $t$  erhalte man aus (1) das  $g h_1$ , wenn man den Werth von  $M$  zuvor bestimmt hätte. Statt aber  $M$  zu finden verfährt man nach Gauss Anleitung so: Man befestige auf dem Stabe eine schmale Leiste, um auf derselben zwei gleichgrosse Gewichte,  $p$ , anzuhängen, und zwar in Punkten, welche vom Aufhängepunkt des Stabes gleich weit, etwa um  $s$ , entfernt sind, und mit dem Schwerpunkt desselben in derselben Vertikalebene sich befinden. Das Anhängen der Gewichte geschieht durch Drähte, deren nach abwärts übergebogenes zugespitztes Ende in jenen Punkten aufruhet. Dadurch ändert sich das Trägheitsmoment um einen constanten Theil  $C$  und einen von  $s$  abhängigen Theil  $2ps^2$ . Lässt man daher den so belasteten Stab von neuem schwingen, so hat man, wenn die neue Schwingungsdauer  $t_2$  ist,

$$t_2^2 = \frac{\pi^2}{g h_1} (M + C + 2ps^2)$$

oder, wenn man  $\frac{g h_1}{2p x^2}$  durch  $x$ , und  $M + C$  durch  $2py$  bezeichnet,

$$t_2^2 = \frac{s^2 + y^2}{x}.$$

Hängt man ferner dieselben Gewichte in eine andere Entfernung  $s_1$ , so führt die neue Schwingungsdauer  $t_3$  auf die Gleichung

$$t_3^2 = \frac{s_1^2 + y^2}{x}.$$

Die beiden letzten Gleichungen geben alsdann  $x$ , mithin auch  $g h_1$ . Wollte man  $M$  selber kennen, so findet sich dies, da nun  $g h_1$  bekannt ist, aus (1). In der Praxis bestimmt man indess  $x$  nicht aus 2, sondern aus mehreren Messungen, indem man die Methode der kleinsten Quadrate anwendet.

Während der Messungen müssen übrigens die Schwingungen einer abgesonderten Nadel beobachtet werden, um die Intensitäts-Variationen während der Beobachtungszeit in Rechnung zu ziehen.

Auf diesem Wege fand Gauss z. B. für Göttingen am 18. Sept. 5<sup>h</sup> 1833,  $\varphi = 1,782088$ , wobei als Einheiten die Secunde, das Millimeter und das Milligramm zum Grunde gelegt sind.

Begnügt man sich mit einer geringeren Genauigkeit, so kann man sich nach Weber's Vorschlag statt des Magnetstabes einer Boussole bedienen, wodurch der Apparat, namentlich zum Gebrauch für Reisende, bequemer wird. Um dennoch die Genauigkeit möglichst gross zu machen, sind von Weber (Resultate u. s. w. 1836. S. 63.) die

\*) Unter dem Trägheitsmoment versteht man die Summe der Produkte aus den Wassertheilchen in das Quadrat ihrer Entfernung von der Schwingungsaxe.

Dimensionen so bestimmt, dass die Ablenkungen möglichst gross werden. Hiezu ist erforderlich, dass der Ablenkungsstab 8 Mal länger als breit und dick ist, aber dabei die möglichst grössten Dimensionen habe. Damit aber der Stab vollständig durchmagnetisirt werden könne, darf die Dicke nicht grösser als 12<sup>1</sup>/<sub>2</sub>mm, die Länge also nicht grösser als 100mm sein. Die Länge der Nadel darf gleichfalls nicht 100mm überschreiten.

Das Trägheitsmoment des Ablenkungsstabes ist bekanntlich, wenn  $p$  sein Gewicht,  $a$  seine Länge,  $b$  seine Dicke bedeutet,  $\frac{1}{12} (a^2 + b^2) p$ , also

$$\varphi h_1 = \frac{\pi^2 (a^2 + b^2) p}{12 t^2}$$

Zur Bestimmung von  $t$  wird durch die Mitte des Stabes eine Nähnadel gesteckt, in deren Ohr der Aufhängefaden befestigt wird. Die Boussole wird auf die Mitte eines Maassstabes gesetzt, der von 50 zu 50mm getheilt ist, und der zugleich zum Auflegen des Stabes und zur Messung seiner Entfernung  $r$  von der Mitte der Boussole dient. Da für die Boussole  $\vartheta = 0$  ist, so hat man sogleich

$$A = \frac{2 h_1}{\varphi}, \quad A \frac{1}{\varphi h_1} = \frac{1}{\varphi^2}$$

Unter Beobachtung der Regeln der Methode der kleinsten Quadrate erhält man, wenn für die Entfernungen  $r, r_1, r_2, \dots$  die Ablenkungen  $v, v_1, v_2, \dots$  gefunden sind,

$$A = \frac{2 h_1}{\varphi} = \frac{B_2 A - B_1 A_1}{B B_1 - B_1^2}$$

$$\text{wo } A = t g v \cdot r^{-3} + t g v_1 \cdot r_1^{-3} + t g v_2 \cdot r_2^{-3} + \dots$$

$$A_1 = t g v \cdot r^{-5} + t g v_1 \cdot r_1^{-5} + t g v_2 \cdot r_2^{-5} + \dots$$

$$B = r^{-6} + r_1^{-6} + r_2^{-6} + \dots$$

$$B_1 = r^{-8} + r_1^{-8} + r_2^{-8} + \dots$$

$$B_2 = r^{-10} + r_1^{-10} + r_2^{-10} + \dots$$

Was den Einfluss der Temperatur auf den Nadel-Magnetismus betrifft, so glaubte man früher, dass dessen Stärke für einerlei Temperatur zu allen Zeiten dieselbe sei, und dass daher der sich hierauf beziehenden Correction nichts im Wege stände, so bald man ein für alle Mal aus der mit der Temperatur sich ändernden Schwingungsdauer der zur Messung dienenden Nadel den Werth ihrer Intensitätsabnahme für jeden steigenden Temperaturgrad erschlossen habe. Erst als Gauss Mittel zur Bestimmung des Wärmeeinflusses anwandte, welche durch Feinheit und Absonderung aller fremden Einflüsse diejenige Genauigkeit gewährten, welche allein zu sicheren Schlüssen über denselben berechtigen konnte, fand sich: dass das Gesetz der Intensitätsveränderung der Magnete ein sehr complicirtes sei, dass dasselbe für steigende Temperaturen ein ganz anderes sei, als für sinkende, dass namentlich mit dem Sinken der Temperatur die alte Stärke nicht wiederhergestellt werde, und dass selbst, wenn die Temperatur längere Zeit nach einer Temperaturerhöhung auf ihrem hohen Stande bleibe, die Intensität nachhaltig mit ungleichförmiger Geschwindigkeit abnehme. Uebrigens ging aus den Versuchen hervor, dass mit der Kraft des Magnets und mit der Langsamkeit der Temperaturänderung die Intensitätsvariationen geringer würden. Man ist also bei genauen Messungen der Intensität des Erdmagnetismus darauf angewiesen, möglichst stark magnetisirte Stäbe anzuwenden,

ein Local zu wählen, in welchem die Temperatur nur langsam wechselt, und die Messungen der absoluten Intensität nur in kurzen Zeiträumen anzustellen.

Das Mittel, welches Gauss zur Bestimmung des Temperatureinflusses anwendete, ist folgendes. In Ost und West einer Magnetometernadel wurden Magnetstäbe (senkrecht gegen den Meridian) so angebracht, dass ihre Wirkungen sich aufheben, jedoch so nahe, dass die Ablenkung jedes Stabes für sich von einer Grösse  $m$  war, welche die grösste Ablenkung weit übertraf, die sich bei der beschränkten Ausdehnung der Scala messen liess. Wurde nun der eine Stab erwärmt, und dadurch eine Ablenkung  $n$  erhalten, so war die Schwächung  $\frac{n}{m}$ , so dass um so geringere Schwächungen gemessen werden konnten, je grösser  $m$  war. Die Erwärmung des zu prüfenden Stabes geschah in einer mit Wasser gefüllten Kupferwanne mittelst einer untergesetzten Spiritusflamme. Der Stab war in einer messingenen Scheide enthalten, um den oxydirenden Einfluss des Wassers zu verhüten. Als Temperatur des Stabes wurde das Mittel aus den Angaben zweier Thermometer genommen, von denen das eine im Wasser in gleicher Höhe mit dem Stabe, das andere in einem Sandbade über dem Stabe sich befand.

Das Nähere über diese Versuche sehe man in Resultate etc. 1837. S. 38. R.

**Interferenz** nennt man die Lichtschwächung oder Lichtverstärkung, welche aus dem gegenseitigen Einfluss zweier oder mehrerer nahe zusammenfallenden Lichtstrahlen entspringt.

Eine vollständige Erklärung derselben giebt die Wellentheorie. Laufen nämlich zwei parallele oder fast parallele Lichtstrahlen sehr nahe neben einander hin, so dass die Aethertheilchen in dem einen Strahl zugleich an der Bewegung Theil nehmen, welche im zweiten Strahl stattfindet, so kann diese zusammengesetzte Bewegung unter gewissen Bedingungen so erfolgen, als ob sie einem einfachen Strahl angehörte. Diese Bedingungen sind, dass beide Strahlen mit derselben Geschwindigkeit sich fortpflanzen (also von einerlei Farbe sind), und dass die (auf den Strahlen senkrechten) Schwingungen in derselben Ebene erfolgen; denn nur alsdann bleiben diese Schwingungen wieder unter sich parallel und beobachten dieselbe Periodicität. Ueberdies wird noch eine Geschwindigkeit in den Partikularitäten der Schwingungen erfordert, welche nöthig macht, dass die Strahlen derselben Lichtquelle entsprungen sind. Je nachdem nun die beiden Bewegungen mehr oder weniger entgegenwirken, werden sie sich mehr oder weniger schwächen. So tritt z. B. durchgängig vollkommene Ruhe ein, d. h. es entsteht Dunkelheit, wenn die beiden componirenden Bewegungen gleich und entgegengesetzt sind, d. h. wenn beide Lichtstrahlen gleich intensiv sind und der eine um eine halbe Schwingungsdauer später als der zweite an demselben Ort anlangt.

Bekanntlich ist in einem Lichtstrahl an einem Orte  $b$ , wenn  $x$  die (senkrecht gegen den Strahl gemessene) Entfernung eines Aether-

theilchens aus seiner Gleichgewichtslage,  $l$  die Wellenlänge,  $A$  die Schwingungsamplitude (also  $A^2$  die Intensität) bedeutet.

$$1) x = A \sin \frac{2\pi z}{l},$$

und zwar für denjenigen Ort  $a$ , des Strahls, der um  $z$  von einem derjenigen Orte desselben Strahls absteht, an welchem zu der gegebenen Zeit ein Durchgang durch die Gleichgewichtslage statt findet, wofern nur der Strahl zwischen  $b$  und  $a$  stets in demselben Winkel bleibt. Es stellt hier  $\frac{z}{l}$  die Zahl der zwischen  $b$  und  $a$  enthaltenen Wellenlängen vor. Ist  $v$  die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichts, und  $T$  die Schwingungsdauer, also  $l = vT$ , und setzt man

$$\frac{2\pi z}{l} = \frac{2\pi z}{vT} = 2\pi p + \frac{2\pi q}{vT},$$

indem man durch  $p$  die grösste in  $\frac{z}{vT}$  enthaltene ganze Zahl und durch  $q$  einen ächten Bruch vorstellt, so ist  $p$  die ganze Zahl der zwischen  $b$  und  $a$  enthaltenen Wellenlängen, oder die ganze Zahl der zwischen  $b$  und  $a$  ausgeführten Undulationen; und  $\frac{2\pi q}{vT}$  ist die Schwingungsphase, von der allein die Ausweichung  $x$  abhängt. da

$$A \sin \frac{2\pi z}{l} = A \sin \frac{2\pi q}{vT}$$

ist.

Ginge aber der Strahl von  $b$  bis  $a$  durch verschiedene Mittel, und legte hier in diesem die Wege  $e_1, e_2, e_3$  mit den Geschwindigkeiten  $v_1, v_2, v_3$  zurück, so würde die (ganze oder gebrochene) Zahl Undulationen zwischen  $b$  und  $a$  sein.

$$\frac{e_1}{v_1 T} + \frac{e_2}{v_2 T} + \frac{e_3}{v_3 T}, \text{ also}$$

$$(2) x = A \sin \frac{2\pi}{T} \left( \frac{e_1}{v_1} + \frac{e_2}{v_2} + \frac{e_3}{v_3} \right),$$

und wenn wiederum  $\frac{e_1}{v_1} + \frac{e_2}{v_2} + \frac{e_3}{v_3} = pT + q$  wäre (unter  $q$  die grösste Zahl ganzer Undulationen verstanden), so stellt  $\frac{2\pi q}{T}$  auch hier die Phase vor. Ist in  $a$  die Geschwindigkeit  $v$  und die Wellenlänge  $l$ , so wird, wenn man

$$(3) \frac{e_1}{v_1} + \frac{e_2}{v_2} + \frac{e_3}{v_3} = vz$$

setzt, wenn also  $vz$  die Zeit ist, welche das Licht braucht, um von  $b$  nach  $a$  zu kommen, und daher  $z$  die Länge des Weges, welchen der Strahl hätte machen müssen, um in dieser Zeit mit der constanten Geschwindigkeit  $v$  von  $b$  nach  $a$  zu kommen, so nimmt  $x$  wieder die Form (1) an.

Wenn die Länge des Strahls zwischen  $b$  und  $a$  verschwindend klein gegen die Länge des Strahls von der Lichtquelle bis  $b$  ist, so kann man die Intensität  $A^2$  für den Fall, dass er zwischen  $b$  und  $a$  keine Störung erlitt, gleich der Intensität in  $b$  setzen; nicht dagegen im entgegengesetzten Fall. Erleidet z. B. das Licht auf seinem Wege durch Reflexion, Brechung etc. Schwächungen, und wird die Inten-

sität dadurch successiv von  $A_0^2$ , auf  $A'^2, A''^2 \dots$  reducirt, so hängt  $A'$  von  $A_0, A''$  von  $A'$  etc. nach den in den Artikeln Intensität, Brechung, Reflexion, Absorption gegebenen Gesetzen ab; und es ist dann  $A$  mittelst dieser Gesetze abzuleiten.

Betrachten wir nun ein System gleichfarbiger Strahlen, die aus demselben Lichtpunkt kommen, und zwei Ebenen  $B$  und  $C$ , welche von diesen Strahlen in einander sehr nahen Punkten, und zwar senkrecht oder sehr nahe senkrecht getroffen werden. In der Ebene  $C$  mögen sie resp. die Intensitäten  $A_1^2, A_2^2, A_3^2, \dots$  haben, und bis zur Ebene  $B$ , welche sie zuerst treffen sollten, mögen sie sämmtlich vom Lichtpunkt aus dieselbe Strecke, und diese mit einerlei Geschwindigkeit zurückgelegt haben (so dass in  $B$  die Schwingungsphasen für alle Strahlen dieselben sind). Zwischen  $B$  und  $C$  aber mögen sie durch irgend welche Störungen ungleiche Wege mit beliebigen Geschwindigkeiten durchlaufen, oder wenn die Wege gleich sind, so möge doch daselbst ihre Geschwindigkeit verschieden sein; endlich mögen in  $C$  die Geschwindigkeiten wiederum gleich, etwa  $= v$  sein. Nennt man nun die Längen der Wege, welche die Strahlen, wenn ihre Geschwindigkeit stets gleich  $v$  gewesen wäre, hätte durchlaufen müssen in der Zeit, welche sie wirklich auf ihren Weg von  $B$  bis  $C$  verwendet haben,  $z + z_1, z + z_2, z + z_3, \dots$ ; und sind die Aethertheilchen in  $C$ , in Folge der Bewegungen, die ihnen von den Strahlen  $A_1, A_2, A_3, \dots$  mitgetheilt werden, um  $x$  von ihrer Gleichgewichtslage entfernt, so ist zu der Zeit, in welcher die Aethertheilchen in  $B$  durch ihre Gleichgewichtslage gehen:

$$x = A_1 \frac{\sin 2\pi(z+z_1)}{l} + A_2 \frac{\sin 2\pi(z+z_2)}{l} + A_3 \frac{\sin 2\pi(z+z_3)}{l} + \dots$$

Bringt man diese Reihe auf die Form

$$(4) \quad x = M \sin \frac{2\pi(z+\beta)}{l},$$

so findet sich

$$(5) \quad M^2 = \left[ A_1 \frac{\cos 2\pi z_1}{l} + A_2 \frac{\cos 2\pi z_2}{l} + \dots \right]^2 + \left[ A_1 \sin \frac{2\pi z_1}{l} + A_2 \sin \frac{2\pi z_2}{l} + \dots \right]^2,$$

und da (4) die Schwingungsgleichung eines Strahls von der Schwingungsweite  $M$  ist, so ist  $M^2$  die Intensität des interferirten Lichts. Sind also z. B. 2 Strahlen vorhanden und  $A_1 = A_2, z_2 = z_1 + \frac{1}{2}l$ , so wird  $M = 0$ , wie oben bemerkt wurde.

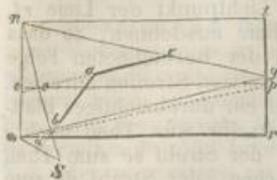
Gehörte jeder der betrachteten Strahlen einem Bündel weissen Lichtes an, so interferiren die Strahlen jeder Farbe unter sich, und da diese resultirende Intensität unter einerlei Umständen in Folge der verschiedenen Werthe von  $l$  für jede Farbe eine eigenthümliche ist, so wird das gesammte interferirte Licht in  $C$  im Allgemeinen in anderem Verhältniss gemischt sein, als das ursprüngliche in  $B$ , und daher nicht mehr weiss, sondern farbig erscheinen.

Der Effekt der Interferenz wird also bei einfachem Licht Intensitätsänderung, bei weissem Licht, Färbung sein.

Zu den hauptsächlichsten Interferenz-Erscheinungen gehören die Beugungs- und Polarisationsfiguren und die Newton'schen Ringe, über welche die Artikel: Beugung, Farbenringe, Newton'sche

Ringe das Nähere enthalten. Von den übrigen Erscheinungen mögen hier noch folgende erörtert werden.

1) Der Fresnel'sche Interferenzversuch.



Lässt man durch eine kleine Oeffnung *S* Sonnenlicht in ein dunkles Zimmer auf zwei Spiegel *ba* und *ac* fallen, so sieht man ein Bild von *S* 1) im Spiegel *ba* etwa bei *m* 2) im Spiegel *ac*, etwa bei *n* (wo bekanntlich *Sm* senkrecht auf *abd* und *Sd* = *dm*, so wie *Sn* senkrecht auf *cae*, und *Se* = *en* ist), und die reflectirten Strahlen verhalten sich genau so, als kämen sie von *m* und *n*

her. Ist daher *rt* der Durchschnitt einer mit *mn* parallelen Ebene, welche durch das reflectirte Licht erleuchtet wird, so treffen zum Beispiel im Punkte *q* zwei Strahlen zusammen, deren Wege von *S* aus gerechnet, resp. *mq* und *nq* sind, und die einerlei Intensität haben, wenn *S* hinreichend entfernt von den Spiegeln ist. Unterscheidet sich nun der Neigungswinkel *bac* der Spiegel wenig von  $180^\circ$ , so sind beide Strahlen nahe parallel und somit die Bedingungen der Interferenz erfüllt. Um nun das obige  $z + z_1$  und  $z + z_2$  zu finden, welches hier resp. *mq* und *nq* ist, ziehe man durch die Mitte von *mn* die Senkrechte *op* und mit derselben parallel die Linien *mr* und *nt*, und setze *op* =  $\alpha$ , *rp* = *pt* =  $\beta$ , *pq* =  $x$ .

Alsdann ist, wenn *rt* gegen *op* sehr klein ist,  $mq = \sqrt{mv^2 + rq^2} =$

$$\sqrt{\alpha^2 + (\beta + x)^2} = \alpha + \frac{(\beta + x)^2}{2\alpha}, \text{ und } nq = \sqrt{nt^2 + qt^2} = \alpha + \frac{(\beta - x)^2}{2\alpha},$$

mithin

$$z_1 = \frac{(\beta + x)^2}{2\alpha}, \quad z_2 = \frac{(\beta - x)^2}{2\alpha},$$

und in sofern  $A_1 = A_2$  ist, erhält man aus (5)

$$M^2 = 4A^2 \cos^2 \frac{2\pi\beta x}{\alpha l}.$$

Der Punkt *q* ist folglich am hellsten und seine Intensität  $4A^2$ , wenn *x* eine der Werthe

$$0, \pm \frac{2\alpha l}{4\beta}, \pm \frac{4\alpha l}{4\beta}, \pm \frac{6\alpha l}{4\beta} \text{ etc.} \quad (6)$$

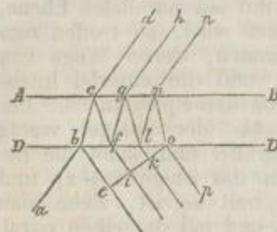
hat, und am dunkelsten, und seine Intensität gleich Null, wenn *x* einen der Werthe

$$\frac{\alpha l}{4\beta}, \frac{3\alpha l}{4\beta}, \frac{5\alpha l}{4\beta} \text{ etc.} \quad (7)$$

hat. Ist also *l* constant, d. h. das Licht einfarbig, so wird die Linie *rt* von abwechselnd heller und dunkler werdendem Lichte erhellt, und zwar dergestalt, dass in *p*, so wie in den Entfernungen (6) von *p* die Helligkeit am grössten ist, und in den Entfernungen (7) das Licht verschwindet. Je grösser *l* ist, desto grösser werden jene Distanzen, also werden im weissen Lichte die hellsten rothen Punkte weiter von der Mitte *p* entfernt liegen, als die hellsten blauen; es wird *p* selbst weiss erscheinen, da dort alle Farben im Maximum sind und von *p* aus nach beiden Seiten fortschreitend wird nach einander das Blau, Gelb, Roth u. s. w. das Uebergewicht

haben, bis das  $n$ te Maximum des Roth dem  $n+1$ ten des Blau so nahe kommt, dass die Farbenfolge durch Uebergreifen der hellen Theile der verschiedenen Farben modificirt wird. Auf der Fläche, deren Durchschnitt  $rt$  ist, wird sich jeder Lichtpunkt der Linie  $rt$ , wie man leicht übersieht, zu einer Lichtlinie ausdehnen, so dass die Interferenzfigur aus Farbstreifen von der bezeichneten Folge besteht, die sich an den durch  $p$  gehenden weissen Streifen anreihen.

2) Farben dünner Blättchen. Wenn auf ein durchsichtiges Blättchen  $ABCD$  ein Strahl  $ab$  fällt, so wird derselbe zum Theil nach  $e$  reflektirt, zum Theil nach  $c$  hin gebrochen; der Strahl  $bc$  zum Theil nach  $f$  reflektirt, zum Theil nach  $d$  gebrochen, der Strahl  $df$  zum Theil nach  $g$  reflektirt, zum Theil nach  $i$  hin gebrochen etc., so dass



von  $CD$  ein System paralleler Strahlen ( $bc, fi, lk, op, \dots$ ) ausgeht, ein anderes System ( $cd, gh, mn, \dots$ ) von  $AB$  aus. Was das erste System betrifft, so waren alle Strahlen desselben bei  $b$  in gleichem Schwingungsstadium, sie kommen aber zu verschiedenen Zeiten in der auf  $be$  senkrechten Ebene  $oe$  an, wo sich die Bewegung in ihnen zu einer gemeinsamen verbindet, d. h. wo sie interferiren. Die Wege,

welche die Strahlen von  $b$  aus bis  $oe$  (das obige  $C$ ) durchlaufen, sind alsdann  $bc, bc + cf + fi, bc + cf + fg + gl + lk, \dots$  und es ist daher  $bc + cf, bc + cf + fg + gl, \dots$  das, was oben durch  $e_1, fi, lk, \dots$  das, was oben durch  $e_2$  bezeichnet wurde, während  $bc = cf = fg = gl = \dots$  sich aus dem Einfallswerthe, dem Brechungsverhältniss  $n$  und der Dicke des Blättchens ergibt. Setzt man überdies  $v = 1$ , so ist  $v_1 = \frac{1}{n}$  und  $v_2 = 1$ . Diese Werthe in (3) substituirt geben die Werthe

von  $z + z_1, z + z_2, z + z_3, \dots$ , während die Intensitäten in der Ebene  $C$  (nämlich in  $b, f, l, \dots$ ) d. h.  $A_1^2, A_2^2, A_3^2$  nach den Formeln des Artikels Intensität des Lichts für jeden Polarisationszustand des Einfallslichtes bestimmt werden können. Führt man die Rechnung aus, so zeigt die Formel (5), dass, wie auch das Einfallslicht polarisirt sein mag, die Intensität am schwächsten ist, wenn die

Dicke des Blättchens das 2, 4, 6, ... fache des Werthes  $\frac{l}{2n \cos r}$  ist (unter  $r$  der Brechungswerth verstanden), dass sie am stärksten ist, wenn die Dicke das 1, 3, 5, ... fache dieses Werthes hat. Fällt nun auf das Blättchen nicht ein einziger Strahl, sondern ein System paralleler Strahlen, so sieht man, dass dasselbe (da  $r$  alsdann constant ist) überall gleich hell erscheinen muss. Da ferner die Intensität je nach dem Werthe von  $l$ , also je nach der Farbe verschieden ist, so muss das Blättchen gefärbt erscheinen, und seine Farbe sich mit der Schärfe des auffallenden Lichts und der Dicke des Blättchens ändern. Ist aber diese Dicke nicht sehr gering, so erscheinen keine Farben, weil (wie man sich leicht durch ein Rechnungsbeispiel überzeugen kann) bei grosser Dicke sich eine mehr oder weniger grosse Menge von Farben fast gleichzeitig im Maximum ihrer Helligkeit befinden, also weiss erzeugen.

Untersucht man auf demselben Wege die Intensität der gebrochenen Strahlen *cd*, *gh*, *mn* . . . , so findet man, dass die Farbe der des vorigen Systems complementar werden muss.

R.

**Interferenz des Schalles.** Wenn zwei (oder auch mehrere) Wellensysteme in einem und demselben Raume sich bewegen, so muss ein Punkt, welcher gleichzeitig durch beide in Schwingung versetzt wird, die Resultate aus den beiden Bewegungen beschreiben, die sie einzeln hervorrufen würden. Diese Resultante kann für gewisse Punkte fortwährend oder auch nur für gewisse Zeiten Null oder wenigstens ein Minimum werden, wenn die Componenten sich ganz oder zum Theil aufheben; dagegen wird gewöhnlich in anderen, dazwischen liegenden Punkten, wo die Componenten in gleichem Sinne wirken, eine verstärkte Bewegung entstehen. Die daraus entspringenden Erscheinungen werden auch beim Schalle mit dem aus der Optik übertragenen Namen: Interferenz bezeichnet. Befindet sich das Ohr an einer Stelle, wo Verdichtungen eines Wellensystems mit Verdünnungen eines andern und umgekehrt (oder genauer, wo immer positive Schwingungen des einen mit negativen des andern zusammentreffen) so wird es, so lange dieser Zustand dauert, den Schall an dieser Stelle geschwächt oder gar nicht vernehmen. Einige bemerkenswerthe Fälle dieser Art sind folgende:

1. Denkt man sich zwei Wellenzüge von gleicher Wellenlänge und Amplitude in einerlei Richtung fortschreitend, so jedoch, dass der eine dem andern um eine halbe Wellenlänge voraus ist, so werden beide sich ganz aufheben, da die Verdichtungen der einen ganz mit den Verdünnungen der andern zusammenfallen. Man kann dies

Fig. 1.



auf folgende Art verwirklichen. Wenn eine Röhre sich in zwei Arme theilt, die sich nachher wieder vereinigen, wie in beistehender Fig. 1., und man hält vor das eine Ende derselben einen tönenden Körper, so wird die Schallwelle sich in zwei Theile theilen, die, nachdem sie durch die Arme gegangen sind, sich wieder vereinigen; sind nun die beiden Arme in ungleicher Länge und ist ihr Unterschied gleich einer halben Wellenlänge des angegebenen Tones (oder überhaupt gleich einer ungeraden Anzahl von halben Wellenlängen), so wird immer eine Verdichtung aus dem einen Arm mit einer Verdünnung aus dem andern zusammentreffen,

und beide sich aufheben, daher der Ton am andern Ende der Röhre nicht gehört werden. Dieser von Herschel (Phil. Mag. S. III. Vol. III.

401.; Pogg. Annal. XXXI. 251.) angegebene Versuch ist in einiger Abänderung von Kane (Ph. M. VII. 301.; Pogg. Annal. XXXVII. 435.) ausgeführt. — Aehnlich verhält es sich mit folgendem Versuche von Harkins (Pogg. Annal. XLIV. 608.) Wenn man eine gabelförmig in zwei gleichlange Arme getheilte Röhre wie in beistehender Fig. 2., so über eine tönende Platte hält, dass die beiden unteren Mündungen sich über zwei entgegengesetzt schwingenden Abtheilungen derselben befinden, so empfängt in demselben Augenblick die eine Mündung

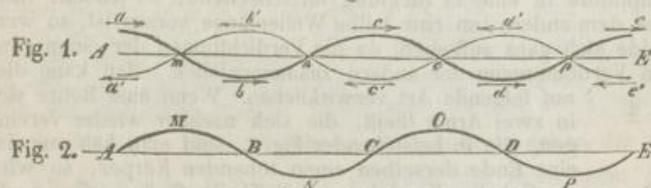
Fig. 2.



eine Verdichtung, die andere eine Verdünnung, welche sich weiter oben bei ihrer Vereinigung aufheben und daher keine Bewegung zum oberen Ende der Röhre gelangen lassen. Man kann dies besonders wahrnehmen, wenn man über das obere Ende eine Membran spannt, die in diesem Falle keine Bewegung annimmt. Hält man dagegen die beiden Gabelenden über zwei in gleicher Richtung schwingende Abtheilungen der Platte, so dass sie gleichzeitig Verdichtung und wieder gleichzeitig Verdünnung empfangen, so verstärken sich diese Bewegungen und die Membran kommt in lebhaften Schwingungen. Auch eine einfache Röhre über eine Knotenlinie gehalten, zeigt jene Aufhebung der entgegengesetzten Schwingungen, und eben so wieder der Ton einer Scheibe, welche parallel dem Ohre vorübergeführt wird, so oft eine Knotenlinie vor das Ohr kommt. Auf eine ähnliche Weise scheint es zu entstehen, dass der Ton einer Glocke schwach oder gar nicht gehört wird, wenn das Ohr sich in ihrer Mitte befindet, weil die eine Hälfte der Factoren, in die sie sich theilt, nach innen schwingt, während die andere, alternirende nach aussen schwingt. (Dove in Pogg. Annal. XLIV. 272.)

2. Man denke sich zwei Wellenzüge von gleicher Wellenlänge und Amplitude in entgegengesetzter Richtung fortschreitend, so erhält man als Resultante den Zustand stehender Schwingung. Der Anschaulichkeit wegen sind in Fig. 3. die Schwingungen transversal

Fig. 3.



angenommen. Das Wellensystem  $abcde$  schreitet von  $A$  nach  $E$ , das andere  $a'b'c'd'e'$  in entgegengesetzter Richtung fort. In den Zeitmomenten, wo die Berge des einen Systems mit den Thälern des andern an einer Stelle liegen, wie Fig. 1., heben sich ihre Bewegungen auf, und alle Punkte liegen auf der geraden Linie  $AE$ . Denkt man sich aber beide Systeme um  $\frac{1}{4}$  Undulation fortgeschritten, so sind die beiden Gipfel  $a$  und  $b'$  nach  $M$  gekommen, und überhaupt beide Systeme in die Fig. 2. gezeichnete Lage gekommen, so dass ihre Bewegungen sich summiren, und die Lage der Punkte durch eine Wellenlinie vorgestellt wird, deren Ordinaten doppelt so gross sind als die der gezeichneten  $MNOP$ . Denkt man sich die Resultante der beiden Systeme in irgend einem andern Zeitmomente, so überzeugt man sich leicht, dass in  $A, B, C, D, E$  sich die beiden Bewegungen immer aufheben, da  $M, N, O, P$  sich immer summiren müssen, und dass überhaupt der Zustand der Linie  $AE$  der einer stehenden Schwingung ist, am vergleichbarsten der einer transversalschwingenden Saite, deren Knoten in  $A, B, C, D, E$  liegen. Gleiche Betrachtungen lassen sich auf longitudinale Schwingungen anwenden. — Dieser Fall ist besonders in so fern von Wichtigkeit, als sich daraus ergibt,

wie die Gesetze der stehenden Schwingungen aus denen der Fortpflanzungswellen und umgekehrt abgeleitet werden können. So ergeben sich z. B. die Gesetze, welche die Longitudinalschwingungen der Stäbe als eine Funktion der Fortpflanzungsgeschwindigkeit ausdrücken, ohne Weiteres, wenn man sich jene entstehend denkt aus einer Interferenz der unmittelbar durch Stoss oder Reibung erregten Bewegungen und denen, welche von den Enden zurückgeworfen werden, und zwar von den freien Enden mit gleicher, von den festen mit entgegengesetzter Schwingungsphase. Nimmt man aber an, dass der vorhin betrachtete Zustand wirklich durch das Begegnen zweier Systeme von Fortpflanzungswellen erzeugt wird, so kann das Ohr an den Stellen, wo sich die beiden Bewegungen fortwährend aufheben, den Ton nicht hören, dagegen er auf den dazwischenliegenden Punkten verstärkt erscheinen muss. Dies ist angenähert der Fall, wenn die directen Wellen eines Tones von einer Wand senkrecht zurückgeworfen werden; nur ist hier die Aufhebung nicht vollständig, weil die Amplituden beider Wellenzüge nicht gleich sind. Bewegt man das Ohr auf einer geraden Linie, welche von einem tönenden Körper senkrecht gegen eine Wand gezogen wird, so gelangt man abwechselnd an Stellen wo der Ton ein Maximum und wo er ein Minimum ist, und der Abstand zweier Maxima oder zweier Minima von einander ist einer halben Wellenlänge gleich, wie man aus den Versuchen von N. Savart sieht. (Pogg. Annal. XLVI. 458.; Annal. de Chim. et de Ph. LXXI. 20.) Ich habe diese Knoten und Bäuche mit einer zwischen der Wand und dem tönenden Körper aufgestellten Membran geprüft, und mich überzeugt, dass wenn diese Membran nach beiden Seiten hin frei ist, so dass sie von der einen Seite den direkten von der andern den zurückgeworfenen Wellen ausgesetzt ist, die Knoten da liegen, wo der Gangunterschied der beiden Wellenzüge eine gerade Anzahl von halben Wellenlängen ist, und die Bäuche da, wo er eine ungerade Anzahl beträgt. Gerade umgekehrt ist diese Lage, wenn die Membran über ein Gefäss gespannt ist, und beide Wellenzüge sie von derselben Seite her treffen. — Durch dieses Mittel können, wie N. Savart gezeigt hat, aus den verschiedenartigsten Geräuschen Töne ausgeschieden werden. Wenn man sich nämlich ein Geräusch als ein Gemenge von vielen Tönen denkt, und diese von einer Wand senkrecht zurückgeworfen werden, so muss dem Ohre jedesmal ein Ton hervortretend erscheinen, wenn es sich an einer der Stellen befindet, wo dieses durch Interferenz sein Maximum hat und daher die übrigen an Stärke übertrifft, ebenso wie beim Lichte in ähnlichen Fällen die Interferenzfarben erscheinen. — Werden die Wellen eines Tones von einer Wand senkrecht zurückgeworfen, so haben sie auf der Verlängerung der von der Wand nach dem Körper gezogenen Linie gleiche Richtung mit den direkten Wellen, und können daher ähnlich wie in den unter 1. beschriebenen Fällen dieselben entweder schwächen oder verstärken, jenachdem der durch den Abstand bedingte Gangunterschied eine ungerade oder gerade Anzahl von Halbwellen beträgt. Dies leidet Anwendung auf die Luftresonanz (s. Resonanz.)

3. Von einer bemerkenswerthen Klasse von Interferenzerscheinungen hat W. Weber in Schweigg. Jahrb. XVIII. 385. eine ge-

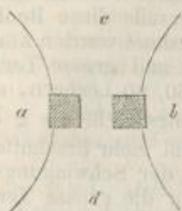
naue Erörterung gegeben, wovon hier, des Raumes wegen nur die Endresultate mitgeteilt werden können. Von einem schwingenden Körper, und zwar, wenn Knoten vorhanden sind, von jeder Abtheilung desselben geht immer gleichzeitig eine Verdichtung aus nach der Seite, wohin die Theile sich eben bewegen, und eine Verdünnung nach der entgegengesetzten. Da aber beide sich auch seitwärts ausbreiten, so müssen die von der einen Seite ausgehenden Wellen, wenn sie mit den von der andern Seite kommenden zusammentreffen, durch diese geschwächt und selbst aufgehoben werden \*). Diese Aufhebung wird man im Allgemeinen am vollständigsten da erwarten, wo beide Wellen gleiche Wege durchlaufen haben, d. h. in einer gegen die Richtung der Schwingungen senkrechten Ebene. Auf diese Weise scheint es zu entstehen, dass der Ton einer Platte nur schwach gehört wird, wenn das Ohr sich in der Erweiterung ihrer Ebene befindet. In anderen als den bezeichneten Richtungen wird die Aufhebung unvollständiger sein, wegen der ungleichen Stärke der beiden Wellen. Da aber da die seitliche Ausbreitung mit der Entfernung zuzunehmen scheint, und daher dieser Unterschied sich vermindert \*\*), so werden die von beiden Seiten ausgehenden Wellen auch in allen andern Richtungen sich bedeutend schwächen. Daher nimmt der Ton von Stäben, Stimmgabeln u. s. w. so sehr schnell mit der Entfernung ab, und wird bald ganz unhörbar. Dies muss um so mehr der Fall sein, je näher die Mittelpunkte der beiden Wellensysteme zusammenfallen und je grösser die Wellenlänge ist, d. h. je dünner der Stab und je tiefer der Ton, wie denn in der That die tiefen Töne dünner Stäbe nur ganz in der Nähe hörbar sind. Die Dicke des Stabes hat aber noch einen andern merkwürdigen Einfluss. Weber's Beobachtungen zeigen nämlich, dass die Stellen der vollkommensten Interferenz an einem prismatischen Stabe nicht auf einer senkrecht gegen die Schwingungsrichtung gelegten Ebene liegen, sondern auf vier von den Seitenflächen ausgehenden hyperbolisch gekrümmten Cylinderflächen. Daraus folgt, dass die verdichtenden und verdünnenden Wellen nicht gleichzeitig von der Vorder- und Hinterfläche des Stabes ausgehen können, d. h. wenn man sich die Schwingung des Stabes als eine hin- und herlaufende Welle denkt, so liegen diejenigen Punkte von der Vorderfläche bis zur Hinterfläche, welche gleichzeitig in Bewegung gesetzt werden, nicht genau auf einer transversalen Linie, sondern auf einer Linie, die ein wenig gegen die Vorderfläche geneigt ist. An einem geraden Stabe ist die Aufhebung an den Interferenzstellen nur unvollkommen, weil das eine

\*) Wenn jedoch nach Savart die fortschreitenden Schwingungen der Wellen den stehenden des tönenden Körpers, (wenigstens bis auf geringe Entfernungen) parallel sind, und auch nach Poisson erst bei grösseren Entfernungen in die Richtung der Fortpflanzung übergehen, (s. d. Artikel Fortpflanzung des Schalles), so würde eine solche Schwächung und Aufhebung erst in grösseren Abständen möglich sein, in der Nähe des tönenden Körpers aber die dazu erforderlichen entgegengesetzten Eigenschaften der beiden Wellen fehlen.

\*\*) auch wohl, weil die entgegengesetzte Eigenschaft der beiden Wellen mit der Entfernung zunimmt.

Wellensystem viel mehr als das andere zur Seite gebeugt und daher schwächer ist als das andere. Verstärkt man aber eines derselben, so werden die Interferenzen, welche dem schwächeren Systeme näher liegen, verstärkt, die andern geschwächt. Dies ist der Fall bei der Stimmgabel. Jeder Arm derselben hat eigentlich vier von seinen Seitenflächen ausgehende hyperbolische Interferenzflächen; weil aber durch das Gegen- und Voneinanderschwingen der beiden Arme die von der innern Seite ausgehenden Wellen stärker werden, als die von den äusseren Flächen kommenden, so werden die vier innern Hyperbeln unkenndlich, die vier äussern aber desto deutlicher; auch ist es vorzüglich dieser Fall, den Weber genau untersucht hat.

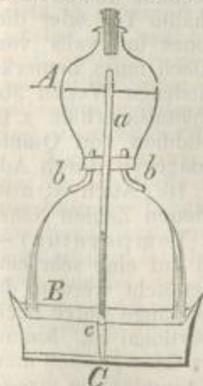
Fig. 4.



In Fig. 4 sind die Querschnitte der beiden Arme mit von ihnen ausgehenden hyperbolischen Linien der vollkommensten Interferenz gezeichnet. Von einer Stimmgabel verbreitet sich daher der Schall am stärksten in der Ebene der Gabel *ab* und einer sie senkrecht durchschneidenden, *cd*, am schwächsten in vier dazwischenliegenden Richtungen, wie man sich davon im Allgemeinen leicht überzeugt, wenn man die Gabel vor *a* dem Ohr oder über einem Stimmläschen oder auch über einer Membran um ihren Stiel umdreht. —

Die Combinationstöne und Stösse, die auch durch Interferenz zu entstehen scheinen, sind in einem besondern Artikel behandelt. S.

**Intermittirender Brunnen.** Der intermittirende Brunnen besteht in einem Gefässe *A*, das oben durch einen Stöpsel verschlossen werden kann, und durch dessen Boden eine weite, bis nahe an die obere



Oeffnung reichende (*a*), und kreisförmig um diese geordnet mehrere kurze enge Röhren (*b*) gehen. Die Röhre *a* ist unten schräg abgeschnitten und reicht bis auf den Boden einer Schale *B*, welche bei *c* eine feine Durchbohrung hat und auf einem andern Gefässe *C* ruht. Hat man nun das Gefäss *A* mit Wasser gefüllt, so strömt aus den Röhren *b* eine Quantität davon aus, sammelt sich in *B* und sperrt, da es durch *c* nur langsam abfließt, die Oeffnung der Röhre *a*, so dass durch diese keine Luft mehr nach *A* gelangen kann. Da aber die Röhren *b* zu eng sind, um gleichzeitig Luft und Wasser in entgegengesetzter Richtung durchgehen zu lassen, so hält der äussere Luftdruck dem Wasser an der Röhrenmündung das Gleichgewicht und der Ausfluss hört auf, bis so viel Wasser durch *c* abgelaufen ist, dass die untere Oeffnung der Röhre *a* wieder frei wird. Dann tritt wieder neue Luft ein, und das Ausströmen beginnt wieder. Der intermittirende Brunnen zeigt also einen, in regelmässigen Zwischenräumen unterbrochenen Ausfluss.

Bz.

**Intervall** nennt man den Unterschied der Höhe zweier Töne. Da die Höhe eines Tones nur von der Schnelligkeit abhängt, mit welcher die ihn bildenden Schwingungen oder Erschütterungen aufeinanderfolgen, so stehen zwei Töne immer im Einklang, wenn sie in derselben Zeit gleich viel isochronische Schwingungen haben. Ist aber die Tonhöhe verschieden, so hat immer der höhere Ton mehr Schwingungen in einerlei Zeit; als der tiefere und es hängt die Grösse des Intervalls von dem Verhältniss der beiden Schwingungszahlen ab. Je mehr sich der Exponent dieses Verhältnisses von der Einheit entfernt, desto grösser ist das Intervall. Die Zahlen für die Verhältnisse der verschiedenen Intervalle können am directesten an einer Sirene (s. diese) beobachtet werden, indem man auf eine Scheibe concentrisch mehrere Löcherreihen setzt. Die Zahlen dieser Löcher geben unmittelbar das Verhältniss für das Intervall, welches man beobachtet. Doch ist es nur nöthig für einige Intervalle diese Beobachtung anzustellen; woraus denn die übrigen berechnet werden können. Drei reichen dazu hin, z. B. Octav, Quinte und grosse Terz. Hat man auf der Sirene vier Reihen mit 40, 50, 60, 80 Löchern, so erhält man von diesen die Töne des Durdreiklangs z. B.  $c\ e\ g\ \bar{c}$ . Hieraus sieht man, dass  $\bar{c}$  doppelt,  $g\ \frac{3}{2}$  und  $e\ \frac{4}{3}$  mal mehr Erschütterungen hat, als  $c$ , allgemein dass das Verhältniss der Schwingungszahlen für die Octav 1:2, für die Quinte 2:3, für die grosse Terz 4:5 ist. Auch die Quarte, kleine Terz und kleine Sexte ergeben sich unmittelbar aus den beobachteten Tönen, doch können diese, wie alle übrigen Intervalle, aus den drei erst genannten durch Addition und Subtraction (s. diese Art.) berechnet werden. Aus Octav und Quinte ergiebt sich durch Subtraction die Quarte 3:4, aus Quinte und grosser Terz die kleine Terz 5:6; aus Quinte und Quarte der ganze Ton 8:9; aus diesem aber und der grossen Terz noch ein etwas kleinerer ganzer Ton 9:10; aus der Quarte und grossen Terz der diatonische halbe Ton oder die kleine Secunde 15:16; aus der grossen und kleinen Terz der chromatische halbe Ton oder die übermässige Prime 24:25; durch Subtraction eines Intervalls von der Octav erhält man dessen Replik u. s. w. Doch muss bemerkt werden, dass, wenn man ein Intervall auf verschiedenen Wegen ableitet, man nicht immer genau dasselbe Zahlenverhältniss erhält. z. B. findet man für die kleine Septime  $c-b$  durch Addition von Quinte und kleiner Terz  $c-g, g-b$  das Verhältniss 5:9, dagegen durch Addition von zwei Quartan  $c-f, f-b$  das Verhältniss 9:16. Auch ist man in der Ausübung genöthigt, statt der hier angegebenen Zahlen Näherungswerthe zu nehmen. (Vgl. hierüber den Art. Temperatur.) — Die Zahlenverhältnisse der Intervalle können auch auf eine sehr einfache und anschauliche Weise am Monochord untersucht werden, da die Zahl der Schwingungen an einer Saite, deren Länge durch Greifen abgeändert wird, der Länge umgekehrt proportional ist. Nimmt man daher die Hälfte der Saite, so erhält man die Octav, nimmt man  $\frac{2}{3}$  so erhält man die Quinte,  $\frac{3}{4}$  giebt die Quarte  $\frac{4}{5}$  und  $\frac{5}{6}$  die grosse und kleine Terz u. s. w. Zur Uebersicht sind im Folgenden die Werthe für die Haupt-Intervalle, innerhalb einer Octav, zusammengestellt.

Einklang	1: 1 = 360:360.
halber Ton	{ 24:25 = 360:375.
	{ 15:16 = 360:384.
ganzer Ton	{ 9:10 = 360:400.
	{ 8: 9 = 360:405.
kleine Terz	5: 6 = 360:432.
Grosse Terz	4: 5 = 360:450.
Quarte	3: 4 = 360:480.
Quinte	2: 3 = 360:540.
Kleine Sexte	5: 8 = 360:576.
Grosse Sexte	3: 5 = 360:600.
Kleine Septime	{ 9:16 = 360:640.
	{ 5: 9 = 360:648.
Grosse Septime	8:15 = 360:675.
Octav	1: 2 = 360:720.

Ueber die halben Töne und einige noch kleinere Intervalle ist in den Artikeln halber Ton und Comma besonders gehandelt. S.

**Inulin.** Stärkemehl aus *Inula Helenium*, den Wurzelknollen der Dahlia und mehrerer Pflanzen. Vgl. Stärkemehl. M.

**Jod.**  $J = 790,460$ , ein einfacher, in die Gruppe der Salzbilder gehöriger Körper, der seinen Namen von *ιώδες*, veilchenblau, erhielt, weil er beim Erwärmen prächtig violette Dämpfe giebt. Das Jod wurde 1811 von Courtois in Paris in dem Kelp entdeckt, und von H. Davy, besonders aber von Gay Lussac hinsichtlich seines chemischen Verhaltens untersucht.

Im freien Zustande findet man das Jod nicht in der Natur, sondern gewöhnlich verbunden mit Kalium oder Natrium. In ganz geringer Menge kommt es vor im Seewasser, aus welchem es in Thiere und Pflanzen des Meeres übergeht, von denen letztere besonders in grösserer Quantität dasselbe in sich aufsammeln. Nächstdem ist Jod ein nicht seltener Begleiter des Kochsalzes im Soolwasser, z. B. in dem von Halle und Sülze, in verschiedenen Mineralwassern, wie zu Heilbrunn in Baiern, und im Steinsalz zu Hall in Tyrol; auch in einem mexikanischen Silbererze und im schlesischen Galmei ist Jod angetroffen. (Pogg. Ann. IV. 365).

**Gewinnung.** Im Grossen stellt man das Jod aus dem Kelp dar, welcher die zusammengesinterte Asche verschiedener im Meere wachsender Tangarten ist, und früher ausschliesslich zur Fabrikation der Soda, jetzt hauptsächlich zur Gewinnung des Jods bereitet wird. Man schlägt ihn in kleine Stücke, laugt dieselben mit Wasser aus und dunstet die Auflösung, welche ausser Jodkalium verschiedene Natron- und Kalisalze, auch Schwefelnatrium enthält, so weit ein, dass der grösste Theil dieser Salze herauskrystallisirt, worauf die Mutterlauge mit Schwefelsäure versetzt wird. In Folge ihrer Einwirkung werden Chlor- und Jodwasserstoffsäure frei; es entweichen Kohlensäure, Schwefelwasserstoff aus dem Schwefelnatrium herrührend und schweflige Säure, welche aus der gegenseitigen Zersetzung eines Antheils Jodwasserstoffsäure und Schwefelsäure entsteht, indem ausser ihr Wasser und Jod sich bilden, von denen letzteres in der Lauge



aufgelöst vorhanden ist. Nach 24 bis 48 Stunden bringt man die Flüssigkeit in eine bleierne Retorte und mischt sie darin mit Braunerstein, welcher beim Erhitzen durch Abgabe von Sauerstoff die Jodwasserstoffsäure zu Jod reducirt. Den Hals der Retorte leitet man in einen gläsernen Ballon, mit welchem noch einige andere luftdicht verbunden sind, worin das Jod beim Destilliren sich absetzt, gewöhnlich durch Wasser und etwas Salzsäure und Brom verunreinigt. Die Flüssigkeit gießt man ab und trocknet dann das Jod. Mässige Erhitzung und ein langsamer Gang der Zersetzung tragen wesentlich zum Gelingen des Processes bei, welcher durch die Bildung von Chlorjod erheblich beeinträchtigt werden kann. (Pogg. Ann. XXXIX. 199.; Verhandl. d. Gewerbevereins in Preussen 1842. S. 179.)

Eigenschaften. Das Jod kommt gewöhnlich in schwarzen metallartig glänzenden Schuppen vor, ähnlich dem Graphit, welche die Haut braun färben und schwach chlorartig riechen. In Alkohol und Aether ist Jod ziemlich leicht auflöslich, dagegen erst in 7000 Theilen Wasser; die Auflösungen sind braun und aus dem Wasser kann durch Blutlaugenkohle alles Jod ausgefällt werden. Aus einer heissen gesättigten alkoholischen Lösung, desgleichen aus freiwillig sich zersetzender Jodwasserstoffsäure schießt das Jod in grossen Rhombenoktaedern an. (Berzelius Jahresh. XV. 98. XVI. 83; Pogg. Ann. VII. 528). Bei gewöhnlicher Temperatur ist das Jod zwar fest, es verdunstet aber ziemlich schnell, schmilzt bei  $107^{\circ} C$ , siedet bei  $180^{\circ} C$ , und verwandelt sich dabei in schön violblauen Dampf. Spec. Wärme 0,5412 (Regnault), Spec. Gewicht des festen Jod 4,95, des Dampfs 8,716 (Dumas). (Pogg. Ann. IX. 298 XIV. 564. LI. 227). Nach Inglis soll Jod im geschmolzenen Zustand ein Leiter der Electricität sein. (Pogg. Ann. XXXVII. 420.; Berzelius Jahresh. XVII. 92).

Mit Stärkemehl giebt das Jod, wenn beide in Auflösung gemischt werden, eine intensiv und schön blaue Verbindung, weshalb Jod als ein empfindliches Reagens auf Stärke, und diese auf Jod ist. Ist dasselbe nicht frei in einer Flüssigkeit, so versetzt man dieselbe mit ein wenig Schwefelsäure und pulverförmiger Stärke, um Jodwasserstoff zu bilden und fügt einen Tropfen Chlorwasser hinzu, um den Wasserstoff vom Jod zu scheiden, worauf die blaue Verbindung entsteht. Nach Casaseca kann man auf diese Weise noch ein Milliontheil Jod nachweisen. Quantitativ lässt sich das Jod am besten nach Lassaigne mit salpetersaurem oder salzsaurem Palladium abscheiden, wodurch noch  $\frac{1}{400000}$  Jodkalium angezeigt wird. Das gefällte Jodpalladium ist unauf löslich und nach der Formel  $PdJ$  zusammengesetzt, enthält also 70,34 Proc. Jod. (Berzelius Jahresh. XIX. 278.). Ueber die Trennung des Jods von Chlor und Brom s. Pogg. Ann. XXXI. 583, XXXIX. 370. 375.

In seinen Verbindungen hat das Jod viele Aehnlichkeit mit dem Chlor, seine Verwandtschaften sind aber schwächer. Mit Sauerstoff giebt es Ueberjodsäure und Jodsäure; niedrigere Oxydationsstufen, z. B. jodige Säure, sind noch nicht dargestellt. Mit Schwefel, Chlor, Brom, Stickstoff, Wasserstoff und den Metallen geht es meist leicht Verbindungen ein.

Das Jod dient in der Chemie, wie schon bemerkt, als ein wichtiges Reagens für Stärke und hat sich in der Arzneikunde als ein

specifisches Mittel gegen Kropf und Drüsenkrankheiten bewährt; die Wirksamkeit des eingäscherten Badeschwamms, gewisser Mineralwasser und des Leberthrans gegen diese Uebel beruht auf ihrem Gehalt an Jod. Die vorgekommene Verfälschung des Jods durch Kohle und Graphit lässt sich leicht durch Sublimation oder Behandlung mit Alkohol auffinden, auch durch Wasser hat man das Gewicht des Jods in betrügerischer Absicht zu vermehren gesucht. B.

**Jodäther** siehe Aethyljodür und Jodwasserstoffäther.

**Jodal.** Jod zerlegt den Alkohol sehr langsam, und nicht auf die Weise wie Chlor und Brom. Johnston fand, dass eine Beimischung von Salpetersäure die Reaction sehr unterstützt. Es scheidet sich eine ölige Flüssigkeit aus, welche Jodal sein soll. Sie zerlegt sich durch Destillation; ich erhielt dabei eine sehr flüchtige jodreiche Substanz. Die Untersuchung, welche Aimé über diesen Gegenstand angestellt, ist ebenso unbefriedigend wie die erstere. M.

**Jodarsin** siehe Kakodyl.

**Jodbenzoyl** entsteht leicht durch Erwärmen von Jodkalium mit Chlorbenzoyl; es destillirt als braune Flüssigkeit über, die beim Erkalten zu einer braunen krystallinischen Masse erstarrt; es enthält dann noch Jod aufgelöst, im reinen Zustande ist es farblos. In Wasser sehr wenig löslich, wird es von diesem in Jodwasserstoff und Benzoësäure zerlegt. In Aether und Alkohol leicht löslich.  $C_{14}H_{10}O_2 + J_2$ . Liebig und Wöhler. Liebigs Ann. III. 266, M.

**Jodmetalle.** Jod vereinigt sich im Ganzen leicht mit den Metallen und man erhält diese Verbindungen theils durch directe Vermischung von Jod und Metall, oder durch Metalloxyd und Jodwasserstoffsäure, theils durch Zusammengiessen der Auflösung eines Metallsalzes mit der von Jodkalium. Die Jodverbindungen sind den entsprechenden Chlormetallen sehr ähnlich, werden aber von Chlor und Brom zerlegt; einige, wie Jodkalium, Jodnatrium, Jodsilber und Jodzink kommen, obwohl sparsam, in der Natur vor. Mit Ammoniak gehen die Jodide meist leicht Verbindungen ein, welche entstehen, wenn man das Jodmetall in Ammoniak auflöst, oder Ammoniak vom trocknen Jodmetall absorbiren lässt, in welchem Falle gewöhnlich mehr Ammoniak aufgenommen wird. (Rammelsberg, Pogg. Ann. XLVIII. 151.) Auflösliche Jodmetalle lösen Jod auf, ohne jedoch bestimmte Verbindungen damit zu geben (Pharm. Centralbl. 1844. S. 373). Auch unter einander vereinigen sich die Jodide, die man entweder als Doppelsalze oder als Amphidsalze betrachtet. (Pogg. Ann. XVII. 265, XIX. 348). Unter den Jodmetallen heben wir besonders hervor:

**Jodkalium.**  $KaJ = 2069,41$ . Kalium 23,67; Jod 76,33. — Zur Darstellung dieses Salzes giebt es viele Vorschriften, die sich unter folgende Gesichtspunkte zusammenfassen lassen. 1) Man sättigt Jodwasserstoffsäure mit ätzendem oder kohlenurem Kali. 2) Jod wird in kaustischem Kali bis zur Neutralisation aufgelöst, hierauf eingedampft und geglüht. Bei der Auflösung nämlich geben von 6 Aequi-

valenten Kali 5 ihren Sauerstoff an 1 Aequivalent Jod und bilden damit Jodsäure, die sich mit dem unzersetzten Kali verbindet, während das entstandene Kalium sich mit Jod zu Jodkalium vereinigt. Im Glühen wird das jodsaure Kali zerstört und zu Jodkalium, aber es ist schwer, die letzten Antheile des jodsauren Kalis zu zersetzen. 3) Man bereitet Jodcalcium oder Jodeisen oder Jodzink, indem man Kalkhydrat oder Eisenfeile oder granulirtes Zink mit Wasser und Jod zusammenreibt, und zersetzt die gewonnene Auflösung durch kohlen-saures Kali. Wegen der besonderen Vorsichtsmaassregeln und Gewichtsmengen verweisen wir auf die Bearbeitung dieser Methoden von Capaun im Pharm. Centralbl. 1844 S. 741. s. das. 1842 S. 223. 265. 273; 1843. S. 553. 845.

Jodkalium krystallisirt in weissen Würfeln, ist leicht löslich in Wasser und Alkohol, löst Jod auf, schmilzt beim Glühen und verdampft endlich. Specif. Gewicht 3,08—3,10 nach Boullay, specif. Wärme im geschmolzenen Zustand nach Regnault 0,08191. Das Jodkalium wird sowohl für sich als auch mit Jod in der Medicin gebraucht und muss für diesen Zweck frei von allen fremdartigen Beimischungen sein. Jodsaures Kali wird leicht durch Salpetersäure entdeckt, welche nach Müller im Jodkalium noch eine gelbe Färbung hervorbringt, wenn nur  $\frac{1}{20000}$  jodsaures Kali darin ist. (Journ. für prakt. Chemie. XXVI. 442.)

Jodpalladium. *Pd J*, in 100 Th. 29,66 Th. Palladium und 70,34 Jod — wird dargestellt, wenn man salpetersaures oder salzsaures Palladiumoxydul mit Jodkalium mischt, wobei ein schwarzbrauner, in Wasser unlöslicher Niederschlag erhalten wird, den man zur quantitativen Scheidung des Jods benutzt, s. Jod. Fehling hat eine rothgelbe Verbindung des Jodpalladium mit Ammoniak beschrieben. (Ann. der Chemie u. Pharm. XXXIX. 110.)

Jodquecksilber. a) Jodür, *Hg, J*, in 100 Th. 61,58 Quecksilber und 38,42 Jod — wird durch Zusammenreiben von Jod und Quecksilber in der zur Jodürbildung erforderlichen Quantität mit etwas starkem Alkohol erhalten. Es ist dunkelgrün und soll nach Noelle von schöner Farbe sein, wenn man Jodkalium mit salpetersaurem Quecksilberoxydul, ersteres in 32 Th. Wasser, letzteres in 24 Th. Wasser gelöst und schwach angesäuert, mischt. Spec. Gew. 7,750 (Boullay), spec. Wärme 0,03949 Regnault. Man gebraucht das Quecksilberjodür in der Medicin, zu welchem Zweck es frei von Jodid sein muss, was nach Mialhe leicht dadurch zu erreichen ist, dass man das Jodür mit heissem Alkohol so lange auswäscht, bis Schwefelwasserstoff keine Trübung mehr darin hervorbringt. (Pogg. Annal. XI. 99. LIII. 80. 92.; Pharmaceut. Centralblatt 1842. S. 814.; 1843. S. 892.)

b) Jodid, *Hg J*, in 100 Th. 44,49 Quecksilber, 55,51 Jod — entsteht beim Vermischen von Jod und Quecksilber in dem von der Zusammensetzung geforderten Verhältniss oder durch Zusammengiesesen der verdünnten Auflösungen von 4 Th. Quecksilberchlorid und 5 Th. Jodkalium. Das Jodid ist ein prächtig rothes Pulver, von welchem nach Saladin Wasser 0,0039, Alkohol 0,0027 und Aether 0,0013 aufnimmt; in Jodkalium ist es leicht löslich; die Auflösungen sind farblos oder gelblich. Spec. Gew. 6,320 (Boullay); spec. Wärme

0,04197 (Regnault). Aus einer Auflösung in Jodkalium setzt sich das Quecksilberjodid in rothen quadratischen viergliedrigen Tafeln ab, beim Erhitzen wird es verflüchtigt und erstarrt dann in gelben rhombischen zweigliedrigen Tafeln, welche beim Reiben, Stossen oder Erschüttern, daher auch beim gewöhnlichen Aufbewahren, sich wieder in die rothe Modification umändern. Das Quecksilberjodid ist also dimorph. In verschlossenen Gefässen, vor jeder Berührung mit andern Körpern bewahrt, bleiben die gelben Krystalle unverändert; während ihres Rothwerdens sieht man sie unter dem Mikroskop sich in Blätter spalten, welche durch Erhitzen zu gelben Krystallen wieder vereinigt werden können. Wenn man sehr langsam sublimirt, so kann man auch rothe quadratische Tafeln erhalten, beim raschen Erhitzen aber bekommt man stets gelbe. (Berzelius Jahresber. X. 149. XIV. 158. XX. 7.; Pharmaceut. Centralblatt 1844. S. 415.) Nach Selmi erhält man die gelbe Form auch, wenn man eine heisse Auflösung des Jodids in Alkohol in ein feuchtes Gefäss giesst, desgleichen entsteht, wenn man einen Tropfen Wasser in eine solche Auflösung schüttet, eine gelbe Trübung um denselben. (Pharmac. Centralblatt 1844. S. 286.) Der Dampf des Quecksilberjodids ist der schwerste, sein spec. Gewicht ist nach Mitscherlich 15,6.

Das Quecksilberjodid giebt mit dem Jodür eine gelbe Verbindung, es vereinigt sich auch mit andern Jodmetallen, Chloriden und mit Ammoniak. (Pogg. Annal. XI. 99. XVII. 265. XLVIII. 170.)

Man gebraucht das Jodid als Malerfarbe und in der Medicin.

c) Superjodid,  $Hg J_3$ , des Quecksilber hat Hunt als einen braunen Niederschlag erhalten, als er eine mit Jod gesättigte Jodkaliumlösung mit Quecksilberchlorid fällte. Es ist in einer warmen Kochsalzlösung löslich, und schießt in schwarzen Nadeln daraus an. (Berzelius Jahresb. XIX. 265.)

Jodsilber,  $Ag J$ , in 100 Th.: 46,11 Silber, 53,89 Jod — kommt in der Gegend von Mexico natürlich vor (Pogg. Annal. IV. 365.) und wird künstlich durch Fällung des salpetersauren Silbers mittelst Jodwasserstoffsäure oder Jodkalium erhalten. Es hat eine gelbbraune Farbe, wird vom Lichte geschwärzt und zersetzt, ist unauflöslich in Wasser und sehr schwerlöslich in Ammoniak. Spec. Gewicht 5,614 (Boullay), spec. Wärme 0,06159 (Regnault.) Mit Ammoniak und den alkalischen Jodmetallen geht es Verbindungen ein. (Pogg. XI. 121.; XLVIII. 169.) B.

#### Jodoform s. Formylsuperjodid.

**Jodsäure**  $J O_3$ , = 2079,50, in 100 Th.: 75,96 Jod, 24,04 Sauerstoff. — Darstellung. Die Jodsäure wurde von H. Davy entdeckt, welcher sie erhielt, als er völlig trockenes Chloroxydgas auf zerriebenes Jod leitete. Es bildet sich dabei Chlorjod, welches durch gelinde Wärme verflüchtigt werden kann und die Jodsäure bleibt als eine weisliche Masse zurück, welche durch Umkrystallisiren rein weiss dargestellt werden kann. Auch durch Kochen von Jod in concentrirter Salpetersäure lässt sich Jodsäure darstellen; die beste Methode aber ist die von Gay-Lussac angegebene und von Liebig als solche empfohlene. Man verschafft sich nämlich zunächst jodsau-

ren Baryt\*), übergießt 9 Theile davon mit 2 Theilen, zuvor mit der 10—12fachen Gewichtsmenge Wasser verdünnter Schwefelsäure und kocht damit eine halbe Stunde, worauf der schwefelsaure Baryt abfiltrirt wird. Aus der gehörig eingedampften Lösung schießt die Jodsäure in schönen Krystallen an. (Pogg. Annalen XXIV. 362. XLIV. 547. Pharmaceut. Centralblatt 1843. S. 441.)

Eigenschaften. Die Jodsäure ist in Wasser leicht, in Ammoniak sehr schwer auflöslich; die Auflösung röthet anfangs das Lackmuspapier und bleicht es hierauf. Beim langsamen Krystallisiren schießt sie in rhombischen glänzenden Prismen an, welche 5,35 Proc. oder ein Atom Wasser enthalten; beim langsameren Eindunsten erhält man sie in Flittern und Blättchen, welche wasserfrei sind. (Pogg. Annal. XLVI. 159. LXII. 416.) In der Hitze wird die Jodsäure zersetzt. Setzt man zu einer heissen concentrirten Auflösung derselben eine andere Säure, so fällt nach Davy eine meist krystallinische Verbindung beider Säuren nieder, so mit Schwefelsäure, Salpetersäure, Phosphorsäure, Borsäure. Nach Serullas sind dies jedoch keine festen Verbindungen (Pogg. Annal. XVIII. 114.; s. auch das. XLVI. 417.) Mit Basen giebt die Jodsäure grösstentheils unauflösliche Salze, die der Alkalien sind aber auflöslich. Man erhält diese Salze, welche am ausführlichsten von Rammelsberg, mehrere auch von Millon untersucht sind, wenn man die Base in Jodsäure löst, oder jodsaures Natron mit einem leichtlöslichen Salze der betreffenden Base mischt. (Pogg. Annal. XLIV. 545. LXII. 418.; Pharmaceut. Centralblatt 1844. S. 227.)

Die Jodsäure ist ein empfindliches Reagens auf Pflanzenbasen, da sie mit ihnen sehr schwerlösliche saure Salze giebt. Die Niederschläge, welche aus der Verbindung der Jodsäure mit Pflanzenbasen in alkoholischen Lösungen entstehen, zersetzen sich beim Erwärmen mit Explosion. Serullas (Pogg. Annal. XX. 518. 595.) B.

**Jodsalicylsäure.** Wird Jod in salicyliger Säure (Salicylwasserstoff) aufgelöst, so erhält man eine braune Flüssigkeit; durch Erhitzen von Chlorsalicylsäure mit Jodkalium erhält man eine braune, sublimirende, schmelzbare Masse, welche mit Ammoniak und Metalloxyden sich verbindet. S. Salicin und Salicylsäuren. M.

**Jodschwefel.** Jod und Schwefel lassen sich in allen Ver-

\*) Jodsauren Baryt bereitet man durch Fällung einer Auflösung des jodsauren Natrons mit Chlorbarium, wobei er als ein weisser wasserenthaltender, sehr schwer löslicher Niederschlag erhalten wird. Jodsaures Natron entsteht, wenn man Jod mit vielem Wasser übergießt, Chlor bis zur Auflösung des Jods zuleitet und kohlenensaures Natron zusetzt. Hierbei scheidet sich viel Jod ab; man leitet dann wieder Chlor hinein, bis alles Jod aufgelöst ist, neutralisirt mit Natron, und leitet abermals Chlor zu, wenn noch Jod sich sollte abgesetzt haben. Die Flüssigkeit, welche jodsaures Natron und Chlornatrium enthält, dampft man stark ein, gießt dann Alkohol darüber, worauf das jodsaure Natron herauskrystallisirt, welches durch Weingeist von Kochsalz befreit wird. Pogg. Annal. XXIV. 362. XLIV. 548. 573.

hältnissen zusammenschmelzen und es scheint keine feste Verbindung zwischen beiden zu existiren. (H. Rose, Pogg. Annal. XXVII. 115.)

B.

**Jodstärkemehl.** Die blaue Färbung, welche eine Auflösung von Jod in einer Kleisterlösung hervorbringt, hat man fälschlich für eine chemische Verbindung beider betrachtet; sie ist nur durch mechanische Adhäsion des niedergeschlagenen Jods auf den aufgeschwemmten Stärkekörnchen hervorgebracht. Vgl. Stärkemehl. M.

**Jodstickstoff** kann auf verschiedene Weise dargestellt werden. Man digerirt zerriebenes Jod mit Ammoniak, wobei Jodwasserstoff und Jodstickstoff, ein dunkelbraunes, fast schwarzes, leicht explodirendes Pulver, entstehen. Minder gefährlich ist seine Darstellung nach Serullas: man setzt zu einer gesättigten alkoholischen Jodlösung Ammoniak im Ueberschuss, und verdünnt dann so lange mit Wasser als noch Jodstickstoff niederfällt, den man mit Wasser auswäscht. So bereitet, explodirt er weniger leicht und unter Wasser kann man ihn sogar mit einem Glasstab umrühren. (Pogg. Annal. XVII. 304.) Mitscherlich's Verfahren ist ganz gefahrlos; es wird kaum ein Gran Jod in Königswasser gelöst, wobei sich Chlorjod bildet, worauf beim Zusetzen von Ammoniak Jodstickstoff niederfällt. Nach dem Filtriren zerreisst man das noch nasse Filtrum um das Explodiren der gesammten Menge zu verhüten. (Pogg. Ann. XIV. 539.)

Der Jodstickstoff explodirt im feuchten Zustande schon bei der leisesten Berührung, und wenn er trocken ist von selbst. Millon suchte die Ansicht zu begründen, dass der Jodstickstoff eine Amidverbindung sei  $\text{NH}_2\text{J}$ , und Marchand fand Wasserstoff darin. Unter diesen Umständen muss man annehmen, dass aus  $2\text{J}$  und  $\text{NH}_3$  wird Jodamid,  $\text{NH}_2\text{J}$  und Jodwasserstoff  $\text{HJ}$ , wonach der vermeintliche Jodstickstoff bestände aus 88,66 Jod, 9,94 Stickstoff und 1,40 Wasserstoff (Journ. für prakt. Chemie XIX. 1., s. auch Berzelius Jahresb. XIX. 210. XXI. 59.)

B.

**Jodtinctur.** Die alkoholische Jodlösung, welche im gesättigten Zustande eine sehr bedeutende Menge davon enthält, stellt eine dunkelbraune Flüssigkeit dar, welche sich in ziemlich kurzer Zeit zersetzt, und Jodäther bildet; durch Wasser wird das Jod grösstentheils ausgefällt.

M.

**Jodwasserstoffäther.** Jodäther. Die Zerlegung desselben beim Hindurchleiten durch eine glühende Röhre hat Gay-Lussac schon bemerkt; Kopp hat gefunden, dass sich dabei  $\text{C}_2\text{H}_2$  und  $\text{H}$  im Verhältniss von 2 : 1 Vol. bilden, und ausserdem Älayjodür s. d. =  $\text{C}_2\text{H}_4\text{J}_2$ , welches Regnault und Faraday schon früher untersucht hatten. Dieses zerlegt sich durch eine alkoholische Kalilösung in äßbildendes Gas: Jodkalium und Jodacetyl ( $\text{C}_2\text{H}_4\text{J}_2$ ). Die Bildung des Jodäthers kommt am besten zu Stande, wenn man Phosphor in eine concentrirt-alkoholische Jodlösung hängt, an deren Boden sich Jod überschüssig befindet. Es bilden sich beim Abschluss der Luft namentlich Jodäther, Aetherphosphorsäure und eine organische Jod und Phosphor enthaltende andere Säure. Den Siede-

punkt der Flüssigkeit fand ich zu + 64,5 (756<sup>mm</sup>); specif. Gewicht bei + 16° 1,92. Das specif. Gewicht des Dampfes durch Wägung 5,417. Die Analyse ergab die vermuthete Zusammensetzung  $C_4 H_{10} J_2$ . Dumas und Stas, und auch ich fanden ihn durch Chlor leicht zersetzbar; es bildet sich Chloräthyl und Jod scheidet sich aus. Bei der Bildung geht von dem angewandten Jod die Hälfte in den Aether über; fünf Aequivalente Jod erfordern zu der Reaction ein Aequivalent Phosphor. Kopp, Journ. f. pract. Chem. XXXIII. 182. Marchand ebend. S. 186. s. a. d. Art. Aethyljodür. M.

**Jodwasserstoffsäure** (Hydriodsäure)  $JH = 1591,98$ , in 100 Th.: 99,22 Jod, 0,78 Wasserstoff. —

**Darstellung.** Die Jodwasserstoffsäure kann im gasförmigen oder flüssigen Zustande aufgelöst in Wasser erhalten werden. Die gewöhnliche Vorschrift zu ihrer Darstellung als Gas ist die, dass man 9 Th. Jod mit 1 Th. Phosphor in einem unten zugeschmolzenen Glasrohr oder engen Kolben unter einer Bedeckung von Glaspulver erwärmt, so dass sie sich verbinden. Hierauf befeuchtet man das Glas mit Wasser, welches in Berührung mit dem Jodphosphor phosphorige Säure und Jodwasserstoff giebt, welcher sich sogleich entwickelt. Man leitet ihn durch ein geeignetes Rohr auf den Boden einer leeren Flasche, aus welcher durch das schwere Jodwasserstoffgas die Luft allmählig herausgedrängt wird. Ueber Wasser oder Quecksilber darf man das Gas nicht auffangen, da es von dem ersten aufgelöst, von dem letzteren zersetzt wird. Wenn die Gasentwicklung nachlässt, kann man sie durch Erwärmen wieder verstärken bis zur völligen Zersetzung des Jodphosphors. Millon empfiehlt statt des Glaspulvers Jodkalium mit dem Jod und Phosphor zu mischen, wobei auch noch Jodwasserstoff aus diesem Salz gewonnen wird, indem sich das Kalium oxydirt und mit der aus dem Phosphor gebildeten Säure verbindet. (Berzelius Jahresb. XXIII. 75). Aus Jodnatrium, Wasser und Schwefelsäure Jodwasserstoff darzustellen, nach Analogie der Chlorwasserstoffsäure, ist nicht rathsam, weil die Schwefelsäure mit der entstandenen Jodwasserstoffsäure sich in schweflige Säure und Jod zerlegt. Dagegen lässt sich nach Glover dies Verfahren anwenden, wenn man statt Jodnatrium Jodbarium nimmt.

Um die flüssige Säure zu erhalten sättigt man entweder Wasser mit Jodwasserstoffgas, oder man leitet unter stetem Umrühren Schwefelwasserstoff in Wasser, worin zerriebenes Jod sich befindet. Der Wasserstoff tritt hierbei an das Jod, Schwefel wird frei und der überschüssige Wasserstoff kann durch Erwärmung aus der Flüssigkeit entfernt werden. Da hierbei leicht ein Theil Jod durch den ausgefallenen Schwefel der Einwirkung des Schwefelwasserstoffs entzogen wird, so schlägt Joss vor, Jodblei, erhalten durch Zusammenschütteln von 3 Th. Bleifeile mit 2 Th. Jodpulver und Wasser, mittelst Schwefelwasserstoff zu zerlegen. (Journ. f. pr. Ch. I. 133)

**Eigenschaften.** Die wasserfreie Jodwasserstoffsäure ist ein farbloses erstickend riechendes, und an der Luft wegen Wasseranziehung rauchendes Gas, welches vom Wasser mit noch grösserer Begierde als Chlorwasserstoffgas aufgenommen wird. Spec. Gewicht

4,44 (Gay-Lussac). In der Glühhitze wird es in seine Bestandtheile zerlegt, bei Gegenwart von Sauerstoff bildet sich aus dem Wasserstoff Wasser. Alle Substanzen, welche leicht Sauerstoff abgeben, oxydiren den Wasserstoff der Jodwasserstoffsäure und scheiden Jod daraus ab, so Schwefelsäure, Salpetersäure, Eisenoxydsalze u. s. w. Chlor nimmt den Wasserstoff, die Metalle das Jod daraus auf; im ersten Falle wird Jod, im zweiten Wasserstoff frei. Metalloxyde geben Wasser und Jodmetall damit. — Die flüssige Jodwasserstoffsäure ist farblos, stösst einen stechend sauren Rauch aus, und zersetzt sich an der Luft, indem ein Theil des Wasserstoffs oxydirt und das freigewordene Jod in der unzersetzten Säure gelöst wird, wodurch diese sich bräunt. Beim langen Stehen scheidet sich das Jod bisweilen in grossen Krystallen daraus ab. Beim Erhitzen verliert die Säure an Gas, bis ihr spec. Gewicht 1,7 ist, in welchem Zustande sie erst bei 125—128° C siedet. B.

**Jolith** ist Dichroit.

**Jonen** nennt Faraday diejenigen Substanzen, welche bei galvanischen Zersetzungen an den Elektroden (oder Polen) der Säule frei werden, und zwar Kationen diejenigen, welche an der Kathode erscheinen, d. h. an derjenigen Fläche des sich zersetzenden Körpers, welche der negativen Elektrode (dem Kupferpol) angrenzt, dagegen Anionen diejenigen, welche an der Anode erscheinen, d. h. an derjenigen Fläche, welche der positiven Elektrode (dem Zinkpol) angrenzen. Die Electrolyte sind somit eine Verbindung zweier Jonen (s. Art. Electrolyte). R.

**Iridium.**  $Ir = 1233,50$ . Das Iridium wurde 1803 von Tennant entdeckt und findet sich im Platinsande, legirt mit Platin und Osmium, siehe Platinerze und Osmium-Iridium; den von Iris abgeleiteten Namen erhielt es wegen der grossen Farbenverschiedenheit seiner Salze.

**Darstellung.** Unter mehreren, theils vorgeschlagenen, theils ausgeführten Methoden zur Gewinnung des Iridiums ist die von Wöhler die zweckmässigste. Das Platinerz wird mit Königswasser erhitzt, um diejenigen Substanzen, die davon angegriffen werden, aufzulösen (vergl. Platin), wobei ein Rückstand bleibt, welcher hauptsächlich aus Osmium-Iridium und pulverförmigem reinem Iridium besteht, aber auch etwas Titan- oder Chromeisen und geringe Mengen anderer Stoffe enthält. Diesen Rückstand mengt man mit einem gleichen Gewicht Kochsalz, trocknet das Gemisch durch Hitze und bringt es in einem Glas- oder Porcellanrohr zum gelinden Glühen, während Chlor hinübergeleitet wird. An dem anderen Ende der Röhre befindet sich ein kleiner Glasballon, von welchem ein Gasleitungsrohr abgeht, welches in ein Gefäss mit verdünntem Ammoniak führt. Die Operation wird unterbrochen, wenn das Gas nicht mehr absorbiert wird, sondern bis in das Ammoniak gelangt. Durch das Chlor werden Iridium und Osmium in Chlormetalle verwandelt, von denen das Chlor-Osmium durch den mit dem Chlor gemengten Wasserdampf in Salzsäure und Osmiumsäure, welche sich grössten-



theils in dem Ballon absetzt, umgewandelt wird. Die Masse in der Röhre wird in Wasser gelöst, der Rückstand getrocknet mit Kochsalz gemischt und noch einmal ebenso behandelt. Die Flüssigkeit enthält Chloriridiumnatrium und Osmiumsäure, welche man abdestillirt, worauf man die braune rückständige Salzlösung mit kohlen saurem Natron zur Trockne eindampft. Die schwarze Masse wird dann in einem hessischen Tiegel geglüht, und nach dem Erkalten mit Wasser ausgelaugt, welches Kochsalz und kohlen saures Natron auflöst und Iridiums sesquioxydul in Verbindung mit Natron zurücklässt. Mit Salzsäure kann dieses, so wie der noch etwa vorhandene Eisengehalt, ausgezogen werden. Das so gewonnene Oxyd reducirt man in einem Glasrohr durch Wasserstoffgas unter Mitwirkung gelinder Wärme. (Pogg. Ann. XIII. 463, XXXI. 161.) Wird das Sesquioxydul feucht zusammengepresst, dann völlig getrocknet und eine halbe Stunde heftiger Weissglühhitze ausgesetzt, so wird das Iridium reducirt und bildet eine ziemlich fest zusammenhaftende Masse von der Form des angewandten Oxyds (Berzelius Pogg. Ann. XV. 211.)

Eigenschaften. Das durch Wasserstoff reducirte Iridium hat ein graues, dem Platinschwamm ähnliches Ansehen, das zusammengesinterte kann polirt werden, zerbröckelt aber doch leicht, wenn es nicht recht vorsichtig behandelt wird. Es ist überaus strengflüssig. Children hat mit seiner riesigen Volta'schen Säule und Bunsen durch das Knallgasgebläse Iridium zu Kügelchen geschmolzen, die aber nicht dicht waren, und bei dem erstern Verfahren ein spec. Gewicht von 18,68, bei dem letztern von 15,9 hatten. Da aber in beiden Fällen die Reinheit des zur Untersuchung benutzten Iridiums sehr fraglich ist, und überdies eine in der Natur vorkommende 19,6 Procent Platin enthaltende Legirung des Iridiums (sogenanntes gediegenes Iridium) schon ein spec. Gew. von 22 — 23,5 (Breithaupt, Rose) besitzt, so müssen wir wohl das spec. Gewicht des Iridiums noch als unbekannt setzen und dürfen nur vermuthen, dass es sehr hoch ist, vielleicht das des Platins noch übertrifft. (Pogg. Ann. XV. 212, XXXIV. 377, XLI. 208 s. Berzelius Jahresb. XVIII. 144.) Spec. Wärme des nicht reinen Iridiums 0,3683 (Regnault). Nach Breithaupt ist reines Iridium magnetisch. Säuren greifen das Iridium nicht an, und es kann nur durch die bei der Darstellung beschriebene Methode in auflösliche Form gebracht werden. Zu Kohle hat Iridium grosse Verwandtschaft; hält man es in eine Weingeistflamme, so bedeckt es sich mit warzenförmigen Auswüchsen von Kohleniridium, welches 19,8 Proc. Kohlenstoff enthält. In Phosphordampf entzündet sich Iridium und mit Schwefel kann es in mehreren Verhältnissen verbunden werden. Fein zertheilt, oxydirt es sich beim Glühen an der Luft, zumal in Berührung mit starken Basen, ätzendem oder kohlen saurem Kali, wird aber in heftiger Gluth wieder reducirt. — Frick hat das Iridium zur Darstellung schwarzer und schöner grauer Farben in der Porcellanmalerei benutzt. (Pogg. Ann. XXXI. 17.) B.

**Iridiummohr** ist ein sehr fein zertheiltes staubförmiges Iridium, welches entsteht, wenn man Iridiums sesquioxydul mit Ameisensäure digerirt, oder eine Auflösung von schwefelsaurem Iridoxyd in Alkohol dem Lichte aussetzt, den gebildeten Niederschlag in vielem

Wasser fast bis zum Sieden erhitzt und dann bei 100° trocknet. (Döbereiner).

Der Iridiummohr hat eine schwarze Farbe, absorbiert Gase in bedeutender Menge, entzündet Wasserstoffgas wie Platinschwamm und verwandelt den Weingeist, wenn man ihn in eine mit Alkoholdampf erfüllte Luft bringt, in Essigsäure. Besonders besitzt das auf die zuletzt erwähnte Art bereitete Präparat diese Eigenschaft in hohem Grade, indem die kleinsten Staubtheilchen zischend erglühen, wenn sie auf Druckpapier, das mit Weingeist befeuchtet ist, gestreut werden. Pogg Ann. XXIV. 604. B.

**Iridiumoxyde.** Das Iridium hat 4 Oxyde, welche sämmtlich Salzbasen und von Berzelius am genauesten untersucht sind. (Pogg. Ann. XIII. 479.)

1) Iridiumoxydul.  $IrO$ , in 100 Th. : 92,50 Iridium, 7,5 Sauerstoff. — Iridiumchlorür (erhalten durch Glühen von Iridium in Chlor, ein dunkel olivengrünes Pulver) wird mit kaustischem Kali gekocht, wobei sich das Oxydul als ein schweres schwarzes kalihaltiges Pulver abscheidet, welches durch Säuren, worin es unlöslich ist, vom Kali befreit wird. Vermischt man das bei der Darstellung des Iridiums erwähnte Natrium-Iridium-Sesquichlorür mit Chlorkalium, so setzt sich Kalium-Iridiumchlorid ab, und Chlorürsalz bleibt in der Auflösung, aus welcher kohlen-saures Kali grünlichgraues Iridiumoxydul fällt. Dieses ist in Säuren auflöslich und giebt damit schmutzig grüne Salze.

2) Iridiums sesquioxydul  $Ir_2O_3$ , in 100 Th. : 89,16 Iridium, 10,84 Sauerstoff. — Dieses ist das bekannteste Oxyd des Iridiums, das am leichtesten zu erhalten, und dessen Darstellung bereits bei der Bereitung des Iridiums beschrieben ist. Es bildet sich auch, wenn man dieses Metall mit Aetzkali oder Salpeter glüht. Es ist ein schwarzes, in Säuren unlösliches Pulver, welches von Wasserstoff bei gewöhnlicher Temperatur, so wie in der Weissglühhitze reducirt wird, mit brennbaren Körpern gemischt und erhitzt, detonirt es heftig. wird das Natrium-Iridiums sesquichlorür mit Kali gefällt, so erhält man einen dunkelbraunen Niederschlag, welcher kalihaltiges Sesquioxydulhydrat ist, woraus aber das Kali nicht durch Waschen entfernt werden kann. Die Salze sind von brauner oder schmutzig purpurrother Farbe.

3) Iridiumoxyd.  $IrO_2$ , in 100 Th. : 86,05 Iridium, 13,95 Sauerstoff. Dieses Oxyd ist noch nicht isolirt worden, da es in kaustischen und kohlen-sauren Alkalien löslich ist. Die Salze haben meist eine braune Farbe.

4) Iridiums sesquioxyd.  $Ir_2O_5$ , in 100 Th. : 80,44 Irid, 19,56 Sauerstoff. Diese Verbindung erhält man, wenn Osmium-Iridium mit Salpeter geschmolzen, mit Königswasser eingedampft und dann mit Wasser ausgezogen wird. Dies erzeugt eine rosenfarbige Auflösung von Kalium-Iridiums sesquichlorid, woraus kohlen-saures Alkali nach längerer Zeit ein braungelbes Alkali enthaltendes Sesquioxydhydrat von gallertartiger Beschaffenheit fällt. Getrocknet und erhitzt wird es schnell zersetzt.

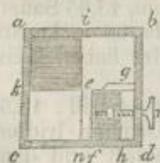
Die Iridiumlösungen zeigen sich in allen Regenbogenfarben; sie

sind beim Sesquichlorid, je nach der Verdünnung, rosenroth, braun oder gelb, vom Chlorid und Sesquichlorür grün, schmutzig grün vom Chlorür, blau oder purpurfarbig, wenn Oxydul und Oxydlösungen gemischt sind. Tennant und Vauquelin glaubten daher, das Iridium habe ein blaues Oxyd, was aber wahrscheinlich eine Verbindung der beiden ebengenannten Oxyde ist. B.

**Irid-Osmium** siehe Osmium-Irid.

**Irradiation.** Jeder helle Gegenstand erscheint uns auf dunklem Grunde grösser als auf hellem, jeder dunkle Gegenstand dagegen auf hellem Grunde kleiner als auf dunklem. So sieht man z. B. die äusseren Ränder der hellen Mondscheibe über den nur von der Erde erleuchteten dunkleren Theil der Mondscheibe hervorragen, und die Grösse der hellen Fixsterne scheint dem unbewaffneten Auge die der dunkleren Sterne bei weitem zu übertreffen; so erscheint ferner ein vor einer Lichtflamme gehaltener dünner Stab an der Stelle, welche zwischen Auge und Flamme sich befindet, schmäler als im übrigen Verlauf etc. Man nennt diese Erscheinung Irradiation, und erklärt sie gewöhnlich daraus, dass stärkere Lichteindrücke von den unmittelbar afficirten Netzhauttheilchen aus sich den umliegenden Theilchen mittheilen, und dass diese Mittheilung um so merklicher werde, je weniger die Nachbartheilchen von direktem Lichte angegriffen werden.

Je stärker nun der Glanz des Objekts ist, desto auffallender ist die Vergrösserung durch die Irradiation, jedoch so, dass diese Vergrösserung schon bei einem der Tageshelle gleich kommenden Glanz seine Grenze erreicht. Sie ist übrigens nicht bei allen Personen von gleicher Stärke, und selbst bei einer und derselben Person zu verschiedenen Zeiten verschieden. Es scheint ferner, dass jenes Sich-Ausbreiten des Lichteindrucks nicht plötzlich geschieht, da die Grösse der Irradiation bei längerer Betrachtung bis zu einer bestimmten Grenze zunimmt. Die Winkel-Entfernung des scheinbaren Standes des Objekts vom wahren ist übrigens unter einerlei Umständen dieselbe, dasselbe mag in der deutlichen Sehweite liegen oder sehr weit entfernt sein, so dass die Irradiation um so auffallender erscheinen muss, je kleiner und je näher der Gegenstand ist. Dies Constantbleiben der Vergrösserung für verschiedene Entfernungen ist von Plateau unter andern



mittelst des hier abgebildeten Instrumentes dargestellt worden. *abcd* ist eine geschwärzte Kupferscheibe, die bis auf den Rand und das Stück *aiek* ausgeschnitten ist; *efgh* ist eine gleichfalls geschwärzte Scheibe, welche mittelst der Mikrometerschraube *m* längs *cd* verschoben werden kann. Die Grösse der Verschiebung und somit die senkrechte Entfernung der Ränder *ie* und *ef* lässt sich aus der Zahl der Schraubenumdrehungen bestimmen. Bringt man nun *ef* in die Verlängerung von *ie*, und kehrt die Scheibe in einiger Entfernung vom Auge gegen das Tageslicht, so erscheint in Folge der Irradiation der Rand *ef* nach *db*, der Rand *ie* nach *ac* hin gerückt. Schraubt man darauf *fg* so weit vorwärts, dass *ie* und *ef* eine Gerade zu bil-

den scheinen, so ist die Verschiebung die doppelte Breite der Irradiation, deren Winkelwerth sich aus der Entfernung vom Auge berechnen lässt, und für alle Entfernungen als gleich befunden wurde.

Dass die Irradiation durch Näherung eines zweiten hellen Gegenstandes verringert wird, ist ein zweites von Plateau aufgestelltes Gesetz, welches er unter andern auf folgendem Wege verificirte.

In einem Brettchen  $abcd$ , dessen eine Hälfte  $febd$  geschwärzt war und etwas hervortrat, liess sich ein Brettchen  $gk$ , dessen Oberfläche mit der Oberfläche  $afec$  in einer Ebene liegt, längs  $dc$  verschieben, so dass, wenn die Flächen  $afce$  und  $gk$ , die weiss angestrichen waren, von hellem Licht erleuchtet wurden, für eine bestimmte Augenentfernung der Rand  $fc$ , vermöge der Irradiation etwa in  $no$  zu liegen schien, so lange  $gk$  hinlänglich entfernt war. Wurde nun der Rand  $gh$  dem Rande  $fe$  genähert, so trat die Hälfte  $mo$  des scheinbaren Randes  $no$  weiter nach  $fe$  zurück und zwar um so mehr, je kleiner  $ch$  wurde.

Hieraus erklärt sich z. B. warum die Seiten eines geschwärzten Dreiecks auf hellem Grunde concav erscheinen.

Ein drittes von Plateau aufgestelltes Gesetz ist, dass die Irradiation durch eine Concavlinse vergrössert, durch eine Convexlinse verkleinert wird, und zwar um so mehr, je kürzer die Brennweite ist.

Diesem Umstande ist zum Theil die geringe Grösse der Irradiation bei der Betrachtung durch Fernröhre zuzuschreiben, welche überdies ihren Grund in der Schwächung des Lichts durch die Brechung ihren Grund haben kann, so wie darin, dass ein Fernrohr das Object vergrössert zeigt, während die Winkelbreite der Irradiation nach dem ersten Gesetz sich nicht ändert. Dass gute Heliometer gar keine wahrnehmbare Irradiation zeigen, lässt sich endlich aus der Nähe der zum Contact gebrachten zwei Lichtbilder nach dem zweiten Gesetz erklären. Man vergleiche über die hierhergehörigen Erscheinungen Plateau's Mem. sur l'irradiation, Bruxelles 1839.

R.

**Isäthionsäure.** Diese Säure wurde durch Magnus entdeckt, bei der Einwirkung des Aethers und Alkohols auf wasserfreie Schwefelsäure. Man bewirkt sie am besten, indem man Aether oder absoluten Alkohol von der wasserfreien Schwefelsäure absorbiren lässt; die Flüssigkeit kocht, wobei das gebildete Weinöl, Aetherschwefelsäure, Aethionsäure sich zerlegen und zu Isäthionsäure bilden, welche auch schon fertig darin enthalten ist. Die Lösung wird mit kohlen-saurem Baryt gesättigt, der lösliche isäthionsaure Baryt in Alkohol umkrystallisirt, und die Säure durch Schwefelsäure abgeschieden. Sie kann unter der Luftpumpe bis zur Syrupsconsistenz eingedampft werden. Das Barytsalz kann bis über  $200^\circ$  erwärmt werden, ohne sich zu zersetzen. Die Salze haben die Zusammensetzung der wasserfreien ätherschwefelsauren  $C_4 H_{10} O + 2 SO_2 + RO$ . Das Kalisalz ist wasserfrei und verliert bis  $350^\circ$  erhitzt, wobei es schmilzt, nichts am Gewicht. Beim Erhitzen bilden die Salze nicht Aether; schmilzt man das isäthionsaure Kali mit überschüssigem Kali, so bildet sich eine geringe Menge schwefeliger Säure; jedoch so wenig, dass



daraus folgt, in Säuren können keine Unterschweifelsäuren enthalten sein. Sättigt man Aether mit wasserfreier Schwefelsäure ohne abzukühlen, so erhält man ein schwarzes Gemenge, welches ein in Alkohol unlösliches Barytsalz liefert, das Aethionsäure enthält. Vergl. Magnus, Pogg. Annal. XXVII. 367. Liebig Annal. XIII. 27. Regnault *ibid.* XXII. 71. XXV. 33. Woskressensky *ebend.* S. 113. M.

**Isatan.** Sulfesatyd giebt beim Kochen mit doppeltschwefelsaurem Ammoniak ein Gemenge mehrerer Stoffe, unter denen ein in Alkohol sehr schwer lösliches, röthliches, krystallinisches Pulver ist. Sie sind unter dem Mikroskope rechtwinklig. Beim Erhitzen liefern sie Isatin und Indin. Verdünnte Salpetersäure bildet Nitrindin. Die Verbindung besteht aus  $C_{16}H_{12}N_2O_3$ . Laurent, Journ. für prakt. Chemie XXVIII. 348. M.

**Isatin.** Bei der Behandlung des Indigblaues mit oxydirenden Substanzen, nimmt dasselbe, oft ohne etwas in seiner Zusammensetzung sonst zu ändern, Sauerstoff auf. Aus  $C_{16}H_{10}N_2O_2$  wird  $C_{16}H_{10}N_2O_4$ . Man kann Salpetersäure, noch besser Chromsäure anwenden. Durch Waschen mit sehr verdünntem Ammoniak, Umkrystallisiren in Alkohol erhält man die Substanz in schönen, reinen Krystallen. Die Substanz stellt gelbrothe, stark glänzende Krystalle dar, welche einaxig sind, in kaltem Wasser schwer löslich, reichlicher mit dunkelrother Farbe in siedendem. Beim Erkalten krystallisirt es in langen Nadeln; Alkohol löst es in der Wärme reichlich; erhitzt, sublimirt sich ein kleiner Theil desselben. Chlor verwandelt es in Chlorisatin und Bichlorisatin. Von Erdmann und von Laurent entdeckt. Journ. für prakt. Chemie XXIV. 11. XXV. 435. M.

**Isatinsäure.** Das Isatin löst sich in einer Auflösung von Kali in der Kälte mit dunkelpurpurrother Farbe auf. Mit Salzsäure versetzt, fällt ein rothgelbes krystallinisches Pulver, welches Isatin ist. Wird die Kalilösung erhitzt, so verschwindet die rothe Farbe, und liefert beim Abdampfen fast farblose Krystalle von isatinsaurem Kali. Die Säure bildet sich wie die Chlorisatin- und Bichlorisatinsäure, indem sie ein Atom Wasser aufnehmen. Beim Abscheiden der Säure durch Salzsäure wird anfangs eine farblose Flüssigkeit erhalten, welche sodann erhitzt, roth wird und Isatin wieder absetzt. Aus dem Bleisalz kann sie durch Schwefelwasserstoff isolirt werden.

Wird die Lösung des Isatins in Kali nicht erhitzt, so bildet sich eine Verbindung beider, ohne Wasseraufnahme, und das Isatin kann an andere Basen gebracht werden. Erdmann, Journ. f. pr. Chem. XXIV. 13. Laurent *ebend.* XXV. 435. XXVI. 349. M.

**Isatoschweiflige Säure.** Lässt man schweflige Säure durch reines isatinsaures Kali streichen, so erhält man lange, glänzende Blättchen, welche durch Salzsäure unter Ausscheidung schwefliger Säure, Isatin absetzen. Die Verbindung besteht aus  $C_{16}H_{10}N_2O_4KO + 2SO_2$ . Chlorisatin und Bichlorisatin verhalten sich gleich. Laurent, Journ. f. prakt. Chem. XXVIII. 941. M.

**Isatyd.** Das Isatin löst sich in Schwefelwasserstoff-Ammoniak beim Erwärmen völlig auf. Nach dem Erkalten fällt aus der Lösung ein weisses, oft gelbliches oder röthliches Pulver nieder, welches nach dem Auswaschen völlig schwefelfrei ist. Beim Trocknen im Wasserbad nimmt es eine blasseröthliche Farbe an. Dies ist das Isatyd. Es ist kaum löslich in Wasser. Beim Erhitzen zersetzt es sich; an offener Luft brennt es mit leuchtender Flamme. In Ammoniak mit rother Farbe löslich, die in Gelb übergeht. Kali löst es mit dunkelrother, beim Erwärmen verschwindender Farbe. Die Lösung setzt ein krystallisirtes Salz ab; Salzsäure schlägt einen gelben pulverigen Niederschlag nieder. Die Zusammensetzung ist nach Erdmann  $C_{16}H_{12}N_2O_3$ , gleich dem Isatan Laurent's. Dieser giebt dafür die Zusammensetzung  $C_{16}H_{12}N_2O_4$ , möglich, dass sein Präparat Schwefel eingemengt hielt. Erdmann, Journ. f. prakt. Chem. XXIV. 16. Laurent ibid. XXV. 437. Note von Erdmann. M.

**Iserin** heisst das gewöhnlich im Sande der Flüsse und Seen vorkommende Titaneisen, nach der Iserwiese, dem ersten Fundorte. B.

**Isochimenen** s. Isothermen.

**Isodynamen** sind diejenigen Linien auf der Erdoberfläche, welche die Orte gleicher Intensität des Erdmagnetismus mit einander verbinden. Bisher hatte man nur Karten für die totale Intensität, von denen die Sabine'sche (aus dem 7ten Report of British association for the advancement of science) Gauss zu seinen Rechnungen benutzt hat. Sowohl die Isodynamen für die ganze Intensität, als für den vertikalen und den horizontalen Theil derselben, als endlich die nördliche und östliche Componente der horizontalen Intensität finden sich im Atlas des Erdmagnetismus von Gauss und Weber 1840.

Die Knoten für die ganze Intensität zeigen drei Punkte für das Maximum, den einen  $54^{\circ}32'$  nördl. Br.,  $261^{\circ}27'$  östl. Länge von Greenwich mit dem Werth 1763,1 (die Intensität für London zu 1372 gerechnet); den zweiten  $71^{\circ}21'$  nördl. Br.  $119^{\circ}57'$  östl. Länge mit dem Werth 1691,8; den dritten  $70^{\circ}9'$  südl. Br.  $160^{\circ}26'$  östl. Länge, mit dem Werth 2260,5. Ferner zeigen die Knoten zwei Punkte kleinster Intensität, den einen  $5^{\circ}9'$  nördl. Br.,  $178^{\circ}27'$  östl. Länge mit dem Werth 929,6; den andern  $18^{\circ}27'$  südl. Breite,  $350,12$  östl. Länge mit dem Werth 809,4. R.

**Isogeothenen** s. Isothermen.

**Isogonen** nennt man diejenigen Linien auf der Erdoberfläche, welche die Orte gleicher magnetischer Declination mit einander verbinden. Wegen der Secularvariationen der Declination ändern dieselben mit der Zeit ihre Lage, und daher gelten geographische Karten, in welche dieselben eingezeichnet sind, nur für einen bestimmten Zeitpunkt. Daher sind die vorhandenen Karten dieser Art, namentlich die sich auf die ganze Erdoberfläche beziehenden, nur sehr unvollkommen, indem im Ganzen nur für eine beschränkte Anzahl Orte

Declinationsbeobachtungen zu Gebote standen, und selbst diese Beobachtungen einestheils nicht einerlei Zeitpunkt angehören, anderntheils oft nicht die mittleren Declinationen geben und mit nicht vollkommenen Instrumenten angestellt sind. Für die andere Zeit möchten die nach den theoretischen Bestimmungen von Gauss gezeichneten Karten der Isogonen (Atlas des Erdmagnetismus von Gauss und Weber 1840), zu denen die Barlow'schen Declinationskarten aus den Phil. Trans. 1833 benutzt sind, der Wahrheit am nächsten kommen.

Der Natur der Sache nach gehen die Isogonen im Allgemeinen durch beide astronomische und beide magnetische Pole der Erde. Ausgenommen sind nach den Gauss'schen Tafeln zwei kleinere Systeme geschlossener Curven, von denen das Centrum des einen zwischen Asien und Amerika in  $15^{\circ}$  südl. Breite und  $220^{\circ}$  östl. Länge (von Greenwich) liegt, und eine östliche Abweichung von  $5^{\circ}15'$  hat; das Centrum des andern in Tungusien in  $45^{\circ}$  nördl. Breite und  $130^{\circ}$  östl. Länge mit einer westlichen Abweichung von  $2^{\circ}30'$ . Der Linien ohne Abweichung, welche die Gegenden östlicher und westlicher Declination von einander trennen, giebt es nach eben diesen Tafeln zwei, von denen die grössere durch die astronomischen und magnetischen Pole gehend einerseits Grönland und den östlichen Theil von Nord- und Südamerika, anderseits Russland, Persien, Arabien und Neuholland durchschneidet; die kleinere zu dem zweiten System der kleineren geschlossenen Isogonen gehört, und durch Ostsibirien und China mit seiner Westhälfte, durch den angrenzenden Ocean mit seiner Osthälfte geht.

Einen noch bequemeren Ueberblick über die Declinationsverhältnisse auf der Erde, als die gewöhnlichen Declinationskarten, gewähren die im Art. Erdmagnetismus betrachteten Gleichgewichtslinien (von denen sehr genaue Karten im eben erwähnten Atlas sich befinden) d. h. diejenigen Linien, auf denen die Richtungen der Declinationsnadeln senkrecht stehen.

**Isoklinen** heissen diejenigen Linien auf der Erdoberfläche, welche die Orte gleicher magnetischer Neigung mit einander verbinden. Die Horner'sche Inclinationskarte (Gehler Bd. VI.) und die nach der Gauss'schen Rechnung (s. d. Art. Erdmagnetismus) ausgeführten und im Atlas des Erdmagnetismus von Gauss und Weber enthaltenen Karten lassen sich als die vorzüglichsten für die neuere Zeit betrachten. Den letzteren zufolge liegen die zwei Durchschnittspunkte der Isokline von  $0^{\circ}$  mit dem Aequator in  $8^{\circ}$  und  $188^{\circ}$  östl. Länge von Greenwich, und die nördliche Ausbiegung reicht bis zu  $14^{\circ}43'$  Br. (bei  $52^{\circ}$  Länge), die südliche bis zu  $15^{\circ}4'$  (bei  $320^{\circ}$  Länge).

#### Isolator s. Leiter.

**Isolatorium** heisst jedes Stativ, welches zur Isolirung elektrischer Leiter dient. Namentlich gehört hierher der sogenannte Isolirschmel, ein mit Glasfüssen versehenes, aus gedörrtem und in Oel gesottenem Holz bestehendes Gestell, welches als Tritt für Personen gebraucht wird, die elektrisirt werden sollen.

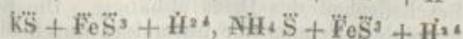
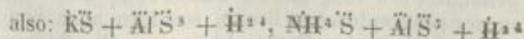
**Isolysin.** Ein von Peschier in der Senegawurzel aufge-

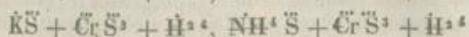
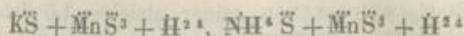
fundener Stoff, welcher von seiner gleichen Löslichkeit in Wasser und Alkohol seinen Namen erhielt (*ἴσος, λύω*): ein glänzender Körper, der sich beim Erhitzen in Fäden ziehen lässt, bitter und scharf schmeckt.  
M.

**Isomerisch** (von *ἴσος* gleich, und *μέρος* der Theil) heissen solche Körper, welche bei gleicher atomistischer Zusammensetzung verschiedene Eigenschaften besitzen. Isomerische Körper unterscheiden sich daher von den dimorphen (s. d.) dadurch, dass bei jenen nur die äussere Form, nicht aber die chemische Beschaffenheit verschieden ist. Isomerische Körper sind z. B. die Phosphorsäuren. Die *a*, *b* und *c* Phosphorsäuren (s. d.) unterscheiden sich nicht in ihrer chemischen Zusammensetzung, aber die erste fällt Eiweisslösung weiss, salpetersaures Silberoxyd ebenso, die zweite Eiweiss gar nicht, salpetersaures Silberoxyd weiss, die dritte Eiweiss ebenfalls nicht, salpetersaures Silberoxyd gelb, die Sättigungscapacitäten der drei Säuren sind nach der Reihe 1:5, 2:5, 3:5, so dass sie sich also ganz wie verschiedene Substanzen verhalten.  
Bz.

**Isomethionsäure.** Leitet man die Dämpfe von wasserfreier Schwefelsäure in abgekühlten wasserfreien Holzgeist, so erhält man beim Sättigen mit Baryt ein Salz, welches nach Dumas und Peligot die Zusammensetzung wie die methylschwefelsaure Baryterde, aber andere Eigenschaften hat, so dass es der Isäthionsäure entsprechen würde. Regnault fand dagegen, dass wasserfreie Schwefelsäure mit Methyloxydgas gesättigt, nur schwefelsaures Methyloxyd giebt.  
M.

**Isomorphismus** (von *ἴσος* gleich, und *μορφή* die Gestalt). Bei der verhältnissmässig geringen Anzahl von Krystallformen tritt der Fall häufig ein, dass mehrere Substanzen in derselben Form krystallisiren. Besonders findet dies bei Körpern statt, welche eine ähnliche Zusammensetzung haben, d. h. bei Oxyden oder Schwefelverbindungen, welche bei analoger Beschaffenheit der Metalle eine gleiche Anzahl von Sauerstoff- oder Schwefelatomen haben, bei Salzen, deren Basen sich analog verhalten, und deren Säuren entweder dieselben sind, oder ebenfalls ähnliche Eigenschaften und analoge Zusammensetzung haben u. s. w. Körper dieser Art hat Mitscherlich *isomorph* genannt. Die im regulären System krystallisirenden isomorphen Substanzen unterscheiden sich in der äusseren Gestalt gar nicht von einander, oder nur dadurch, dass eine Fläche mehr bei einem vorzuherrschen pflegt, als beim anderen. In den übrigen Systemen unterscheiden sich die Krystalle durch geringe Abänderungen in der Grösse der Winkel, die aber immer in den Grenzen weniger Grade bleibt. So sind z. B. an regulären Systemen isomorph: Thonerdealaun, Eisenalaun, Manganalaun, Chromalaun und die ihnen entsprechenden Verbindungen, in denen Kali durch Ammoniak ersetzt ist,





Alle diese Verbindungen kann man nach Belieben über einander wachsen lassen, da ihre Flächen durchaus parallel bleiben. Hängt man also einen Kalithonerdealaun-Krystall in eine Ammoniakchromalaunlösung, so überzieht er sich mit einer Schicht dieser Substanz, ohne dadurch seine Form zu ändern. Nicht so ist es bei den Krystallen der unregelmässigen Systeme. Z. B. krystallisiren die Carbonate der Kalkerde, Talkerde, des Eisenoxyduls, Zinkoxyds und Manganoxyduls in Rhomboëdern, die sich in den Neigungswinkeln unterscheiden.

Diese betragen nämlich  $105^{\circ}5'$  beim Kalkspath =  $\dot{C}a \ddot{C}$ ,  $106^{\circ}15'$  beim Bitterspath =  $\left. \begin{matrix} \dot{C}a \\ \dot{M}g \end{matrix} \right\} \ddot{C}$ ,  $107^{\circ}22'$  beim Talgspath =  $\left. \begin{matrix} \dot{M}g \\ \dot{F}e \end{matrix} \right\} \ddot{C}$ ,  $107^{\circ}$  beim Spatheisenschwefel =  $\dot{F}c \ddot{C}$ ,  $106^{\circ}51'$  beim Manganspath =  $\dot{M}n \ddot{C}$ ,  $107^{\circ}40'$  beim Zinkspath =  $\dot{Z}n \ddot{C}$ . Dagegen sind wieder eine andere Reihe von kohlen sauren Salzen unter sich isomorph, nämlich Arragonit, Witherith und Strontianit, welche alle in rhombischen Säulen krystallisiren, aber mit dem Unterschied, dass der Neigungswinkel der Seitenflächen bei  $\dot{C}a \ddot{C} = 116^{\circ}5'$ , bei  $\dot{B}a \ddot{C} = 118^{\circ}30'$ , bei  $\dot{S}r \ddot{C} = 117^{\circ}19'$  ist. Bz.

**Isopyr**, ein unkrystallinisches grau- bis samtschwarzes, glasglänzendes Mineral, welches hie und da roth punktiert, spröde und magnetisch ist. Der Isopyr hat viel Aehnlichkeit mit Obsidian und manchen Eisenschlacken, und schmilzt vor dem Löthrohr zu einer schwarzen Kugel, die dem ungeschmolzenen Mineral völlig gleicht, weshalb Haidinger ihm den aus  $\dot{\iota}\sigma\omicron\varsigma$  gleich und  $\pi\acute{\iota}\rho$  Feuer gemachten Namen gab. Härte zwischen Apatit und Feldspath, spec. Gewicht 2,9—3, Säuren greifen ihn nur wenig an. Turner fand im Isopyr 47,09 Kieselsäure; 13,91 Thonerde; 20,07 Eisenoxyd; Kalkerde 15,43; Kupferoxyd 1,94. Findet sich in Cornwall. (Poggend. Annal. XII. 332. 334.) B.

#### Isotheren s. Isothermen.

**Isothermen.** Die Formeln, welche man zur Berechnung der mittleren Jahrestemperatur eines Ortes anzuwenden pflegt, wie die von Mayer, bestimmen dieselbe für den ganzen Parallelkreis des Ortes. Die neueren Beobachtungen haben aber gezeigt, dass sie nur für wenige Längengrade ihre Richtigkeit haben, so dass, wenn man alle Orte gleicher Jahrestemperatur auf der Erde mit einander verbindet, keine den Parallelkreisen genau entsprechende Curven entstehen. Diese zuerst von A. v. Humboldt ausgeführten Curven, Isothermen genannt (von  $\dot{\iota}\sigma\omicron\varsigma$  gleich, und  $\theta\acute{\epsilon}\rho\mu\eta$  die Wärme), sind nicht nur von der geographischen Breite, sondern auch von der physikalischen Beschaffenheit des Ortes abhängig. Die Bodenoberfläche verändert die mittlere Temperatur besonders durch die Verschieden-

heit der Einstrahlung und Ausstrahlung; Küsten, denen durch vorzugsweise Verbindungsmittel von Gegenden grösserer Kälte eine andere Temperatur zugeführt wird, wie durch den Golfstrom, haben überhaupt eine niedere Jahrestemperatur und so kann man überhaupt den Satz aufstellen, dass die Isothermen in Amerika sich immer mehr dem Aequator nähern, als in Europa. Der Punkt, für den die Jahrestemperatur ein Minimum ist, fällt nicht mit dem tellurischen Nordpol zusammen. Die Isothermencurve von  $0^{\circ}$  geht durch Labrador ( $54^{\circ}$  Br.) und Ulea ( $66^{\circ}$ ). Die von  $5^{\circ}$  durch Quebeck ( $48^{\circ}$  Br.) und Upsala ( $60^{\circ}$ ) u. s. w.

Ein genaueres Bild vom Klima eines Ortes erhält man durch zwei Arten von Curven, von denen die einen die Punkte gleicher mittlerer Sommerwärme verbinden, (Isotheren, von *ἴσος* und *ἔρος*, der Sommer), die anderen die Punkte gleicher Winterwärme (Isochimenen von *χειμὼν* der Winter). Ihre Abweichung von den Isothermen ist im Continentalklima grösser als im Seeklima.

Verbindet man die Punkte gleicher Erdwärme miteinander, so erhält man die Isogeothermencurven, die von allen vorerwähnten wieder abweichen. Im Allgemeinen liegen die Isothermen dem Pole näher als die Isogeothermen gleicher Temperatur; für  $15^{\circ}$  treffen beide ziemlich zusammen, südlicher liegen die Isothermen sogar dem Aequator näher. (Vergl. Kämpfz Meteorologie II. S. 50). Bz.

**Itaconäther.** Man erhält den Aether durch Auflösen der Itaconsäure in Alkohol und Einleiten von gasförmiger Chlorwasserstoffsäure; durch Vermischen mit Wasser wird er abgeschieden. Ich erhielt ihn bei anhaltender Destillation von Citronensäure mit Alkohol und Schwefelsäure. Spec. Gewicht 1,050. Siedepunkt  $227^{\circ}$ . Er destillirt fast unverändert über. Malaguti, Crasso und ich haben ihn untersucht; er besteht aus  $C_4H_4O_2 + C_4H_6O_2$ . Malaguti, Journ. f. prakt. Chemie XI. 286. Crasso ibid. XX. 329. Marchand ibid. 319. M.

**Itaconsäure** (Baup's Acide citricque, Brenz-, Pyrocitronensäure, Brenzaconitsäure). Man erhält diese Säure, wenn man Aconitsäure bis zum Sieden erhitzt, als ölige, schnell erstarrende Flüssigkeit. Am bequemsten bekommt man sie, wenn man die Citronensäure in einer Retorte so erhitzt, dass nur der Boden derselben erwärmt wird. Das Destillirte erstarrt beim Herausfliessen aus dem Kühlrohre, und giebt in Wasser aufgelöst eine grosse Menge ziemlich reiner Krystalle; durch Umkrystallisiren in Aether und Alkohol wird sie gereinigt. Sie besteht aus  $C_6H_8O_7 + H_2O$ . Sie krystallisirt in Rhombenocetaëdern, deren Grundform die grade rhombische Säule ist. Sie ist geruchlos, stark sauer schmeckend; sie löst sich bei  $10^{\circ}$  in 17 Theilen Wasser, bei  $20^{\circ}$  in 12 Theilen Wasser; in heissem Wasser leicht löslich. 1 Theil löst sich in 4 Theilen Alkohol von  $88\frac{2}{3}$ ; bei  $120^{\circ}$  wird kein Wasser abgegeben; sie schmelzen bei  $160^{\circ}$  wobei Citraconsäure gebildet wird, s. d. A. Baup und Crasso haben ihre Salze untersucht. Merkwürdig ist das Ammoniaksalz, welches bei verschiedener Temperatur mit 1, 2, 3 Atom. Wasser krystallisirt. Das Kalisalz ist sauer; neutral und wasserhaltig das Baryt- und Strontiansalz. — Bei



der Bildung zerlegen sich 8 Atome Aconitsäure in 2 Atome Itaconsäure und 2 Atome Kohlensäure:  $C_{12}H_{12}O_{12} = (C_6H_6O_6) + 2(CO_2)$ . (S. Baup, Annal. de Chim. et Phys. 1836. I. 182. ff. Crasso, Journ. f. prakt. Chemie. XX. 329.) M.

**Ittnerit**, ein zum Hauyn (s. d.) gehöriges, nach dem Prof. Ittner zu Freiburg benanntes Mineral. B.

**Juchfengerberei**. Juchfengerberei. Das Gerben wird mit einer Brühe von Weiden- oder auch Eller-Rinde ausgeführt. Das Walken wird oft wiederholt; sodann lässt man die Haut trocknen, richtet sie zu und trinkt sie auf der Fleischseite mit Birkentheer. Mit Alaun und Rothholz- oder Sandelholzabkochung wird dies Leder roth, mit Eisenvitriol und Sandelholz schwarz gefärbt. Der birkentheerartige Geruch vertreibt das Ungeziefer; das Leder ist wasserdicht. M.

**Judenpech** s. Asphalt.

**Junckerit** nannte Dufrénoy ein in der Grube von Poul-laouen in der Bretagne vorkommendes Mineral, welches in graden rhombischen Prismen von  $108^\circ 26'$  krystallisirt, in seiner Zusammensetzung aber mit dem Spatheisenstein übereinstimmt, mithin also das kohlen-saure Eisenoxydul dimorph macht. Die Farbe des Junckerits ist gelblichgrau, die Krystalle sind klein und ihre Flächen gekrümmt. Spec. Gew. 3,815. Das Mineral wurde zu Ehren des Bergwerkdirektors Juncker benannt, und wird nach einer neueren Mittheilung von Breithaupt, der es für Spatheisenstein in etwas verzerrten Krystallen erkannte, sammt der erwähnten Dimorphie wohl eingehen. Pogg. Annal. XXXIV. 661. 665. LVIII. 278. B.

**Juniperilen**. Das Radikal der Verbindung des Chlors mit den  $\frac{2}{3}CH$  des Wachholderbeeröls, von der nur eine flüssige existirt, nannten Soubeiran und Capitaine so; es entspricht dem Tereben. S. Wachholder. M.



**Kacholong**, ein weisser, nierenförmiger Opal, nicht selten mit schönen Braunsteindendriten. Er ist derb, undurchsichtig, Ueberzüge bildend. Findet sich mit Chalcidon auf Island, den Faröern; auf Brauneisenstein zu Hüttenberg in Kärnthen. Der Name stammt aus dem Mongolischen, und bedeutet „schöner Stein.“ B.

**Kadaverfett** s. Adipocire.

**Kaddigöl**. Kadeöl. Ol. juniperi empyreumat.; wird durch trockene Destillation des harzigen Wachholderholzes und anderer Juniperusarten erhalten; dunkelbraun; dickflüssig; nach Wachholdern, aber brenzlicht riechend. Es wird in der Medicin äusserlich angewendet gegen Rheumatismen, Ausschläge; namentlich gegen Schaafräude.

M.

**Kämpferid**. Brandes zog aus Rad. Galangae mittelst Aether diesen krystallisirbaren Stoff aus, von dem mittelst Alkohol ein brauner, balsamischer Stoff getrennt werden kann. Das Kämpferid bleibt in der Auflösung; geschmack- und geruchlos, schmilzt bei 100°; ist weiss; löst sich in 25 Th. Aether bei 15°; schwerer in Alkohol, kaum in Wasser. Essigsäure löst es, daraus fällt es Ammoniak, das es im Ueberschuss wieder löst. Schwefelsäure färbt es blaugrün, Kali gelb; kohlen-saures Kali verliert seine Kohlensäure durch dasselbe. Brandes fand 65,3 C, 4,3 H, 30,4 O. (?)

M.

**Käseoxyd** s. Aposepedin.

**Käsesäure**. Bei der Fäulniss des Käses entwickeln sich verschiedene Gasarten, Wasserstoff, Kohlensäure, Stickstoff, Schwefelwasserstoff; nach Aufhören derselben scheidet sich das Aposepedin (s. d.) ab, wenn man die filtrirte Masse eindampft und mit Alkohol auszieht. Der alkoholische Auszug enthält die Kohlensäure, welche durch starken Weingeist daraus wieder ausgezogen werden kann. Es ist nicht unwahrscheinlich, dass es Buttersäure ist, welche sich hierbei gebildet hat. Proust giebt an, dass die saure alkoholische Lösung, durch kohlen-saures Bleioxyd zerlegt, Ammoniak enthalte und phosphorsaures Bleioxyd fallen lasse, essig- und käsesaures Bleioxyd bleibt gelöst. Durch Schwefelwasserstoff wird das Bleioxyd abgetrennt. Die wässrige Säure ist ohne sichtliche Wirkung auf Platinchlorid, Zinn-, Kalk-, Bleisalze; Silbersalze werden weiss gefällt; der Niederschlag wird am Licht roth. Gallustinktur bewirkt einen dicken Niederschlag, ebenso Quecksilberchlorid. Salpetersäure zerlegt die Säure leicht, unter Bildung von Oxalsäure, Picrinsäure, Benzoesäure (?). Die Säure muss näher untersucht werden, um sie als eigenthümliche darzustellen.

M.

**Käsestoff, thierischer**, ist der Hauptbestandtheil des sogenannten Käses, welcher aus der Milch der Säugethiere gewonnen

wird. In der Milch aufgelöst, kann er durch Alkohol und Zusatz von Säuren abgeschieden werden. Jener schlägt eine Verbindung mit phosphorsaurer Kalkerde nieder, diese geben meist Verbindungen der angewendeten Säuren mit dem Käsestoff. Zusammensetzung und Eigenschaft s. in dem Art. Proteinverbindungen. M.

**Kaffeebohnen.** In den Kaffeebohnen sind nach den Untersuchungen von Robiquet, Boutron und Rochleder namentlich folgende Substanzen enthalten: 1) Pflanzenfaser, welche etwas über  $\frac{1}{2}$  Proc. Asche enthält, und 47,5% C, 6,5% H; also die Zusammensetzung Payen's incrustirender Substanz besitzt. 2) Fett; worin man ein Gemisch mehrerer Fettarten entdecken kann; aus diesen ist durch Verseifung Oelsäure, Margarinsäure und Palmitinsäure abzuscheiden. 3) Kaffeein (dessen Eigenschaften s. Thein). Seine Menge wechselt in den verschiedenen Kaffeearten. Die von Martinique gab auf ein Pfund 32 Gran Kaffeein; die von St. Domingo nur 16 Gran. Dazwischen liegen: Alexandrinischer 22 Gran; von Java 22 Gran; Mocca 20 Gran; Cayenne 19 Gran. 4) Legumin, welches Péligot auch im Thee gefunden hatte, so dass diese beiden Substanzen ausser dem Thein auch diesen Stoff gemein haben. Der Schwefelgehalt des Legumins bringt die Schwärzung der Silbergefäße hervor, wenn Kaffeebohnen mit Alkalien darin gekocht werden; auch wird die Gährung des kalten Aufgusses durch diesen Stoff herbeigeführt. Ausserdem sind die Kaffeegerbsäure und Kaffeesäure darin enthalten. Durch das Rösten verliert der Kaffee 12% an Gewicht. Dem Thein darin eine nährnde Eigenschaft zuzuschreiben, ist nicht streng richtig, da bei grossen Gaben des Stoffes, die man einnimmt, sich derselbe im Urin wiederfindet. Will man einen nährenden, stickstoffhaltigen Stoff im Kaffee als Hauptreagenz auf den Körper annehmen, so ist es wohl das Legumin. Vergl. Rochleder, Liebig's Annal. L. 224. M.

**Kaffeegerbsäure** kommt zusammen mit der Kaffeesäure im Kaffee vor. Sie sind von Runge entdeckt, und von Pfaff, obwohl unvollständig untersucht. Das Decoct des ungebrannten Kaffees wird mit essigsauerm Bleioxyd versetzt, wodurch sich beide Säuren mit dem Bleioxyd verbunden, niederschlagen. Durch Schwefelwasserstoff werden die Niederschläge zerlegt; die abfiltrirte Flüssigkeit, zur Syrupconsistenz eingedampft, wird mit Alkohol vermischt; dieser fällt die Kaffeesäure als weisses Pulver, während die Kaffeegerbsäure aufgelöst bleibt. Jene wird durch Wasser und Alkohol von den fremden Beimischungen getrennt.

Die Kaffeegerbsäure ist eine Eisen-grünende (s. d. Art. Gerbsäuren); mit Kupferoxyd giebt sie einen in Ammoniak löslichen pistaziengrünen Niederschlag. Die Salze der alkalischen und eigentlichen Erden sind unlöslich und gelb gefärbt. Salpetersäure verwandelt sie in Oxalsäure. M.

**Kaffeesäure.** Darstellung s. b. Kaffeegerbsäure. Sie liefert mit den Alkalien braune, nicht krystallisirbare Salze; die der Erden sind gelb; in Wasser unlöslich, löslich (unter Zersetzung?) in

Salpetersäure. Beim Erhitzen stösst die Säure den Geruch nach gebranntem Kaffee aus. Zusammensetzung unbekannt. M.

**Kaffeïn** s. Theïn.

**Kakodyl.** Unter dem Namen der Cadet'schen rauchenden Flüssigkeit war schon längere Zeit ein Gemenge mehrerer Substanzen bekannt, welche durch Destillation eines Gemisches von arseniger Säure und essigsäurem Kali erhalten worden war. Der Arsenikgehalt der Substanz machte dieselbe sehr giftig. Bunsen hat durch eine Reihe der ausgezeichnetsten Untersuchungen die wahre Natur der Cadet'schen Flüssigkeit aufgefunden, und eine, für die organische Chemie höchst wichtige Verbindung daraus abgeschieden. Er nannte dieselbe Anfangs Alkarsin (Alkohol. Arsen), bezeichnete sie jedoch später als Oxyd des Radicals, welches er Kakodyl nannte.

Man erhält das Kakodyl durch Zerlegung des Kakodylchlorür durch dünnes hineingestelltes Zinkblech, welches beim Ausschluss der Luft sich ohne Gasentwicklung in Chlorzink verwandelt. Wenn bei 100° und einem Ueberschuss von Zink keine Reaction mehr eintritt, so wird die weisse Salzmasse mit Wasser digerirt, welche das Chlorzink auflöst, und das Kakodyl zurücklässt. Dieses bildet eine Flüssigkeit, welche mehrere Male über Kalk und Chlorcalcium getrocknet, und mit Zink destillirt wird. Es stellt dann eine wasserhelle, stark lichtbrechende Flüssigkeit dar, die bei 170° kocht, bei - 6° fest wird und in grossen Krystallen erhalten werden kann. Es entzündet sich an der Luft augenblicklich. Bei geringem Luftzutritt oxydirt es sich zu Kakodyloxyd, bei mehr Sauerstoff zu Kakodylsäure. Salpetersäure bringt ähnliche Reactionen hervor. Schwefel, Chlor (in Wasser gelöst) verbinden sich direct damit. Das Kakodyl besteht aus  $C_4 H_{1,2} As_2$ , und hat also dieselbe Zusammensetzung wie der Alkohol, nur dass der Sauerstoff desselben durch Arsenik vertreten zu sein scheint. Spec. Gew. des Dampfes 7,2. Die Uebereinstimmung des Alkohols mit dem Kakodyl ist indessen nur scheinbar, denn der Alkohol ist als das Hydrat eines Radikaloxyses zu betrachten  $C_4 H_{1,0} + O, H_2 O$ ; während das Kakodyl selbst ein Radical darstellt, welches sich dadurch auszeichnet, dass es isolirt und mit Sauerstoff, Schwefel, Chlor u. s. w. unmittelbar verbunden werden kann; ferner, dass er drei Elemente enthält, und unter diesen den Arsenik. Mit Chlorzink erhitzt wird es zersetzt bei 200°. Für sich zerlegt es sich bei 500° in Arsenik, 2 Maass Grubengas, 1 Maass ölbildendes Gas. M.

**Kakodylbromür.** Es bildet eine gelbe, an der Luft nicht rauchende Flüssigkeit, welche mit dem entsprechenden Chlorür die grösste Aehnlichkeit hat, auch wie dieses dargestellt wird. M.

**Kakodylchlorür.** Beide Substanzen, Chlor und Kakodyl verbinden sich unmittelbar; am leichtesten erhält man die Verbindung durch Destillation von Quecksilberchlorid-Kakodyloxyd mit concentrirter Salzsäure. Das Destillat wird über Kalk und Chlorcalcium getrocknet und destillirt. Es ist farblos, ätherisch, schwerer als Wasser, in diesem und in Aether unlöslich; löslich in Alkohol; erstarrt

noch nicht bei  $-45^{\circ}$ ; kocht über  $100^{\circ}$ . Das Gas entzündet sich an der Luft. Silbersalze fällen das Chlor gänzlich aus. Starke Säuren scheiden Chlorwasserstoff daraus ab; trockene Alkalien wirken nicht darauf ein; die alkoholischen Lösungen zerlegen es, indem Chlormetalle und eigene neue Verbindungen erzeugt werden. Trockenes Chlorwasserstoffgas in Kakodyloxyd geleitet, bildet Kakodylchlorür und eine sich abscheidende schwere dicke Flüssigkeit, Kakodylchlorürhydrat. Das Chlorür besteht aus  $C_4 H_{12} As_2 + Cl_2$ ; spec. Gew. des Dampfes 4,86. Mit Platinchlorid vermischt, liefert das Kakodylchlorür einen ziegelrothen Niederschlag, der sich in kochendem Wasser löst, und beim Erkalten farblose Nadeln bildet. Weder die Eigenschaften des Platins noch die des Kakodyls sind darin aufzufinden. Es ist eine neue, zusammengesetzte Basis geworden, welche sich mit Säuren vereinigt. (Vergl. Platinbasen.)

Mit andern Metallchloriden verbindet sich das Kakodylchlorür unmitteibar, z. B. mit Kupferchlorür; ein weisses, sich leicht zersetzendes Pulver.  $C_4 H_{12} As_2 Cl_2 + Cu_2 Cl_2$ . Auch mit Kakodyloxyd vereinigt sich das Chlorür, wenn man Kakodylchlorür einige Zeit mit Wasser in Berührung lässt. Die Verbindung enthält 3 At. Chlorür auf 1 At. Oxyd. Siedet bei  $109^{\circ}$ . Spec. Gewicht des Dampfes 5,39. Die Jod- und Bromverbindung verhält sich ganz gleich. M.

**Kakodylcyanür.** Bei der Destillation von Kakodyloxyd mit Quecksilbercyanid bildet sich Quecksilberoxyd und Kakodylcyanür, welches als Oel überdestillirt und bald zu grossen Krystallen erstarrt. Durch Schmelzen und Destillation über Baryt wird es gereinigt. Ueber  $32,5^{\circ}$  schmilzt die Verbindung; bei dieser Temperatur erstarrt sie zu einem Haufen glänzender Krystalle. Es siedet bei  $140^{\circ}$ ; spec. Gew. des Dampfes  $4,5 = C_4 H_{12} As_2 + Cy_2$ . M.

**Kakodylfluorür.** Eine flüssige, farblose Verbindung; unlöslich in Wasser; greift das Glas an. M.

**Kakodyljodür.** Wird auf dieselbe Weise wie das Chlorür erhalten; krystallisirt noch nicht bei  $-10^{\circ}$ ; kocht über  $100^{\circ}$ . M.

**Kakodyloxyd.** Alkarsin. Bei der Destillation eines Gemenges aus gleichen Theilen essigsäuren Kalis und arseniger Säure erhält man drei Schichten Flüssigkeit. Die mittlere, ein braunes Oel, enthält das Kakodyloxyd. Durch einen Heber in eine mit Stickstoff gefüllte Flasche gezogen (an der Luft entzündet es sich), wird es in Alkohol gelöst, durch Wasser gefällt, durch Chlorcalcium entwässert, und in einer Wasserstoffatmosphäre destillirt. Die Flüssigkeit ist dann dünnflüssig, farblos; spec. Gew. 1,46; riecht wie Arsenikwasserstoff; ist sehr giftig; unlöslich in Wasser; leicht löslich in Alkohol und Aether; erstarrt bei  $-23^{\circ}$ ; siedet bei  $150^{\circ}$ . Besteht aus  $C_4 H_{12} As_2 O$ . Spec. Gew. des Dampfes 7,8. Es bildet sich aus dem essigsäuren Kali und der arsenigen Säure unter gleichzeitiger Bildung von Kohlensäure und kohlensaurem Kali. Schwefel und Phosphor löst es leicht auf; Chlor, Brom, Salpetersäure zerlegen es. Concentrirte Schwefelsäure verbint

det sich damit zu einer krystallisirten, zerfliessenden Verbindung. Mit 2 At.  $HgCl$  verbindet es sich zu einer krystallisirten Verbindung; ebenso mit dem Bromid, auch mit dem salpetersauren Silberoxyd. Durch langsamere Oxydation bildet sich ausser Kakodylsäure auch Parakakodyloxyd, welches nicht an der Luft raucht, sich schwer oxydirt, dieselbe Zusammensetzung wie das Kakodyloxyd, aber andere Eigenschaften besitzt; jedoch dieselben Verbindungen liefert. M.

**Kakodylsäure.** Alkargen. Durch langsame Oxydation des Kakodyloxydes, am besten unter Wasser, bildet sich diese Säure zugleich mit arseniger Säure und einer ätherischen Verbindung. Durch Wasser wird sie gelöst, und durch Krystallisation gereinigt. Sie ist geruch- und geschmacklos; wenig giftig; nicht flüchtig; zerlegt sich bei  $230^\circ$ . Sie ist eine schwache Säure, besteht aus  $C_4 H_4 As_2 O_4 + HO$ . Bunsen in Annal. d. Chem. u. Pharm. M.

**Kalaït**, (Türkis), findet sich in dichten, nierenförmigen oder traubigen Stücken, Ueberzüge bildend und als Geschiebe, von Feldspathhärte und himmelblauer oder spangrüner Farbe. Er ist undurchsichtig oder an den Kanten durchscheinend, matt, spröde, unschmelzbar vor dem Löthrohr, in Säuren auflöslich. Spec. Gewicht 2,7—3. Der grüne Kalaït kommt vor in Kieselschiefer bei Jordansmühle in Schlesien, und bei Oelsnitz im sächsischen Voigtland; der himmelblaue eigentliche Türkis aber in der Bucharei und in Persien. Nach John besteht

der orientalische Kalaït,		der schlesische Kalaït	
aus Phosphorsäure	29,75		30,90
Thonerde	43,25		44,55
Kupferoxyd	4,50		3,75
Eisenoxydul	3,50		1,80
Wasser	18,00		19,00

Der Türkis ist ein beliebter Edelstein, der schon in alter Zeit als Amulet getragen wurde, weil man von ihm glaubte, er bewahre Frauenjugend und nehme das Unglück seiner Besitzer auf sich. Zu Schmucksteinen eignet sich jedoch fast ausschliesslich nur der orientalische, dessen wichtigste Fundstätte die Dörfer Alt- und Neu-Madan, 40 englische Meilen von Nischapore in der Provinz Khorassan sind, wo man in zahlreichen Gruben den Türkis auf die unvollkommenste Weise auszubeuten sucht. Die Bucharen bringen den Türkis meist roh geschliffen in den Handel, man pflegt ihn aber in Europa noch einmal zu schleifen und zu poliren.

Der Zahn-Türkis oder occidentalische Türkis besteht aus Zähnen und Knochen vorweltlicher Elephanten, welche mit Kupferlasur gefärbt sind, sich an den concentrischen Elfenbeinstreifen leicht erkennen lassen und geringeren Werth als die ächten Türkise haben.

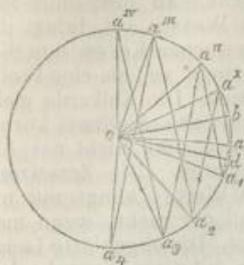
B.

**Kaleidophon** ist der Name eines von Wheatstone angegebenen Apparates (Pogg. Annal. X. 470.) Wenn ein cylindrischer Stab mit seinem einen Ende auf einem Brett befestigt ist, und am andern Ende einen glänzenden Knopf trägt, so sieht man, wenn der

Stab im Sonnenscheine oder bei einem andern aus einer Stelle kommenden Lichte, in Schwingung versetzt wird, die Bahn, welche das Ende des Stabes beschreibt, als eine Lichtlinie. Da der Stab gewöhnlich nicht in einer Ebene schwingt, sondern eine Art Centralbewegung hat, so erscheint diese Linie im einfachsten Falle als eine Ellipse, an welcher die Richtung und das Verhältniss der beiden Axen sich häufig variabel zeigt. Bei einer Coexistenz mehrerer Schwingungsarten, d. h. wenn zu den Hauptschwingungen noch solche mit Knoten hinzutreten, entstehen artig verschlungene Figuren. Wenn der Stab rechtwinklig umgebogen ist, und die beiden Schenkel in verschiedenen Ebenen schwingen, so ist die Curve, welche sonst beinahe in einer Ebene liegt, von doppelter Krümmung. Man kann auch am Ende des Stabes eine kleine Platte mit mehreren glänzenden Knöpfen anbringen, wo man dann die Linien mehrfach sieht. — Das Kaleidophon ist nicht nur ein artiges Spielwerk, sondern zugleich belehrend, indem es die von dem Endpunkt des Stabes beschriebenen Bahnen erkennen lässt. Wenn der Stab nur einen Ton giebt, zeigt sich diese als eine Ellipse, und in der That muss eine solche jederzeit entstehen, wenn der Stab excentrisch angestossen wird. Die veränderliche Grösse und Richtung der Axen dieser Ellipsen ist leicht erklärlich, wenn man sich an die Zusammensetzung zweier schwingenden Bewegungen erinnert, die z. B. auch bei der Erklärung der elliptischen Polarisation Anwendung findet. (Vergl. Pogg. Annalen XXIII. 274.) Legt man einem Punkte zwei isochronische, geradlinige Schwingungen nach zwei Richtungen bei, die irgend einen Winkel mit einander bilden, so ist die beschriebene Bahn geradlinig, wenn beide Schwingungen zugleich angefangen werden, d. h. wenn der Gangunterschied Null ist, oder auch, wenn er eine gerade Anzahl von halben Schwingungen beträgt. Ist dies nicht der Fall, so ist sie stets eine Ellipse, die unter Umständen in einen Kreis übergehen kann. Die Richtung und Grösse der Axen dieser Ellipsen hängt von der Richtung der beiden Schwingungen, von ihren Amplituden und von ihrem Gangunterschiede ab. Denkt man sich nun die beiden Schwingungen nicht genau, sondern nur angenähert isochronisch, so ist der Gangunterschied, und mithin die Axen der Ellipsen veränderlich. Dies wird nun bei cylindrischen Stäben meistens der Fall sein, denn die dem Stabe mitgetheilte Schwingung kann in zwei geradlinige Componenten zerlegt werden, die in der Regel, wenn der Stab nicht genau cylindrisch ist, oder die Befestigung des einen Endes unvollkommen ist, nur angenähert isochronisch sein können, und daher die oben beschriebene Erscheinung veränderlicher Ellipsen geben müssen. Mit dieser Veränderung hängen die Stösse (Schwebungen) zusammen, die an einem einzelnen Stabe bemerkt werden können (Repert. d. Physik VI. 99. Vergl. d. Art. *Stoss*.) — Etwas Aehnliches findet auch bei Saiten statt, und es sind bei ihnen ähnliche Figuren, wie die des Kaleidophons, schon vor langer Zeit von Th. Young (Gilb. Annalen XXII. 365.) wahrgenommen worden. S.

**Kaleidoscop.** Dieses Instrument, eine Erfindung Brewster's, beruht auf der Vervielfältigung der Bilder, welche zwei gegen einander geneigte Spiegel von einem zwischen ihnen liegenden Gegen-

stand erzeugen. Sind nämlich  $cb$  und  $cd$  die zwei Spiegel, und ist



$a$  ein Objekt,  $bc = m$ ,  $acd = a$ ,  $bc = \beta$ , so liegt bekanntlich das von  $cd$  reflektirte Bild in  $a_1$  so, dass  $acd = dca$ , also  $aa_1 = 2a$  ist; das von  $bc$  reflektirte Bild in  $a^I$  so, dass  $aa^I = 2\beta$  ist.  $a_1$  wird von  $bc$  wieder abgespiegelt und giebt das Bild  $a^{II}$ ;  $a^{II}$  giebt in  $cd$  ein Bild in  $a_2$  u. s. w.; ebenso giebt  $a^I$  ein Bild  $a_2$  im Spiegel  $cd$ ,  $a_2$  in  $a^{III}$  ein Bild in  $bc$  u. s. w. Man sieht ferner leicht, da nach dem Reflexionsgesetz  $a_1 b = ba^{II}$ ,  $a^{II} d = da_2$  u. s. w.,  $a^I d = da_2$ ,  $a_2 b = ba^{III}$  u. s. w. ist, dass  $aa_1 = a_2 a_3 = a_4 a_5 = 2\beta$

$\dots = 2a$ , und  $aa^I = a^{II} a^{III} = a^{IV} a^V = a$ ,  $a_2 = a_3 a_4 = \dots$  wird, dass also die Bilder alternirend gleiche Entfernung von einander haben; überdies ist die Entfernung der Bilder  $a_1 a_2 a_3 a_4 a_5 \dots$  von  $a$  resp.  $2a$ ,  $2m$ ,  $2m+2a$ ,  $4m$ ,  $4m+2a \dots$ , und die Entfernung der Bilder  $a^I, a^{II}, a^{III}, a^{IV}, a^V, \dots$  von  $a$  resp.  $2\beta$ ,  $2m$ ,  $2m+2\beta$ ,  $4m$ ,  $4m+2\beta, \dots$ . Ist daher  $m$  ein genauer Theil, z. B. der  $n$ te Theil von  $360^\circ$ , so wird  $aa_n$  ebenso wie  $aa^{(n)}$ ,  $= 360^\circ$ , wenn  $n$  gerade ist, das  $n$ te Bild fällt also in  $a$ , die Vervielfältigung der Bilder hört demnach alsdann auf, und ihre Zahl ist  $2(n-1)$ ; wenn dagegen  $n$  ungerade ist, so ist  $aa^n = 360 + 2a$ ,  $aa^{(n)} = 360 + 2\beta$ , also fallen die  $n$ ten Bilder mit  $a$  und  $a^I$  zusammen, es hört gleichfalls ihre Vervielfältigung auf, und ihre Zahl ist wiederum  $2(n-1)$ . Die Zahl der Bilder reducirt sich aber auf die Hälfte  $n-1$ , da jedes Bild in  $bc$  mit einem in  $cd$  zusammenfällt. So fällt z. B. das Bild  $a^{III}$ , für welches  $aa^{III} = 2m+2\beta$  ist, auf  $a_{n-1}$ , für welches  $aa_{n-1} = (n-4)m+2a$ , weil  $aa^{III} + aa_{n-1} = nm 360^\circ$  ist.

Ist nun  $n$  keine grosse Zahl, so sind die Bilder noch hinreichend lichtstark und liegen symmetrisch um die Kante  $c$ . Bringt man zwischen die Spiegel mehr Objekte, so entstehen vollkommene symmetrische Figuren, nämlich Figuren, die aus vollkommen gleich gebildeten Sektoren von der Grösse  $cbd$  bestehen.

Im Kaleidoscop befinden sich die beiden Spiegel in einer Röhre, an deren einem Ende eine Oeffnung für das Auge, am andern Ende zwischen zwei Plangläsern eingeschlossene bunte Körperchen, die, wie unregelmässig sie sich auch beim Drehen des Rohres legen, doch immer neue vollkommen symmetrische Figuren bilden. R.

**Kali**, eigentlich Kaliumoxyd  $K = 589.916$ ; in 100 Th.: 83,05 Kalium; 16,95 Sauerstoff. — Das Oxyd des Kaliums erhält man wasserfrei durch Verbrennung des Kaliums in trockner Luft, und bildet eine weissliche Masse, welche sich mit grosser Heftigkeit in Wasser auflöst, bei der Rothglühhitze schmilzt und in der Weissgluth verdampft. Da es wegen seiner starken Wasseranziehung sehr schwierig aufzubewahren ist, so wird es nur selten dargestellt und zu allen Zwecken, bei denen Kali gebraucht wird, das Hydrat desselben benutzt.

Das Kalihydrat, Aetzkali, Kali causticum  $KH$ , enthält 16,01 Procent oder ein Atom Wasser, und wird in reinem Zustand aus reinem

kohlensauren Kali dargestellt, welchem man mittelst reiner Kalkerde (gebranntem Marmor) die Kohlensäure entzieht. Zu dem Ende löst man 1 Theil kohlensaures Kali in 10 Theilen Wasser auf, bringt die Flüssigkeit in einem silbernen oder blanken eisernen Kessel zum Sieden, und setzt die Kalkerde portionweise so lange zu, bis eine Probe der Flüssigkeit mit Säuren nicht mehr aufbraust. Die Kalkerde giebt mit der Kohlensäure ein unlösliches während des Siedens körnig werdendes Pulver, welches sich zu Boden setzt, und leicht das Abgiessen der klar gewordenen Kalilösung gestattet. Die Zersetzung des kohlensauren Kali's auf die angegebene Weise gelingt nur unvollständig, wenn man zu wenig Wasser, und gar nicht, wenn man weniger als 4 Theile desselben genommen hat. Die abgeklärte Lauge wird nun in einem verdeckten eisernen oder silbernen Kessel, dessen Deckel einen Abzug für die Dämpfe hat, entweder bis zu einem bestimmten Grad der Concentration eingekocht, oder so lange, dass eine Probe beim Erkalten fest wird. Letzteres geschieht, wenn man das Kali in fester Gestalt haben will, in welchem Falle man es gemeinlich in eisernen Formen zu federkielgedicken Stangen ausgiesst. (s. Aetzstein).

Im Grossen, hauptsächlich zum Bedarf der Seifensieder, bereitet man Kalilauge dadurch, dass man gesiebte und befeuchtete Holzasche, namentlich von Buchenholz, zu einem Haufen aufschüttet, in die Mitte desselben gebrannten Kalk bringt, den man mit Wasser benetzt, und nun ganz mit Asche bedeckt, damit er sich löse. Hierauf mengt man Asche und Kalk innig mit einander, und bringt sie auf den Aescher, welcher ein Fass mit doppeltem Boden ist, von denen der obere durchlöchert und mit Stroh bedeckt ist. Man giesst Wasser auf, so dass es einige Zoll über der Asche steht, und zapft die unten durch den siebartigen Boden gegangene Flüssigkeit nach 24 Stunden ab, worauf man noch ein- oder zweimal Wasser aufgiesst, und dadurch schwächere Laugen erhält. Die Lauge ist von organischen Beimengungen (Extraktivstoff) braun, enthält noch verschiedene andere auflösbare Salze aus der Asche, unter andern auch unzerlegtes kohlensaures Kali. Zweckmässiger wäre auch hier die heisse, hinreichend verdünnte Pottaschenauflösung durch Aetzkalk zu zerlegen, was auch bisweilen schon geschieht.

**Eigenschaften.** Das reine Kalihydrat ist weiss, fest, sehr leicht und mit Erwärmung im Wasser löslich. Es zieht schnell Wasser und Kohlensäure aus der Luft an, zerfliesst an derselben, weshalb man bei der Darstellung und beim Aufbewahren Berührung mit der Luft, Filtriren u. dgl. möglichst vermeiden muss. Es schmilzt noch unter der Rothglühhitze zu einer ölartigen Flüssigkeit, und verdampft in hoher Hitze ohne sein Wasser zu verlieren. Organische, hauptsächlich thierische Stoffe werden von Kalihydrat zerstört, weshalb es in Stangenform als *Lapis causticus chirurgorum* in der Arzneikunde zum Aetzen gebraucht wird. Mit Fetten gekocht giebt es Seife.

Kali ist unter den Basen die stärkste und dient daher, die übrigen Basen aus ihren Verbindungen abzuscheiden. Die Kalisalze sind grösstentheils in Wasser löslich, meist leichtlöslich, und nur Weinsäure und Kieselflussssäure geben schwerlösliche Verbindungen mit dem Kali, weshalb man sich auch dieser Säuren zur Entdeckung

des Kalis bedient. Schwefelsaure Thonerde scheidet aus einem Kalisalz schwerlösliche Alaunkrystalle ab, und die spirituöse Auflösung von Platinchlorid bewirkt darin einen gelben Niederschlag von Kaliumplatinchlorid, welche Reactionen sämmtlich zur Auffindung des Kalis benutzt werden. B.

**Kalitinctur.** Tinctura kalina der Pharmaceuten, wird erhalten durch Auflösen von 1 Th. Kalihydrat in 6 Th. höchst rectificirtem Weingeist, in der Wärme. Die klare Flüssigkeit wird vom Bodensatz (dem kohlen-sauren Kali), abgossen, und sorgfältig verschlossen aufbewahrt. Nach und nach wird die Flüssigkeit dunkel; es bilden sich durch Zerlegung des Alkohols Ameisensäure, Essigsäure und Aldehydharz. M.

**Kalium, K = 489,916.** Das Kalium wurde 1807 von H. Davy entdeckt, welcher es aus dem Aetzkali, dem wasserhaltigen Oxyde des Kaliums, mit Hilfe einer kräftigen Volta'schen Säule abschied, indem er ein Stückchen auf Platinblech legte, welches mit dem positiven, das Kali aber mit dem negativen Pol verbunden wurde, an welchem sich das Kalium in Kügelchen absonderte. Diese Darstellungsweise ist jedoch zu unergiebig, weshalb andere Methoden versucht sind, unter denen die beste nachstehende ist.

**Darstellung.** Weinstein, d. i. doppeltweinsteinsaures Kali, wird in einem bedeckten Tiegel so lange geglüht als noch Dämpfe entweichen, worauf die rückständige Masse ein inniges Gemenge aus kohlen-saurem Kali und Kohle ist. Dieses mischt man mit gröblich zerstoßener Kohle, füllt das Gemisch in einen schmiedeeisernen Cylinder, wozu sich die eisernen Quecksilberflaschen von Idria gut eignen, schiebt in den Hals der Flasche ein eingeschliffenes eisernes Rohr (Flintenlauf), und setzt das Ganze in einem Ofen der Weissglühhitze aus. Sobald sich die grünen Dämpfe des Kaliums an der Mündung des Rohres zeigen, fügt man an dasselbe die metallene Vorlage, welche ein Abzugsrohr für entweichendes Gas hat und fast bis zur Hälfte mit Steinöl erfüllt ist. Der Vorgang hierbei ist nun dieser. In der Hitze schmilzt das kohlen-saure Kali und zieht sich in die Poren der Kohlenkörnchen, wodurch eine allgemeine und innige Berührung mit Kohle bewirkt wird, welche das kohlen-saure Kali zerlegt und Kalium reducirt. Dieses geht mit Kohlenoxydgas in die mittelst Eis abgekühlte Vorlage über, tropft in das Steinöl, während das Gas aus dem Abzugsrohr entweicht. Neben diesen beiden Produkten erzeugt sich auch eine schwarze Substanz, welche eine Verbindung von Kalium und Kohlenoxydgas zu sein scheint. Man findet sie in der Vorlage, aber auch im Verbindungsrohr, welches von ihr leicht verstopft wird, und dann mit einem Eisendraht schnell geöffnet werden muss, wenn die Operation nicht misslingen soll. Man bemerkt diesen Uebelstand, wenn keine Dämpfe mehr aus dem Abzugsrohr treten. Das erhaltene Kalium ist noch mit Kohle verunreinigt, und wird deshalb sammt der erwähnten schwarzen Substanz in einem ähnlichen eisernen Apparat noch einmal umdestillirt.

**Eigenschaften.** Das Kalium ist zinnweiss, läuft schnell an der Luft an, und muss deshalb unter einer sauerstofffreien Flüssigkeit,

Steinöl, aufbewahrt werden. Auf Wasser geworfen oxydirt es sich so heftig, dass es in Flammen ausbricht, und den gleichzeitig freier werdenden Wasserstoff mit entzündet. Bei gewöhnlicher Temperatur ist es so weich, dass es sich leicht wie Butter schneiden lässt, beim Gefrierpunkt ist es spröde, bei  $55^{\circ} C$  ist es flüssig, und verwandelt sich in der Rothglühhitze in grüne Dämpfe, welche an der Luft mit röthlichblauer Flamme verbrennen. Kalium hat unter den Metallen die grösste Verwandtschaft zum Sauerstoff, und wird daher gebraucht, schwer reducirbare Substanzen, wie die Erden und verschiedene Chlorverbindungen zu zerlegen. Es hat drei Oxydationsstufen, ein Suboxyd, das Kaliumoxyd oder Kali und ein Superoxyd.

Wenn Luft Gelegenheit findet, in die Gläser, worin Kalium aufbewahrt wird, einzudringen, so oxydirt sich etwas Kalium, ein Theil des Oels verharzt, und es bildet sich eine Verbindung zwischen dem Kali und dem Harz, welche Ursache der allmählichen Verdickung der Flüssigkeit wird. B.

**Kaliumsuboxyd K?** Wenn Kalium bei mangelhaftem Luftzutritt verbrennt, so entsteht nach Berzelius ein graues Suboxyd. B.

**Kaliumsuperoxyd K.** Ein gelber, krystallinischer, schmelzbarer Körper, welcher unter Entwicklung von Sauerstoff durch Wasser zerlegt wird, indem Kalihydrat entsteht. Man erhält das Superoxyd, wenn Kalium in Sauerstoff erhitzt wird. B.

**Kalk**, hydraulischer, s. Cement, Mörtel.

**Kalkerde.**  $\dot{Ca} = 356,02$  in 100 Th.: 71,91 Calcium und 28,09 Sauerstoff. Die Kalkerde ist das Oxyd des Calciums und eine der am reichlichsten in der Natur verbreiteten Substanzen. Ihre grosse Verwandtschaft zu den Säuren ist die Ursache, dass sie nirgend isolirt, sondern meist mit Kohlensäure, Phosphorsäure und Schwefelsäure verbunden angetroffen wird, da sie der Luft ausgesetzt sich bald Kohlensäure aus derselben aneignet. Unter allen Erden und Metalloxyden kommt sie am häufigsten in organischen Körpern vor, wovon hier nur die Knochen, Muschelschalen und die kalkigen Ueberzüge der Characeen so wie anderer Pflanzen erwähnt sein mögen.

**Gewinnung.** Bei der vielfältigen Anwendung der Kalkerde wird sie fast nur im Grossen durch Glühen, Brennen, des kohlen-sauren Kalks (s. diesen) dargestellt, welcher in der Weissglühhitze seine Kohlensäure vollständig verliert. Reine Materialien, wie Marmor, liefern reine Kalkerde, unreine, wie gewöhnliche Kalksteine, Kalkmergel, Muschelschalen, eine mehr oder minder verunreinigte. Die Austreibung der Kohlensäure nimmt man am zweckmässigsten und fast allgemein in Oefen vor, die ihrer Form nach in liegende und stehende getheilt werden. Die liegenden bestehen aus einem rechteckigen mit einer gewölbten Decke überspannten Raum, in welcher sich viele Oeffnungen befinden, die sich mit Thonstöpfeln verschliessen lassen, um den Zug zu reguliren. In der schmalen Wand ist eine Thür, durch welche die Kalksteine eingesetzt werden, an einer langen Wand oder auch in beiden sind Oeffnungen (Schürflöcher), durch welche das Brenn-

material eingetragen wird. Die Kalksteine sind so gesetzt, dass sie von den Schürflöchern nach der Hinterwand leere Räume, Feuergasen, bilden, in welchen das Holz brennt, die einschliessenden und oben darüber befindlichen Steine aber locker liegen, damit die Flamme gehörig durchschlagen kann. Die Gahre beurtheilt der Brenner hauptsächlich nach der Farbe der glühenden Steine und ihrem durch den Verlust an Kohlensäure und Feuchtigkeit herbeigeführten Zusammensinken. An Volumen verliert der Kalkstein durchschnittlich  $\frac{1}{4}$ , an Gewicht nahe die Hälfte. Während des Brandes ist die Einsatzthür vermauert, welche nach Vollendung desselben wieder geöffnet wird, um den gebrannten Kalk herauszuziehen. Immer ist ein solcher Ofen von einem Gebäude umgeben (Kalkscheune), um die Wärme besser zusammenzuhalten und häufig stehen zwei solcher Oefen neben einander.

Die stehenden oder Schachtöfen bestehen aus einem im Innern cylindrisch, kegelförmig oder elliptisch gestalteten Schacht, in welchem man entweder aus Kalksteinen über einem Rost ein Gewölbe aufführt, das mit Brennmaterial ausgefüllt wird, durch welches die den Schacht ausfüllenden Steine gebrannt werden; oder, was das Zweckmässigste ist, man richtet den Ofen so ein, dass ununterbrochen gebrannt und Kalk ausgezogen werden kann. Zu diesem Zweck wird der Kalkstein schichtenweise mit Kohlen oder Coaks durch die Gicht (das oben offene Ende) in den Ofen gebracht und unten hat der Schacht zwei Oeffnungen, durch welche sowohl die zum Brennen nöthige Luft einströmt als auch das Ausziehen des gebrannten Kalks bewirkt wird. Torf kann man in diesem Falle nicht anwenden, weil seine Asche mit der Kalkerde zusammenschmelzen würde. Um ihn dennoch gebrauchen zu können hat man die auch bei anderem Brennmaterial übliche Einrichtung, dass man unten um den Schacht mehrere, am zweckmässigsten drei, Feuerungen anbringt, deren Flamme in den Ofen schlägt. Zwischen je zwei Feuerungen befindet sich am Boden des Schachtes eine Abstichöffnung. Schachtöfen legt man gern am Abhange eines Hügels an, theils um leicht zur Gicht gelangen zu können, theils sie besser gegen Abkühlung und Unbilden der Witterung zu schützen.

Das Anfeuern muss beim Beginn des Kalkbrennens langsam geschehen, damit die Steine nicht durch zu schnelle Erhitzung zersprengt werden. Es ist ferner von Wichtigkeit, dass mit der zur Verbrennung dienenden Luft ein Ueberschuss derselben in den Ofen trete, weil durch die Strömung der Luft die Entwicklung der Kohlensäure befördert wird. Besonders wirken Wasserdämpfe günstig, daher geht das Brennen besser bei feuchter Luft als bei trockener, leichter bei frischen feuchten Steinen als alten ausgetrockneten von Statten. Dies ist endlich auch der Grund, weshalb man Kalk nicht in einem bedeckten Tiegel brennen kann; er schmilzt eher darin, ehe er seine Kohlensäure abgibt. Will man reinen Kalk im Kleinen sich verschaffen, so muss man Marmor frei zwischen glühenden Kohlen brennen.

Ist der Kalk zu wenig gebrannt, so enthält er noch Kohlensäure, ist ungahr und kann durch abermaliges schwaches Brennen gahr gemacht werden; wurde er zu stark gebrannt, so schmilzt er mit den kieselensäurehaltigen Verunreinigungen zusammen, und verhält sich

nun nicht mehr wie Kalk. Man nennt ihn dann todtgebrannt, was ersichtlich nur bei unreinen thonhaltigen Kalksteinen vorkommen kann, nicht bei reinem Marmor.

**Eigenschaften.** Der gebrannte Kalk, d. i. Kalkerde, ist weiss, unschmelzbar, schmeckt ätzend und zerfällt an der Luft, indem er Wasser und Kohlensäure daraus anzieht; specif. Gew. 2,3 bis 3,179 (Boullay). Mit Wasser benetzt erhitzt sich die Kalkerde, und bei einem grösseren Zusatz steigert sich die Temperatur so sehr, dass Pulver dadurch entzündet werden kann, mit Kalk beladene Kähne und Wagen in Brand gerathen. Diese Erhitzung beruht auf der Bildung von Kalkhydrat, welches 24,01 Proc oder 1 Atom Wasser enthält. Die Darstellung desselben nennt man Kalklösch. Benetzt man den gebrannten Kalk so lange mit Wasser als er sich noch erwärmt, so zerfällt er zu einem körnigen Pulver, welches Hydrat in fester Form ist. Uebergiesst man aber die Kalkerde mit vielem Wasser, so lösch sie sich, wie bekannt, unter einer bis zum Sieden steigenden Erhitzung, und giebt dann einen weissen Brei, von welchem in einer noch beträchtlicheren Wassermenge sich ein wenig auflöst, welches mit dem ungelösten eine weisse milchige Flüssigkeit, Kalkmilch, bildet. Wird dieselbe filtrirt, so erhält man Kalkwasser, eine klare Auflösung von Kalkerde in Wasser, die in wohlverschlossenen Flaschen aufbewahrt werden muss, weil sie aus der Luft Kohlensäure anzieht. Es bildet sich auf diese Weise aber keine neutrale kohlen-saure Kalkerde, sondern eine Verbindung derselben mit Kalkhydrat. In kaltem Wasser ist dasselbe leichter löslich als in warmem, da 1 Theil Kalkhydrat 779 Theile Wasser von 15° C, dagegen 1270 Theile von 100° erfordert (Dalton); aus einer solchen Auflösung erhielt Gay-Lussac beim Abdampfen derselben unter der Luftpumpe Kalkhydrat in durchsichtigen hexaëdrischen Krystallen. In der Rothglühhitze verliert das Hydrat sein Wasser.

Die auflöslichen Kalksalze werden durch oxalsaures Ammoniak gefällt, in concentrirten Auflösungen auch durch Schwefelsäure. Der oxalsaure Kalk ist in Wasser und Essigsäure unlöslich, wird aber von Salpetersäure gelöst, und verwandelt durch Rothglühhitze sich in kohlen-sauren Kalk. Dieser Eigenschaften wegen bedient man sich des oxalsauren Ammoniaks zur quantitativen Bestimmung der Kalkerde.

Die Anwendung der Kalkerde ist sehr ausgedehnt, zur Darstellung von Kali, Natron, Ammoniak, in der Gerberei, beim Mauern zu Mörtel, zum Raffiniren des Zuckers, in Gasbeleuchtungsanstalten zur Reinigung des Gases u. s. w. Man unterscheidet für technische Zwecke fetten und mageren Kalk, und versteht unter ersterem die aus Marmor und anderen reinen Kalksteinsorten gewonnene Kalkerde, welche beim Löschen ihr Volumen sehr vermehrt, gedeiht, während die thon- und eisenreichen roehr oder minder gelb gefärbten Steine eine Kalkerde geben, welche beim Löschen wenig Wasser erfordert, wenig aufgeht und sich eher körnig, mager, als zart und schlüpfrig, anfühlt. B.

**Kalkseifen** sind Verbindungen der fetten Säuren mit Kalkerde; man wendet diese an, um im Grossen aus den Fetten die Säuren abzuscheiden, indem man die erhaltene Kalkseife durch Chlorwas-

serstoffsäure oder Schwefelsäure zerlegt. Die Seifen sind fest; in Wasser und Weingeist unlöslich; schwer schmelzbar. M.

**Kameelharn.** Eine auch unter den Namen Jaune indien, Purree, in dem Handel vorkommende gelbe Farbe, welche als Geheimniss von den Farbehändlern bewahrt und theuer verkauft wurde. Jetzt nicht mehr selten, kennt man auch ihren Ursprung. Es soll aus dem Harn von Kameelen, welche mit den Früchten von Mangostana mangifer L. gefüttert werden, sich abscheiden. Es setzt sich als gelbes Sediment ab, welches, nach dem Abgiessen der Flüssigkeit getrocknet, und als Malerfarbe verwendet wird. Es besteht die Masse hauptsächlich aus einem Magnesiasalze, einer stickstofffreien organischen Säure, welche von Erdmann den Namen Euxanthinsäure, von Stenhouse Purreesäure erhalten hat, s. d. Art. Journ. f. pract. Chem. XXXIII. 249. 190. M.

**Kamillenöl, römisches,** aus Anthemis nobilis. Dem nachstehenden sehr ähnlich. M.

**Kamillenöl.** Von Matricaria Chamomilla. Ein ätherisches Oel, welches in nur geringer Menge erhalten wird, daher sein hoher Preis. Es ist dunkelblau, fast undurchsichtig; sehr zähe; schmeckt bitter, gewürzhaft; reagirt nicht sauer. Salpetersäure löst es unter Zersetzung auf, indem es dasselbe braun färbt. Wasser schlägt daraus ein nach Moschus riechendes Harz nieder. Spec. Gew. 0,924. Das pharmaceutische Präparat ist mit Citronenöl versetzt. Therpenthinöl wird oft als Verfälschung hinzugesetzt. Dieses erhitzt sich sodann mit Jod, verpufft selbst zuweilen, während das reine Oel sich ohne Erwärmung dadurch verharzt. M.

**Kammfett.** Pferdefett, vom Halse desselben; fester als Schweinfett, schön weiss, schmilzt bei 32°, ist bei 62° ganz flüssig; erstarrt bei 28,5. Die Natronseife ist schmierig und gelblich weiss. Es wird in der Seifensiederei und zum Einfetten des Leders gebraucht. M.

**Kammkies** s. Schwefeleisen.

**Kamphen.** Wird die Verbindung des Therpenthinöls mit Chlorwasserstoffsäure in Alkohol gelöst und 10 bis 12 Mal über Kalkhydrat abdestillirt, so wird ihm die Chlorwasserstoffsäure entzogen, und es destillirt ein  $\frac{3}{4}$  CH über, welcher einen constanten Siedepunkt, 145° besitzt, specif. Gew. 0,87. Es ist farblos, dickflüssig, süsslich-aromatisch schmeckend; ohne Wirkung auf Kalium, löslich in Alkohol und Aether; mit Schwefelsäure geht es eine eigenthümliche Verbindung ein; Salpetersäure und Kali greifen es nicht an. Gasförmige Chlorwasserstoffsäure verbindet sich mit ihm zu der ursprünglich angewendeten Verbindung. Chlor, Brom und Jod wirken stark darauf ein. Dumas hat die Verbindung Kamphen genannt; Blanchet und Sell Dadyl; Soubeiran und Capitaine Tereben; Deville Camphilen. Ueber die verschiedenen Kamphone s. Oele, ätherische. M.

**Kampher.** Mit diesem Namen bezeichnete man früher allgemein die festen, krystallisirten Absätze, welche sich aus den ätherischen Oelen bei der Abkühlung absetzen; daher z. B. auch das Naphthalin den Namen Steinkohlenkampher führte. Man nennt diese Körper jetzt gewöhnlich Stearoptene. M.

**Kampher.** In den sogenannten Kampherbäumen kommt neben einem flüssigen ätherischen Oele ein krystallisirtes vor, welches von den verschiedenen Bäumen verschieden ist. In dem gespaltenen Holz findet man die krystallisirten Stücke; der grössere Theil wird durch Destillation des zerschnittenen Holzes mit Wasser gewonnen; mit den Wasserdämpfen gehen Kampher- und Kampheröldämpfe über. Der Kampher wird durch Sublimation gereinigt. Der auf Borneo und Sumatra wachsende Kampherbaum (*Dryobalanops Camphora*) enthält einen eigenthümlichen Kampher, den Borneo-Kampher, der auf Japan wachsende, *Persea Camphora*, den gewöhnlich im Handel vorkommenden.

1. Japan-Kampher. Dieser, im Handel gewöhnlich vorkommende Kampher findet sich, nach Proust, auch im Oel mehrerer Labiaten; Dumas fand ihn im Lavendelöl; Baldrianöl, Wurmsamen- und Rainfarnöl liefern, mit Salpetersäure erhitzt, gleichfalls diesen Kampher. (Gerhardt und Cahours). Der im Handel vorkommende Kampher ist eine durchscheinende, stark riechende, flüchtige Masse, welche bei der Sublimation und Krystallisation aus Alkohol u. s. w. in Octaëdern, oder sechsseitigen Octaëdernsegmenten krystallisirt. Spec. Gew. 0.99; schmilzt bei 175°; siedet bei 204°; spec. Gew. des Dampfes 5,25; gefunden 5,1 (Marchand). Besteht aus  $C_{10}H_{16}O = 2C_5H_8 + O$ . Tension bei + 15°5 in Vacuum = 4 Mill. M. Auf Wasser geworfen verdampft er schnell und setzt sich dabei in eine drehende Bewegung (*Dutrochets force épipolique*). In Wasser löst sich der Kampher kaum, leicht in Alkohol; mit diesem befeuchtet, lässt er sich gut pulvern. Fette und ätherische Oele, Schwefelwasserstoff lösen ihn auf.

Die Einwirkungen der Säuren auf denselben sind sehr verschieden: Salpetersäure bildet Kamphersäure (s. d.); wasserfreie Phosphorsäure Kamphogen. Kalikalk verwandelt ihn in Kampholsäure. Schwefelsäure verwandelt ihn beim Erwärmen in eine isomere, flüssige Verbindung.

Mit Schwefel und Phosphor lässt er sich zusammenschmelzen; mit Jod, Chlor, Brom bildet er Verbindungen, indem er sich zerlegt. Bei 170° wirkt jedoch das Chlor noch nicht auf den Kampher ein, wohl, wenn es als Chlormetall darauf reagirt, z. B. selbst das Quecksilberchlorid. Der in Alkohol gelöste Kampher wird gleichfalls schwierig vom Chlor angegriffen. Durch Phosphorsuperchlorür ( $Ph_2Cl_6$ ) brachte Claus eine Anzahl von Verbindungen hervor, die Chlor anstatt des Wasserstoffs substituirt enthielten.  $C_{20}H_{30}Cl_2 + O_2$  bis  $C_{20}H_{30}Cl_3 + O_2$ . Wahrscheinlich geht diese Gruppierung in der Art noch weiter, dass die Summe des Chlors und Wasserstoffs immer 32 At. beiträgt. Es ist hieraus, wie aus der Dampfdichte und der Bildung des Kamphogens nicht unwahrscheinlich, dass die Formel des Kamphers  $C_{10}H_{16}O$  ist. Das Brom liefert ähnliche Produkte, deren

einige Laurent beschrieben hat (Journ. f. prakt. Chemie XX. 498.); durch die Einwirkung des Jodes schied Claus aus dem Kampher sein Kamphin, das durch Quecksilber von Jod befreit werden kann. =  $C_{15}H_{22}$ , bei dessen Bildung Kamphoresin ( $C_{22}H_{34}$ ), Wasser und Jodwasserstoff gebildet werden. Ausserdem erzeugen sich Kamphokreosot, vielleicht identisch mit Carocrol und Kolophen, s. d. (Journal f. prakt. Chemie XXV. 270.)

2. Borneo-Kampher; von Dryobalanops Camphora. Kleine, weisse, zerbrechliche Krystalle, dem gewöhnlichen Kampher ähnlich; schwerer als Wasser. Besteht aus  $C_{20}H_{36}O_2$ ; schmilzt bei  $198^\circ$ ; siedet bei  $212^\circ$ . Mit wasserfreier Phosphorsäure giebt er  $C_{20}H_{32}$ .

**Kampher, künstlicher.** Eine dem Kampher sehr ähnlich riechende Verbindung, erhält man durch Einwirkung der Chlorwasserstoffsäure auf Terpenhinöl, woher dieselbe diesen Namen erhalten hat, s. Tereben.

**Kampheräther.** Bei der Destillation der Kampherweinsäure (Aetherkamphersäure s. d.) bildet sich Kamphersäure und Kampheräther. Dieser ist flüssig, ölarig; spec. Gew. 1,029; siedet bei  $286^\circ$ , nicht ganz ohne Zersetzung. Brom, Jod, Ammoniak lösen sich leicht darin, ohne Zersetzung. Besteht aus  $C_{16}H_{14}O_3 + C_4H_{10}O$ . Durch Chlor entsteht Chlorkampheräther =  $C_{16}H_{12}O_3 + C_4H_6Cl_2O$ . (Malaguti, Journ. f. prakt. Chemie XI. 206., XVIII. 45.)

**Kampheröl.** Das Oel, welches in dem Kampherbaum mit dem Kampher zusammen vorkommt, setzt gewöhnlich beim Erkalten festen Kampher ab. Martius und Macfarlane fanden es zusammengesetzt aus  $C_{20}H_{32}O_2$ , also 1 Atom Sauerstoff weniger haltend als der Kampher. Mulder fand über  $7\frac{2}{3}\%$  Sauerstoff darin; ich selbst bei lange erkaltet gehaltenen nur  $3\frac{2}{3}\%$ , so dass das Oel wahrscheinlich im reinen Zustande  $C_{20}H_{32}$  darstellt. Die physischen Eigenschaften des reinen Oels sind unbekannt. Im Handel kommt es als wasserklare, helle Flüssigkeit vor; spec. Gew. 0,91. Es absorbirt Sauerstoff.

Im Baum, der den Borneo-Kampher liefert, findet sich ein Oel  $C_{20}H_{32}$ , welches durch Wasseraufnahme in den Borneo-Kampher übergeht.

**Kampherschwefelsäure** s. Sulfokamphersäure.

**Kampherweinsäure** s. Aetherkamphersäure.

**Kamphilen** s. Kamphen.

**Kamphogen.** Bei der Destillation des Kamphers ( $C_{20}H_{32}O_2$ ) mit wasserfreier Phosphorsäure erhält man einen Kohlenwasserstoff, der bei  $175^\circ$  siedet. Spec. Gew. des Dampfes 4,7, spec. Gew. 0,860 und aus  $C_{20}H_{32}$  besteht. Im römischen Kümmelöl ist es fertig gebildet (s. d.) Mit wasserfreier Schwefelsäure giebt es die Kamphogenschwefelsäure.

**Kamphogenschwefelsäure.** Durch Erwärmen des Kamphogens mit rauchender Schwefelsäure im Wasserbade wird jenes gelöst, und giebt mit Baryt ausser schwefelsaurem Baryt ein krystallisirbares Salz, aus dem die Säure durch Schwefelsäure abgeschieden, und in kleinen, zerfliesslichen Krystallen erhalten werden kann. Die Verbindung besteht aus  $C_{30}H_{26}S_2O_5 + H_2O$ . Das Barytsalz enthält 4 Aq., ebenso das Bleioxydsalz; aus diesem unterscheiden sie bei  $120^\circ$ . Delalande, Journ. f. pr. Chem. XXIV. 185. M.

**Kamphokreosot** s. Kampher; identisch mit Caraoacrol.

**Kampholen.** Bei der Destillation der Kampholsäure mit wasserfreier Phosphorsäure erhält man einen flüssigen Kohlenwasserstoff  $C_{18}H_{22}$ ; siedend bei  $135^\circ$ ; spec. Gew. des Dampfes 4.3. Die Kampholsäure =  $C_{30}H_{36}O_4$  hat 2 At. Wasser und 2 At. Kohlenoxydgas verloren. Delalande ibid. XXIII. 391. M.

**Kampholon.** Bei der Destillation von kampholsaurem Baryt oder Kalk erhielt Delalande eine Verbindung, die annähernd aus  $C_{12}H_{14}O$  besteht. Ibid. S. 392. M.

**Kampholsäure.** Wird Kampher mit Kalihydrat stark erhitzt, so nimmt dasselbe 2 At. Wasser auf; am besten, indem man den Kampher in einer an beiden Enden zugeschmolzenen Röhre über Kalikalk bei  $300-400^\circ$  fortleitet. Die Kampholsäure bildet eine flüchtige Säure, welche bei  $80^\circ$  schmilzt und  $250^\circ$  siedet. In Alkohol und Aether leicht löslich; gar nicht in Wasser. Spec. Gew. des Dampfes 6.0. Ibid. 387. M.

**Kamphoramid.** Wird gebildet durch Einwirkung von trockenem Ammoniak auf wasserfreie Kamphersäure, die in Alkohol gelöst ist. Die Flüssigkeit erhitzt sich stark, bildet eine syrupartige in Wasser unlösliche Masse. Chlorwasserstoffsäure zersetzt die Substanz in der Kälte nicht. Laurent, Journal f. prakt. Chemie XXVII. 314. M.

**Kamphoryl.** Ein bei der Destillation des kamphersauren Kalkes sich bildendes Oel, welches bei der Rectification bei  $170-180^\circ$  übergeht. Farblos; in Alkohol und Aether löslich, nicht in Wasser.  $C_{12}H_{14}O$  d. i. Kamphersäure, weniger 2 At. O. Laurent, Annal. de Chim. et de Phys. 1837. Juill. 324. M.

**Kamphron** s. Camphron, wo es statt „Camphersäure“ Kampher heissen muss. Mit der Analyse stimmt mehr die Formel  $C_{30}H_{42}O$ . Wahrscheinlich identisch ist das Product, welches bei der Destillation von Kampher mit Thon, und Durchtreiben durch glühende Röhren erhalten wird. Wird Kampher bei Weissglühhitze über Aetzkali geleitet, so bildet sich Kohlenoxydgas, ölbildendes Gas, Sumpfgas und namentlich Naphthalin.  $4(C_{10}H_{16}O_2) = C_{30}H_{42}O, 2(C_4H_6), 4(C_2H_4)$  und  $4(CO)$ . Durch glühendes Eisen entsteht  $C_{12}H_{14}$ , welches jedoch nicht Benzin ist. D'Arce, (Journal für prakt. Chemie XIII. 428.) M.

**Kamwood.** Camwood auch Gabanholz, Pao Gaban. Ein durch die Portugiesen aus Sierra Leone nach Europa gebrachtes Holz, einer Thespesia-Art, welches ein rothes Pigment enthält, welches wenig von dem des Nikaraguaholzes verschieden ist. In Betreff auf seine färbenden Eigenschaften nicht sehr zu empfehlen. Dingler's polytechn. Journ. XXV. 80. M.

**Kaneelstein,** eine Varietät des Granats, s. d.

**Kanonengut** (Kanonenmetall, Metall, Stückgut), eine aus ungefähr 9 Th. Kupfer und 1 Th. Zinn bestehende Legirung, aus welcher die metallenen (im Gegensatz zu den eisernen) Geschütze gegossen werden, und sich zugleich durch soviel Härte und Zähigkeit auszeichnet, dass sie von der aus dem Geschütze ausfahrenden Kugel nicht abgeschliffen und durch die Explosion nicht zersprengt wird. Beim Erkalten dieser Legirung scheidet sich gern eine zinnreichere Verbindung aus, welche ungefähr 22 Procent Zinn enthält, und leichter schmelzbar ist als Kupfer, daher man sie durch langsames Erhitzen aus dem Kanonengut ausschmelzen kann. Sie ist zugleich sehr hart und führt auf die Ansicht, dass das Kanonengut Kupfer sei, worin diese Legirung fein vertheilt ist; durch sie erhält das Metallgemisch seine Härte, durch das Kupfer die Zähigkeit. Da durch die Ausscheidung dieser Verbindung leicht Höhlungen in dem Geschütz entstehen, so giesst man das Rohr desselben um ein beträchtliches Stück länger als nöthig ist, damit durch den Druck desselben auf die unteren Schichten jede Undichtigkeit vernichtet wird. Das überschüssige Ende (den verlorenen Kopf) schneidet man nachher ab. Nach Sobrero bewerkstelligt man die Analyse des Kanonenmetalls am einfachsten dadurch, dass man über Feilspähne desselben Chlor leitet, und sie dabei erwärmt; das Zinn destillirt dann als Zinnchlorid ab, und Kupferchlorid bleibt zurück. (Berzelius Jahreshb. XVII. 194. Marchand, Journ. f. prakt. Chem. XVIII. 1.) B.

**Kaolin** oder Porzellanerde, eine weisse oft ins Graue oder Rothe sich ziehende Thonart von erdigem Bruch, und geringer Bildsamkeit. Selten findet man Kaolin in Aterkrystallen des Feldspaths, gewöhnlich ist die Porzellanerde derb, zerreiblich, hängt schwach an der Zunge, fühlt sich mager an und färbt ab. Specif. Gewicht 2,2. Kaolin ist unschmelzbar, wird von Säuren wenig angegriffen, und besteht der Hauptsache nach aus kieselaurer Thonerde mit Wasser. Sie ist unzweifelhaft ein Zersetzungsproduct des Feldspaths, aus welchem Wasser das Kali mit einem Theil der Kieselsäure fortgeführt hat. Forchhammer, welcher eine Reihe sorgfältiger Analysen hierüber angestellt hat, fand, dass die meisten Porzellanerden eine der

Formel  $\text{Al}_2\text{Si}_2$  entsprechende Zusammensetzung haben, wonach sie aus 47,03 Kieselsäure, 39,23 Thonerde und 13,74 Wasser bestehen. Kaolin kommt auf Lagern, Nestern und Gängen in Granit, Gneuss und ähnlichen feldspathreichen Gebirgsarten vor, zu Morl bei Halle, Aue bei Schneeberg, Sedlitz bei Meissen, Passau in Baiern, bei Schemnitz in Ungarn, Yrieux bei Limoges, St. Austle in Cornwall,

in China, Japan und Süd-Amerika. Das Ergebniss der Zerlegung verschiedener Kaoline in neuerer Zeit war:

Fundort	Aue	Meissen	Passau	Morl	Yrieux
Kieselsäure	44,29	46,46	43,65	46,80	46,8
Thonerde	37,57	36,37	35,93	36,83	37,3
Kohlensaurer Kalk	0,30	1,47	0,88	0,55	—
Eisenoxyd	—	1,22	1,00	3,11	—
Kali	—	—	—	0,27	2,5
Wasser	13,02	13,61	18,50	12,44	13,0
Rückstand	5,12	—	—	—	—
	100	99,13	99,96	100	99,6

Autor Forchhammer. Fuchs. Forchh. Berthier. Berzelius Jahresbericht XV. 218., XVI. 172., XVII. 211.; Poggen-dorffs Annalen XXXV. 331. Wolff, Journ. f. pr. Ch. XXXIV. 193.

Die Porzellanerde ist das wichtigste Material bei der Verfertigung des Porzellans, und wurde in Europa zuerst 1709 zu Aue vom Apo- theker Böttcher entdeckt; in Ungarn soll man sie auch zum weis- sen Anstrich benutzen.

**Kaoutchen.** Bei der Destillation des Kaoutchoucs condensi- ren sich in einer kalt gehaltenen Vorlage namentlich zwei Oele, von denen das eine unter  $0^{\circ}$  siedet, das andere zwischen  $+10-18^{\circ}$  über- geht. Dieses, das Kaoutchen, vermuthlich  $CH_2$ , krystallisirt in einer Kältemischung; die Krystalle schmelzen bei  $-10^{\circ}$ . Die Flüssigkeit siedet bei  $+14^{\circ}$ .

**Kaoutchin.** Destillirt man das ganze Destillationsproduct des Kaoutchoucs öfter, so erhält man endlich ein bei  $140-200^{\circ}$  siedendes Oel, welches mit verdünnter Schwefelsäure geschüttelt, sodann mit Wasser und Kali gewaschen, eine zwischen  $166-170^{\circ}$  übergehende Flüssigkeit giebt. Diese wird mit salzsaurem Gase gesättigt, in Al- kohol gelöst, durch Wasser daraus abgeschieden, und über Baryterde und Kalium rectificirt. Die reine Verbindung siedet nun bei  $171^{\circ}$ , erstarrt noch nicht bei  $-39^{\circ}$ ; spec. Gew. 0,842; der des Dampfes 4,461. Macht auf Papier Fettflecken; löst sich nicht in Wasser; nimmt jedoch viel davon auf. Wasserfreie Schwefelsäure bildet, unter Ent- wicklung schwefeliger Säure eine gepaarte Säure. Es besteht aus  $C, H_2$ . Chlor und Brom verbinden sich unter Entwicklung der ent- sprechenden Wasserstoffverbindungen zu Chlor- und Brom-Kaoutchin. Jenes ist dickflüssig; spec. Gew. 1,44; zerlegt sich bei der Destilla- tion theilweise; kohlensaure Alkalien sind ohne Wirkung darauf. Ba- sen zerlegen es bei der Destillation in ein wasserstoffärmeres Oel. Es besteht aus  $C, H, Cl$ .

**Kaoutchouc.** Gummi elasticum. Der Milchsaft mehrerer Bäume enthält eine so grosse Menge dieses harzartigen Stoffes, dass er beim Eintrocknen gänzlich daraus zu bestehen scheint. Man ge- winnt dieses sogenannte Kaoutchouc durch Einschnitte in diese Bäume; der Saft fliesst dabei aus, und man überzieht mit ihm Lehmformen in Gestalt von Flaschen, Schuhen; lässt ihn dann am Feuer austrock-

nen und streicht den Saft von Neuem darauf. Durch den Rauch wird die sonst weisse Masse geschwärzt; zuweilen bleibt ein weisser Streifen in der Mitte zurück. Als Saft kommt die Substanz als eine milchige Flüssigkeit selten nach Europa. Zuweilen bestreicht man Bretter mit dem Saft, und erhält dann die trockene elastische Masse in dicken Platten, welche mit eigenthümlichen Sägen in dünnere zerschnitten, und zwischen Walzen gepresst werden. Der Saft selbst enthält nach Faraday's Angabe 32 Th. Kaoutchouc, das in Klümpchen darin umherschwimmt; 2 Th. Pflanzeneiweiss, das durch Erhitzen gerinnt, und dabei das Kaoutchouc zusammenklebt, auch den alten Saft in Gährung versetzt; 7 Th. einer stickstoffhaltigen in Alkohol und Wasser löslichen Substanz; 3 Th. einer in Alkohol unlöslichen Substanz und 56 Th. Wasser. Das Kaoutchouc wird aus der *Siphonia elastica*, *Tabernaemontana elastica*, *Lobelia Kaoutchouc* und andern Pflanzen gewonnen, ausserdem kommt es in geringer Quantität in den meisten Milchsäften vor, z. B. dem Kuhbaumsaft, in dem Opium, *Upas Antiar* u. a. Im reinen Zustande ist es weiss; spec. Gew. 0,925. Fast vollkommen elastisch; klebt auf frischen Schnittflächen zusammen. Beim raschen Ausdehnen entwickelt es Wärme und Electricität; beim Zusammenziehen Kälte; folgt Ausdehnung und Zusammenziehung schnell hintereinander, so ist die Substanz endlich doch wärmer. In kochendem Wasser wird das Kaoutchouc weich, ohne sich zu lösen; die zusammengeklebten Schnittflächen pflegen sich dabei zu trennen. Alkohol löst es nicht, wohl aber wasserfreier Aether, der es unverändert beim Verdampfen wieder zurücklässt. Steinöl lässt es zu dem 30fachen Volumen anschwellen. Im Theeröl löst es sich in jedem Verhältniss; diese Lösungen können als Flüssigkeiten angewendet werden, Zeuge wasserdicht zu machen.

Schwefelkohlenstoff löst das Kaoutchouc ebenfalls vollständig. Angegriffen wird das Kaoutchouc schwach durch Chlor, Brom, Salzsäure; gar nicht durch schwefelige Säuren, Ammoniak. Schwefelsäure und Salpetersäure zerstören, indem sie sich selbst zerlegen, das Kaoutchouc langsam, namentlich in der Wärme. Es schmilzt bei  $120^{\circ}$  zu einer schmierigen, nicht erhärtenden Masse. Die Zusammensetzung desselben ist nach Faraday 87,2 C. und 12,8 H., wahrscheinlich  $\frac{1}{2}$  CH. Die Anwendung zum Fortwischen von Bleistiftstrichen, durch Anheften an das Papier, in der Chemie zu Röhren, luftdichten Verschluss u. s. w. ist bekannt.

M.

#### Kaoutchouc, Destillationsproducte desselben.

Wird das rohe Kaoutchouc der Destillation unterworfen, so verliert es zuerst sein hygroskopisches Wasser (14%), dann zerlegt sich, während die Masse schmilzt, zuerst das Pflanzeneiweiss, wodurch Ammoniak neben Kohlensäure, Kohlenoxydgas und ein mit Säuren sich verbindendes, durch Alkali davon zu trennendes Oel (*Anilin?*) erzeugt wird, und einer, der Brenzschleimsäure sehr ähnlichen Substanz. Durch Steigerung der Hitze bildet sich ein Gemenge einer Anzahl von flüchtigen Oelen, welche zum Theil einen sehr niedrigen Siedepunkt haben ( $0^{\circ}$  —  $+33^{\circ}$ ), andere sieden bei  $360^{\circ}$  und darüber. Hält man die Vorlage künstlich kalt, so erhält man einen Doppelt-Kohlenwasserstoff, der schon unter  $0^{\circ}$  siedet, und wohl identisch mit dem

von Faraday erhaltenen ist. Zugleich ist dieses gemischt mit dem Kaoutchen (s. d.). In der nicht kalt gehaltenen Vorlage condensirt sich das schwer flüchtige Hevéen (s. d.). Die Hauptverbindung, welche sich bildet, ist das von Himly dargestellte Kaoutchin. Litt. s. Hevéen. M.

**Kapnomor.** Von Reichenbach in dem Theeröl des Buchentheers entdeckt, findet sich auch in andern Destillationsprodukten organischer Substanzen. Das Theeröl wird der fractionirten Destillation unterworfen; das zuletzt übergehende schwere Product enthält Kreosot und Kapnomor nebst einigen andern Stoffen. Durch kohlenaures Kali wird Essigsäure nebst mehreren andern Stoffen entfernt; das Oel wird mit Kalilauge (von 1,2 spec. Gew.) geschüttelt, durch Erhitzen das Eupion fortgetrieben, und der Rückstand mit Schwefelsäure gesättigt; das abgeschiedene Oel wird mehrere Male mit Kalilauge von 1,12 spec. Gew., dann von 1,08, endlich von 1,05 geschüttelt und fast zur Trockne destillirt; das Destillat auf dieselbe Weise behandelt, bis sich fast Alles in schwacher Lauge auflöst. Das letzte Oel, welches sich in schwacher Lauge nicht löst, enthält das meiste Kapnomor. Es wird nun nochmals mit Kalilauge von 1,2 spec. Gew. geschüttelt, sodann mit concentrirter Schwefelsäure gemischt; diese vom Oel getrennt, mit Ammoniak gesättigt, und das sich abscheidende Oel entfernt. Die ammoniakalische Flüssigkeit eingedampft und destillirt. Jetzt geht das Kapnomor zu Ende über, wenn das schwefelsaure Ammoniak anfängt trocken zu werden. Es wird noch einmal so behandelt und endlich über Chlorcalcium rectificirt. Es ist dann eine farblose Flüssigkeit, stark das Licht brechend, nach Ingwer riechend; spec. Gew. 0,9775; Nichtleiter der Electricität; unverändert zu verflüchtigen; brennt mit russender Flamme im Docht; löst sich kaum im Wasser, das es jedoch aufnimmt; löst sich in Alkohol, Aether, und fetten und ätherischen Oelen; löst Phosphor, Schwefel und Selen. Es bildet mit Schwefelsäure eine gepaarte Säure, deren Kalisalz krystallisirt. Salpetersäure bildet neben Oxalsäure und Picrinsäure eine nicht untersuchte krystallisirbare Substanz. Kalium, Natrium und Alkalien wirken kaum auf das Kapnomor ein. Zusammensetzung unbekannt. M.

**Karbolsäure.** Eine von Runge in den Destillationsproducten des Steinkohlentheers entdeckte Verbindung, welche Laurent später unter dem Namen Phenylhydrat beschrieben hat, s. d. Art. M.

**Karbolschwefelsäure** s. Phenschwefelsäure.

**Karenthin** eine Abart der gemeinen Hornblende. B.

**Karmin, blauer,** s. Carmin u. Indigschwefelsäure.

**Kastaniensäure** oder Aesculinsäure s. Saponinsäure.

**Kastenblau** auch Schilderblau, bleu d'application, heisst die durch Gummi verdickte Flüssigkeit, welche, Behufs der Cattundrucke-

rei durch Reduction des Indigs mit Potasche, Kalk, Schwefelarsenik erhalten wird. M.

**Kastoreum.** Bibergeil. Bei dem gemeinen und dem amerikanischen Biber sondert sich das Kastoreum in zwei zusammenhängenden Beuteln ab, die bei dem Männchen sich hinter der Vorhaut, beim Weibchen sich oberhalb der Scheide finden. Mit den Beuteln stehen zwei kleine Säcke in Verbindung, die eine ölige Substanz, das Bibergeilfett, einschliessen. Im Handel erscheinen drei Sorten; das russische (sibirische, moskowitische), das deutsche (baierische), das amerikanische (englische). Das beste, das russische, bildet feste, unbehaarte braune Beutel 3—5 Unzen schwer, innerlich mit Höhlungen und Zellgewebe durchzogen. Frisch sind sie salbenweich; getrocknet hart, glänzend; schmilzt in der Hitze unter Aufblähen; löst sich theilweis hellbraun in Wasser, klar bleibend; riecht stark, schmeckt bitterlich, kratzend, gewürzhaft. Das baierische ist dem sibirischen Bibergeil sehr ähnlich. Die amerikanischen Beutel 1—3 Unzen schwer; der Geruch schwach; der wässerige Auszug ist klar, wird beim Erkalten trübe. Brandes fand in dem amerikanischen viel weniger wirksame Bestandtheile als im russischen. Im Canadischen 1° flüchtiges Oel, 13,8° Bibergeilharz, 0,3 Kastorin, 33,6 kohlen-sauren Kalk, 20 Haut, 23 Wasser u. s. w.; von diesen Substanzen jedoch im russischen 2° Oel, 58,6 Harz, 2,5 Kastorin, 2,6 kohlen-sauren Kalk, 3,3 Häute, 11,7 Wasser. — Die Beutel dürfen im Innern nicht homogen sein; die Haut muss auf der innern Seite silberglänzende Schuppen haben.

M.

**Kastoreumharz.** Die alkoholische Lösung des Kastoreums, welche das Kastorin abgesetzt hat, enthält ein Harz, welches unlöslich in Aether und kaltem Wasser,  $1\frac{1}{2}\%$  in heissem löslich, braun, luftbeständig ist. Schwefelsäure, Salpetersäure zerlegen es. Salzsäure färbt sich amethystfarben. Kohlensäure und kaustische Alkalien lösen es mit rother Farbe; Säuren fällen es daraus; eine Verbindung mit Bleioxyd enthält 68° von diesem.

M.

**Kastoreumöl.** Bei der Destillation des Kastoreums mit Wasser erhält man ein gelbliches Oel, welches den Geruch des Kastoreums in hohem Masse trägt.

M.

**Kastorin.** Bizio entdeckte in dem Kastoreum eine wachsartige Substanz, die sich aus der heissen alkoholischen Lösung des Kastoreums beim Erkalten absetzt. Es bildet Blättchen, ist geschmacklos, unlöslich in Wasser; heisser Aether löst es leicht. Alkalien verseifen es nicht. Säuren zerstören es; Salpetersäure liefert Kastorinsäure.

M.

**Kastorinsäure.** Diese sehr unvollständig untersuchte Substanz bildet sich bei Einwirkung heisser Salpetersäure auf Kastorin. Sie bildet gelbliche krystallinische Körnchen. Brandes hat sie dargestellt.

M.

**Kastoröl.** Castor - Oil heisst in England allgemein das Ricinus - Oel.

M.

**Katalyse** ist die chemische Reaction, Zerlegung einer Verbindung, oder Vereinigung zweier Stoffe, welche nicht durch die gewöhnlichen chemischen Verwandtschaftskräfte zu Stande kommt, und zu deren Hervorbringung man die Existenz und Wirksamkeit einer eigenthümlichen chemischen Kraft angenommen hat, die katalytische Kraft, oder den chemischen Contact. M.

**Katalytische Kraft.** Contact. Bei einer Anzahl von chemischen Erscheinungen kann man die Ursachen nicht in den gewöhnlichen chemischen Ursachen suchen, durch welche die meisten chemischen Prozesse zu Stande kommen. Entweder verbinden sich zwei Körper unmittelbar, wenn sie sich berühren, durch ihre Verwandtschaft zu einander, welche nicht mehr durch andere Bedingungen eingeleitet zu werden braucht, z. B. Kali und Wasser, Jod und Phosphor; oder es muss die Verwandtschaft durch irgend einen Umstand gesteigert werden, z. B. durch Glühhitze, oder den dieselbe hervorbringenden electrischen Funken, wie Wasserstoff und Sauerstoff; ebenso begünstigt das Sonnenlicht die Verbindung zweier Stoffe, Chlor und Wasserstoff. Alle diese, die Verwandtschaft und Verbindung unterstützenden Reactionen können unter andern Umständen die Verbindung auch aufheben, und oft bei ein und derselben Substanz durch verschiedene Grade ihrer Kräftigkeit, wie bei dem Quecksilberoxyd, dem Zinnsulfid. Einige Zerlegungen und Vereinigungen lassen sich nicht auf diese Erscheinungen zurückführen. So zerlegt sich Knallsilber, Jodstickstoff durch mechanischen Stoss. Wasserstoffsperoxyd zerlegt sich in Wasser und Sauerstoff durch Berührung mit Gold, Silber, Platin, Braunstein, Faserstoff u. a. m. Diese und ähnliche Erscheinungen sind es, welche einige Chemiker veranlasst haben, eine neue Kraft anzunehmen, welche hiebei wirksam sei, und die durch Berührung zweier Stoffe hervorgebracht würden. Berzelius hat sie geradezu als Kraft bezeichnet und sie katalytische Kraft genannt; Mitscherlich bezeichnet die Erscheinungen mit dem Namen der Contacterscheinungen. Man hat eine grosse Menge bisher noch in der That unerklärter, oder nicht völlig erklärter Phänomene dahin gerechnet, jedoch auch eine Anzahl solcher, welche man leicht auf eine andere Weise deuten kann. Die genannte Zerlegung des Wasserstoffsperoxyds, die Umwandlung der Stärke durch verdünnte Schwefelsäure in Traubenzucker, Verbindung des Wasser- und Sauerstoffs durch Platinschwamm, die Oxydation des Alkohols bei Gegenwart von Platin, die weinige Gährung (Zerlegung des Zuckers in Alkohol und Kohlensäure), hat man dahin gezählt. Man hat auch die Zerlegung des Alkohols in Aether und Wasser durch Schwefelsäure hierauf zurückführen wollen, ohne auf die dabei sich jedesmal bildende Aetherschwefelsäure Rücksicht zu nehmen.

Namentlich haben diese sogenannten katalytischen Erscheinungen eine gewisse Aehnlichkeit mit den chemischen Processen, welche im thierischen und pflanzlichen Organismus zu Stande kommen, und die wir mit ähnlichen Hilfsmitteln oft einigermaßen nachahmen können.

Die Umwandlung des Milchzuckers in Milchsäure, des Traubenzuckers in Buttersäure bei Gegenwart einer stickstoffhaltigen organischen Substanz gelingt ausserhalb des thierischen Körpers vollkom-

men. Ebenso die Verflüssigung der unlöslichen Proteïnverbindungen (geronnener Faserstoff, Eiweiss und Käsestoff) durch Einwirkung einer warmen Pepsinlösung. Wenn man vielleicht aus der grossen Anzahl solcher Phänomene, die sich, wie gesagt, nicht ebenso einfach erklären lassen, wie die übrigen chemischen Reactionen, eine eigene Gruppe von Erscheinungen zusammenstellen will, so kann dies nur zu der Auffindung ihrer wirklichen Ursachen beitragen; wenn man indessen unmittelbar eine eigene Kraft herleiten will, und namentlich eine solche, welche nur der Oberfläche des wirksamen Körpers anhaftet, so scheint man für den Augenblick wenigstens eine zu wenig begründete Hypothese zu vertheidigen. M.

**Katechin.** Catechusäure. Tanningensäure; von Nees von Esenbeck in dem Katechu entdeckt. Das Bengalische Katechu wird durch kaltes Wasser erschöpft, der Rückstand mit dem 8fachen Wasser gekocht; beim Erkalten scheidet sich das Katechin bräunlich aus; es wird mit der gereinigten Thierkohle gekocht; beim Erkalten setzt es sich als weisse Krystallmasse ab, welche im Vacuo über Schwefelsäure getrocknet wird. Das Filtrirpapier muss vor der Benutzung durch Salzsäure ausgezogen sein, da das darin enthaltene Alkali, Eisen u. s. w. das Katechin an der Luft roth färben.

Im reinen Zustande ist das Katechin ein, aus weissen, sehr kleinen seidenglänzenden Nadeln bestehendes Pulver; bei 17° lösen erst mehr als 1000 Th. Wasser 1 Th. Katechin; fast geschmacklos ändert es auch nicht die Farbe des Lakmuspapiers. Kochendes Wasser löst  $\frac{1}{3}$  Katechin; diese Lösung reagirt sauer. Alkohol und Aether lösen es. Essigsäure und verdünnte Mineralsäure lösen es gleichfalls unverändert. Schwefelsäure färbt es purpurroth. Chlor zerstört es. Bei 217° schmilzt es und verliert 1 At. Wasser. Es besteht aus  $C_{20}H_{12}O_8$  bei 100° und krystallisirt; geschmolzen  $C_{20}H_{12}O_8$ .

Mit Basen verbindet sich das Katechin nicht, ohne dass es zersetzt würde. Ammoniak, das es begierig absorbirt, verliert es unter der Luftpumpe. Alkalien, kohlen saure Alkalien und Erden färben das Katechin gelb und endlich schwarz. Bleisalze geben eine weisse, Eisenchlorid eine grüne, Eisenvitriol blauschwarze, Kupfervitriol braune und schwarze, Silber- und Goldsalze braune, Platinchlorid gelbliche Fällung. Dabei zersetzt sich das Katechin, und die drei letzten Metalle reduciren sich bald. Leim-, Stärke-, Morphin-, Chinin- und Brechweinsteinlösungen werden nicht gefällt.

Bei der Destillation des Katechins bilden sich hauptsächlich Kohlensäure, Kohlenoxydgas und Brenzkatechin. Dies ist ähnlich der Benzoesäure, schmilzt bei 126°, und wird bei der Sublimation theilweise zersetzt. Die Auflösung reagirt sauer, und zeigt gegen die meisten Reagenzien dasselbe Verhalten wie das Katechin. Es besteht aus  $C_6H_6O_2$ . (Zwenger).

Die Zerlegung des Katechins an der Luft durch Alkalien liefert die durch Svanberg erhaltenen Säuren Japonsäure und Rubinsäure s. d., vergl. Gerbesäure. M.

**Katechu,** (Terra Japonica, Succus s. Extractum Katechu; Kachou). Diese gerbstoffhaltige Substanz kommt besonders in drei

Sorten vor. 1) Bombay-Katechu, vermuthlich von *Areca Catechu*. Die Früchte der *Areca*-Palme werden mit Wasser ausgekocht. Der erste Absud ist reicher an Gerbsäure und heisst Cassu; das zweite, geringere Product, Coury. Das Katechu kommt in schweren, unregelmässigen Stücken vor; schwach glänzend; das *Catechu verum* ist etwas braunrother. Das unreine enthält oft Pflanzentheile eingemischt. Fast gänzlich löst sich das Bombay-Katechu in siedendem Wasser auf. Die Katechugerbsäure macht einen wesentlichen Bestandtheil davon aus. 2) Bengalisches Katechu von *Acacia Catechu* aus Zweigen und unreifen Hülsen. Es ist leichter als das Bombay-Katechu, heller, von glänzenden dunkeln Streifen durchzogen; enthält weniger Gerbsäure, mehr Katechin als das erste. 3) Gambir; von *Nauclea Gambir*; meist in  $1-1\frac{1}{2}$  Zoll dicken Würfeln. Kaltes Wasser löst es wenig, kochendes fast gänzlich auf.

In der Wärme erweicht das Katechu, schmilzt und giebt endlich Krystalle,  $\frac{1}{10}$  des Katechu betragend, vielleicht Brenzkatechusäure. In der Medicin und den Gewerben wird das Katechu angewendet. Zum Gerben vermischt man es mit dem 8fachen Gewicht Eichenlohe. In der Wollenfärberei ist es gleichfalls benutzt. M.

**Katechugerbsäure.** *Acid. Mimotanicum*. Der wässrige Auszug des Katechu wird mit wenig Schwefelsäure versetzt; die filtrirte Flüssigkeit so lange mit concentrirter vermischt, als noch ein Niederschlag entsteht. Dieser, aus Schwefelsäure und Katechugerbsäure bestehend, wird mit verdünnter Schwefelsäure ausgewaschen, in kochendem Wasser gelöst, filtrirt, die Flüssigkeit mit kohlenisaurem Bleioxyd digerirt. Die abfiltrirte Flüssigkeit liefert die Säure farblos, welche im Vacuo zu einer gesprungenen Masse eintrocknet; im Wasser völlig löslich. Auch durch Aether kann die Säure aus dem Katechu ausgezogen werden. Die Säure besteht aus  $C_{12}H_{10}O_8$  (*Pé-louze* giebt  $C_{12}H_{10}O_8$  an; jedoch ist es wahrscheinlich, dass sie nur 4 At. Sauerstoff weniger enthält als die Eichengerbsäure,  $C_{12}H_{10}O_{12}$ , und die andern Elemente gleich bleiben).

Die Eigenschaften dieser Säure sind denen der Eichengerbsäure sehr ähnlich, doch giebt sie mit Eisenoxydsalzen einen graugrünen Niederschlag, keinen mit Brechweinstein. Eisenoxydulsalze werden nicht gefällt. Mit Säuren vereinigt sie sich. Die wässrige Lösung wird an der Luft dunkelroth und hinterlässt beim Auflösen einen Absatz. Beim Erhitzen giebt sie Brenzproducte, vielleicht eine Brenzsäure. M.

**Katoptrik.** Der von der Reflexion handelnde Theil der Optik. R.

**Kattukambar,** eine dem Katechu sehr ähnliche Gerbesubstanz von *Nauclea Gambir*, welche wenig untersucht ist. M.

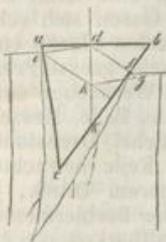
**Katzenaugenharz** s. Dammar.

**Kegelspiegel** s. Spiegel.

**Keil** heisst in der Mechanik jedes dreiseitige Prisma, welches mit einer seiner Kanten zwischen zwei Hindernisse bringt, um diese



mittelst der Seitendrucke durch Anwendung einer Kraft auf die dritte Seite von einander zu entfernen. Es wirken also Kräfte von aussen nach innen auf jeder seiner Seiten. Die Kante, welche sich zwischen die Hindernisse einsenkt, heisst die Schneide oder Schärfe, die entgegenstehende Seite der Rücken oder Kopf, die Flächen, welche die Schneide bilden, die Seiten des Keils. Gewöhnlich wirkt man mittelst eines Schlegels oder Stosses auf den Rücken des Keils, und treibt ihn dadurch vorwärts.



Es sei  $abc$  der Durchschnitt eines Keils, rechtwinklig auf seine Seitenkanten genommen. Auf die Seite  $ac$  wirke rechtwinklig eine Kraft  $p$ , auf die Seite  $bc$  eben so eine Kraft  $q$ , und auf den Rücken  $ab$  rechtwinklig eine Kraft  $r$ . Nehmen wir an, die Mittelkraft der letzteren wirke auf den Punkt  $d$ , nach der Richtung  $dk$ . — Von  $d$  ziehen wir eine Linie  $de$  senkrecht auf  $ac$ , so drückt diese Linie die Richtung der Kraft  $p$  aus, von  $d$  ziehen wir eine zweite Linie  $df$  senkrecht auf  $bc$ , so ist dies die Richtung der Kraft  $q$ . Ziehen wir von  $e$  eine Linie  $eh$  gleichlaufend mit  $df$ , und ergänzen dann die Figur zu einem Parallelogramm  $dehg$ , so ist die Kraft  $dh$  in zwei Seitenkräfte zerlegt,  $de$  und  $dg$ , und es findet Gleichgewicht statt, wenn  $p:q:r = de:dg:dh$ , oder  $= de:eh:dh$ . Letzteres sind die drei Seiten des Dreiecks  $deh$ , welches dem Dreiecke  $abc$  ähnlich ist. Denn Winkel  $edh = dac$ , weil beide mit  $ade$  einen Rechten geben, Winkel  $deh = acb$ , weil beide mit  $ceh$  einen Rechten geben, und somit ist Winkel  $ehd = abc$ . Daher verhält sich  $de:eh:dh = p:q:r = ac:bc:ab$ , d. h. es ist Gleichgewicht vorhanden, wenn die auf die drei Seiten wirkenden Kräfte sich zu einander verhalten, wie die drei Seiten des Dreiecks, das durch einen Querschnitt gewonnen wird. Multipliciren wir jede dieser Linien mit einer Seitenkante, nämlich der Länge des Prismas, so wird das Verhältniss nicht geändert, und es ist Gleichgewicht vorhanden, wenn  $p:q:r$  sich verhalten, wie die Seitenflächen des Prismas, auf welche sie wirken.

Die Regel zeigt, dass die Kraft  $r$ , welche den andern beiden  $p$  und  $q$  das Gleichgewicht hält, um so kleiner sein kann, je schmaler der Rücken des Keils ist. Es folgt nämlich aus dem Obigen, dass, wenn  $r$  den Kräften  $p$  und  $q$  das Gleichgewicht hält,  $\frac{r}{ab} = \frac{p}{ac} = \frac{q}{bc}$  sein muss. Soll nun dieses Gleichgewicht erhalten werden, und man verändert  $ab$ , so muss  $r$  in demselben Verhältnisse verändert werden, wenn die Gleichung bestehen soll.

Wenn gleich diese theoretische Berechnung im Allgemeinen beim Keile zutrifft, so wird sie doch selten angewandt. Der Keil kann nämlich niemals anders benutzt werden, als wenn eine grosse Reibung vorhanden ist, welche die Wirkung der beiden Kräfte  $p$  und  $q$  auf den Keil noch übertreffen muss; denn wäre jene kleiner als diese, so müsste der Keil nach der Richtung  $kd$  davon fliegen, wie es ein nasser Kirsch kern zwischen den drückenden Fingern thut. Nur durch die überwiegende Reibung wird der Keil in dem Spalte festgehalten. Da diese sehr veränderliche Reibung sich aber nicht berechnen lässt;

jedenfalls aber die vorige Rechnung für die Praxis unbrauchbar macht, so wird der Keil gewöhnlich nur nach ganz empirischer Regel angewandt. Jene grosse Reibung würde seine Anwendung sogar in sehr vielen Fällen unvortheilhaft erscheinen lassen, wäre er nicht die einzige aller einfachen Maschinen, welche durch einen Stoss oder Schlag getrieben wird. Da nun die Wirkung eines stossenden oder schlagenden Körpers, wie das Quadrat der Geschwindigkeit wächst, und durch diese ein grosser Effect zu erreichen ist, so ist natürlich eine Maschine in allen Fällen willkommen, wo man eine Kraft auf jene Weise wirksam werden lassen kann. Darum lassen sich sehr schwere Lasten mittelst der Keile, wie auf einer schiefen Fläche emporheben, darum kann man mittelst der Keile eine sehr grosse Pressung hervorbringen. Fast alle unsere schneidenden Werkzeuge sind Keile, und wirken nach Art des Keiles, nämlich Aexte, Beile, Messer, Meissel, Stemmeisen, Hacken, Pflugschaaren, Grabstichel, Drehstähle u. s. w. Selbst die Nägel und Nadeln können als Keile betrachtet werden. Ein Messer schneidet mit um so geringerem Druck, je schmaler sein Rücken gegen die Seiten ist. Um die Barbiermesser nicht zu dünn zu machen, giebt man ihnen der Haltbarkeit wegen, einen starken Rücken, schleift sie aber hohl.

Eine eigenthümliche Anwendung der Lehre vom Keile findet bei den Gewölbesteinen statt, welche man als Keile mit abgestumpfter Schneide betrachtet. In einem Gewölbe dringt jeder vermöge seiner Schwere zwischen die benachbarten ein, und indem er sie zu trennen sucht, äussert er einen Druck auf sie, der von ihnen vermehrt auf die zur Seite anstossenden übertragen wird, bis er endlich senkrecht auf den Erdboden wirkt, und hier in dem Widerstande desselben sein Ende findet.

K. F. K.

**Kelp** heisst die an den Küsten von Irland, Schottland, den Orkneyinseln u. s. w. aus den am Strande wachsenden Tangarten (*Fucus*) gewonnene Asche. Die Pflanzen werden zur Ebbezeit gesammelt, an der Sonne ausgetrocknet und in Gruben verbrannt, in welchen die Hitze durch die anhaltende Verbrennung sich so erhöht, dass die Asche zusammensintert. Die Bestandtheile sind ziemlich veränderlich und bestehen hauptsächlich aus schwefelsaurem, kohlen-saurem, salzsaurem Kali und Natron, einigen Talkerde- und Kalksalzen, Jodmetallen, Schwefelcalcium, Kieselsäure, Thonerde und Eisenoxyd. Man gebrauchte früher den Kelp wegen seines Gehalts an kohlen-saurem Natron in der Seifen- und Glasfabrikation, seit aber die künstliche Soda so billig ist, beschränkt sich die Anwendung des Kelps, der nur etwa 2 Proc. kohlen-saures Natron enthält, auf die Abscheidung von Kalisalzen und Jod daraus.

B.

**Keplersche Gesetze** s. Centralbewegung.

**Kermesbeerenroth.** Die Beeren von *Phytolacca decandra* enthalten nach Braconnot einen rothen Farbstoff, der mit Säuren hochroth, mit Alkalien violett und gelb wird. Alaun fällt ihn roth, Zinnsalz violett.

M.

**Kermesbeerensäure.** Braconnot fand in den Stengeln und Beeren der *Phytolacca decandra* eine der Aepfelsäure sehr ähnliche Säure, deren Verschiedenheit davon, das Kalkwasser zu fällen, vielleicht durch eine Verunreinigung herbeigeführt wird. M.

**Kerolith,** Cerolith (von *κηρός* Wachs und *λίθος* Stein), wurde mit Bezug auf den wachsartigen Glanz von Breithaupt ein zum Thongeschlecht gehöriges Mineral benannt. Es ist grünlich- und gelblichweiss, bis apfelgrün, flachmuschlig, leicht zerreiblich, durchscheinend an den Kanten, fühlt sich fettig an, hängt nicht an der Zunge und steht in der Härte zwischen Gyps und Kalkspath. Spec. Gew. 2,0—2,2. Nach Pfaff besteht der Kerolith aus 37,95 Kieselsäure; 12,18 Thonerde; 18,02 Talkerde und 31,00 Wasser. (Schweigg. Journ. LV. 242.) — Der Kerolith findet sich im Serpentin zu Kosemütz bei Frankenstein in Schlesien und bei Zöblitz in Sachsen. B.

**Kienöl.** *Oleum Pini rubrum.* Der Rückstand vom Auspressen des gelben Harzes oder hellen Theeres wird der Destillation unterworfen, wobei ein hellbraunes, dünnflüssiges, brenzlich-terpenthinartig riechendes Oel übergeht. Es ist ein Gemenge von Terpenthinöl mit mehreren anderen Substanzen; und wird äusserlich und auch zu Firnissen benutzt. Specif. Gewicht und Zusammensetzung nach der Temperatur bei der Destillation wechselnd. M.

**Kienruss.** Der Russ, welcher sich beim Verbrennen harziger Hölzer absetzt, wird in Hütten, deren Dach und Wände mit Fellen oder Tuch und Wolle ausgeschlagen sind, aufgesammelt. Er enthält etwa 80—83% Kohle; etwas Harzöl und hinterlässt beim Verbrennen Asche, von mechanisch mit fortgerissenen Stoffen. S. Russ. M.

**Kiesel,** Silicium, *Si* = 277,31 ein nichtmetallisches Element, 1824 von Berzelius zuerst aus der Kieselsäure, welche in der Natur so überaus häufig vorkommt (Quarz, Silicate) abgeschieden. Man stellt den Kiesel dadurch dar, dass man Fluorkieselkalium, erhalten durch Sättigung von Kiesel-Flusssäure mit Kali, in einer Glasröhre mit etwa der gleichen Menge Kalium mischt und stark erhitzt. Es bilden sich hierbei Fluorkalium und Kieselkalium, von denen das letztere bei Zusatz von kaltem Wasser in Kali und Kiesel verwandelt wird, während der Wasserstoff entweicht. Man wäscht das Ganze mit kaltem Wasser aus, wobei Kiesel in Form eines dunkelbraunen Pulvers zurückbleibt. Bei Anwendung von heissem Wasser oxydirt sich der Kiesel in Gegenwart von Kali.

**Eigenschaften.** Der so gewonnene Kiesel entzündet sich, wenn er in Luft oder Sauerstoff erhitzt wird, und verbrennt an der Oberfläche zu Kieselsäure, welche die darunter befindlichen Theile vor der Oxydation schützt. In Schwefeldampf erhitzt giebt der Kiesel Schwefelkiesel *Si S<sub>2</sub>*, welcher durch Wasser in Schwefelwasserstoff und Kieselsäure umgewandelt wird, mit Flusssäure erhitzt verflüchtigt er sich und verbrennt in Chlorgas zu Chlorkiesel (s. d.). Wird Kiesel in einem bedeckten Platintiegel geglüht, so verdichtet er sich, wird fast schwarz und so schwer, dass er in concentrirter Schwefel-



säure untersinkt. Er kann jetzt vor dem Löthrohr weisssglühend gemacht werden ohne sich zu oxydiren, von Flusssäure wird er nicht mehr angegriffen und verbindet sich nicht mit Schwefel. Diese zwei verschiedenen Zustände, welche Berzelius allotropische nennt und respective *Sia*, *Si<sub>3</sub>* bezeichnet, wiederholen sich auch in der Kieselsäure und wahrscheinlich in allen Verbindungen des Kiesels. (Pogg. Annalen I. 204. IX. 416. LXI. 4.) B.

**Kieselfeuchtigkeit** s. kieselsaures Kali.

**Kieselfluorwasserstoffsäure** s. Fluorkiesel. Durch ein Versehen ist hier, jedoch nur in der Ueberschrift, Fluorwasserstoffsäure statt Kieselfluorwasserstoffsäure gesetzt. B.

**Kieselgalmei** s. kieselsaures Zinkoxyd.

**Kieselguhr** s. Kieselsinter.

**Kieselpupfer** s. kieselsaures Kupferoxyd.

**Kieselmangan** s. kieselsaures Manganoxydul.

**Kieselsäure**, Kieselerde,  $\text{Si} = 577,31$ ; in 100 Th.: 48,04 Kiesel; 51,96 Sauerstoff, findet sich in der Natur in bedeutender Menge sowohl für sich als auch in Verbindung mit Basen. (S. Quarz.)

**Darstellung.** Um reine Kieselsäure zu erhalten mengt man 1 Theil gepulverten Quarz (Bergkrystall, Feuerstein) mit 4 Theilen kohlen-saurem Kali und schmelzt sie. Um den Quarz zerkleinern zu können, glüht man ihn und schreckt ihn in kaltem Wasser ab, wodurch er in viele leicht trennbare Stückchen zerspringt. Da in der Glühhitze die Kohlensäure von der Kieselsäure ausgetrieben wird, so besteht die geschmolzene Masse aus basisch kieselsaurem Kali, welches man nach dem Erkalten mit verdünnter Salzsäure zerlegt, wobei sich die Kieselsäure in gallertartigen weissen Flocken abscheidet, die nach dem Auswaschen auf dem Filtrum zu einer gummiartigen Masse eintrocknen. In demselben voluminösen Zustand erhält man auch die Kieselsäure, wenn Kiesel-fluorwasserstoffsäure (s. d.) oder Schwefelkiesel (s. Kiesel) durch Wasser zersetzt werden. — Wenn man die Flüssigkeit, worin sich die gallertartige Säure befindet, mit Salzsäure ansäuert und bis zur Trockne eindampft, hierauf mit concentrirter Salzsäure befeuchtet, welche den Zweck hat, noch etwa vorhandene Basen, wie Thonerde und Eisenoxyd, aus der Kieselsäure fortzunehmen, und dann die Kieselsäure auswäscht und glüht, so zeigt sie sich in ihrem Ansehen wie in ihren Eigenschaften bedeutend verändert.

**Eigenschaften.** Wie bereits aus der Darstellung hervorgeht, existirt die Kieselsäure in zwei Modificationen, welche den beiden allotropischen Zuständen des Kiesels entsprechen. Die gallertartige Kieselsäure ist in Wasser etwas auflöslich, mehr noch in saurem namentlich kohlen-saurem Wasser (s. Kieselsinter). Aus dieser Eigenschaft erklärt sich das Vorkommen der Kieselsäure nicht allein in Mineralquellen, sondern auch im gewöhnlichen Wasser der Brunnen und

Teiche, in denen durch die zahlreichen Infusorien mit Kieselpanzern die Gegenwart von Kieselsäure nachgewiesen wird, wenn sie gleich durch Reagentien oft sich noch nicht entdecken lässt. Die Auflösung ist geschmack- und geruchlos und röthet Lackmus nicht; beim Verdunsten setzt sie Kieselsäure in erdiger Gestalt ab, welche aber in Wasser wieder auflöslich ist. Dampft man die gallertartige Kieselsäure mit einem Zusatz von Schwefelsäure oder Salzsäure ein, oder glüht man sie, so verwandelt sie sich in die andere Modification, in welcher die Kieselsäure ein weisses, in Wasser und Säuren (Flusssäure ausgenommen) völlig unlösliches Pulver darstellt, welches sich rauh anfühlt und nur im Knallgasgebläse, aber in keinem Ofenfeuer schmelzbar ist. Sie fließt zähe wie Glas, verflüchtigt sich in einer etwas über ihrem Schmelzpunkt liegenden Temperatur, und erstarrt beim Erkalten zu einer glasartigen Masse. (Gaudin in Berzelius Jahresb. XX. 77.) Jeffreys liess durch einen Fayence-Ofen, dessen Temperatur über der des geschmolzenen Gusseisens war, Wasserdämpfe streichen, und fand nachher um die Ausgangsöffnung mehrere Pfunde Kieselsäure wie Schnee abgesetzt. Aehnliche Sublimationen werden auch bei Schmelzöfen beobachtet, und haben ihren Grund in der Gegenwart der Wasserdämpfe, welche auch die an sich feuerbeständige Borsäure flüchtig machen und auch wohl die Ursache der zuvor erwähnten Verflüchtigung der Kieselsäure im Knallgasgebläse sind. (Ann. d. Chem. u. Pharm. XXXIX. 255.) Specif. Gew. der Kieselsäure 2,66; specif. Wärme (von Bergkrystall) 0,19132, (Regnault.) Kocht man die in Wasser unlösliche Modification der Kieselsäure mit kohlensaurer Alkalien, so wird sie allmählig in Wasser auflöslich ohne sich mit dem Alkali zu verbinden, welches seine Kohlensäure dabei nicht verliert. Die in der Natur vorkommende krystallisirte Kieselsäure gehört der geglühten Modification der Kieselsäure an.

In der Glühhitze ist die Kieselsäure eine der stärksten Säuren, welche nicht allein Kohlensäure, sondern auch Schwefelsäure aus ihren Verbindungen austreibt. Die gallertartige Säure enthält, wenn sie trocken geworden ist, etwas Wasser, welches aber nur als hygroscopisches betrachtet wird und keinem bestimmten Hydrat entspricht, welches von der Kieselsäure noch fehlt.

B.

**Kieselsäureäther.** Nach Ebelmen erhält man diese Verbindung durch Vermischung von Chlorsilicium mit absolutem Alkohol. Dabei findet Temperatur-Erniedrigung statt, während sich Chlorwasserstoffsäure gasförmig entwickelt (Chloräthyl wahrscheinlich auch). Bei der Rectification geht eine constante Verbindung bei  $162^{\circ}$  über. Diese besteht aus  $\text{SiO}_2$ ,  $3\text{C}_2\text{H}_5$ ,  $\text{O}$ . Dampfdichte = 7,2, spec. Gew. 0,932. Unlöslich in Wasser, leicht in Alkohol und Aether. Wasser zersetzt ihn langsam unter Abscheidung von Kieselsäure. Alkoholische Alkali-Lösungen zerlegen den Aether; unter Abscheidung gallertartiger Kieselsäure die Säuren. Beim Verbrennen sondert sich diese als feiner Staub aus. Der Aether ist farblos, ätherisch-pfefferartig schmeckend.

Der über  $300^{\circ}$  siedende Aether besteht aus  $2\text{SiO}_2$ ,  $3\text{C}_2\text{H}_5$ ,  $\text{O}$ . Spec. Gew. 1,035. Im Verhalten dem erstern sehr ähnlich. Journ. für prakt. Chemie Bd. XXXIII.

M.

**Kieselsaure Salze, Silicate.** Obgleich die Kieselsäure wegen ihrer Feuerbeständigkeit in der Glühhitze die stärksten flüchtigen Säuren austreibt, so gehört sie bei gewöhnlicher Temperatur doch zu den schwächeren, und hat mit diesen auch die Eigenschaft gemein, sich mit den Basen in vielerlei Sättigungsstufen zu verbinden. Als neutrale Salze werden diejenigen angesehen, in denen der Sauerstoff der Säure das Dreifache von dem der Base ist. Bezeichnet  $R$  das Radical der Basis, so ist

$\bar{R}\bar{S}_3$	oder	$\bar{R}\bar{S}_6$	die Formel eines zweifachkieselsauren Salzes
$\bar{R}\bar{S}$	„	$\bar{R}\bar{S}_3$	„ „ „ „ neutralen „
$\bar{R}_2\bar{S}_2$	„	$\bar{R}\bar{S}_2$	„ „ „ „ zweidrittel „
$\bar{R}_4\bar{S}$	„	$\bar{R}_2\bar{S}$	„ „ „ „ halb (einfach basisch) „
$\bar{R}_3\bar{S}$	„	$\bar{R}\bar{S}$	„ „ „ „ drittel (zweifachbasisch) „ u. s. w.

In der Mineralogie pflegt man Silicate diejenigen Verbindungen zu nennen, in denen Base und Säure gleichviel Sauerstoff enthalten, also nach der chemischen Nomenclatur die drittel kieselsauren Salze. Die Bisilicate und Trisilicate entsprechen hiernach den zweidrittel und neutralen kieselsauren Salzen; ist der Sauerstoffgehalt der Kieselsäure geringer als der der Base, so heisst die Verbindung ein Subsilicat.

Man stellt die kieselsauren Salze durch Zusammenschmelzen eines Metalloxydes mit Kieselsäure (Quarz) dar; die meisten sind unauflöslich in Wasser, und glasartig im Bruch; nur die Alkalien geben, wenn sie in Ueberschuss vorhanden sind, auflösbare Salze. Durch Vermischung einer Auflösung von kieselsaurem Kali mit einem andern aufgelösten Salz erhält man Niederschläge kieselsaurer Salze.

Sowohl die in der Natur vorkommenden zahlreichen Silicate, als auch die künstlich dargestellten, lassen in ihrem Verhalten gegen Säuren Verschiedenheiten wahrnehmen, welche unzweideutig auf die beiden Modificationen der Kieselsäure und des Kieselshindeuten. Die Zeolithe und manche andere Mineralien (Tafelspath) werden durch stärkere Säuren, z. B. Salzsäure, zerlegt, wobei die Kieselsäure gewöhnlich gallertartig abgeschieden wird; dasselbe geschieht mit den auf nassem Wege gebildeten Silicaten. Dagegen verhalten sich die übrigen Mineralien, welche kieselsaure Verbindungen sind, so wie die durch Schmelzung entstandenen, wie z. B. Glas, Porcellan, Smalte u. s. w. gegen Säuren ganz indifferent. B.

**Kieselsaure Beryllerde** wurde zuerst von Nordenskiöld unter uralischen Fossilien als im Mineralreich vorkommend entdeckt, und wegen der Aehnlichkeit mit Quarz Phenakit, von *gévax*, Betrüger, genannt. Der Phenakit findet sich in farblosen, glasglänzenden, schönen Krystallen, deren Grundform ein stumpfes Rhomboëder ist, von Härte des Topases, specif. Gewicht 2,97–3. Säuren greifen ihn nicht an, vor dem Löthrohr ist er unveränderlich. Nach den Analysen von Hartwall und Bischoff ist er reine  $\frac{2}{3}$  kieselsaure Beryllerde  $\bar{B}\bar{e}\bar{S}\bar{i}_2$ . Der Phenakit vom Ural fand sich in der Gegend von Catharinenburg zugleich mit schönen Smaragden, später auch zu

Framont im Elsass in Brauneisenstein aber nur mit Quarz. Pogg. Annal. XXXI. 57., XXXIV. 519. 525.; XLI. 323. B.

**Kieselsaures Bleioxyd** entsteht sehr leicht durch Zusammenschmelzen von Kieselsäure (Quarz) und Bleioxyd, und macht einen wichtigen Bestandtheil aller Töpferglasur und des Flintglases aus (s. Glas). Wegen der leichten Bildung dieser Verbindung darf man Bleioxyd nicht in irdenen Tiegeln schmelzen, weil diese stark davon angegriffen und selbst durchlöchert werden. B.

**Kieselsaures Eisenoxyd** ist in mehreren Mineralien enthalten, z. B. Fahlunit und Granat, findet sich aber auch allein, nur mit Wasser verbunden, in der Natur. Wenn man ein Stück Eisenvitriol in eine Auflösung von kieselsaurem und kohlsaurem Kali (Kieselfeuchtigkeit) legt, so entwickelt sich Kohlensäure und ein Niederschlag entsteht, welcher die einzelnen Gasblasen während ihres Aufsteigens umgiebt. Dadurch entstehen Röhren mit einer abgerundeten Spitze, welche zusammen eine Verzweigung bilden, die man Arbor martis nennt. Das Innere der Röhren ist mit Kohlensäure angefüllt; der die Verästelung bildende Niederschlag nach Mulder eine Verbindung von kieselsaurem Eisenoxyd mit kohlsaurem Kali  $\text{Fe}_2\text{Si} + \text{K}\ddot{\text{C}}$ . Tropft man in die Auflösung von Kieselfeuchtigkeit eine Lösung von Eisenchlorid, so entsteht ein anders zusammengesetzter Niederschlag, welcher sich der Formel  $\text{K}\ddot{\text{S}}\text{i}_2 + 2\text{Fe}\ddot{\text{S}}\text{i} + 2\text{K}\ddot{\text{C}}$  nähert. (Berzelius Jahresber. XXI. 130.)

Zu Antonio Pereira in der brasilianischen Provinz Minas Geraes kommt ein ockerbraunes, etwas graues Mineral vor, das wegen seiner ausgezeichnet büschelförmig auseinanderlaufenden zartfasrigen Bildung und blumenstraussartigen Gruppierung von Hausmann den aus *ἄνθος*, Blume, und *σίδηρος*, Eisen, gebildeten Namen Anthosiderit erhielt, weil es zugleich eisenhaltig ist. Es ist undurchsichtig, an den Kanten durchscheinend, von Härte des Feldspathis und hat das spec. Gewicht 3,0. Nach Schnedermann besteht es aus neutralem wasserhaltigem kieselsaurem Eisenoxyd  $\text{Fe}\ddot{\text{S}}\text{i}^2 + \text{H}$ . (Pogg. Ann. LII. 292.)

Ein anderes hierher gehöriges Fossil ist der Hisingerit oder Thraulit, von *θραυλός*, zerbrechlich, wie ihn v. Kobell wegen seiner Zerbrechlichkeit nennt, welcher  $\frac{1}{3}$  kieselsaures Eisenoxyd mit 3 Atomen Wasser zu sein scheint. S. Hisingerit. B.

**Kieselsaures Eisenoxydul** ist als drittel- und zweidrittelkieselsaures Salz in vielen Mineralien und Eisenschlacken enthalten. S. Chlorophaeit, Sideroschisolith. B.

**Kieselsaures Kali** existirt in mehreren hinsichtlich ihrer Zusammensetzung nicht genau untersuchten Sättigungsstufen. Wird ätzendes oder kohlsaures Kali mit so viel Kieselsäure zusammengeschmolzen, als in der Weissglühhitze davon aufgenommen wird, so wird die Kohlensäure ausgetrieben und es bildet sich eine Verbindung, welche den Hauptbestandtheil des Kaliglases ausmacht (s. Glas).

Wird dagegen ein Ueberschuss an Basis, 3—4 Theile Pottasche mit 1 Theil Kieselsäure zusammengeschmolzen, so erhält man eine farblose oder grünliche glasartige Masse, die an der Luft feucht wird, sich in Wasser auflöst, und bei Zusatz von Säuren gallertartige Kieselsäure fallen lässt. Die Auflösung dieses basischen Silicats in Wasser wird Kieselfeuchtigkeit (Liquor silicum) genannt; sie enthält auch kohlen-saures Kali, wenn die Kieselsäure nicht hinreichte, alle Pottasche zu zerlegen.

Hierher gehört auch das 1818 von Fuchs dargestellte und zum Ueberziehen von Holz, Leinwand, Tapeten und anderen leicht brennbaren Gegenständen empfohlene Wasserglas, um sie schwer entzündlich zu machen und dadurch vor Feuersgefahr zu bewahren. Man schmilzt nach Fuchs ein Gemisch von 3 Theilen feinen Quarzsand mit 2 Theilen gereinigter Pottasche und  $\frac{1}{2}$  Kohlenpulver in einem gewöhnlichen Glashafen zusammen, und erhält eine schwärzliche Glasmasse, welche an der Luft feucht wird und Risse bekommt. Im gepulverten Zustande geht diese Veränderung schneller vor sich, und die aus der unreinen Pottasche herrührenden Salze wittern nach einigen Wochen aus und können mit kaltem Wasser abgespült werden. In kochendem Wasser löst sich das Glaspulver vollständig auf; man braucht davon ungefähr das fünffache Gewicht des Glases, welches man in kleinen Portionen unter stetem Umrühren dem siedenden Wasser zusetzt. Dampft man die Auflösung so weit ab, bis sich auf der Oberfläche derselben eine Haut bildet, so hat sie das specif. Gewicht 1,25, eine syrupartige Consistenz, lässt sich mit Wasser beliebig verdünnen, wird dann aber von der Kohlensäure der Luft zersetzt, was bei der concentrirten Lösung nicht statt findet. Die Auflösung schmeckt und reagirt alkalisch, und enthält bei dem angegebenen Grade der Dichtigkeit 28 Procent wasserfreies kiesel-saures Kali. Setzt man das Eindampfen noch weiter fort, so erhält man zuletzt eine feste völlig glasartige Masse, welche in der Luft sich nicht verändert, weicher als Glas ist, und nach Fuchs aus 62 Th. Kieselsäure, 26 Th. Kali und 12 Th. Wasser besteht, was keiner bestimmten Sättigungsstufe entspricht.

Um das Wasserglas als Ueberzug auf oben bezeichneten Gegenständen zu gebrauchen, trägt man die Auflösung desselben mit einer Körperfarbe gemischt auf, und soll die Leinwand u. s. w. bemalt werden, so nimmt man geschlämmte Kreide oder Knochenasche und dergl. als Deckfarbe. In dem Münchner Theater sind die Decorationen damit überzogen worden, welche sich auch zusammenrollen lassen; nur dürfen derartige Sachen nicht gefaltet werden, weil in solchem Falle das Wasserglas abspringt. In manchen Fällen hat sich das Wasserglas jedoch nicht bewährt, da es Risse bekam und absprang, was vielleicht seinen Grund in der unrichtigen Darstellung hat.

Nach Döbereiner erhält man ein noch leichter schmelzbares und in der Auflösung noch dünnflüssigeres Wasserglas aus 70 Th. kohlen-saurem Kali, 54 Th. kohlen-saurem Natron und 150 Th. Kieselsäure.

B.

**Kieselsaure Kalkerde** kommt in der Natur vor und heisst Tafelspath (oder Wollastonit). Der Tafelspath krystallisirt in (2+1) gliedrigen Säulen von  $95^{\circ} 38'$  mit einer den Säulenflächen parallelen

sehr deutlichen Spaltungsrichtung. Krystalle sind jedoch sehr selten, gewöhnlich ist das Mineral derb, schalig oder stänglig abgesondert, von Härte des Apatits oder wenig darunter, und weisser, ins Graue, Braune oder Röthliche übergehenden Farbe, specif. Gew. 2,9. Vor dem Löthrohr schmilzt der Tafelspath zu einem halbklaren Glase und Salzsäure zerlegt ihn unter Abscheidung gallertartiger Kieselsäure.

Er ist  $\frac{2}{3}$  kieselsaure Kalkerde  $\text{Ca}_2\text{Si}_2$ , mit sehr geringen Beimengungen an Wasser, Eisenoxyd und Talkerde. Findet sich eingewachsen in körnigen Kalk zu Cziklowa in Ungarn, Pargas in Finnland, Gökum in Schweden, am Vesuv, in Nordamerika u. a. O. Beim Eisenschmelzen bilden sich bisweilen Schlacken von der Zusammensetzung des Tafelspaths und bei hinreichend langsamer Abkühlung selbst mit krystallinisch blättriger Structur.

Kieselsaure Kalkerde ist ausserdem in verschiedenen Sättigungsstufen ein Bestandtheil vieler und oft vorkommender Mineralien, des Stilbits, Augits u. s. w., und in den meisten Glasarten enthalten.

B.

**Kieselsaures Kupferoxyd** findet sich im Mineralreich unter dem Namen Kieselkupfer (Kieselmalachit, Kupfergrün), und bildet unkrystallinische, nierenförmige oder traubige und eingesprengte Massen von spangrüner ins Himmelblaue oder Smaragdgrüne ziehenden Farbe, und ungefähr von Härte des Kalkspaths, sowohl darüber als darunter. Specif. Gew. 2,3. Säuren zersetzen das Mineral. Es besteht nach den Untersuchungen von Bowen, Berthier, v. Kobell und Ullmann aus wasserhaltigem,  $\frac{2}{3}$  kieselsaurem Kupfer-

oxyd  $\text{Cu}_2\text{Si}_2 + 6\text{H}$ . Der Wassergehalt des Kieselkupfers von Somerville in New-Yersey in Nordamerika wird auch noch zu 12 Atomen angegeben, was aber mit der Analyse nicht stimmt. Ausserdem kommt das Kieselkupfer mit andern Kupfererzen vor zu Kupferberg in Schlesien, zu Saalfeld, Lauterberg am Harz, Schneeberg in Sachsen, Dillenburg in Nassau, in Ungarn, Tyrol, England und Sibirien. (Pogg. Annal. XVIII. 254. XXVIII. 413. 416.; Schweigg. Journ. XLIII. 314. LXVIII. 199.) Von derselben Zusammensetzung nur im Wassergehalt verschieden ist der Dioptas s. diesen.

B.

**Kieselsaures Manganoxydul** bildet in zwei basischen Sättigungsstufen zwei Mineralien. a) Ein Drittel kieselsaures Manganoxydul, schwarzer Mangankiesel kommt bei Klapperud in Dalekarlien vor, und findet sich nur derb oder als Anflug mit metallischem Glanz von eisenschwarzer Farbe; Säuren zersetzen dasselbe leicht. Es enthält nach Berzelius 3 Atome Wasser, besteht also

aus  $\text{Mn}_2\text{Si}_2 + 3\text{H}$ . Dieselbe Verbindung, aber wasserfrei und von braunrother Farbe, kommt nach Thomson zu Franklin in New-Yersey vor.

b) Zwei Drittel kieselsaures Manganoxydul ist der Kieselmangan (Kieselmanganspath), ein rosenrothes, an den Kanten durchscheinendes Mineral, von welchem bestimmte Krystallformen noch nicht bekannt sind, das aber dicht und eingesprengt auch in blättrigen Massen vorkommt, deren Spaltungsrichtungen sich unter  $87^\circ 5'$  schnei-

den, also eine augitische Structur haben. Härte zwischen Apatit und Feldspath, specifisches Gewicht 3,5 bis 3,7. Vor dem Löthrohr ist der Kieselmangan schmelzbar, von Salz- und Salpetersäure wird er kaum angegriffen; seine Zusammensetzung entspricht der Formel  $Mn_2 \bar{Si}_2$ . Man schleift den Kieselmangan und verwendet ihn seiner schönen Farbe wegen zu architektonischen Verzierungen, Mosaik u. dergl. Er findet sich zu Langbanshytta in Schweden, Katharinenburg am Ural, zu Kapnik in Ungarn und Elbingerode am Harz. Hier findet sich der Kieselmangan auch von brauner, grauer und grüner Farbe, welche Abänderungen mit verschiedenen Namen, als Allagit, Rhodonit, Hornmangan, Hydropit u. s. w. belegt sind. Sie sind aber nur Gemenge von Kieselmangan mit kohlensaurem Manganoxydul oder Kieselschiefermasse, worin der Kieselmangan lagert. (Pogg. LXII. 146.)

B.

**Kieselsaures Natron** verhält sich in allen Stücken dem kieselsauren Kali ähnlich, giebt ebenfalls Kieselfeuchtigkeit und Wasserglas.

Bei der Reinigung der rohen Soda durch starke Abkühlung der Mutterlauge erhielt Hermann oft farblose rhomboëdrische Krystalle von scharfem ätzenden Geschmack, deren Zusammensetzung durch die Formel  $\bar{Na}_2 \bar{Si}_2 + 24 H$  ausgedrückt wird. (Journal für praktische Chemie XII. 894.)

Ein in kleinen prismatischen Krystallen anschliessendes kieselsaures Natron erhielt Fritzsche durch Auflösen von Kieselsäure in der kochenden Auflösung einer gleichen Gewichtsmenge Natron. Es ist nach der Formel  $\bar{Na}_2 \bar{Si}_2 + 18 H$  zusammengesetzt und scheint auch mit 27 Atomen Wasser zu krystallisiren. (Pogg. Annal. XLIII. 135.)

B.

**Kieselsäure Talkerde** kommt sowohl für sich als in Verbindung mit anderen Silicaten sehr häufig in der Natur vor, s. Asbest, Augit, Hornblende, Olivin, Serpentin. a) Neutral, Speckstein (spanische, venetianische Kreide), ein dichtes, undurchsichtiges oder an den Kanten durchscheinendes Mineral von weisser, grünlicher, ockergelber oder bräunlichrother Farbe, welches zuweilen mit dendritischen Zeichnungen oder in Pseudomorphosen des Quarzes, Kalkspaths, Feldspaths und anderer Fossilien sich findet. Härte zwischen Talk und Steinsalz, specif. Gewicht 2,6 bis 2,8. Speckstein fühlt sich fettig an, etwas schreibend, hängt nicht an der Zunge und zerfällt nicht im Wasser; Säuren greifen ihn nicht an, vor dem Löthrohr schrumpft er zusammen und schmilzt an dünnen Kanten zu einem weissen Email. Nach den zahlreichen Analysen ist der Speckstein neutrale kieselsaure Talkerde mit veränderlichen Quantitäten Wasser (von 1 bis zu 15 Procent) und zuweilen mit geringen Beimischungen von Eisenoxydul und Oxyd. Der Formel  $Mg \bar{Si}$  entsprechen 69,08 Kieselsäure und 30,92 Talkerde.

Der Speckstein kommt auf Lagern und Gängen vor im Fichtelgebirge bei Wunsiedel, zu Schlackenwalde, im Erzgebirge zu Ehrenfriedersdorf, in Mähren, Cornwall u. s. w. Er dient zu mancherlei

Zwecken: man bestreicht Schrauben und andere Maschinentheile mit ihm, um die Reibung zu vermindern. Maler, Glaser und Schneider gebrauchen Stifte daraus (Briançonner Kreide) zum Vorzeichnen von Linien auf Glas, Tuche, seidene Zeuge, nach denen diese geschnitten werden sollen, da der Speckstein gut haftet und nichts verunreinigt. Auch allerlei Schnitzwerke, Pfeifenköpfe, Schreibzeuge u. dergl. werden daraus verfertigt, denen man durch allmähliges bis zum Weissglühen gesteigertes Erhitzen in einem verschlossenen Tiegel grosse Härte geben kann. Fein gerieben und geschlämmt liefert er für sich oder mit Karmin und Wasser gekocht eine unschädliche Schminke, s. unten Talk.

Meerschäum ist neutrale kieselsaure Talkerde mit Wasser. Derselbe findet sich in derben, knolligen Massen und in Afterkrystallen in Kalkspathform. Härte zwischen Steinsalz und Kalkspath, spec. Gewicht 1,3 bis 1,7. Meerschäum hat einen feinerdigen Bruch, eine röthlich- oder gelblichweisse Farbe, ist undurchsichtig, fühlt sich wenig fettig an, hängt stark an der Zunge, schrumpft vor dem Löthrohr zusammen und schmilzt an dünnen Kanten. Er enthält 1 Atom Wasser, wie aus der Zerlegung des unter der Luftpumpe über Schwefelsäure getrockneten Meerschäums hervorgeht; die anderen Analysen geben einen weit grösseren Wassergehalt, da das Mineral sehr hygroskopisch ist. Die Formel  $Mg\ Si + H$  verlangt 11,8 Procent Wasser.

Der Meerschäum findet sich auf Lagern zu Hrubschitz in Mähren, bei Madrid und Toledo, in Frankreich, Cornwall und besonders in Natolien und Livadien. Die einzige und wichtige Anwendung des Meerschäums ist die zu Pfeifenköpfen, zu welchen besonders der türkische sich eignet. Die Verarbeitung desselben soll auf die Weise geschehen, dass man den Meerschäum mit Wasser zu einem Brei anrührt, den man längere Zeit stehen lässt, worauf man die Masse in messingene Formen bringt, dann trocknet und in Oefen brennt. Das bekannte Ansehen erhalten sie durch Sieden in Milch, Leinöl und Wachs, und nachheriges Poliren. Aus den Abfällen, welche man mit feinem weissen Thon zusammenrührt, werden die unächtigen Meerschäumköpfe gemacht.

b) Zweidrittel kieselsaure Talkerde verbunden mit Wasser bildet den Pikrosmin, welcher in körnigen und krystallinischen Parthieen von zweigliedriger Structur sich auf einem Magneteisenlager in der Grube Engelsburg bei Presnitz in Böhmen findet. Der Pikrosmin ist grünlichweiss, öl-, lauch- oder schwärzlichgrün. Härte zwischen Kalk- und Flussspath, specifisches Gewicht 2,6. Vor dem Löthrohr ist er unschmelzbar, in einem Glaskolben erhitzt giebt er Wasser, schwärzt sich und riecht wie angebrannt, worauf sich der aus  $\mu\kappa\rho\delta\varsigma$ , bitter, und  $\sigma\sigma\mu\eta$ , Geruch, gebildete Name bezieht. Die von Magnus ausgeführte Analyse giebt für den Pikrosmin die Formel  $2Mg, Si, + 3H$ . (Pogg. Annal. VI. 53.)

c) Talk besteht aus kieselsaurer Talkerde in einer noch nicht mit Sicherheit ermittelten Sättigungsstufe. Die Analysen ergaben für den Talk von

	Kl. Bernhard	Greiner	Proussiansk
Kieselsäure	58,2	62,8	62,80
Talkerde	33,2	32,4	31,92
Eisenoxydul	4,6	1,6	1,10
Thonerde	—	1,0	0,60
Glühverlust (Wasser)	3,5	2,3	1,92
	99,5	100,1	98,34

Den Talk vom kleinen Bernhard hat Berthier, den vom Greiner im Zillertal und von Proussiansk bei Katharinenburg v. Kobell zerlegt.

Berthier leitet aus seiner Untersuchung die Formel  $Mg_2 \bar{Si}_2$ , v. Kobell aus der seinigen  $Mg_2 \bar{Si}_2$  ab; erstere Formel verlangt

59,8 Kieselsäure; 40,2 Talkerde, die letzte  
65,1                    34,9                    "

Da jedoch bei der Analyse sich leicht etwas Kieselsäure mit der Talkerde niederschlägt und den Talkerdegehalt zu gross, die Menge der Kieselsäure aber zu gering macht, so hält es Berzelius für sehr

wahrscheinlich, dass der Talk neutrale kieselsaure Talkerde  $Mg \bar{Si}_2$ , also mit Speckstein identisch sei. (Berzelius Jahresb. VIII. 218.)

Der Talk bildet meist derbe, schuppige, grade und krumme schiefrige Massen von weisser, grünlicher, grauer oder bläulicher Farbe. Krystalle sind selten deutlich; sie sind klein, sechsseitig, tafelförmig, mit einem ausgezeichnet deutlichen Blätterbruch parallel der Endfläche, sie sind entweder zweigliedrig oder  $(2+1)$  gliedrig, oft fächerartig gruppiert, in dünnen Blättchen durchsichtig und optisch zweiaxig. Talk gehört zu den weichsten Mineralien, ist Repräsentant der niedrigsten Härtestufe (s. Härte); sein specif. Gewicht 2,7; er fühlt sich fettig an, ist unschmelzbar, blättert sich auf vor dem Löthrohr und wird von Säuren nicht angegriffen.

Aus Talk besteht eine sehr verbreitete Gebirgsart, der Talkschiefer, welcher in vielen Theilen der Alpen, in Schweden, Schlesien, Schottland u. s. w. sich findet, selten findet er sich auf Gängen und Drusenräumen krystallisirt. Man gebraucht ihn zerstoßen und mit Oel angerührt als gutes Schmiermittel bei Maschinen; den weissen verwendet man wie Speckstein zu Schminke. B.

**Kieselsaure Thonerde** macht den wesentlichsten Bestandtheil aller Thonarten aus, welche die Zersetzungsproducte verschiedener Gebirgsarten, namentlich der feldspathhaltigen, sind, und je nach dem Grade der Zersetzung und nach der Natur der Gebirgsart eine sehr abweichende Zusammensetzung zeigen, so dass sich über den Sättigungsgrad der in den Thonsorten enthaltenen kieselsauren Thonerde nichts Bestimmtes angeben lässt. S. Thon.

Als neutrale Thonerde sieht man den Agalmatolith an, unter welchem Namen jedoch Fossilien verschiedener Zusammensetzung gehen, die nur in ihrer Benutzung übereinstimmen (s. Agalmatolith). Der Bucholcit, welcher nach Fuchs ein Gemenge von Cyanit und Quarz ist, besteht nach Brandes aus 46 Proc. Kieselsäure, 50 Thon-

erde und 4 Eisenoxyd nebst Kali, was mit der Formel  $Al \bar{Si}_2$  ( $\frac{1}{2}$  kieselsaure Thonerde) übereinstimmt. Der Bucholcit ist ein gelblich-

grünlich- oder schwarzgraues derbes Mineral von zart- meist krumm- faseriger Structur, von Feldspathhärte und 3,1 bis 3,2 specif. Gew. Vorkommen Tyrol, Sachsen, Nordamerika. (Schweigg. Journal XXV, 125.) — Dieselbe Zusammensetzung soll auch der Sillimanit (zu Ehren Silliman's, des Herausgebers des american Journal of sciences, so benannt) haben, welcher nach Bowen aus 43,0 Kieselsäure, 54,11 Thonerde, 2,0 Eisenoxyd und 0,51 Wasser besteht, was

aber nicht gut mit der Formel  $\bar{A}l\bar{S}i$  stimmt. Der Sillimanit hat eine dunkelgraue ins Nelkenbraune übergehende Farbe, krystallisirt in schiefen rhombischen in die Länge gezogenen und gestreiften Säulen von  $73^\circ$ , nähert sich in der Härte dem Topas, specif. Gewicht 3,41. Er kommt auf einem Quarzgang in Gneuss bei Saybrook in Connecticut vor. (Berzelius Jahresber. V. 202.)

Auch das Steinmark ist eine Verbindung von Kieselsäure und Thonerde, aber in so veränderlichen Verhältnissen, dass man diese als verschieden weit vorgeschrittene Zersetzungsproducte anderer Fossilien anzusehen geneigt wird (s. Steinmark). Was Freiesleben Talksteinmark nennt, hat nach Kersten's Untersuchung eine zu

der Formel  $\bar{A}l, \bar{S}i$ , gut passende Zusammensetzung, wäre also  $\frac{1}{2}$  kieselsaure Thonerde. Es findet sich in derben, nierenförmigen, gelblich- und röthlichweissen, weichen Parthieen im Porphyr bei Rochlitz in Sachsen, fühlt sich fettig an, hängt etwas an der Zunge, und hat ein specif. Gewicht 2,5. (Schweigg. Journ. LXVI. 16.) S. Andalusit, Cyanit. B.

**Kieselsaures Zinkoxyd** macht im neutralen und wasserfreien Zustande den in Salzsäure löslichen Theil eines Minerals aus, welches von Jacquot untersucht ist und bei Mancino in der Nähe von Livorno vorkommt. Es bildet chocoladebraune faserige Massen mit zwei ungleich deutlichen Blätterdurchgängen, die einen Winkel von  $92^\circ$  bilden. Specif. Gew. 3,04. (Berzelius Jahresber. XXII. 203.)

Eindrittel kieselsaures Zinkoxyd ist das Kieselzinkerz (Kieselgalmei, Kieselzinkspath.) Es krystallisirt in zweigliedrigen Säulen von  $103^\circ 53'$  mit verschiedenen anderen Flächen, welche die Abstumpfung der Ecken und Kanten der Grundform sind. Bisweilen sind an demselben Krystall die Flächen des einen Endes verschieden von denen des andern. Die Krystalle sind parallel den Säulenflächen sehr deutlich spaltbar, und durch Vorherrschen der Abstufungsflächen der stumpfen Seitenkanten meist tafelförmig. Ausser krystallisirt findet man das Kieselzinkerz in derben nierenförmigen, traubigen und faserigen Massen. Es hat die Härte des Apatits, eine weisse, braune, gelbe oder grüne Farbe, ist spröde, durchsichtig bis durchscheinend, phosphorescirt beim Reiben, und wird durch Erwärmen ausgezeichnet polarelektrisch (s. darüber Pogg. Annal. XVII. 149. XLIX. 503. LIX. 362). Specif. Gew. 3,4. Vor dem Löthrohr decrepitiert das Kieselzinkerz, wird weiss, giebt auf Kohle einen schwachen Beschlag ohne zu schmelzen und wird von Salzsäure, welche gallertartige Kieselsäure abscheidet, leicht zerlegt. Nach Berzelius besteht das Kieselzinkerz aus 24,9 Kieselsäure; 66,8 Zinkoxyd und 7,5 Wasser (nebst

0,8 fremdartigen Beimengungen), woraus er die Formel  $2 \text{Zn}, \text{Si} + 3 \text{H}$  ableitet.

Dasselbe Zinksilicat, aber wasserfrei, ist in der Gegend von Lütich und zu Franklin in New-Yersey in kleinen stumpfen Rhomboëdern, derb und nierenförmig gefunden, und Williamit genannt worden. Es ist weiss oder von etwas Eisenoxyd gelb oder röthlich.

B.

**Kieselsaure Zirkonerde** macht als drittel kieselsaures Salz einen bekannten Edelstein, den Zirkon aus, von welchem die reinen lebhaft rothen Abänderungen Hyacinthen heissen, die auch ins Braune und Pomeranzengelbe sich ziehen. Den missfarbigen grauen, braunen und grünen wenig durchscheinenden Steinen giebt man im Verkehr den ersten Namen. Der Zirkon krystallisirt in quadratischen Säulen und Octaëdern, meist mit vorherrschenden Säulenflächen und glatter oder rauher Oberfläche. Härte zwischen Quarz und Topas, specif. Gew. 4,4 bis 4,6, specif. Wärme 0,14558 (Regnault). Vor dem Löthrohr wird der Zirkon heller, meist weiss, ist aber unsmelzbar; von Säuren, selbst von wässriger Flusssäure, wird er nicht angegriffen, nur concentrirte Schwefelsäure bewirkt nach anhaltender Digestion eine unvollständige Zersetzung. Er besteht nach Berzelius aus 33,3 Kieselsäure und 66,7 Zirkonerde entsprechend  $\text{ZrSi}$ . (Pogg. Ann. IV. 134. LIII. 86. 94.)

Der Zirkon findet sich in verschiedenen Gebirgsarten, im Syenit (Zirkonsyenit), zu Frederikswärn u. a. O. in Norwegen, in Granit, Gneuss (Nordamerika, Sibirien), Mandelsteinen und Basalten (Expailly bei le Puy, Siebengebirge), durch deren Verwitterung er entblösst und von den Gebirgswässern in die Ebenen und Flüsse geführt wird, wo man ihn in losen Krystallen und Körnern findet, und durch Waschen gewinnt. So zu Expailly in Frankreich, Hohenstein in Sachsen, Bilin in Böhmen, auf Ceylon, Pegu u. a. a. O. Den Hyazinth verarbeitet man als Schmuckstein und gebraucht ihn als Unterlage für die Zapfen feiner Wagebalken und Uhhäder.

B.

**Kieselschiefer**, ein dichter schwarzer, röthlicher oder grauer Quarz, welcher Thonerde, Eisenoxyd und Kohle enthält und dadurch gefärbt wird. Er bildet Lager im Thonschiefergebirge an vielen Orten, und findet sich auch als Geschiebe. Den schwarzen nennt man auch Lydischen Stein, weil man ihn schon in alten Zeiten in Lydien gewann; er dient zum Probiren des Goldes und Silbers.

B.

**Kieselsinter**, (Kieseluff), ist ein quarziger Niederschlag heisser Quellen, welcher tropfsteinartige traubige raube Massen bildet, desgleichen Ueberzüge und Rinden auf Steinen und Pflanzenresten. Er ist dicht, muschlig im Bruch, undurchsichtig oder an den Kanten durchscheinend, von weisser, grauer, gelblicher oder röthlicher Farbe, und besteht aus einer mit geringen und veränderlichen Mengen von Eisenoxyd, Thonerde, Kalkerde und Wasser vermischten Kieselsäure. Die erdigen Abänderungen führen den Namen Kieselguhr und bestehen grösstentheils aus den Panzern abgestorbener Infusorien aus der Gruppe der Bacillarien (Pogg. Annal. XXXVIII.

214.) Heisse Quellen vulkanischer Gegenden liefern die zum Kiesel-  
sinter gehörigen Mineralsubstanzen, namentlich der Geyser und an-  
dere Quellen auf Island, Grönland, Kamtschatka, die Auvergne, Santa-  
Fiora in Italien (woher der Fiorit), Ischia u. s. w. B.

**Kieseltuff** s. Kieselsäure.

**Kieselwismuth** s. Wismuthblende.

**Kieselzinkerz** s. kieselsaures Zinkoxyd.

**Kinin** s. Chinin.

**Kirchgunmi** s. Gummi.

**Kirschkernelöl** dem Mandelöl sehr ähnliches fettes Oel, wel-  
ches bei — 28° erstarrt und ein specif. Gewicht von 0,9209 hat.

M.

**Kirschlorbeeröl**, eine dem Bittermandelöl gleiche Verbind-  
ung, welche wie dieses aus einem Amygdalin ähnlichen Körper ent-  
steht, der jedoch nicht krystallisirt und von Winckler daher amorphes  
Amygdalin genannt worden ist. Ich fand, dass er eine, der  
Amygdalinsäure ähnliche Verbindung liefert. M.

**Kirschlorbeerwasser**. Das über den Kirschlorbeerblät-  
tern abdestillirte Wasser enthält eine kleine Menge von Blausäure und  
Bittermandelöl; beides in wechselndem Verhältniss. Von dem Bitter-  
mandelwasser soll es sich dadurch unterscheiden, dass, wenn man  
einige Drachmen desselben mit 1 Scrupel Aetzammoniakflüssigkeit  
versetzt, die Aq. laurocerasi milchweiss wird, die Aq. amygd. jedoch  
klar bleibt; andere geben das Gegentheil an. Wackenroder Br.  
Arch. d. Pharm. XXXVII. 275. 321. M.

**Klang**. Chladni gebraucht das Wort als Concretum für ei-  
nen Schall von angebbarer Höhe; in Beziehung auf seine Höhe nennt  
er ihn Ton, in Beziehung auf sonstige Verschiedenheiten der Klänge  
aber fehlt ihm ein passendes deutsches Wort für das französische:  
timbre. Mir scheint es angemessener und mit dem allerdings etwas  
unsichern Sprachgebrauch des gemeinen Lebens gar wohl vereinbar,  
einen Schall von erkennbarer Höhe einen Ton zu nennen, und für  
die an ihm zu unterscheidenden Qualitäten die Abstracta Höhe und  
Klang zu gebrauchen, indem dabei unter Klang das verstanden  
wird, was Chladni timbre nennt, und wofür Einige das Wort Klang-  
farbe gebrauchen, nämlich das, was den unterscheidenden Charac-  
ter verschiedener Instrumente ausmacht. — So gross und mannigfal-  
tig die Verschiedenheiten des Klanges sind, und so empfänglich un-  
ser Gehör für dieselben ist, so gering ist doch unsre Kenntniss von  
der Natur dieser Verschiedenheiten, und es lässt sich nur im Allge-  
meinen angeben, worauf dieselben beruhen müssen. Da nämlich die  
Grösse und Schnelligkeit der Schwingungen die Stärke und Höhe des  
Tones bestimmt, so muss von der Art der einzelnen Erschütterungen



der Klang abhängen, oder in Beziehung auf die den Ton fortpflanzenden Theile, es muss das Gesetz ihrer Beschleunigung und Verzögerung oder auch wohl die Gestalt der beschriebenen Bahn jene Unterschiede begründen. Die Beschaffenheit der einzelnen Erschütterungen kennt man in den meisten Fällen nicht, und die Bewegung der Theilchen der Schallwelle lässt sich nicht beobachten, doch muss es möglich sein, sie mittelbar zu bestimmen. Willis Untersuchungen über die Vocale (s. diese) sind als ein erster Schritt dazu anzusehen. Auch die Bemerkung von Cagniard de Latour, dass der Klang der Sirene je nach dem Verhältniss zwischen Grösse und Abstand der Löcher, bald der Trompete, bald der Hoboe, dem Fagott, der menschlichen Stimme ähnlich ist, wirft etwas Licht auf die Natur des Klanges. Der Einfluss, welchen Form und Stoff der tönenden und der resonirenden Körper, sowie die Art der Tonerregung haben, ist zwar von praktischer Seite sehr wohl bekannt, aber seinem innern Wesen nach noch ganz dunkel. Dass auch die Beschaffenheit des fortpflanzenden Mittels den Klang modificirt ist im Artikel Fortpflanzung des Schalles erwähnt. Die Ansicht, dass die Verschiedenheiten des Klanges von der Beimischung eines Geräusches herrühren, ist nicht zureichend, denn erstlich giebt es Verschiedenheiten z. B. die der Vocale, auf welche sie nicht anwendbar ist, und dann würde die Beschaffenheit dieses Geräusches immer auf Elgentümlichkeiten der Bewegung in der oben besprochenen Art zurückzuführen sein. Die Ansicht, dass das Mitklingen der höheren Töne den Klang bestimme, ist wenigstens gewiss nicht erschöpfend. S.

**Klangfigur.** Wenn eine transversal schwingende elastische Fläche (Membran, Scheibe) leicht mit Sand bestreut wird, so wird dieser von der schwingenden Stelle nach den Knotenlinien geworfen und ordnet sich daher zu einer Figur, welche man Klangfigur nennt. Dieses Mittel, die Knotenlinie einer Fläche sichtbar zu machen ist zuerst von Chladni angewendet worden, daher man diese Figuren auch Chladni'sche Figuren nennt. Die Meinung, dass Galiläi schon eine Erscheinung gleicher Art wahrgenommen habe, beruht auf einem Missverständniss, wie Strehlke in Pogg. Ann. XLIII. 521. zeigte. Was Galiläi beschreibt, sind die feinen Furchen, welche auf einem Metalle beim Schaben mit dem Messer unter Erzeugung eines kreischenden Tones zu entstehen pflegen. — Auch auf longitudinalschwingenden Körpern sammelt sich der Sand an gewissen Stellen; es entstehen aber diese von Savart entdeckten und untersuchten Klangfiguren durch eine begleitende transversale Bewegung. Näheres über die Klangfiguren ist in den Artikeln Scheiben, Stäbe, Membranen nachzusehen. Vgl. auch d. Art. Knotenlinien. S.

**Kleesäure** syn. mit Oxalsäure.

**Kleesalz**, Trivialname für das saure oxalsäure Kali, welches in dem Sauerklee, *Oxalis acetosella* enthalten ist. s. Oxalsäure. M.

**Kleister** s. Stärke.

**Kleistsche Flasche s. Flasche.**

**Klima.** Unter mathematischem Klima versteht man die Neigung einer Stelle der Erdoberfläche gegen die Ekliptik, d. h. also einen Winkel, der nur von der geographischen Breite des Ortes abhängig ist. Hiervon wurde der Name Klima auf die Temperatur- und Witterungsverhältnisse eines Ortes übertragen, da man dieselben ebenfalls nur für eine Function der Breite hielt. Da aber nach den neueren Untersuchungen bei der Bestimmung dieser Verhältnisse noch viele andere Einflüsse concurriren, so hat man vom mathematischen Klima das physikalische zu unterscheiden. Wenn die ganze Erdoberfläche mathematisch genau eine Sphäroidfläche ohne Unebenheiten wäre, und durchweg aus derselben Substanz bestände, so würden allerdings alle Orte gleicher Breite gleiche mittlere Temperaturen, gleiche Vegetationen etc. haben. Wie aber schon bei Gelegenheit der Isothermcurven (s. d.) erwähnt wurde, findet eine solche Uebereinstimmung keinesweges statt. Vielmehr wird das Klima eines Ortes durch Strömungen, sowohl der Luft als des Wassers, und durch verschiedene Aus- und Einstrahlung der Wärme modificirt. Die Luftströmungen hängen besonders von der Bodenbeschaffenheit und den Thalrichtungen ab. Europa z. B. verdankt sein, im Verhältniss zu Amerika, mildes Klima der südlich liegenden Sandwüste, die durch die Einstrahlung eine Temperatur von  $48^{\circ}$  erreichen kann, während der südliche Strom aus Gegenden weit geringerer Wärme zu uns kommen würde, wenn die Stelle der Sandwüsten durch Wasser ersetzt wäre. Diese verschiedene Wärmecapacität der benachbarten Gegenden ist es auch, die zwei ziemlich scharf gegen einander characterisirte Klimate unterscheidet, das Seeklima und das continentale. Im Sommer wird durch die starke Verdunstung des Wassers einem Orte um so mehr Wärme entzogen werden, je näher er dem Meere liegt, während grosse Continente diesem Einfluss minder unterworfen sind. Bei gleicher geographischer Breite wird also ein dem Landklima angehöriger Ort höhere Sommertemperatur haben, als der im Seeklima liegende. Doch ist dieser Unterschied weniger auffallend, als die Temperaturerniedrigung eines continentalen Klimas im Winter. Während sich die warmen Winde über der Meeresfläche mit Wasserdämpfen gesättigt haben, wird ihr Wasser über dem durch stärkere Ausstrahlung stärker abgekühlten Boden niedergeschlagen, so dass die in ihnen latent gewesene Wärme frei wird; eine Wärmezunahme, die dem continentalen Klima nicht zu Gute kommt. Während daher die Insel Unst (Shetland-Inseln) unter  $60^{\circ} 45'$  nördl. Breite eine mittlere Winterwärme von  $4^{\circ}$  haben, hat das viel südlicher liegende Irkutsk ( $52^{\circ}$  nördl. Breite) fast  $-18^{\circ}$ . Das Seeklima weicht also besonders in dem bedeutenden Unterschiede zwischen mittlerer Sommer- und Winterwärme von dem continentalen ab, und dieser Unterschied beträgt auf Unst noch nicht  $8^{\circ}$ , während er in Irkutsk fast  $34^{\circ}$  erreicht.

Zuweilen kann das Klima eines Landes durch künstliche Mittel verändert werden. Wenn der amerikanische Colonist seinen Boden durch Abhauen der Wälder nutzbarer zu machen gedenkt, so beraubt er sich der wesentlichsten Bedingung der Fruchtbarkeit, des

Regens. Der nackte Boden strahlt schlechter Wärme aus als der bewaldete, und wird daher den feuchten Luftströmen weniger Wasser entziehen können.

Als Mittel für die Beurtheilung des Klima's sind bereits die verschiedenen Wärmecurven, Isothermen, Isotheren und Isochinenen (s. Isothermen) angegeben. Andere Bilder desselben erhält man durch die Höhe der Schneeegränze (s. d.) und besonders durch die Vegetationsverhältnisse, die nicht allein durch die mittlere Jahrestemperatur bedingt wird, sondern durch die Vertheilung der Wärme auf die verschiedenen Jahreszeiten. Eine Pflanze gedeiht weder gleich weit nördlich und südlich vom Aequator, noch auch in einer Hemisphäre überall bis zu gleicher Breite. Die Gränze, bis zu welcher sich die Vegetation einer Pflanze erstreckt, bildet daher mannigfaltig von den Parallelkreisen abweichende Curven. Zuerst hatte diese für die Orange, den Weinstock und die Olive Artur Young festgestellt, später hat man sie auch auf andere Pflanzen ausgedehnt. Die Buche gedeiht z. B. durch ganz Irland, selbst im südlichen Norwegen (bis 58° nördl. Breite), während sie zwischen dem schwarzen und caspischen Meere den Kaukasus nördlich nur wenig überschreitet. Die Vegetation der Olive umfasst das ganze Oberitalien, so dass die Nordgränze nördlich am adriatischen Meere vorbeigeht, während nordöstlich am persischen Meerbusen die Nordgränze unter 30° herabgeht. Aehnlich kann man die Thierwelt nach ihrer Verbreitung bis zu gewissen Gränzen behandeln, und stösst dann auf das schon zu erwartende Factum, dass im Seeklima die Thierbevölkerung im Winter wenig von der des Sommers abweicht, während im continentalen Klima möglicherweise der Sommergast niemals den Winterbewohner desselben Landes erwartet, und in Chiva z. B. das Rennthier des hohen Nordens dem der heissen Wüste angehörigen Kameel Platz macht. Bz.

**Klirröne, 1) an Saiten.** Chladni beschreibt (Akustik, S. 74.) folgenden Versuch: Wenn man unter die Mitte einer Saite einen Steg so untersetzt, dass er sie nur gerade berührt, und lässt dann die Saite gegen denselben schlagen, so hört man ausser der höheren Octave des ihr zukommenden Grundtones einen Ton, den Chladni Klirrton oder Schnarrton nennt, und der nach seiner Angabe eine Quinte tiefer ist, als jener Grundton, d. h. als der tiefste Ton der freischwingenden Saite. Die Entstehung desselben erklärt er aus dem wiederholten Anschlagen der Saite gegen den Steg, indem er von der Schwingung derselben folgende Vorstellung giebt. Den oberen Theil ihrer Bahn, vom Stege aufwärts bis dahin zurück schwingt die Saite auf die gewöhnliche Weise; von da an aber abwärts schwingen beide Hälften, also mit der doppelten Geschwindigkeit, daher muss die ganze Dauer einer solchen Schwingung  $\frac{1}{2}$  von der Dauer einer gewöhnlichen Schwingung sein. Hiernach berechnet



Chladni, der einen Hin- und Hergang für zwei Schwingungen zählt, den Zeitraum von einem Anschlagen an den Steg zum nächsten auf  $\frac{1}{2}$  der Dauer einer freien Schwingung, wodurch dann die tiefere Quinte entstehe. Das Letztere würde jedoch nur dann richtig sein,

wenn ein solcher Hin- und Hergang der freien Saite für zwei Erschütterungen gerechnet werden dürfte. Gilt er aber, wie sich zeigen lässt, nur so viel als eine Erschütterung (vergl. den Art. Schwingung), so müsste der durch das Anschlagen erzeugte Ton nicht eine Quinte tiefer, sondern eine Quarte höher sein. Nach Nörrenberg (Pogg. Ann. IX. 488.) soll in der That der Klirrton die höhere Quarte sein. Allein obgleich nach meiner Erfahrung (Pogg. Ann. XL. 544.) dieser höhere Ton zumal in kürzeren, ziemlich stark gespannten Darmsaiten deutlich erhalten werden kann, so ist doch die tiefere Quinte, besonders an längeren, nicht zu stark gespannten Saiten unverkennbar vorhanden, ohne dass dieser Ton bis jetzt genügend erklärt wäre. Allenfalls würde er sich aus den Beitönen der Saite auf eine ähnliche Art erklären lassen, wie die sogleich zu erwähnenden Klirröne einer Stimmgabel. — Setzt man den Steg an anderen Stellen unter die Saite, so erhält man noch andre, jedoch viel unvollkommnere Klirröne. (S. Chladni's und meine Bemerkungen hierüber a. a. O.)

2) An der Stimmgabel. Eine Stimmgabel, die auf gewöhnliche Weise tönt, hat zwei Schwingungsknoten, die sehr nahe zusammen auf dem gekrümmten Theile derselben liegen. Durch das Schwingen des zwischen ihnen enthaltenen Theiles erhält also der Stiel eine auf- und niedergehende Bewegung. Setzt man nun den Stiel lose auf den Tisch, so erhält man nicht nur (wie E. G. Fischer Abb. der Berl. Acad. 1824 anführt und nicht ganz richtig erklärt) die tiefere Octave, sondern auch an einer guten d. h. stark und anhaltend tönenden Gabel noch eine Reihe tieferer Töne. Ich bin zuerst durch den Herrn Musikdirector Grell auf diese Erscheinung aufmerksam gemacht worden, und habe gefunden, dass es die Töne der harmonischen Unterreihe sind, d. h. wenn man die Schwingungszahl der Gabel = 1 setzt, die den Zahlen  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{1}{3}$ ,  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{5}$ ,  $\frac{1}{6}$  etc. entsprechenden, z. B. an einer  $\bar{a}$  Gabel die Töne  $a$ ,  $d$ ,  $A$ ,  $F$ ,  $D$  und allenfalls noch tiefere. Wenn man die Gabel stark anschlägt und dann leise auf den Tisch aufsetzt, so hört man zuerst einen der tiefsten dieser Töne; wie die Stärke der Schwingungen nachlässt, kommen der Reihe nach die übrigen sehr deutlich zum Vorschein. Ich habe von diesen Tönen (Pogg. Ann. XL. 546.) folgende Erklärung gegeben. Wenn die Gabel mit ihrem abwärts schwingenden Stiele gegen den Tisch stösst, so wird sie durch diesen Stoss etwas in die Höhe geworfen, fällt aber gleich nachher durch ihre Schwere zurück, stösst wieder gegen den Tisch u. s. f. Durch diese hüpfende Bewegung entstehen Stösse, die eine Zeitlang isochronisch bleiben, weil der Stiel immer nur bei einer abwärts gerichteten Schwingung den Tisch trifft, und zwar jenachdem er mehr oder weniger hoch geworfen wird, nach jeder 6ten, 5ten, 4ten, 3ten oder 2ten Schwingung einmal trifft. Durch diese regelmässigen Stösse entstehen dann die angegebenen Töne. Trifft der Stiel den Tisch bei jeder Schwingung einmal, so entsteht ein Klirrton, der von dem eigentlichen Tone der Gabel nicht durch die Höhe, sondern nur durch den Klang verschieden ist. Auch dieser kann sehr gut beobachtet werden, und ist stärker und rauher, als der, den die Gabel giebt, wenn sie ganz fest gegen den Tisch gedrückt wird. — Lässt man die Zinken der Gabel gegen einen Papierstreifen schlagen, so erhält man dieselben Klirröne ziemlich gut (Röber im Re-

pert. d. Physik III. 55.) und sie entstehen auf dieselbe Art, indem das Papier etwas ausweicht. Lässt man die schwingenden Zinken gegen eine Wand schlagen, so hämmert die Gabel hörbar gegen die Wand, und giebt nach Dove (Maass und Messen 17.) zuletzt bei sehr kleinen Elongationen ebenfalls Töne. Welches diese Töne sind, ist nicht angegeben; wenn aber die Erklärung, die Dove giebt, indem er sie auf eine Störung der Schwingungen zurückführt, richtig ist, so können es nicht dieselben Klirröne sein, wie die von mir beschriebenen, denn bei den letzteren dürfen, wie man leicht sieht, die Schwingungen der Gabel nicht merklich durch das Anschlagen gestört werden.

3) Leichte Körper, die auf einem Resonanzboden oder auf einer in Resonanz versetzten Membran liegen und von den Schwingungen dieser Unterlage in eine hüpfende Bewegung versetzt werden, geben, wie ich öfters bemerkt habe, Klirröne, ganz wie die der Stimmgabel.

4) Versteht man unter Klirrönen alle die, welche durch das schnell wiederholte Gegeneinanderschlagen fester Körper erzeugt werden, auch wenn dies nicht, wie bei den vorhergehenden Fällen, als begleitende Erscheinung eigentlicher Schwingungen elastischer Körper auftritt, so müssen die an Savart's Zahnrad, an gefurchten Körpern etc. erzeugten Töne, sowie die des Trevelyan-Instruments ebenfalls dahin gerechnet werden. S.

**Knall.** Jede plötzliche, heftigere Erschütterung der Luft wird uns als Knall hörbar, sei es nun, dass sie durch die heftig wechselnde Bewegung eines festen Körpers, wie beim Peitschenknall, oder durch das Hineinstürzen der Luft in einen verdünnten Raum, wie bei Feuerwaffen und andern Explosionen bewirkt wird. Obgleich das Hervortreten einer Haupterschütterung das Wesen des Knalles charakterisirt, so darf man doch annehmen, dass dieser eine oder vielleicht einige schwächere Schwingungen folgen, da man bei einem Knalle mehr oder weniger eine Tonhöhe unterscheiden kann. Beim schnellen Oeffnen eines Pennals hört man einen Knall ganz von der Höhe des Tones, den man beim Anblasen desselben erhält. Bei den Explosionen in einem geöffneten Gefässe, z. B. Knallluft in einem Gefässe oder Büchenschuss, pflügt der Ton beträchtlich höher zu sein als beim Anblasen, was wohl besonders der höhern Temperatur zuzuschreiben ist. Auch wenn Seifenblasen mit Knallluft gefüllt, abgebrannt werden, wo also die Luft in einen von allen Seiten geöffneten Raum stürzt, unterscheidet man eine Tonhöhe des Knalles, und kann bemerken, dass derselbe um so tiefer ist, je grösser die Blase war. S.

**Knallgas, Knallluft, detonirendes Gasgemeng.** In der weitesten Bedeutung versteht man darunter ein jedes Gemeng aus einem brennbaren Gase und Sauerstoffgas oder atmosphärischer Luft; in engerer Bedeutung das Gemeng aus Wasserstoffgas und Sauerstoffgas. Wir beschränken uns in diesem Artikel blos auf dieses Gemeng, so wie auf das des brennbaren Grubengases mit atmosphärischer Luft, welches die sogenannten schlagenden Wetter bildet. Der mehr oder weniger starke Knall bei der Entzündung des Knallgases rührt davon her, dass das gebildete Wasser, durch die bedeutende Wärmeentwicklung sich plötzlich ungemein ausdehnend, die Luft hef-



tig fortreibt, aber sogleich wieder abgekühlt wird, wodurch ein leerer Raum entsteht, den die Luft gewaltsam ausfüllt. Leisten die Wände des, das Knallgas einschliessenden, Gefässes dieser ausdehnenden Wirkung einen geringern Widerstand, so werden sie, wie z. B. eine Blase, mit starkem Knalle zersprengt. Wird aber ein Gemeng aus Wasserstoff- und Sauerstoffgas in einem Blechcylinder, der ungefähr 8—10 Bouteillen davon aufnimmt, und mit Wasser abgesperrt ist, entzündet, so wird gewöhnlich nur der Deckel theilweise aufgerissen, die runde Fläche des Cylinders aber zusammengequetscht. Dies rührt davon her, dass im ersten Momente der Entzündung das Sperrungswasser, weil es augenblicklich durch das sich sehr bedeutend ausdehnende Wassergas herabgedrückt wird, Widerstand leistet und dadurch auf den Deckel des Cylinders ein Rückstoss erfolgt, der ihn auseinander reisst. Im nächsten Momente wird aber das erhitzte Wassergas durch das Sperrungswasser condensirt und da das Wasser nicht mit so grosser Schnelligkeit zurücktreten kann, als diese plötzliche Condensation fordert: so erleidet der Blechcylinder augenblicklich den ganzen Druck der Atmosphäre und wird dadurch zusammengequetscht. Nur der grossen Schnelligkeit, womit diese beiden Vorgänge auf einander folgen, ist es zuzuschreiben, dass zwei ganz entgegengesetzte Wirkungen, das Aufreissen und das Zusammenquetschen des Cylinders, unmittelbar nach einander eintreten. Man läuft daher fast keine Gefahr, ganz in der Nähe einer solchen Detonation; nur wird man von dem, in Folge der ersten Wirkung des detonirenden Gasgemengs, mit grosser Heftigkeit bis an die Decke geschleuderten Sperrungswasser stark durchnässt.

Ich habe mehrmals solche Detonationen absichtlich herbeigeführt, und stets die beschriebenen Wirkungen wahrgenommen. Einige Male aber, als in dem Knallgasgebläse grössere Quantitäten Knallluft (20 bis 30 Bouteillen) zufällig detonirten, waren die Wirkungen ungemein heftig. Eine starke eiserne Schraube, woran der blecherne Recipient befestigt war, brach in der Mitte durch und das Wasser wurde im Laboratorium 24 Fuss hoch an die Decke geschleudert.

Die Detonation ist stets am heftigsten, wenn Sauerstoffgas in dem, zur vollständigen Verbrennung des brennbaren Gases erforderlichen Verhältnisse vorhanden ist. Je mehr sich das Gasgemeng von diesem Verhältnisse entfernt, sei es, dass Sauerstoffgas in einem grösseren oder geringeren Verhältnisse dem brennbaren Gase beigemengt ist, desto schwächer werden die Wirkungen der Detonation, und endlich findet gar keine mehr statt. Beträgt z. B. das Sauerstoffgas das 14fache, oder  $\frac{1}{14}$  vom Wasserstoffgas, so kann keine Detonation mehr erfolgen. Lässt man durch ein solches Gasgemeng elektrische Funken schlagen, so bemerkt man zwar eine Verminderung des Gasvolumens, weil ein kleiner Theil des brennbaren Gases verbrennt; aber diese Verbrennung geht ruhig und ohne Detonation von statten\*). Die Ursache davon ist, dass je mehr in einem Gasgemenge Gas vor-

\*) Brennbare Gase und andere brennbare flüchtige Substanzen, die in die Atmosphäre übergehen, werden daher, wenn ihre Menge noch so gering ist, durch die elektrischen Entladungen des Blitzes nach und nach verbrannt.

handen ist, welches an der Verbrennung keinen Antheil nehmen kann, desto mehr zerstreut sich die Wärme, welche durch Verbrennung der von dem elektrischen Funken getroffenen Gasteilchen entwickelt wird, in diesem Gase und reicht daher nicht zur Fortsetzung der Verbrennung hin. Es ist dieselbe Wirkung, wie wenn eine Kerze in eingeschlossener Luft verbrennt: sie verlöscht ebenfalls früher, ehe alles Sauerstoffgas verzehrt ist.

Durch Versuche hat man für jedes detonirende Gasgemeng das Maximum und Minimum des Sauerstoffgases ermittelt, wobei noch eine Detonation eintritt.

Durch Verdünnung eines detonirenden Gasgemenges wird gleichfalls die Intensität der Detonation geschwächt, und bei einem gewissen, für jedes Gasgemeng verschiedenen, Grade hört die Verbrennung mit Detonation ganz auf.

Alle diese Verhältnisse gelten, es mag das detonirende Gasgemeng durch den elektrischen Funken, oder durch einen brennenden Span, oder auf irgend eine Weise entzündet werden. Die Versuche mit dem elektrischen Funken eignen sich aber am besten, um die Grenzen der Detonationsfähigkeit zu bestimmen.

Durch rasches Zusammenpressen von Knallluft mittelst einer Compressionspumpe wird so viel Wärme aus den Gasen entwickelt, dass die Verbrennung unter Detonation erfolgt. Geschieht aber das Zusammenpressen langsam, so reicht die sich allmählig entwickelnde, aber durch die Umgebung wieder abgeleitete Wärme nicht zur Entzündung hin. Nach Lenz kann diese langsame Compression bis zu 100 Atmosphären Druck und nach Degen sogar bis zu 160 gesteigert werden, ohne dass Entzündung erfolgt.

Auch durch Strömen auf fein vertheiltes Platin (Platinschwamm) kann Knallgas, wie Wasserstoff bei Zutritt der atmosphärischen Luft entzündet werden.

Andere brennbare Gase bringen unter den angeführten Umständen dieselben Erscheinungen, aber in einem schwächeren Grade hervor.

Beim Verbrennen der Knallluft wird die grösste Hitze entwickelt, welche sich auf chemischem Wege hervorbringen lässt. Darauf beruht die Wirkung des Knallgasgebläses. Man behauptet, dass durch Compression des Knallgases die Hitze noch gesteigert werde. Wenn dies auch in der Theorie begründet erscheint, so ist mir doch kein strengflüssiger Körper vorgekommen, der nicht eben so gut durch das brennende nicht comprimirt Knallgas, wie durch das comprimirt zum Schmelzen gekommen wäre. Es dürfte daher wohl eine unnöthige Weilläufigkeit sein, das Knallgas zu comprimiren.

Detonirende oder explosive Gasgemenge bilden sich sehr häufig in Bergwerken, besonders in Steinkohlengruben aus dem durch Fäulniss vegetabilischer Substanzen sich entwickelnden brennbaren Grubengase. Entwickelt sich nämlich dieses Gas aus Spalten oder Klüften im Gesteine, oder aus Steinkohlen selbst an Orten, wo wenig oder gar kein Luftzug (Wetterzug) stattfindet, so mengt es sich nach und nach mit der atmosphärischen Luft und bildet die sogenannten schlagenden Wetter. Daher bilden sich dieselben vorzugsweise in Strecken oder überhaupt an Stellen, die keinen Antheil am Wet-

terzuge in den Gruben nehmen. Dagegen in Stollen, welche mit Schichten communiciren, wo ein lebhafterer Wetterzug statt findet, können sie nicht entstehen, so stark auch die Entwicklung des brennbaren Grubengases sein mag. Das Gas zerstreut sich sogleich in die lebhaft einströmende atmosphärische Luft, wird mit ihr aus der Grube geführt, ohne sie explosiv zu machen.

In den mehr oder weniger eingeschlossenen Räumen in den Bergwerken häuft sich das Grubengas, da es leichter als die atmosphärische Luft ist, an der Firste an und macht hier früher, als am Boden die Luft explosiv. Daher kann der Bergmann solche Stellen mit seiner Grubenlampe häufig, ohne eine Explosion herbeizuführen, passieren, wenn er dieselbe nur mehr am Boden trägt.

Die allmähliche Entwicklung des brennbaren Grubengases aus den anstehenden nassen Steinkohlen, theils auf der Sohle, theils an den Seitenwänden, theils an der Firste, nimmt man durch ein eigenthümliches Geräusch wahr, wie wenn Krebse in einem Korbe herumkriechen. Daher nennen auch die Bergleute dieses Geräusch krebzen. Es rührt davon her, dass das aus den Kohlen austretende Gas mit der Feuchtigkeit Blasen bildet, die nach und nach zerspringen. Nähert man die Grubenlampe solchen Blasen, so brennt das darin eingeschlossene Gas mit einem schwachen Knall.

Das brennbare Gas, was aus Klüften oder Spalten sich entwickelt, hat ohne Zweifel denselben Ursprung. Die Spalten nehmen das in der Tiefe aus den Steinkohlen sich entwickelnde Gas auf, es steigt in ihnen in die Höhe und kommt da, wo sich eine solche Spalte im Bergwerke öffnet, hervor. Die Bergleute nennen eine solche Gasentwicklung aus Spalten einen Bläser. Werden beim Grubenbau solche Bläser an Orten angehauen, welche keinen Antheil an dem Wetterzuge nehmen, so können sie natürlich sehr schnell die Luft explosiv machen. Kommt, während der Bergmann einen solchen Bläser anhaut, seine Lampe in die Nähe des ausströmenden Gases, so entzündet es sich und brennt gefahrlos mit einer mehr oder weniger hohen Flamme. Ich habe selbst mehrere solcher Gasströme in Steinkohlengruben angezündet und die Flamme unten blau und oben gelb gefunden. Ein schwacher Bläser brannte jedoch mit einer völlig blauen Flamme, wie brennendes Kohlenoxydgas.

Entwickelt sich das Grubengas in völlig eingeschlossenen Räumen, in Klüften, so wird es mehr oder weniger comprimirt. Wird eine solche Kluft angehauen, so entwickelt sich oft in ganz kurzer Zeit eine sehr bedeutende Menge Gas und macht die Luft explosiv. Glücklicher Weise geschieht es meistens, dass der starke Gasstrom die Grubenlampe auslöscht, und so der Bergmann der Gefahr einer Explosion entgeht.

Die Gegenwart der geringsten Menge brennbaren Grubengases nimmt der Bergmann an seiner Grubenlampe wahr. Hält man zwischen der Flamme und den Augen die Finger, so dass man nichts von ihr sieht, so bemerkt man über ihr eine schwache kleine Flamme, welche von dem brennenden Gase herrührt.

Aus allen diesen Erscheinungen ergiebt sich, dass brennbares Grubengas, selbst in den geringsten Quantitäten in den Gruben verbreitet, entzündet werden kann. Die Verbrennung geht aber ganz

ruhig und ohne alle Gefahr von statten. Mengt sich aber das brennbare Gas mit der atmosphärischen Luft bis zu einem gewissen Verhältnisse, so erfolgt die Verbrennung augenblicklich und mit einer mehr oder weniger heftigen Explosion, die, wie bekannt ist, in den Steinkohlengruben schon so häufig vielen Menschen das Leben gekostet hat.

Nach meinen Versuchen mit einem brennbaren Grubengase, welches aus fast ganz reinem leichten Kohlenwasserstoffgas bestand, wird ein Gemeng desselben mit weniger als dem 5- bis 6fachen, mit mehr als dem 13- bis 14fachen Volumen atmosphärischer Luft durch einen starken elektrischen Funken einer Leydner Flasche nicht mehr mit Explosion entzündet. Alle Gasgemenge, in denen die atmosphärische Luft das 5- bis 14fache Volumen von dem brennbaren Grubengase beträgt, sind daher explosiv; und am explosivsten, wenn die erstere das 7- oder 8fache des letzteren ausmacht. Da nach den Versuchen von Davy eine brennende Kerze wie der elektrische Funke wirkt: so zeigen jene Mengungsverhältnisse, wenn die Luft in den Steinkohlengruben explosiv wird. Das brennbare Grubengas ist aber nicht, wie man früher annahm, von gleicher Beschaffenheit; sondern mehr oder weniger mit anderen Gasen gemengt, wie man aus meiner Analyse dreier brennbarer Grubengase aus Bläsern ersieht.

	Gas aus dem Gerhard's-Stollen, einer Steinkohlengrube bei Saarbrücken	Gas aus einem alten Stollen einer Steinkohlengrube bei Wellesweiler	Gas aus einem artesischen Brunnen in dem Steinkohlen-Revier Lippe-Schaumburg
Kohlenwasserstoffgas . . . . .	0,8308 M.	0,9136 M.	0,7910 M.
Oelerzeugendes Gas . . . . .	0,0198 -	0,0632 -	0,1611 -
Stickgas . . . . .	0,1494 -	0,0232 -	0,0479 -
	1,0000 M.	1,0000 M.	1,0000 M.

Ausserdem enthielt jedes dieser Gasgemenge Kohlensäuregas, ungefähr 0,04. Je mehr das Gas vor seiner Entwicklung aus Bläsern mit Wasser in Berührung kommt, desto weniger wird es natürlich Kohlensäure enthalten.

Je mehr ein brennbares Grubengas oelerzeugendes Gas, das den Untersuchungen früherer Chemiker entgangen ist, enthält, desto explosiver, und je mehr es Stick- und Kohlensäuregas enthält, desto weniger explosiv ist es. So fand ich, dass das Gas aus Gerhard's Stollen nur dann ein explosives Gasgemeng mit atmosphärischer Luft bildet, wenn letztere nicht weniger als die 7fache und nicht mehr als die 10fache Menge von jenem beträgt. Diese Umstände haben einen bedeutenden Einfluss auf den Grad der Sicherheit, welchen die Sicherheitslampe in den Steinkohlengruben gewährt. S. diesen Artikel.

Bi.

**Knallgasgebläse.** Die Flamme, welche beim Abbrennen des Knallgases entsteht, besitzt sehr geringe Leuchtkraft, dagegen aber

eine so grosse Hitze, dass Substanzen darin geschmolzen werden können, die in allen anderen Feuerungen unschmelzbar sind, wie Platin, Thonerde, Kieselsäure; es dient das Knallgas daher zu einem äusserst wirksamen Gebläse, Knallgasgebläse, welches zuerst von Newman in London ausgeführt wurde. Dasselbe besteht aus einem mit comprimirtem Knallgas gefüllten Behälter, aus welchem das Gas durch eine feine Spitze ausströmt, nachdem es zuvor durch eine Büchse gegangen ist, in welcher auf die Länge eines Zolles Drahtnetze dicht hintereinander liegen. Diese Einrichtung soll bezwecken, dass die Flamme nicht in den Behälter zurückschlägt, vielmehr durch die von den Metallnetzen bewirkte Abkühlung auf das vor der Büchse befindliche Gas gar nicht mehr zündend wirken kann. Da jedoch diese Vorkehrung nicht die gewünschte Sicherheit gewährte, so hat Hemming die Büchse durch ein sechszölliges ganz mit Messingdrähten ausgefülltes Rohr ersetzt. Ganz gefahrlos ist jedoch der nach Maugham's Vorschlag construirte Apparat, bei welchem jedes der beiden Gase in einem besonderen Behälter sich befindet, und sich erst an der Ausströmungsstelle mit dem andern mischt. Zu dem Ende ist das Ausflussrohr für den Sauerstoff von einem andern concentrischen Rohr umgeben, aus welchem der Wasserstoff tritt, so dass die Vermischung beider Gase an der Mündung des äusseren weiteren Rohres statt findet (Pogg. Ann. XXVIII. 635.)

Nächst der Anwendung zum Schmelzen sonst feuerbeständiger Stoffe dient das Knallgas auch zur Erzeugung eines sehr intensiven Lichtes, indem man ein Stück Kalk in die Flamme hält, welches darin in die lebhafteste Weissgluth geräth, und mit einem dem Sonnenlicht nahe kommenden Glanze leuchtet. Drummond hat dieses Licht zuerst zu geodätischen Zwecken benutzt, und damit Signale gegeben, die  $66\frac{1}{2}$  engl. Meilen sichtbar waren; nachher ist es auf Leuchttürmen und zu dem Hydroxygengas-Mikroskop (d. h. einer *laterna magica* mit dem in Rede stehenden Licht) gebraucht worden. In allen diesen Fällen muss der Kalkcylinder von Zeit zu Zeit gedreht oder erneuert werden, weil er an der glühenden Stelle zusammensintert, und dann an Glanz verliert. Pogg. Ann. VII. 120. IX. 170. XL. 560.

B.

**Knallgold** ist Goldoxyd-Ammoniak s. Goldoxyd.

**Knallluft** s. Knallgas.

**Knallplatin**, eine Verbindung von Platinoxyd mit Ammoniak. S. Platinoxyd. B.

**Knallpulver**, ein Gemisch von 3 Theilen Salpeter, 2 Theilen trockenem kohlen-sauren Kali und 1 Theil Schwefel. Wird dasselbe langsam bis zum Schmelzen erhitzt, so explodirt dasselbe mit einem heftigen Knall, indem der Schwefel mit dem kohlen-sauren Kali zu einer Schwefelleber (Gemenge von Schwefelkalium und unterschweflig-saurem Kali) zusammenschmilzt, welche durch den Sauerstoff des Salpeters oxydirt wird. Der hierbei frei gewordene Stickstoff aus dem Salpeter bringt durch seine plötzliche Entwicklung die Detonation hervor. Man streut, wenn man das Knallpulver abbrennen will,

eine kleine Quantität, etwa eine gute Messerspitze voll auf ein Blech, unter welches man eine Lampe stellt. — Howard's Knallpulver ist knallsaures Quecksilberoxyd, s. dieses. B.

**Knallquecksilber** s. Knallsaures Quecksilber.

**Knallsäure**  $C, H, O = \dot{C}y = 429,91; 76,74$  Cyan, 23,26 Sauerstoff; eine mit der Cyansäure gleich zusammengesetzte Säure, welche 1824 von Gay-Lussac und Liebig in dem Knallsilber und Knallquecksilber entdeckt wurde. Die Knallsäure entsteht, wenn man eine Auflösung von salpetersaurem Silber mit heissem Alkohol vermischt. Das dabei stattfindende heftige Aufbrausen mässigt man durch wiederholten Zusatz von Alkohol. Es entsteht Salpeteräther, der sich durch den Geruch bemerklich macht und ein Niederschlag, welcher knallsaures Silber ist. Auf dieselbe Weise erhält man aus salpetersaurem Quecksilberoxydul, gelöst in Salpetersäure, knallsaures Quecksilberoxyd. Versucht man durch eine stärkere Säure die Knallsäure abzuscheiden, so zersetzt sie sich sogleich in Ammoniak, Kohlensäure und Blausäure, sie ist daher nur in Verbindung mit Basen bekannt.

An die leicht oxydirbaren Metalle überträgt man die Knallsäure dadurch, dass man Zink, Kupfer, Eisen u. s. w. in die Auflösung des knallsauren Silbers stellt; giesst man aber in dieselbe die Auflösung eines Alkalis oder einer Erde, so wird die Hälfte des Silberoxyds ausgefällt, und in der Auflösung hat man ein Doppelsalz von Silbersalz mit der zugesetzten Basis. Die knallsauren Salze detoniren alle sehr heftig, wenn man sie erhitzt, stösst oder reibt, bisweilen selbst durch unbedeutende Erschütterungen; es ist daher ihre Darstellung in grösseren Quantitäten nicht ohne Gefahr. Die Explosion hat ihren Grund in der momentanen Bildung von Stickgas und Kohlenoxydgas, die als Bestandtheile eines festen Salzes nur einen kleinen, im Gaszustand aber sehr erweiterten Raum einnehmen. B.

**Knallsaures Quecksilberoxyd** (Knallquecksilber)  $Hg \dot{C}y = 1795,73; 76,06$  Quecksilberoxyd, 23,94 Knallsäure, wurde von Howard zuerst dargestellt, und daher Howard's Knallpulver genannt, bis man seine Zusammensetzung kennen gelernt hatte. Wegen seiner ausgedehnten Anwendung bei Gewehren mit Percussionszündung wird es im Grossen auf folgende Art dargestellt: Man löst 1 Theil Quecksilber bei mässiger Wärme in 10 Theilen Salpetersäure von 1,4 specif. Gew., und giesst die Lösung langsam in 9 Theile Alkohol von 0,83; die Gefässe sind von Glas oder Steingut. Das Gemisch zeigt eine immer zunehmende Gasentwicklung und wird zuletzt ganz schaumig, während ein dicker Dampf aus der Oeffnung steigt, welcher Stickoxydgas, Kohlensäure und Salpeteräther enthält, der ihn sehr leicht entzündlich macht und Vorsicht bedingt. In dem Gefäss bildet sich knallsaures Quecksilber, welches man, nachdem sich die Flüssigkeit beruhigt hat, abfiltrirt und gut aussüsst. Das auf dem Filtrum liegende Präparat wird dann durch Dampfheizung getrocknet und in kleine Portionen vertheilt aufbewahrt.

Das knallsaure Quecksilber bildet weisse, durchsichtige, seiden-glänzende Krystallnadeln, welche am Licht braungrau werden, sich

wenig in kaltem, leichter in heissem Wasser auflösen. Bis zu  $186^{\circ} \text{C}$ . erhitzt oder heftig gestossen detoniren sie mit starkem Knall in Folge der Entwicklung von Stickgas und kohlen-saurem Gas, denen sich auch Wasser- und Quecksilberdämpfe beimischen. Besonders leicht explodirt das Knallquecksilber, wenn es auf Eisen liegt und der Schlag mit Eisen geschieht, minder leicht mit Eisen auf Bronze und Blei, gar nicht bei Eisen auf Holz, oder Holz auf Holz; auch ein Schlag von Marmor auf Marmor, oder Glas auf Glas, bewirkt nicht immer eine Detonation. Krystalle verknallen leichter als pulverförmige Massen. Im feuchten Zustand verliert sich die Explosionsfähigkeit, bei 5 Proc. Wasser detoniren nur die vom Schläge am meisten getroffenen Theile, ohne die Entzündung fortzupflanzen; mit 30 Procent Wasser auf einer marmornen Tafel durch einen hölzernen Stempel zerrieben verpuffen höchstens nur einzelne Körnchen, so dass auf diese Weise das Feinpulvern der Masse ganz gefahrlos ist, und im Grossen auch so ausgeführt wird. Wird Knallquecksilber mit Schiesspulver lose bestreut und nun zur Entzündung gebracht, so wird das Schiesspulver durch die Heftigkeit und Schnelligkeit der Explosion umhergestreut und nicht entzündet, wohl aber, wenn es mit dem Knallquecksilber innig gemengt oder am Ausweichen gehindert ist. Aus dieser Heftigkeit der Detonation erklärt es sich, weshalb man zur Ladung bei Percussionsgewehren nicht so viel Pulver gebraucht als bei Steinschlössern, da hier der Feuerstrahl nicht so in das Innere der Masse dringt und keine so allseitige und gleichzeitige Verbrennung des Pulvers bewirkt.

Zur Füllung der Zündhütchen kann reines Knallquecksilber allein schon gebraucht werden, man versetzt es aber gewöhnlich mit einem Theil Schiesspulver oder einem anderen leicht entzündlichen Körper, z. B. Schwefel und Salpeter, wodurch das Volumen vermehrt und die Sicherheit der Explosion erhöht wird. Die Zündhütchen bestehen aus Kupferblech und stellen kurze, an ihrer Basis geschlossene Cylinder vor, welche aus Kupferscheiben durch Presswerke oder aus eingeschlitzten Scheiben geformt werden. Man bringt eine kleine Quantität des Knallpulvers in dieselben, und befestigt es durch eine Auflösung von Mastix, Schellack oder Kolophonium, und Terpentin in Weingeist; die Füllung erhält dadurch zugleich einen harzigen Ueberzug und wird vor Feuchtigkeit geschützt. Durch eine feine Papier- oder Bleischeibe kann dieser Zweck noch vollständiger erreicht werden. Wie wenig Knallquecksilber zur Füllung eines einzelnen Hütchens erforderlich ist, ergibt sich daraus, dass man in Frankreich fürs Militair aus einem Kilogramm (2,14 preuss. Pfund) Quecksilber,  $1\frac{1}{2}$  Kilogramm Knallquecksilber gewinnt, und damit 40,000 Zündhütchen füllt. Bei Jagdflinten gebraucht man noch weniger, und es reicht ein Kilogramm für 57,600 Zündhütchen hin.

Die Vorzüge der mit Percussion eingerichteten Gewehre bestehen hauptsächlich in der Sicherheit, mit der man beim Losdrücken auf das Losgehen rechnen kann, da das bei Steinschlössern so oft vorkommende Versagen hier sehr selten eintritt. Ausserdem ist die Ersparniss an Pulver nicht unerheblich; aus dem bereits oben angeführten Grunde bedarf man zur Ladung etwa  $\frac{1}{10}$  weniger Pulver als bei gewöhnlichen Gewehren, ungerechnet das auf die Pflanze zu schüt-

tende Pulver. Führt man mit einem glühenden Eisen durch ein Packet Zündhütchen oder schlägt eine Kugel in dasselbe, so explodiren nur diejenigen Zündhütchen, welche grade berührt werden, höchstens noch einige der benachbarten, aber keinesweges die übrigen, eine Eigenschaft, welche die Nützlichkeit des Knallquecksilbers nur erhöht. Pogg. Annal. XVII. 357. XXXV. 308. B.

**Knallsaures Silberoxyd**, (Knallsilber), Äg Cy: 77,15 Silberoxyd; 22,85 Knallsäure. — Das knallsaure Silberoxyd erhält man, wenn man Silber in Salpetersäure auflöst und zu der warmen Auflösung eine der angewandten Salpetersäure ungefähr gleiche Menge starken Alkohol portionweise zusetzt, um das zu heftige Aufschäumen zu mässigen. Das Silbersalz scheidet sich dabei in feinen, weissen zu Flocken sich ballenden Krystallnadeln aus, und wird hierauf filtrirt, ausgewaschen und im Dunkeln getrocknet, weil es am Lichte geschwärzt wird. Die Darstellung des Knallsilbers verlangt die allergrösste Vorsicht, da es nicht allein im trocknen Zustand durch Schlagen, Reiben und Erhitzen mit furchtbarer Heftigkeit explodirt, sondern selbst im feuchten Zustand, auf dem Filtrum, oft durch die geringfügigsten Umstände verknallt und Alles umher zertrümmert. Man darf es daher nur in kleinen Portionen bereiten, und kann es wegen seiner zu grossen Explosionsfähigkeit und damit verknüpften Gefährlichkeit nicht zur Füllung der Zündhütchen gebrauchen. Dagegen verwendet man es zu einigen Spielereien, Knallfidibus, Knallerbsen u. dgl., indem man ein klein wenig davon im ersten Fall in einen Papierstreifen, im letzten auf eine kleine Glaskugel bringt, die man mit Papier umwickelt. B.

**Knallsilber**, eine Verbindung von Silberoxyd und Ammoniak, belegt, welche man erhält, wenn eine Auflösung von salpetersaurem Silber in Ammoniak durch kaustisches Kali gefällt oder frisch niedergeschlagenes Silberoxyd mit Ammoniak digerirt wird. Im ersten Fall wird durch das Kali Silberoxyd frei, welches im Entstehungsmoment sich mit dem Ammoniak verbindet. Das Präparat stellt ein schwarzes Pulver dar, welches durch einen Schlag, Druck, Stoss u. s. w. selbst unter Wasser heftig explodirt, oft schon durch Berührung mit einer Feder und daher höchst gefährlich ist. Die Ursache der Detonation ist die plötzliche Entbindung von Stickstoff und Wasserdampf (gebildet aus dem Wasserstoff des Ammoniaks und Sauerstoff des Silberoxyds), die zuvor in dem festen Körper einen verhältnissmässig sehr geringen Raum einnahmen. Die ammoniakalische Flüssigkeit enthält noch eine kleine Menge Silberoxyd - Ammoniak aufgelöst, welches beim Abdampfen der Flüssigkeit nicht explodirt, sondern in schwarzen Krystallen anschießt. (s. a. knallsaures Silber.) B.

**Kniepresse** s. Presse.

**Knoblauchöl**. Das flüchtige Oel des *Allium sativum* zeichnet sich durch seinen intensiven, durchdringenden, höchst widerlichen Geruch aus. Es ist die Ursache des eigenthümlichen Geschmackes den dieses Gewürz besitzt, und die seiner besonderen Wirkungen auf den thierischen Organismus. Wertheim hat neuerlichst diese

Verbindung genauer untersucht (Liebig's Annalen XL. 290). Ein Centner Knoblauch liefert 3—4 Unzen rohes Oel. Dies kann nicht völlig ohne Zersetzung durch Destillation rectificirt werden, wenn es nicht im Wasser- oder Kochsalzlösung-Bade geschieht. Es geht dann als ein fast farbloses Oel über, welches leichter als Wasser ist, während das rohe Oel braun und schwerer als Wasser ist. Das Oel ist schwer löslich in Wasser, leicht in Alkohol und Aether. Verdünnte Säuren und Alkalien zerlegen das Oel nicht; concentrirte Salpetersäure wirkt stürmisch darauf ein; Schwefelsäure und Oxalsäure sind unter den Zersetzungsproducten. Schwefelsäure löst es mit purpurrother Farbe. Chlorwasserstoffgas wird stark absorbirt, und bildet eine indigblaue Flüssigkeit, welche an der Luft langsam, durch Wasser augenblicklich entfärbt wird. Platinchlorid giebt mit dem rectificirten Knoblauchöl eine gelbe Fällung; Quecksilberchlorid eine weisse; salpetersaures Palladiumoxydul eine kermesbraune. Kalium bildet Schwefelkalium; Kali entwickelt kein Ammoniak. Die rectificirte Verbindung besteht aus  $C_6 H_{10} S$ . Die Verbindung  $C_6 H_{10} S$  betrachtet Wertheim als das Radical, Allyl; der Schwefelgehalt kann gegen Sauerstoff ausgetauscht werden, und das Allyloxyd vereinigt sich mit andern Metalloxyden, z. B. Silberoxyd, und die Verbindung beider geht mit Salpetersäure eine Verbindung ein  $(AlO + AgO) + N_2 O_5$ . Mit Schwefelplatin, Schwefelsilber und Schwefelpalladium geht das Schwefelallyl ebenfalls Vereinigungen ein. Im rohen Oel scheint eine höhere Schwefelungsstufe enthalten zu sein. (Vergl. Gerhardt, Compt. rend. XX. 894.)

M.

#### Knochenleim s. Leim.

**Knorpelleim.** J. Müller fand, dass die beständigen Knorpel und noch nicht verknöcherten Knochen beim Sieden mit Wasser eine von dem Leim verschiedene Verbindung liefern. Er nannte diese Leimart Chondrin. Das chondringebende Gewebe, Chondrigen, verwandelt sich nach und nach meist in Collagen. Ueber Zusammensetzung, Eigenschaft und Unterschied von dem gewöhnlichen Leim s. d. Art. Leim.

M.

**Knoten, Schwingungsknoten,** nennt man die Stellen eines schwingenden elastischen Körpers, welche während der Schwingung in Ruhe bleiben, indem sie die Grenze zwischen den entgegengesetzt schwingenden Theilen ausmachen. Vgl. besonders die Artikel Saiten und Stäbe, auch Luftschwingungen, bei welchen letzteren der Ausdruck Knoten für die Stellen der schwächsten Schwingung gebraucht wird.

S.

**Knotenlinien** nennt man die Linien, welche an einer elastischen Fläche, d. h. an einer Membran, einer Platte oder einer gekrümmten starren Fläche (z. B. Glocke) beim Tönen in Ruhe bleiben, indem sie die Grenzen zwischen den entgegengesetzt schwingenden Abtheilungen bilden. Sie werden sichtbar, wenn man die Flächen mit ein wenig Sand bestreut, welcher sich dann auf den Knotenlinien sammelt und eine sogenannte Klangfigur (s. d. A.) erzeugt. Bei

Glocken zeigen sie sich, wenn man diese benetzt und mit Sand bestreut. Man kennt diese Linien für die Transversalschwingungen an Scheiben sehr genau durch die Beobachtungen von Chladni, Strehlke und Savart, aber es ist noch nicht gelungen, sie auf dem Wege der Theorie zu berechnen, ausser dass Poisson (Mém. de l'Acad. VIII.) die concentrischen Knotenlinien kreisrunder Scheiben berechnet hat. An Membranen sind die Beobachtungen mangelhafter; für die Knotenlinien runder und rechteckiger Membranen hat Poisson die Gleichungen gegeben, und Fechner (Repert. d. Physik I. 298.) aus den letzteren Folgerungen gezogen, welche viel Analogie mit dem erkennen lassen, was man an Platten beobachtet. — Vgl. die Art. Membran, Platte und Glocke. S.

**Kobalt**, Co = 368,991 ist von Brandt 1733 zuerst in metallischem Zustande dargestellt. Seinen Namen soll es von den Bergleuten erhalten haben, die sich durch das silberähnliche Ansehen seiner Erze täuschen liessen. Es kommt vor im Meteoreisen, Speiskobalt, Glanzkobalt, Kobaltkies, der Kobaltblüthe, dem Kobaltvitriol und der Kobaltschwärze. Aus seinen Verbindungen kann man es in pulverförmigem Zustande und mit schwarzer Farbe abscheiden, entweder durch Erhitzen des oxalsauren Kobaltoxyduls im abgeschlossenen Raum, oder durch Reduction des Oxydulhydrats oder eines seiner Carbonate mittelst Wasserstoff. Geschieht diese Reduction bei gelinder Glühhitze, so dass das Pulver noch nicht zusammenzusintern anfängt, so hat das Kobalt nach Magnus die Eigenschaft, an der Luft sich zu entzünden, besonders wenn das angewandte Präparat nicht flüchtige Verunreinigungen enthielt. Durch Reduction des Oxyduls mittelst Kohlenpulver geht Kohlenstoff in eine Verbindung mit dem Kobalt ein. Bei starkem Gebläsefeuer schmilzt das Kobalt zu einem, nach dem Erkalten etwas krystallinischen Regulus zusammen, und hat in diesem Zustande nach Berzelius das specifische Gewicht 8,5131. Er ist politurfähig, und wird vom Magnet angezogen, eine Eigenschaft, die Viele nur einer Verunreinigung durch Eisen haben zuschreiben wollen, jedoch mit Unrecht. Bz.

#### Kobaltblau s. Kobaltfarben.

**Kobaltblüthe**, ein rosenrothes, am häufigsten angeflogen und in erdigem Zustande bei Schneeberg, Riechelsdorf und auf anderen Kobaltgängen in älterem und neuerem Gebirge vorkommendes Mineral. Seltener ist es krystallisirt und gehört dann dem zwei- und eingliedrigen System an. Parallel der gradangesetzten Endfläche ist es vollkommen spaltbar, und bildet gewöhnlich aus feinen Nadeln bestehende Zusammenhäufungen. Seine Zusammensetzung ist  $\overset{\circ}{\text{Co}} \overset{\circ}{\text{As}} + 6 \overset{\circ}{\text{H}}$ . Die erdige Kobaltblüthe wird zur Bereitung der Kobaltfarben mit verarbeitet. Bz.

**Kobaltfarben.** Das Kobalt wird zur Bereitung dreier Farben angewandt.

a. Leydner Blau erhält man, wenn man vollkommen reine Ko-



baltlösungen mit reinem Alaun mengt, und die Lösung durch kohlen-saure Alkalien niederschlägt. Der gewaschene und getrocknete Niederschlag wird dann einer starken Glühhitze ausgesetzt, wobei es sich schön blau färbt. Die Tiefe der Farbe hängt vom Kobaltgehalt ab. Eisen- oder Nickelbeimischungen verändern die Farbe in ein schmutziges Grün.

b. Rinman'sches Grün, wird auf eine ganz ähnliche Weise erhalten, wenn man statt des Alauns Zinkvitriol anwendet. Auf der Bildung dieser beiden Farben beruht die Anwendung des salpetersauren Kobaltoxyduls zur Prüfung auf Thonerde und Zinkoxyd vor dem Löthrohr.

c. Kobaltblau, ist ein Kalikobaltglas, also kieselsaures Kali-Kobaltoxydul. Zu seiner Bereitung auf den Blaufarbbewerken werden die Kobalterze meist schon in den Bergwerken stark geröstet, und mit abgeschrecktem, gepochtem und geschlemmtem Quarz gemischt. In dieser Gestalt kommen sie unter den Namen Safflor und Zaffer in die Werke, wo man sie mit reiner Pottasche in Thonhäfen giebt und zum Fluss bringt. Man hat das Rosten gewöhnlich nicht zu weit fortgesetzt, um nicht auch das beigemischte Nickel zu oxydiren, deshalb schmilzt dies in den Häfen mit dem noch vorhandenen Arsenik zu einem Metallkorn (Speise) zusammen, über dem dann das fließende Glas steht. Man nimmt von diesem zunächst die unreine Decke ab, und schöpft es dann mit Löffeln in mit Wasser gefüllte Gefäße, in denen es zu blauen Massen erkaltet. Es wird nun gepocht und geschlämmt, und kommt je nach seinem Farbenton, oder der Feinheit des Pulvers unter verschiedenen Namen in den Handel. Die schlechteste Sorte heisst Eschel, die beste Smalte oder Blaufarbe. Die geringeren Sorten werden häufig beim Schmelzen neuer Portionen wieder beigegeben, die Speise wird auf Nickel verarbeitet.

Alle Kobaltfarben haben ihr schönes Ansehen nur bei Tageslicht. Bei Kerzenlicht erscheinen sie schmutziggroß.

Bz.

**Kobaltglanz**, Glanzkobalt, ist das geschätzteste Kobalterz. Es kommt derb und besonders schön, um und um krystallisirt, eingesprenkt vor, besonders bei Skutterud, Riddarhyttan und am schönsten bei Tunaberg. Seine Krystallformen gehören dem regulären System an, und sind besonders das Octaëder, das Hexaëder, das Pentagondodekaëder und alle Combinationen dieser Formen, vorzüglich das Ikosaëder. Seine Zusammensetzung ist  $\text{Co} + \text{Co As}^3$ , er enthält demnach 35,5 pC. Kobalt, die aber zum Theil durch Eisen und Nickel ersetzt sind. In dem von Tunaberg sind nur höchst geringe Spuren von Nickel vorhanden.

Bz.

**Kobaltkies**, ein silberweisses, stark metallglänzendes Erz, das in Octaëdern und Hexaëdern, auch in den Uebergängen zum Rhomben-Dodekaëder krystallisirt. Seine Durchgänge gehen besonders den Hexaëderflächen parallel, sind aber undeutlich. Es kommt nur selten vor, besonders im Siegenschen, auch im Erzgebirge und in Ungarn (Schneeberg, Freiberg, Dobschau). Es besteht aus  $\text{Co}$ .

Bz.

**Kobaltoxyde**. Das Kobalt giebt mit Sauerstoff zwei Verbindungen, die man früher mit dem Namen Oxyd und Superoxyd be-

zeichnete, die aber in neuerer Zeit wegen der Analogie mit den Eisenoxyden Kobaltoxydul und Oxyd genannt worden sind; das Oxydul besteht aus  $\text{Co}$ , das Oxyd aus  $\text{Co}^{\text{O}}$  d. h. ersteres enthält 21,32, das Oxyd 28,90 pC. Sauerstoff. Das erstere ist ein olivengrünes Pulver, das durch Erhitzen des Oxydulhydrats oder der Carbonate ohne Luftzutritt erhalten wird. Das Oxyd ist nur mühsam durch anhaltendes gelindes Erhitzen des salpetersauren Oxydulsalzes zu erhalten, und sieht dann schwarz, halbmatt glänzend aus. Beide Oxyde

verbinden sich mit einander zu einem Oxydoxydul ( $\text{Co} + \text{Co}^{\text{O}}$ ) das durch Glühen des Oxydes erhalten wird; ausserdem erhält man noch durch Erhitzen des Oxyduls und seiner Carbonate an der Luft ein schwarzes Pulver, das sich durchaus nicht höher oxydiren lässt, als bis zu einem Gehalt von 24 pC. Sauerstoff, so dass es aus  $\text{Co}^{\text{O}}$  bestehen muss, d. h. aus  $\text{Co}^{\text{O}} + \text{Co}^{\text{O}}$ . Das Hydrat des Oxyduls, welches durch Fällung der Salzlösungen, durch Alkalien erhalten wird, ist rosenroth. Wenn die Fällung in der Kälte vorgenommen wird, so entsteht zuerst ein himmelblauer Niederschlag, der ein basisches Salz ist, durch Wasser aber in Oxydulhydrat verwandelt wird. Dieser Uebergang wird durch die fernere Anwesenheit des Alkalis in Wasser beschleunigt, und zwar um so mehr, je stärker das Alkali ist; am langsamsten tritt es bei Anwendung von Ammoniak ein. An der Luft färbt sich ein durch Ammoniak erhaltener blauer Niederschlag durch Waschen mit ammoniakhaltigem Wasser grasgrün, wobei Ammoniak in die Verbindung eingeht, und das Oxyd Sauerstoff aufnimmt, während die Säure ausgeschieden wird. Die grünen Niederschläge, die man beim Kobalt öfter erhält, und die immer ihre Farbe einer Oxydation verdanken, sind indess immer nur Gemische, und lassen daher keine Analysen zu. Das Oxyd giebt zwei braune Hydrate, ohne dass sich ein Unterschied in ihrer Entstehungsweise angeben liesse. Die Kobaltoxyde zeigen also weit schwieriger zu erklärende Verhältnisse, wie die der meisten ähnlichen Metalle, wie die Untersuchungen von Winkelblech (Annal. d. Pharm. XIII. 155.) und von Beetz (Annal. d. Physik u. Chem. LXI. 472.) gezeigt haben.

Von den Salzen wird das salpetersaure Oxydulsalz als Reagenz auf Zink, Thonerde und Magnesia bei der Löthrohrprobe gebraucht. Das schwefelsaure Salz krystallisirt mit 6 Atomen Wasser und bildet mit den schwefelsauren Alkalien schön krystallisirende isomorphe Doppelsalze, welche durch verschiedene Schnelligkeit der Krystallisation (wahrscheinlich mit Veränderung des Wassergehaltes) verschiedene Formen annehmen können. Die drei untersuchten kohlen-sauren Salze haben alle eine sehr complicirte Zusammensetzung, die sich aber vielleicht dadurch erklärt, dass es höchst schwierig ist, jedes frei von einer Einmischung des anderen darzustellen. In überschüssiger Kohlensäure sind sie löslich. Das Doppelsalz mit kohlen-saurem Ammoniak ist auch löslich, und daher lösen sich die Carbonate und das Hydrat in kohlen-saurem Ammoniak. Halbbasisches arseniksaures Kobaltoxydul wird im Grossen bereitet, und kommt unter dem Namen *Chaux métallique* in den Handel.

Das Kobaltoxyd scheint keine Salze zu bilden, in denen es die

Rolle einer Base spielt, wohl aber solche, in denen es als Säure auftritt, denn durch gleichzeitiges Einwirken von Luft und starken Basen auf Kobaltoxydul wird es höher oxydirt, und löst sich dabei sogar mit blauer Farbe in Kali. Bz.

**Kobaltsäure.** Kobaltoxydulsalze färben sich, an der Luft mit Ammoniak digerirt, braunroth; in diesen Lösungen haben Gmelin und Dingler kobaltsaure Salze vermuthet deren Existenz Winkelblech jedoch zweifelhaft gemacht hat. Beetz hat nachgewiesen, dass es Verbindungen von Ammoniaksalzen und Cobaltoxyd sind, welches letztere durch Prädisposition durch das Ammoniak gebildet ist. Auf entsprechende Weise, wie die Eisensäure, hat man noch keine Kobaltsäure erhalten. Bz.

**Kobaltschwärze** s. Erdkobalt.

**Kobaltvitriol** ist ein sehr seltenes, bei Bieber im Hanau-schen vorkommendes Mineral, das aus schwefelsaurem Kobaltoxydul mit Wasser besteht. Bz.

**Kockelkernbitter** oder Kockulin s. Picrotoxin.

**Körnerlack** s. Gummilack.

**Kohle** s. Kohlenstoff.

**Kohlenfabrikation.** Die Verkohlung ist ein Process der trockenen Destillation, welcher mit kohlenstoffreichen organischen Stoffen unternommen wird, um die grösstmögliche Quantität der übrigen Stoffe davon abzusecheiden. Der Rückstand, ein sehr viel kohlenreicherer Stoff, führt im gewöhnlichen Leben den Namen der Kohle. Diese enthält nämlich die nicht flüchtigen Bestandtheile der angewendeten Stoffe, also die Asche; und zwar natürlich procentisch diese in viel grösserer Menge (3—4fach); ausserdem als Elemente immer noch Wasserstoff und Sauerstoff, meist eine sehr geringe Menge an Stickstoff, welche sehr bedeutend verhältnissmässig sein kann, wenn die verkohlte Masse reich an demselben war, wie z. B. Horn, Wolle u. s. w. (thierische Kohle, Blutkohle). Im Kleinen stellt man sich zuweilen Kohle dar, bei der es dann meist weniger auf Reinheit von Wasserstoff und Sauerstoff, als vielmehr von Aschenbestandtheilen ankommt, z. B. bei der Darstellung von Chloraluminium u. a. m. Dann verkohlt man am besten reinen Zucker, welcher ohne Asche verbrennt, in geräumigen Glasretorten zwischen starkem Kohlenfeuer. Kommt es darauf an, die Kohle möglichst rein von den fremden Elementen zu erhalten, so glüht man die zerstoßenen Kohlen in einem Platintiegel, der so gut wie möglich verschlossen ist, viele Stunden im heftigsten Gebläsefeuer. Diese Kohle enthält jedoch noch immer Spuren von Sauerstoff und Wasserstoff. (Erdmann, Marchand.)

Im Grossen wendet man sehr verschiedene Verkohlungsarten an, um die Kohle zu erhalten. Hauptsächlich hat man zu unterscheiden:

1) Meilerverkohlung; 2) Grubenverkohlung; 3) Oefenverkohlung; 4) Retortenverkohlung, oder Cylinderverkohlung.

1) Meilerverkohlung. Diese am verbreitetsten angewendete Verkohlungsart ist ebenfalls eine trockene Destillation und in der Anlage die wohlfeilste, liefert jedoch die geringste Ausbeute und das am meisten ungleichartige Produkt. Die beste Jahreszeit zu ihrer Ausführung ist der Sommer. Die zu verkohlenden Holzkloben oder Aeste werden neben einander in eine Schicht etwas geneigt aufgestellt, liegende Meiler, oder über einander mehrere Schichten, so dass ein Kegel gebildet wird, stehende Meiler.

Die genaue Beschreibung der Meiler und der übrigen Verkohlungsapparate siehe in Knapp's Technologie.

Bei dem Meiler wird das Holz selbst entzündet, durch abgehaltenen Luftzutritt die völlige Verbrennung jedoch gehindert; doch muss natürlich die zur Destillation erforderliche Wärme immer auf Kosten des zu verkohlenden Holzes entwickelt werden, so dass man auf diese Weise das Brennmaterial nicht beliebig wählen kann. Kostbarere Hölzer, als das an dem Orte anwendbare Brennmaterial (Torf u. s. w.), werden daher eine verhältnissmässig kostbare Kohle abgeben. Ausserdem wird diese ungleichartig, nicht nur bei verschiedenen Bränden, sondern selbst bei ein und demselben, an verschiedenen Orten des Meilers. — Die Nebenprodukte, Theer, Essig u. s. w. gehen gewöhnlich verloren, doch kann man sie auch aufsammeln, s. Holzessig. Die Ausbeute beträgt 14—15%.

2) Oefenverkohlung. Hier giebt es besonders zwei Arten, nämlich Oefen die von Aussen oder von Innen geheizt werden. Jene benutzt man hauptsächlich, um Pech und Theer zu gewinnen. In Gestalt eines Kegels, der von einem aufgemauerten Mantel umgeben ist, hat der Ofen einen Boden, der sich in der Mitte schwach trichterförmig senkt; ein dort abgehendes Rohr leitet den Theer, Essig u. s. w. in Fässer. Die Feuerung befindet sich im Zwischenraum zwischen Mantel und Ofen. Eine zweite, nicht so gute Kohle, und die Nebenprodukte fast zerstörende Methode ist die, den Ofen selbst mit Holz zu füllen, dies zu entzünden, und so wie Gluht eingetreten ist, die Klappe und Züge ziemlich vollständig zu schliessen. Man kann hier nach Belieben den Luftzug zulassen und abhalten, wie es der Gang der Verkohlungsart erfordert. Sehr ähnlich ist die

3) Grubenverkohlung, bei welcher das Holz nicht in Oefen, sondern in Gruben in der Erde verkohlt wird, die auch ausgemauert sein können, und die man, sowie das Holz im Brand ist, bedeckt, und nur die nöthige Menge Luft hinzulässt.

4) Am besten zu leiten ist die Cylinderverkohlung, welche ähnlich eingerichtet ist wie die Verkohlungsart der Steinkohle zur Bereitung des Leuchtgases. Hier kann man namentlich mit beliebigem Brennmaterial heizen, und den Luftzutritt zur Kohle völlig abschliessen. Diese Methode wird besonders zur Schiesspulverkohle benutzt. Da das Holz, das man hierzu anzuwenden pflegt, theuer ist, so werden durch die Ersparniss desselben die Kosten für die Anlage wenigstens zum Theil aufgewogen. Der Ertrag ist sehr verschieden; beim stärksten Brennen ungefähr 20—21%. Dann enthält die Kohle nicht mehr viel Wasser- und Sauerstoff. Ist sie 30 procentige, so hat sie noch

mehr Procente (2—3) Wasserstoff und 13—14% Sauerstoff. Sie verbrennt dann sehr leicht (braune Kohle) und das Schiesspulver wirkt oft zu kräftig. Ueber die Ausbeute der Kohle, Zusammensetzung u. s. w. s. Art. Kohle und Verkohlung. M.

**Kohlenoxydgas**  $\dot{C} = 176,44$ ; Kohlenstoff 43,32; Sauerstoff 56,68. — Wenn man Kohlensäure über glühende Kohlen leitet, so nimmt sie Kohlenstoff auf und verwandelt sich in Kohlenoxydgas. Daher entsteht dieses Gas, wenn grössere Parthieen Kohlen verbrennen, oder Kohlen unter mangelhaftem Luftzutritt glühen oder kohlen-saurer Kalk mit  $\frac{1}{4}$  seines Gewichts Kohle gemengt und der Glühhitze ausgesetzt wird. In dem letzten Falle wird nämlich durch die Hitze Kohlensäure ausgetrieben, welche in Berührung mit der glühenden Kohle sich zersetzt. Deshalb entsteht auch Kohlenoxyd, wenn man Metalloxyde mit einem Ueberschuss von Kohle behufs der Reduction glüht, indem die anfänglich sich erzeugende Kohlensäure zerlegt wird.

Kohlenoxydgas kann ferner aus verschiedenen organischen Substanzen leicht und sehr rein erhalten werden. Wenn man Oxalsäure, welche anzusehen ist als eine Verbindung von Kohlenoxyd, Kohlensäure und Wasser, mit der 5fachen Menge concentrirter Schwefelsäure übergiesst, so nimmt diese das Wasser aus der Oxalsäure auf, ohne welches diese nicht bestehen kann, und deshalb in Kohlenoxydgas und Kohlensäure zerfällt. Das Gasgemisch leitet man durch Kalilauge oder Kalkmilch, von welcher die Kohlensäure zurückgehalten wird, und erhält so reines Kohlenoxydgas. Statt der Oxalsäure kann man auch Kleesalz d. i. zweifach oxalsaures Kali nehmen, welches billiger ist. Glüht man ein neutrales oxalsaures Salz, so erhält man sogleich reines Kohlenoxydgas, weil die Kohlensäure mit der Basis verbunden bleibt. Behandelt man Ameisensäure (Döbereiner) oder Milchsäure oder deren Salze (Pelouze) ebenso mit concentrirter Schwefelsäure, so erhält man gleichfalls reines Kohlenoxyd ohne Kohlensäure. Eine sehr wohlfeile und ergiebige Darstellungsmethode von äusserst reinem Kohlenoxyd besteht nach Fownes darin, dass man fein gepulvertes Blutlaugensalz mit dem 8—10fachen Gewicht concentrirter Schwefelsäure erhitzt.

Das Kohlenoxydgas ist ein farbloses, geruchloses, bis jetzt noch permanentes Gas. Es verbrennt mit blassblauer Flamme zu Kohlensäure, wobei 1 Volumen Kohlenoxyd  $\frac{1}{2}$  Volumen Sauerstoff aufnimmt und damit 1 Volumen Kohlensäure giebt. Specif. Gewicht 0,96779 (Wrede). Thiere und Menschen ersticken in Kohlenoxydgas und ist es mit Luft gemischt, so erregt es Kopfschmerz, Schwindel und Besinnungslosigkeit. Die Erstickung von Menschen im sogenannten Kohlendampf bei zu früh geschlossener Ofenklappe, oder ähnlichen Umständen, ist diesem Gase zuzuschreiben, dessen Gegenwart durch die aus der glühenden Kohlenmasse heraustretenden blauen Flämmchen angezeigt wird. Der unangenehme Geruch, welcher sich oft zugleich mit verbreitet, z. B. aus Torfgluht, rührt von einem anderen Stoff her.

Mit Chlor giebt das Kohlenoxydgas das Phosgengas (s. Chlorkohlenoxydgas), von heissem Kalium wird es absorhirt, dessen man sich daher bedient, um aus einem Gasgemenge das Kohlenoxydgas herauszuziehen. B.

**Kohlensäure**,  $\bar{C} = 276,44$ ; in 100 Th.: 27,65 Kohlenstoff; 72,35 Sauerstoff.

**Vorkommen.** Die Kohlensäure, früher fixe Luft genannt, ist eine sehr verbreitete Gasart. Sie findet sich unter den aus Vulkanen aufsteigenden Gasen, strömt in vulkanischen Gegenden besonders nach Eruptionen aus Rissen und Spalten (Fumarolen, Mofetten) der Erde hervor, auf deren Oberfläche die von der Kohlensäure überströmten Thiere und Pflanzen nicht selten getödtet werden. An nicht wenigen Orten entwickelt sich die Kohlensäure beständig aus dem Boden, wie in der Hundsgrotte bei Neapel, auf Sicilien, in der Auvergne, in der Dunsthöhle zu Pyrmont, in der Eifel, am Laacher See u. s. w. Trifft die in der Erde aufsteigende Kohlensäure mit Wasseradern zusammen, so wird sie darin aufgelöst, und kommt mit dem Wasser als Sauerbrunnen oder Säuerling zu Tage. Solche Kohlensäure führende Quellwasser, deren Heilkraft und angenehm säuerlicher Geschmack von dem grössern oder geringern Gehalt an Kohlensäure abhängt, kommen theils warm theils kalt vor; zu jenen gehören die Quellen von Teplitz, Karlsbad, Ems, Wiesbaden, zu den letzten die von Salzbrunn, Selters und vielen andern Orten. Da das mit Kohlensäure beladene Wasser die Fähigkeit besitzt, manche Substanzen wie z. B. Kalk, Eisenspath aufzulösen, was reines Wasser nicht vermag, so erklärt sich hieraus der Gehalt an sonst unlöslichen Stoffen in diesen Quellen, welche den Namen Eisen- oder Stahlwasser erhalten, wenn sie reich an Eisen sind. Geringe Mengen von Kohlensäure finden sich übrigens wohl in jedem Quellwasser, welches zum Trinken dient, wo die Säure aber nicht aus den Erdtiefen stammt, sondern aus den obersten an vermodernden organischen Ueberresten reichen Schichten. Da die Kohlensäure ferner beim Verbrennen von Pflanzen und Thierstoffen, bei der Gährung, beim Athmen und in noch mancherlei andern Fällen sich erzeugt, so ist sie ein nie fehlender Bestandtheil der atmosphärischen Luft, von der sie nach Saussure's Untersuchungen im Mittel 0,04 Proc. dem Raume oder nahe  $\frac{1}{1000}$  (= 0,1 Proc.) dem Gewichte nach ausmacht. Wiewohl sie um diese Mittelzahl ansehnlichen Schwankungen unterworfen ist, so sind diese im Vergleich zur gesammten Luftmasse doch nur gering, da die Pflanzenwelt beständig sich Kohlensäure aus der Luft aneignet, den Kohlenstoff assimiliert und Sauerstoff wieder abgibt. (s. Liebig's organische Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur etc. Abschn. Assimilation des Kohlenstoffs.) Damit steht auch im Einklang, was Saussure fand, dass die Luft bei Nacht mehr Kohlensäure als bei Tage enthält, weil der Lebensprocess der Vegetabilien bei Nacht herabgestimmt, die Assimilation also schwächer ist. (Pogg. Annal. XIV. 390.) Wäre die Luft überall von gleicher Dichte, so hätte sie eine Höhe von 24,555 Par. Fuss. Nimmt man sie in runder Zahl eine geographische Meile = 22,843 Par. Fuss hoch, so würde, wenn man sich die Bestandtheile der Luft gesondert und in Schichten übereinander liegend dächte, die Kohlensäure eine Schicht von 9,48 Par. Fuss bilden. (Poggendorff in dess. Annalen. LIII. 407. 408.)

**Darstellung.** Man übergiesst ein kohlen-saures Salz mit einer der stärkeren Säuren, wobei sich das kohlen-saure Gas unter Auf-

brausen entwickelt. Gewöhnlich nimmt man kohlensaure Kalkerde (Kreide, Marmor), und Schwefelsäure oder Salzsäure; da Schwefelsäure ein schwerlösliches Salz mit der Kalkerde giebt, wodurch sich im Entwicklungsapparat eine dicke breiartige Masse bildet, so zieht man verdünnte Salzsäure vor, welche mit Kalkerde eine leichtlösliche Verbindung eingeht. Man fängt das Gas über Wasser auf, darf es aber nicht lange darüber stehen lassen, weil es in beträchtlicher Menge sich darin auflöst. Da kohlensaures Gas schwerer ist als atmosphärische Luft, so kann man es auch zu Versuchen im Kleinen in offene leere Cylindergläser leiten, in denen es sich zu Boden senkt, und die Luft daraus verdrängt. Im Grossen, zu technischen Zwecken, entwickelt man die Kohlensäure auch aus kohlensaurer Talkerde (Magnesit) mittelst Schwefelsäure, und gewinnt schwefelsaure Talkerde (Bittersalz) als Nebenproduct. In anderen Fällen treibt man mittelst eines Blasebalgs Luft über glühende Kohlen, die in einem verschlossenen Raum liegen, und benutzt die mit Stickgas vermischte Kohlensäure zur Bleiweissfabrikation.

**Eigenschaften.** Die Kohlensäure ist ein farbloses Gas, von säuerlichem Geschmack und schwach stechendem Geruch. Wasser löst bei gewöhnlicher Temperatur ein gleiches Volumen Kohlensäure auf, unter vermehrtem Druck und in niedriger Temperatur aber das 5 bis 6fache. Henry hat gefunden, dass das Wasser unter jedem Druck dasselbe Volumen Kohlensäure auflöst, dass also die Löslichkeit dem Drucke proportional sei. Dem widersprechen aber die von *Couërbe* bestätigten Versuche *Soubeiran's*, denen zufolge das Wasser nicht mit jedem Atmosphärendruck auch ein neues Gasvolumen aufnimmt. Bei 7 Atmosphären Druck enthält das Wasser nur 5 Volumen. Beim Aufhören des Druckes entweicht die Kohlensäure, bis nur noch 1 Volum. übrig ist, aber der Champagnerwein verliert von 4 Volumen nur ein halbes, wahrscheinlich weil die Bestandtheile des Weines der Tension des Gases nicht nachgeben. (*Berzelius Jahresber. XXI. 77.*) Die Auflösung röthet Lackmuspapier, die Röthung schwindet aber beim Trocknen wieder, weil die Säure sich verflüchtigt.

Brennende Körper verlöschen in Kohlensäure. Thiere sterben darin, und nicht allein in reinem Gas, sondern schon in einer daran reichen Luft. In geringer Menge verursacht die Kohlensäure Schwindel, Betäubung, verhält sich also wie ein narkotisches Gift, und eine nur 2 Proc. Kohlensäure enthaltende Luft stundenlang eingeathmet, bringt die genannten Unfälle hervor; 5 Proc. und darüber wirken schneller und gefährlicher. Hieraus erklären sich die Unglücksfälle, wo Personen in Räume, die mit Kohlensäure angefüllt waren, in Brunnen, Keller mit gährenden Substanzen u. dgl. hinabstiegen, besinnungslos niederfielen und umkamen. Zur Vorsicht ist daher an solchen verdächtigen Orten immer erst ein Licht hinabzulassen, welches durch sein Verlöschen die Gegenwart einer gefährlich werden den Gasmenge, durch sein Fortbrennen dagegen das Dasein einer athembaren Luft anzeigt. Zur Entfernung der Kohlensäure aus Gruben und Brunnen, wo kein Luftzug wie in Kellern zu erregen ist, kann man gelöschten Kalk, oder mit Ammoniak getränkte Schwämme oder ausgeglühte Kohlen hinunterlassen, welche alle das kohlensaure

Gas absorbiren, und von denen man anwendet, was die Umstände darbieten; Ammoniak, wenn die Sache eilig ist.

Das specifische Gewicht der Kohlensäure ist 1,524 (Dulong) oder nach neueren Bestimmungen 1,52037 (Wrede); sie lässt sich daher in einem Gefässe ansammeln und in ein anderes giessen wie eine Flüssigkeit. Specifische Wärme 1,175 nach Dulong, 1,258 nach de la Roche et Bérard und nach den neuesten Untersuchungen von de la Rive und Marcet 1,222. (Pogg. Ann. LII. 136.) Der Ausdehnungscoëfficient zwischen 0 und 100° ist nach Regnault 0,36896; nach Magnus 0,369087 (Pogg. Ann. LV. 21. 143.; LVII. 177.) Wird Kohlenstoff, Diamant, in reinem Sauerstoff verbrannt, so vermehrt sich das Volumen des Sauerstoffs nicht, woraus sich die Zusammensetzung der Kohlensäure, dem Gewichte nach, ergibt, wenn man das specifische Gewicht beider Gase vergleicht. Dem Volumen nach besteht sie aus 1 Volumen Kohlenstoff und 2 Volumen Sauerstoff, verdichtet zu 2 Volumen. Um auf eine instructive Weise die Bestandtheile der Kohlensäure nachzuweisen, empfiehlt Wöhler trocknes kohlen-saures Gas über Kalium, welches in einer Glaskugel bis zur Entzündung erhitzt wird, zu leiten. Das Kalium verbrennt dann unter Abscheidung von Kohle mit rothem Feuer. Desgleichen wird die Kohlensäure *réduirt*, wenn man Phosphordampf über glühendes kohlen-saures Natron gehen lässt, wobei sich das Salz durch die abgeschiedene Kohle beim Erkalten schwarz zeigt. (Berzelius Jahresber. XX. 79.) Auch Kiesel und Bor zerlegen die Kohlensäure.

Bei 0° und einem Druck von 36 Atmosphären wird die Kohlensäure zu einer farblosen Flüssigkeit *comprimirt*, wie Faraday zuerst gezeigt hat. Thilorier hat die flüssige Kohlensäure weiter untersucht und gefunden, dass sie sich durch Erwärmung sehr stark ausdehnt, zwischen 0 und + 30° C. in dem Verhältniss von 20:29 ihr Volumen vergrössert, und dabei ihre Spannkraft von 36 auf 73 Atmosphären erhöht. Ihr specifisches Gewicht bei 0° ist 0,83, bei 30° nur 0,16. In Wasser und fetten Oelen ist sie unauflöslich, aber löslich in Alkohol, Aether und Terpentinöl. Richtet man einen Strahl flüssiger Kohlensäure auf ein Weingeist-Thermometer, so sinkt dieses auf - 90° C. Leitet man flüssige Kohlensäure in das Innere einer kleinen Glasphiole, so füllt sich dieselbe mit einer weissen flockigen Substanz, welche Kohlensäure in fester Form ist, und durch die niedrige Temperatur sich gebildet hat, welche bei dem Verdampfen der flüssigen Säure entsteht, eine Temperatur die von Thilorier auf - 100° C. geschätzt wird. (Pogg. Ann. XXXVI. 141.; XLI. 144.) Um die Solidification der Kohlensäure auf eine gefahrlose Weise zu bewerkstelligen, bedient sich Natterer einer Compressionsmaschine, wie sie in den Windbüchsen angewendet wird. (Pogg. Ann. LXII. 132.)

Im Grossen bereitet man Kohlensäure zur Nachbildung der Säuerlinge und zur Darstellung des Bleiweisses; zu letzterem Zweck benutzt man selbst die natürlichen Kohlensäurequellen im Brohlthal am Rhein.

Kohlensäure in Verbindungen ist leicht zu entdecken durch das Aufbrausen, welches die stärkeren Säuren erregen; von dem aufsteigenden Gase werden Kalk- und Barytwasser getrübt. Methoden, den Gehalt an Kohlensäure in Mineralwasser zu bestimmen s. Pogg. Ann.

XXXIV. 162., XLII. 167. Quantitative Analyse derselben durch Borax Pogg. Ann. LVII. 263.

Die kohlensauren Salze brausen mit einer der stärkeren Säuren übergossen auf, indem sie Kohlensäure entwickeln. In den neutralen ist der Sauerstoffgehalt der Säure doppelt so gross als in der Basis, die sauren Salze enthalten anderthalb Mal oder doppelt so viel Kohlensäure als jene. Von den neutralen sind nur die Salze der Alkalien in Wasser löslich, die übrigen sind unauflöslich, ebenso die basischen, während die sauren Salze sich darin auflösen. In der Glühhitze verlieren die meisten Kohlensäure. Ueber leicht schmelzbare Verbindungen der kohlensauren Alkalien mit kohlensauren Erden s. Pogg. Ann. XIV. 100.; XV. 239. B.

**Kohlensäureäther.** In warmen Oxaläther bringt man Stücke von Kalium oder Natrium, so lange noch Gasentwicklung statt findet; das unveränderte Metall wird herausgenommen, die braune Masse mit Wasser vermischt; der neugebildete Kohlensäureäther scheidet sich auf der Oberfläche aus. Durch Rectification über Kalium und Chlorcalcium wird er gereinigt. Die Verbindung bildet dann eine farblose, dünne Flüssigkeit, von 0,975 specif. Gew. bei 19°, siedet bei 126°, ist schwer, mit blauer Flamme entzündbar; in Alkohol und Aether leicht, nicht in Wasser löslich. Alkoholische Kalilösung zerlegt den Aether sofort in Alkohol und Kohlensäure; von Ettling entdeckt; da die Nebenprodukte nicht untersucht sind, so ist die Bildung ganz unklar; besteht aus  $CO + C_2H_2O$ , Journ. f. prakt. Chem. XI. 63. Loewig hat die Einwirkung des Natriums auf den Oxaläther genauer untersucht, und sie so gefunden, dass 2 At. Oxaläther verlieren durch 1 At. Natrium 1 At. Sauerstoff. Es bilden sich 2 At. Kohlensäureäther, 1 At. Natron, und eine Verbindung aus  $C_2O$ , (Kohlensuboxyd?) bestehend. Der Kohlensäureäther selbst wird durch das Natrium zum Theil weiter zerlegt, und zerfällt in Kohlenoxyd und Aethernatron; das gebildete Natron bleibt mit dem hypothetischen Kohlensuboxyd in Verbindung. Durch Wasser wird aus dem Aethernatron Weingeist und Natron, das Kohlensuboxyd-Natron zerfällt in Ameisensaures und nigrinsaures Natron ( $C_{14}H_{14}O_7 + NaO$ ). Diese Zerlegungserscheinungen sind mehr oder minder hypothetisch. (Journ. für prakt. Chemie XX. 436.) Cahours fand, dass bei Einwirkung des Kaliums auf den Oxaläther sich ununterbrochen Kohlenoxydgas entwickelt, und oxalsaures Kali sich erzeugt. Die Oxalsäure wird also wahrscheinlich einfach in Kohlenoxyd und Kohlensäure zerlegt, die letztere vereinigt sich mit dem Aether der Oxalsäure, die sich mit dem gebildeten Kali verbindet. Durch Einwirkung des Chlors wird zuerst  $CO_2 + C_2H_2Cl_2O$ , sodann aber  $CO_2 + C_2Cl_2O$  erzeugt. (Journ. für prakt. Chemie XXX. 242.) M.

**Kohlensaures Ammoniak** existirt in mehreren Sättigungsstufen, welche am ausführlichsten von H. Rose untersucht sind. (Pogg. Annal. XLVI. 353.)

a) Neutrales kohlensaures Ammoniak,  $NH_3\bar{C} = 43,7$  Ammoniak; 56,3 Kohlensäure — wird im wasserfreien Zustand durch Mischen von 2 Vol. Ammoniakgas und 1 Vol. Kohlensäure, beide

wohlgetrocknet, in einem Glasballon erhalten, oder wenn man wasserfreies schwefelsaures Ammoniak und kohlensaures Natron in völlig trockenem Zustande sublimirt. Es bildet eine weisse krystallinische, in Wasser leicht lösliche überaus flüchtige Salzmasse von ammoniakalischem Geruch. Spec. Gew. in Dampfform 0,9021. Durch Wasser

wird das Salz in eine wasserhaltige Verbindung ( $\text{NH}_4\text{C}$ ) umgewandelt, welche indess sich noch nicht in fester Gestalt hat darstellen lassen; da sie selbst beim freiwilligen Abdampfen sich in entweichendes Ammoniak und doppelt kohlensaures Ammoniak zerlegt. Wird das gewöhnliche im Handel vorkommende kohlensaure Ammoniak (Sesquicarbonat) in einer Retorte, welche mit einem langen Glasrohr versehen ist, gelinde erhitzt, so entweicht zuerst kohlensaures Gas, worauf in der Röhre ein krystallisirtes Sublimat sich ansetzt, welches als eine Verbindung von neutralem kohlensaurem Ammoniak mit kohlensaurem Ammoniumoxyd anzusehen ist, da seine Zusammen-

setzung der Formel  $\text{NH}_4\text{C} + \text{NH}_4\text{C}$  entsprechend ist. Bei zu starker Erhitzung geht das Sesquicarbonat ziemlich unverändert über.

b) Anderthalb kohlensaures Ammoniak (gewöhnlich kohlensaures Ammoniak, auch Hirschhornsalz, englisches Riechsalz),

$= (\text{NH}_3)_2\text{C}_3 + 2\text{H} = (\text{NH}_3)_2\text{C}_3 = \text{NH}_4\text{C} + \text{NH}_4\text{C}_2 = 28,92$  Ammoniak; 55,91 Kohlensäure; 15,17 Wasser. Dieses Salz wird zu technischen Zwecken oft im Grossen auf verschiedene Weise dargestellt. Thierische Stickstoff enthaltende Substanzen, als Horn, Hufe, Knochen, Haut- und Fleischabgänge werden in eisernen Cylindern der trocknen Destillation unterworfen, und die flüchtigen Producte derselben durch eine Reihe hinter einander stehender Tounen geleitet, in welchen sich die condensirbaren absetzen, die Gasarten aber aus der letzten entweichen. Zu den ersten gehören Wasser, übelriechendes, brenzliches Oel, kohlensaures, essigsames Ammoniak u. s. w., welche eine Flüssigkeit bilden, aus welcher sich bei anhaltender Destillation ein braunes mit brenzlichem Oel und anderen Substanzen gemengtes kohlensaures Ammoniak aussondert. Der Rückstand in den Retorten ist Thierkohle. Früher verwendete man zu diesem Zweck meist Hirschgeweihe, daher denn die braune stinkende Flüssigkeit Hirschhornspiritus, das darin befindliche Oel Hirschhornöl, und das ausgeschiedene Salz Hirschhornsalz genannt wurde, welche Namen noch jetzt für dieselben obwohl aus ganz verschiedenem Material bereiteten Stoffe gelten. Auch aus dem Urin, dessen Harnstoff bei der Fäulniss des Urins in kohlensaures Ammoniak übergeht, gewinnt man durch Destillation kohlensaures Ammoniak, welches mit der zuerst überdestillirenden Flüssigkeit fortgeht. Endlich wird auch aus dem Steinkohlentheer das in Rede stehende Salz abgeschieden.

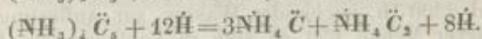
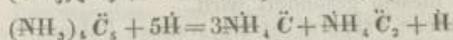
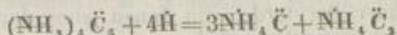
Um das Hirschhornsalz zu reinigen, wird es so viel als möglich mechanisch von der anhängenden Flüssigkeit durch Trocknen befreit, und hierauf wiederholentlich mit Knochenkohle in einer Retorte mit Vorlage sublimirt, bis es weiss und rein ist. Durch Destillation von schwefelsaurem Ammoniak oder Salmiak mit kohlensaurem Kalk erhält man gleichfalls kohlensaures Ammoniak und schwefelsaure Kalkerde oder Chlorcalcium im Rückstand.

Das anderthalb kohlen-saure Ammoniak löst sich in 2 Theilen kaltem Wasser und weniger als 1 Theil heissem, und schießt daraus in Rhomben-octaëdern an. Es hat einen alkalischen Geschmack und ammoniakalischen Geruch, indem es neutrales kohlen-saures Ammoniak an der Luft aushaucht und sich dabei allmählig in doppeltkohlen-saures Ammoniak verwandelt. Es ist ein Doppelsalz bestehend aus 1 At. neutralem und 1 At. doppeltkohlen-saurem Ammoniak, wie in der letzten der aufgeführten Formeln angegeben ist.

Das Hirschhornsalz (Sal cornu cervi volatile) gebraucht man zur Darstellung des Salmiaks, ein von brenzlichem Oel nicht ganz befreites Salz (Ammonium carbonicum pyro-oleosum) in der Medicin, den Urin wegen seines Gehalts an kohlen-saurem Ammoniak zum Walken. Im reinen Zustand dient das Salz als Reagens in der Chemie, zur Darstellung verschiedener Ammoniakpräparate, auch in der Kuchenbäckerei statt der Hefe, weil es sich in der Hitze verflüchtigt und den Teig dabei auflockert.

H. Rose hat das Sesquicarbonat mit einem grösseren Wassergehalt beim gelinden Erhitzen des zuvor beschriebenen erhalten. Es bildet weisse Krystalle mit 30,89 Proc. Wasser und seine Zusammensetzung kann durch die Formel  $(\text{NH}_3)_2 \text{C}_2 + 5\text{H} = \text{NH}_4 \text{C} + \text{NH}_4 \text{C}_2 + 3\text{H}$  ausgedrückt werden.

c) Fünfviertel kohlen-saures Ammoniak bildet sich gleichfalls bei der langsamen Destillation des Sesquicarbonats, und giebt bei seiner Destillation noch zwei andere Salze in demselben Sättigungsgrade aber mit grösserem Wassergehalte. Man kann diese Salze ansehen als fünfviertelsaure, richtiger aber ist es wohl, sie als Verbindungen von neutralem und doppeltkohlen-saurem Ammoniak zu betrachten. Ihre Zusammensetzung ist nach H. Rose:

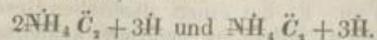


Die procentische Zusammensetzung in derselben Ordnung ist:

Kohlensäure	51,38	48,56	38,50
Ammoniak	31,85	30,53	23,90
Wasser	16,77	20,91	37,60.

d) Doppelt kohlen-saures Ammoniak (Bicarbonat),  $\text{NH}_4 \text{C}_2 + 2\text{H} = \text{NH}_4 \text{C}_2 + \text{H} = 22,60$  Ammoniak; 55,72 Kohlensäure; 22,68 Wasser. Das Bicarbonat entsteht leicht aus dem Sesquicarbonat, wenn dieses der Luft ausgesetzt wird, wobei neutrales kohlen-saures Ammoniak abdunstet, was schnell geschieht, wenn man eine gesättigte Auflösung des Sesquicarbonats über Schwefelsäure, Kalihydrat oder Aetzkalk unter der Luftpumpe abdampft. Es ist schwer in deutlichen Krystallen zu erhalten, die aber mit denen des doppelt kohlen-sauren Kalis isomorph und (2- und 1-) gliedrig sind. Sie bilden rhombische Prismen von  $42^\circ 10'$  mit stark abgestumpften scharfen Seitenkanten. Die Auflösung schmeckt und reagirt wenig oder gar nicht alkalisch.

Auch dieses Salz hat H. Rose in zwei anderen Verhältnissen mit Wasser verbunden erhalten, nämlich



Derselbe untersuchte ferner noch Salze, die der Zusammensetzung nach  $\frac{1}{2}$  und  $\frac{2}{3}$  kohlen-saures Ammoniak sind, welche aber mit viel mehr Wahrscheinlichkeit als Doppelsalze von neutralem und doppelkohlen-saurem angesehen werden können.

B.

**Kohlen-saure Baryterde, Ba C̄ = 77,59 Baryterde, 22,41 Kohlen-säure** — findet sich in der Natur, auf Gängen im Thonschiefer besonders in England, in Cumberland, Durham, Lancashire u. s. w. auch im Salzburgerischen, und wurde 1783 von Withering entdeckt, dem zu Ehren das Mineral Witherit genannt wurde. Es krystallisirt in rhombischen Säulen von 118 $\frac{1}{2}^\circ$  isomorph mit Arragonit, ist farblos, weiss, gelblich oder röthlich. Die Krystalle sind unvollkommen spaltbar parallel den Säulenflächen, oft zu Büscheln gruppiert. Ausser krystallisirt kommt der Witherit auch in krystallinischen, derten und strahligen Massen vor. Er phosphorescirt beim Erwärmen, ist etwas härter als Kalkspath; sein specif. Gew. 4,3; specif. Wärme 10,11038 (Regnault). Vor dem Löthrohr schmilzt er leicht zu weissem Email.

Künstlich erhält man die kohlen-saure Baryterde, wenn man Chlorbaryum mit kohlen-saurem Ammoniak fällt, und gut auswäscht. Kohlen-saures Kali oder Natron eignen sich nicht so gut hierzu, weil geringe Mengen von ihnen dem Niederschlage so fest anhängen, dass sie nur schwer davon zu trennen sind. Glüht man gleiche Theile Schwerspath (schwefelsaure Baryterde) und Pottasche, so zerlegen sich beide in der Glühhitze gegenseitig, und man erhält schwefelsaures Kali und kohlen-saure Baryterde, von denen jenes durch kochendes Wasser von diesem gesondert wird.

Das so erhaltene Präparat ist ein weisses Pulver, welches 4300 Th. kaltes und 2300 Th. kochendes Wasser zur Auflösung erfordert. In weit grösserer Menge löst es sich in kohlen-saurem Wasser auf, indem sich doppelt kohlen-saure Baryterde bildet, die sich in fester Form nicht darstellen lässt. In der Weissglühhitze verliert sie alle Kohlen-säure und wird deshalb von Abich zur Analyse solcher Silicate empfohlen, die sich in Säuren nicht auflösen. (Vergl. Analyse, unorganische.)

Man gebraucht den Witherit zur Darstellung anderer Barytpräparate und in England als Rattengift. (Vergl. Baryterde.)

Nach Boussingault erhält man durch Vermischen der Auflösungen von Chlorbaryum und anderthalb kohlen-saurem Natron einen etwas in Wasser löslichen Niederschlag, welcher anderthalb kohlen-saure Baryterde ist. Bley fand ihn dagegen bei Wiederholung des Versuchs neutral.

B.

**Kohlen-saures Bleioxyd, Pb C̄ = 1670,9.** — In 100: 83,46 Bl.; 16,54 Kohlens. — Vorkommen. Kohlen-saures Bleioxyd macht ein oft vorkommendes Mineral, das Weissbleierz, aus. Es ist mit Arragonit und Witherit isomorph, hat zur Grundform eine rhombische

Säule von  $117^{\circ} 14'$ , meist mit verschiedenen anderen Flächen combinirt, die Krystalle theils säulen- oder pyramidenförmig, theils tafelförmig, auch nadel- und haarförmig, oft überzogen mit Kupferlasur oder Eisenocker, und haben einen den Seitenflächen parallel gehenden Blätterbruch. Weissbleierz ist etwas härter als Kalkspath, weicher als Flussspath, demant- bis fettglänzend, farblos, weiss, grau, nelkenbraun, von Malachit oder Kupferlasur grün oder lasurblau, oder schwarz durch Kohle. Specif. Gew. 6.5. Man findet das Weissbleierz auf Bleigängen meist im älteren Gebirge mit Bleiglanz-, Eisen- und Kupfererzen in Sachsen, auf dem Harz, im Siegenschen, Westphalen, wo es auch erdig vorkommt, Kärnthen, England, Frankreich u. s. w. Es wird mit Bleiglanz zugleich auf Blei verschmolzen.

**Darstellung.** Das künstlich bereitete kohlen-saure Bleioxyd ist das als weisse Malerfarbe so überaus schätzbare Bleiweiss (Cerrussa), welches jedoch stets einen wechselnden Ueberschuss an Bleioxydhydrat enthält, so dass man es als eine Verbindung von neutralem kohlen-saurem Bleioxyd mit mehr oder weniger Bleioxydhydrat ansehen kann. Die Darstellung besteht darin, dass man basisch essig-saures Bleioxyd durch Kohlensäure zerlegt, von welcher nicht allein das Bleioxydhydrat, sondern auch ein Theil des zum neutralen essig-sauren Salze gehörigen Bleioxyds gefällt wird, und zwar desto mehr, je verdünnter die Auflösung ist, welche nach der Fällung sauer reagirt. Selbst das neutrale essig-saure Blei, der Bleizucker, wird von Kohlensäure zerlegt, und Bleizucker, längere Zeit der Luft ausgesetzt, löst sich nicht mehr vollständig auf; unter Absorption von Kohlensäure haucht er Essigsäure aus. Nach der Art, wie man sich die genannten Materialien verschafft, unterscheidet man die holländische, französische und englische Methode, von denen die erste die älteste, die zweite hinsichtlich des Vorganges die anschaulichste, die letzte die kürzeste ist.

Bei dem französischen, von Thénard angegebenen Verfahren, löst man Bleioxyd (Glätte) in Essig oder Bleizuckersolution bis zur Sättigung auf, und leitet durch die Auflösung Kohlensäure. Nachdem sich der Niederschlag gesetzt hat, trennt man ihn von der Flüssigkeit und wäscht ihn aus, worauf die Flüssigkeit sowohl als das erste Abwaschwasser mit neuer Bleiglätte gesättigt wird. Diese muss vor ihrer Anwendung geglüht werden, damit die in ihr befindliche Kohlensäure (vergl. Bleioxyd) ausgetrieben werde, was weder durch Essig noch Bleizucker geschieht. Ganz ähnlich ist die Methode der Engländer Button und Dyer, welche Bleiglätte in einer Auflösung von salpetersaurem Bleioxyd durch einströmenden Dampf suspendirt halten und gleichzeitig Kohlensäure zuleiten, wobei eine stetige Bildung von Bleiweiss und Auflösung von Glätte statt finden.

Das neue englische Verfahren, auf welches Gossage und Benson ein Patent nahmen, weicht von dem vorstehenden französischen insofern ab, als dabei keine Auflösung bereitet, sondern die ausgeglühte Bleiglätte angefeuchtet und mit einem geringen Zusatz (etwa 1 Procent) von Bleizucker innig gemengt wird. Während eine Maschine das Gemisch gut durchrührt, wird heisse Kohlensäure auf dasselbe geleitet, und dadurch eine schnelle Bildung von Bleiweiss herbeigeführt. Die Masse wird hierauf fein gemahlen, gewaschen und

getrocknet. Der Vorgang ist hierbei offenbar der, dass sich basisch essigsaures Bleioxyd bildet, welches durch die Kohlensäure, wie oben bei der französischen Methode angeführt, zerlegt wird, worauf von Neuem das basisch essigsaure Salz sich erzeugt und so fort, bis kein Bleioxyd mehr vorhanden ist.

Um Bleiweiss nach der holländischen Methode darzustellen, giesst man auf den Boden einer grossen Anzahl irdener glasierter Töpfe etwa 3 Zoll hoch Bieressig, oder eine andere Essig enthaltende Flüssigkeit, stellt dann mittelst Kreuzhölzer spiralig aufgerollte Bleiplatten so in die Töpfe, dass sie ungefähr 4 Zoll vom Boden abstehen und den Essig nicht berühren, und bedeckt die Töpfe mit passenden Bleischeiben. Ein grössere Anzahl solcher Töpfe stellt man dann in ein Lager von Mist oder Lohe, bedeckt sie mit denselben Substanzen, bringt darauf eine zweite Schicht Töpfe, die ebenso umgeben und bedeckt werden, und setzt so mehrere Schichten übereinander, die zuletzt unter eine gemeinsame Decke kommen. Statt der spiraligen Platte legt man auch über jeden Topf einige dünne gitterartig gegossene Bleitafeln. Durch die im Mist oder in der Lohe eintretende Gährung wird die Temperatur erhöht, die Essigsäure verdampft in den Töpfen, und veranlasst die Bildung von basisch essigsaurem Bleioxyd, welches seinen Sauerstoff aus der atmosphärischen Luft nimmt, die zwar schwierig aber dennoch bis in die Töpfe dringt, wie unter Anderem auch daraus hervorgeht, dass die verdampfende Flüssigkeit aus denselben einen Ausweg findet. Die durch den gährenden Mist erzeugte Kohlensäure verwandelt das essigsaure Blei ganz so wie bereits oben beschrieben in Bleiweiss, die Essigsäure greift neue Bleitheile an, und so schreitet die Bleiweissbildung fort bis alles metallische Blei verzehrt ist, was bei dicken Platten in einem einmaligen Process keineswegs vollständig geschieht. Die Platten werden aufgerollt, was an Bleiweiss dabei abfällt, besonders gesammelt, Schieferweiss, das übrige mit hölzernen Hämmern abgeklopft, gemahlen, geschlämmt und getrocknet; das rückständige Blei wird wieder eingeschmolzen und umgegossen.

Dass die hier gegebene Erklärung von dem Vorgang bei der Bleiweissfabrikation nach holländischer Methode die richtige ist, und nicht die früher herrschende, nach welcher die Essigsäure durch ihre Zersetzung sowohl den Sauerstoff zur Oxydation des Bleis als auch die Kohlensäure liefern sollte, hat Hochstetter durch entscheidende Versuche dargethan. Er zeigte, dass fein vertheiltes Blei von Essigdämpfen umgeben in einer kohlensäurefreien Atmosphäre nur Bleizucker kein Bleiweiss giebt, und dass andererseits Blei mit Essig befeuchtet in Berührung mit Kohlensäure unverändert bleibt, so lange die Luft abgesperrt ist, bei deren Zutritt sich aber ziemlich schnell Bleiweiss bildet. Die verhältnissmässig so geringe Menge Essig übrigens, welche man bei dem holländischen Verfahren gebraucht, macht schon die ältere Erklärung unwahrscheinlich, während die Gegenwart von neutralem essigsaurem Blei, (welches durch das Schlämmen nicht vollständig entfernt wird) im Bleiweiss als eine nothwendige Folge des Processes sich bei der neuen herausstellt. (Journ. f. pr. Chemie XXVI. 338.)

Im südlichen Deutschland zu Klagenfurth und Villach giesst man

das Blei in ganz dünne Tafeln von etwa einem Quadratfuss Oberfläche, biegt dieselben in der Mitte unter einem spitzen Winkel zusammen und hängt mehrere mittelst einer Latte in einen aus Bohlen gefertigten, gut ausgepichteten Kasten, dessen Boden mit Essig bedeckt ist, und zwar so, dass die Platten weder die Flüssigkeit noch unter einander sich berühren. Hierauf werden die Kasten zugedeckt und in einen Raum gebracht, der anfänglich bis auf 20°, nach und nach bis über 40° C. geheizt wird. Nach etwa 6 Wochen ist die Operation zu Ende, das Bleiweiss wird von den Tafeln abgeklopft, geschlämmt, wobei es zugleich nach dem Grade seiner Feinheit sortirt wird, hierauf gewaschen und getrocknet. Die feinste und beste Sorte heisst Kremserweiss nach der Stadt Krems, wo ehemals bedeutende Bleiweissfabriken gewesen sein sollen.

Mulder fand das im Handel vorkommende reinere Bleiweiss nach Abzug der unbedeutenden Beimengungen zusammengesetzt aus

2 Atomen kohlen-saurem Blei und 1 Atom Bleioxydhydrat  $2\text{PbC} + \text{PbH}$ , eine andere Probe enthielt 3 Atome kohlen-saures Blei, was Hochstetter bestätigte, der ausserdem noch grössere Mengen kohlen-saures Blei in manchen Sorten fand, und dadurch zu dem Schluss ge-

führt wurde, dass das Bleiweiss Gemische von  $2\text{PbC} + \text{PbH}$  mit  $\text{PbC}$  darstelle. Ueberschuss an Bleioxydhydrat ist in allem Bleiweiss jeder Darstellungsart von Otto, Link u. A. nachgewiesen worden. Neutrales kohlen-saures Blei erhält man nur durch Fällung eines auflöslichen neutralen Bleisalzes z. B. des salpetersauren mit kohlen-saurem Ammoniak. Die specif. Wärme eines so dargestellten aber nicht ganz wasserfreien fand Regnault 0,08596. Lässt man reines Bleioxyd mit Wasser einige Zeit stehen, so erhält man nach v. Bonsdorff eine weisse Vegetation, deren Zusammensetzung die Formel

$\text{PbC} + \text{PbH}$  ausdrückt.

Die Eigenschaft, sich mit Oel und Firniss gut zu mischen und eine vortreflich deckende Farbe zu geben, haben von jeher das Bleiweiss zu einem der schätzbarsten Farbestoffe gemacht. Erfahrungsgemäss ist das Deckvermögen bei dem holländischen Bleiweiss grösser als bei dem französischen, was aber der Grund dieser Verschiedenheit sei, hat sich bis jetzt nicht ermitteln lassen. Die Vermuthung, dass das nach französischer Weise bereitete Bleiweiss krystallinisch, das nach den anderen Methoden dargestellte aber amorph sei, ist durch mikroskopische Untersuchungen nicht bestätigt. Eben-sowenig hat das holländische constant einen grösseren Gehalt an Bleioxyd als das französische ergeben.

Im Handel sieht man das Bleiweiss oft in Formen von abgestumpften Kegeln, welche man ihm dadurch giebt, dass man es nach dem Waschen in irdenen Töpfen von entsprechender Gestalt trocknen lässt, und dann zur Hebung der Farbe in blaues Papier einschlägt. Dieses Formen ist der Gesundheit der Arbeiter nachtheilig, und es wäre daher besser, wenn man das Bleiweiss in Stücken, wie sie gerade getrocknet sind, in den Verkehr brächte, wie auch in England geschieht. Das Zusammenbacken der Bleiweisskörnchen rührt übrigens von anhaftendem und schwer durch das Waschen zu be-

seitigendem essigsauern Bleioxyd her, oder wird durch Gummiwasser bewirkt. Ausser den bereits aufgeführten besten Sorten dem Schiefer- und Kremserweiss hat man noch viele geringere, bereitet durch Vermischen des reinen Bleiweisses mit anderen weissen Mineralkörpern, als Schwerspath, Bleivitriol, Kreide, Gyps u. s. w. Diese werden fein gemahlen, und im nassen Zustand mit dem Bleiweiss gemischt und vermahlen. Das beste Versatzmittel ist der weisse Schwerspath, Kreide und Gyps dagegen sind die schlechtesten; schwefelsaures Blei wird nur unter gewissen Umständen, wo man es als Nebenproduct aus Färbereien billig beziehen kann, zu diesem Zweck mit Vortheil anzuwenden sein.

Um derartige Beimischungen zu entdecken, übergiesst man das Bleiweiss mit verdünnter Salpetersäure, in welcher sich das reine kohlen-saure Blei völlig auflöst, die anderen genannten Substanzen mit Ausnahme der Kreide aber nicht lösen. Fällt man das Blei aus der Auflösung in Salpetersäure durch Schwefelwasserstoff, und die Auflösung enthält dann noch Kalk, so war das Bleiweiss mit Kreide versetzt, die man indess auch mit schwacher Essigsäure aus dem Bleiweiss ausziehen kann.

Bekanntlich vergelben Bleiweissanstriche mit der Zeit, und man schreibt oft diese Erscheinung ganz geringen Antheilen von Schwefelwasserstoff in der atmosphärischen Luft zu, welches eine äusserst dünne und darum nur gelbe Schicht von Schwefelblei auf dem Anstrich hervorbringen soll. Wiewohl die Gegenwart schwefelhaltiger Dünste in den Häusern und deren Einwirkung auf die Bleifarbe im Allgemeinen nicht in Abrede gestellt werden kann, so ist doch die Hauptsache in der Veränderung des Oeles zu suchen, wie daraus hervorgeht, dass ein mit Harzlirnis aufgetragenes, oder mit einem Lack überzogenes Bleiweiss sich ausserordentlich lange weiss erhält.

B.

**Kohlen-saures Eisenoxydul, Fe O.** — In 100: 61,37 Eisenoxydul; 38,63 Kohlensäure. — Vorkommen. Kohlen-saures Eisenoxydul bildet ein bekanntes Eisenerz, den Spatheisenstein, aus welchem man einen vortreflichen Stahl gewinnt, weshalb man ihn auch Stahlstein nennt. Der niere-nförmige, kuglige, auch traubige mit concentrisch faseriger Structur heisst Sphärosiderit. Er findet sich in Krystallen, in dichten und strahligen Massen von weisser, gelblichgrauer und brauner Farbe, von Härte des Flusspaths, in manchen Abänderungen darüber in anderen darunter, mit glas- oft perlmutterartigem Glanz, durchscheinend bis undurchsichtig. Specif. Gewicht 3,6 bis 3,9; specif. Wärme 0,19345 (Regnault). Spatheisenstein ist mit Kalkspath isomorph, seine Grundform ein Rhomboeder, dessen Endkantenwinkel  $107^{\circ}$  beträgt, und das parallel dieser Grundform wie beim Kalkspath einen deutlichen Blätterbruch hat. Vor dem Löthrohr verknistert Spatheisenstein, und wird zu schwarzem magnetischem Oxyduloxyd, in Salz- und Salpetersäure löst er sich unter Entwicklung von kohlen-saurem Gas auf. Der Spatheisenstein enthält stets geringe Beimengungen von Talkerde, Kalkerde oder Manganoxydul, welche mit dem Eisenoxydul isomorph sind, und einen Theil desselben vertreten, besonders ist der Gehalt an Manganoxydul gewöhnlich und in manchen Abänderungen sehr bedeutend.

Dem nierenförmigen Sphärosiderit schliesst sich der thonige oder dichte Sphärosiderit an, welcher knollige und kuglige oft mit concentrischen Schalen von Thoneisenstein umgebene Massen von grauer und brauner Farbe bildet, und ein Gemenge von Sphärosiderit mit Thon ist.

Der Spath Eisenstein ist ein häufig vorkommendes Mineral, und findet sich auf mächtigen Gängen und Lagern, so am Stahlberg bei Müsen im Siegenschen, bei Neudorf, Iberg und Klausthal am Harz, bei Eisenerz in Steyermark. Sphärosiderit kommt besonders in Höhlungen des Basalts und Dolerits zu Steinheim und Wilhelmsbad bei Hanau, am Dransberg bei Göttingen u. a. a. O. vor. Der thonige Sphärosiderit macht ganze Lager in verschiedenen Formationen aus, vorzüglich im Steinkohlengebirge Englands und Belgiens, im Lias und Quadersandstein.

Der Spath Eisenstein mit seinen Abarten ist ein vortreffliches Eisenerz, und liefert ein weisses zur Stahlfabrikation sehr geeignetes Roheisen, besonders ist dies mit dem manganhaltigen der Fall, während die an Erden reicheren Varietäten graues Roheisen geben.

Im Jahre 1835 beschrieb Dufrénoy ein in der Grube von Poulaoen in der Bretagne gefundenes Mineral von gelblichgrauer Farbe und 3,815 specif. Gewicht. Es hatte die Zusammensetzung des Spath Eisensteins, und anscheinend eine dem Arragonit ähnliche Krystallform, nämlich ein rhombisches Prisma von ungefähr  $108^\circ$ , weshalb Dufrénoy es für eine neue, von ihm Junckerit benannte, Mineralspecies ansah. Dieser in Bezug auf den Kalkspath besonders interessante Fall von Dimorphie hat sich jedoch nicht bewährt, da Breithaupt gezeigt hat, dass der Junckerit alle Charaktere des Eisenspaths besitzt, und seine vermeintliche eigene Krystallform nur eine verzerrte Combination des gewöhnlichen Rhomboëders ist, mithin als Species eingehen muss. (Pogg. Annal. XXXIV. 661. 665. LVIII. 278.)

Darstellung. Die Darstellung des künstlichen kohlen sauren Eisenoxyduls ist wegen der äusserst leichten Oxydirbarkeit dieses Präparats nicht ohne Schwierigkeiten. Wenn man schwefelsaures Eisenoxydul (Eisenvitriol) mit kohlen saurem Kali oder Natron in möglichst luftfreiem Wasser gelöst, mischt, so entsteht ein anfangs weisserer aber schnell dunkelgrün werdender Niederschlag, der an der Luft braun wird, indem er sich unter Entwicklung von Kohlensäure in Eisenoxyd verwandelt. Wie schwer die Oxydation abzuhalten ist, ergiebt sich aus der schnellen Farbenänderung des Niederschlags. Um denselben möglichst vor Veränderung zu bewahren, löst man die Bestandtheile in ausgekochtem Wasser, mischt die Lösungen heiss in einer völlig gefüllten und dann zugestöpselten Flasche, und schüttelt das Ganze gut durcheinander. Hierauf lässt man den Niederschlag sich absetzen, hebt die Flüssigkeit bis nahe über denselben ab, füllt wieder mit heissem Wasser, schüttelt um, und wiederholt dies so oft, bis das schwefelsaure Alkali ausgewaschen ist. Das kohlen saure Eisen spült man dann mit wenig Wasser in einem dichten leinenen Beutel, presst es stark aus, und trocknet es am besten unter der Luftpumpe. Als ein wirksames Mittel die Oxydation zu hemmen wird oft Zucker angegeben, und dem Auflösungs- und Ausfällungswasser ein wenig Zucker oder weisser Honig zugesetzt, auch der Pressbeu-

tel damit getränkt und das Präparat damit aufbewahrt (Ferrum carbonicum saccharatum). Pharm. Centralbl. 1841. S. 577. 1844. S. 108.

Eigenschaften. Ein gutes Präparat sieht inwendig blassgrün aus, aussen ist es immer dunkler, mit Säuren braust es stark auf, an der Luft absorbirt es so heftig Sauerstoff, dass es sich dabei erhitzt, weshalb es sorgfältig beim Aufbewahren vor Luftzutritt muss geschützt werden. In kohlenensäurehaltigem Wasser löst es sich auf; dergleichen natürliche Auflösungen sind die Stahlwasser, z. B. Pymont, Carlsbad, Teplitz, Marienbad, Driburg, Ems, Reinerz, Altwasser und viele andere. Künstlich kann man dergleichen Wasser dadurch hervorbringen, dass man den zur Darstellung des kohlen-sauren Eisens erforderlichen Materialien noch Schwefelsäure und einen Ueberschuss an kohlen-saurem Alkali zufügt, wodurch Kohlen-säure entwickelt, und dem Wasser mitgetheilt wird. Ueber Bereitung eines kohlen-sauren Eisenwassers zu Bädern und zum Trinken von Artus s. Pharm. Centralblatt 1843. S. 255. 264. B.

**Kohlen-saures Kali**, a) neutrales, *Ka*  $\ddot{C}$ . — In 100:68,09 Kali; 31,91 Kohlen-s. — Gewinnung. Das kohlen-saure Kali wird nur aus Pflanzenasche gewonnen, welche, wenn sie von saftigen Pflanzentheilen herrührt, im Allgemeinen einen grösseren Reichthum an diesem Salze enthält als Holz-asche. Dessenungeachtet wird das meiste kohlen-saure Kali aus eingäscherten Hölzern gewonnen, weil diese in menschenleeren Gegenden, wie im nördlichen Europa und Amerika einen sehr geringen Werth haben, der sich durch die Asche schon bezahlt macht. Krautartige Gewächse würden nur auf uncultivirtem Boden ohne Nachtheil zu diesem Zwecke verwendet werden können, wie die Steppenpflanzen im südlichen Russland; denn wollte man dazu Pflanzen von urbarem Acker nehmen, so würde demselben so viel Kali entzogen, als in der gewonnenen Asche befindlich ist, und bei einer neuen Aussaat würden die keimenden Gewächse das zu ihrer Entwicklung erforderliche Kali nur spärlich oder gar nicht vorfinden. In Weinländern werden auch die Hefen und Weintrester zu Asche verbrannt, und in manchen Gegenden auch, wo Indigo angebaut wird, die nach Abscheidung des Farbstoffs rückständigen Blätter und Stengel.

Um aus der Asche das kohlen-saure Kali abzuscheiden laugt man dieselbe aus, was am vortheilhaftesten dadurch bewirkt wird, dass man die Asche gehörig befeuchtet, um feste Stücke aufzulockern und eine gleichförmige Durchdringung des Auslaugewassers zu veranlassen, dann die Asche auf Fässer (Aescher) bringt, welche einen doppelten Boden haben, von denen der obere siebartig durchlöchert ist und mit Stroh bedeckt wird. Hierauf giesst man Wasser auf, welches durch die Asche dringt, das Auflösliche daraus aufnimmt, und sich in dem Raum zwischen beiden Boden ansammelt, aus welchem es abgelassen werden kann. Da ein einmaliges Auslaugen nicht alles kohlen-saure Kali aus der Asche entfernt, so giesst man zum zweiten Male Wasser auf, und benutzt die erhaltene schwache Lauge, um einen frischen Aescher damit auszuziehen, wodurch sie concentrirter wird. Nöthigenfalls laugt man den Aescher zum dritten Mal aus und gebraucht die Lauge wiederum zum Extrahiren eines neuen

Aeschers. Den Rückstand in den Fässern gebraucht man zu Bouteilenglas und als Düngmittel.

Die gewonnenen concentrirten Laugen werden nun in gusseisernen Pfannen so weit eingedampft, dass man nach dem Erkalten eine krystallinische Salzmasse erhält, welche man vollends eintrocknet. Sie enthält ausser kohlen-saurem Kali auch die übrigen in der Asche befindlichen löslichen Substanzen, als schwefelsaures und kieselsaures Kali, Chlorkalium, auch wohl phosphorsaures, mangansaures, doppelt kohlen-saures Kali u. s. w., ferner verschiedene unlösliche Stoffe, namentlich Kieselsäure, Eisenoxyd, phosphorsaure und kohlen-saure Kalkerde und Bittererde, das Ganze braun gefärbt von brenzlichen organischen Ueberresten. Um die letzteren zu entfernen und die noch vorhandenen Reste Wasser zu vertreiben, glüht man die rohe Salzmasse (rohe Pottasche) auf einem Flammenherd, auf welchem alles Organische verbrennt, und eine weisse Salzmasse zurückbleibt, welche indess oft durch die erwähnten Beimischungen bläulich, grau oder gelblich gefärbt wird. Da dieses Ausglühen früher in eisernen Töpfen, Pot genannt, vorgenommen wurde, so nannte man das erhaltene Product Pottasche, gegenwärtig auch calcinirte Pottasche.

Aus dem Vorstehenden erhellt, dass auch die calcinirte Pottasche noch ein sehr unreines kohlen-saures Kali ist, was sich indess durch wiederholtes Auflösen in wenig kaltem Wasser, Abseihen und Eindampfen einigermaßen reinigen lässt (gereinigte Pottasche), indem die unlöslichen oder schwerlöslichen Bestandtheile dabei zurückbleiben. Will man die Pottasche zur Glas- oder Alaunfabrikation gebrauchen, wo es besonders auf den Kaligehalt und nicht gerade auf die Quantität an kohlen-saurem Kali ankommt, so ist ein grosser Theil der Beimengungen eher nützlich als schädlich; kommt aber, was sehr oft der Fall ist, nur das kohlen-saure Kali allein in Betracht, so ist es natürlich von Wichtigkeit, den Werth der Pottasche sogleich in dieser Beziehung feststellen zu können, worüber der Artikel Alkalimetrie nachzusehen ist.

Um ganz reines kohlen-saures Kali zu erhalten, verschafft man sich reines oxalsaures oder saures weinsteinsaures Kali (Weinstein), glüht dieselben in einem Tiegel aus Platin oder Silber, bis keine Dämpfe sich mehr entwickeln, und laugt den kohligen Rückstand mit destillirtem Wasser aus. Die filtrirte Auflösung kann man in einem silbernen Tiegel eindampfen, wenn man das Salz in fester Form haben will.

**Eigenschaften.** Das kohlen-saure Kali ist ein weisses, an der Luft zerfliessliches Salz, welches sich sehr leicht in Wasser auflöst, und aus einer concentrirten Auflösung in rhombischen Octaëdern mit 2 Atomen oder 20,6 Procent Wasser krystallisirt. In Weingeist ist es wenig löslich, es schmeckt und reagirt alkalisch, und schmilzt erst in heftiger Glühhitze ohne Kohlensäure zu verlieren. Specif. Wärme des geschmolzenen nach Regnault 0,21623.

Das reine kohlen-saure Kali gebraucht man nur in der Chemie zu analytischen Untersuchungen und zur Darstellung des reinen Kalis; zu allen anderen Zwecken, zur Darstellung chemischer Präparate, zum Färben, Bleichen, Seifensieden u. s. w. gebraucht man je nach Umständen gereinigte oder calcinirte Pottasche.

b) *Anderthalb kohlen-saures Kali,  $K_2C_2O_4$ .* — In 100: 58,72 Kali; 41,28 Kohlensäure — entsteht, wenn doppelt kohlen-saures Kali anhaltend gekocht wird. Beim Abdampfen erhält man ein krystall-sirtes an der Luft feucht werdendes Salz.

c) *Doppelt kohlen-saures Kali,  $K_2C_2O_4 + H_2O$ .* — In 100: 47,00 Kali; 44,04 Kohlensäure; 8,96 Wasser. — Dieses Salz entsteht leicht, wenn man Kohlensäure in eine Auflösung von gereinigter Pottasche oder auf geglühten Weinstein leitet, und diesen, der das Gas mit solcher Heftigkeit absorbiert, dass er sich dabei erhitzt, auslaugt. Beim langsamen Verdampfen krystallisirt das Salz aus der Auflösung heraus. Das Salz bildet sich auch, wenn Kali- oder Pottaschenlösung einer kohlen-säurereichen Atmosphäre ausgesetzt ist; ferner auch, wenn man zur Darstellung von essigsäurem und weinsteinsäurem Kali Pottasche mit Essigsäure oder Weinsteinsäure nur unvollkommen sättigt, wo sich dann die freiwerdende Kohlensäure mit dem noch unzer-setzten kohlen-sauren Kali verbindet.

Das doppelt kohlen-saure Kali schießt in luftbeständigen Krystal-len an, denen oft Kieselsäure anhängt, welche aus der Pottasche mit-gefällt wurde, und durch erneutes Auflösen und Filtriren der Kry-stalle völlig geschieden werden kann. Es hat einen wenig alkalischen Geschmack, bedarf sein gleiches Gewicht kalten Wassers zur Auflö-sung, von heissem weniger. Beim Kochen verliert es Kohlensäure. Man gebraucht das doppelt kohlen-saure Kali in der Medicin, auch zur Darstellung von reinem einfach kohlen-sauren Kali; indem man es fast bis zum Glühen in einem Platintiegel erhitzt. B.

**Kohlen-saure Kalkerde,  $CaC_2O_4$ .** In 100 Th.: 56,29 Kalk-erde; 43,71 Kohlensäure. — *Vorkommen.* Die kohlen-saure Kalk-erde gehört zu den in der Natur am häufigsten vorkommenden Sub-stanzen, und zwar in allen drei Reichen der Natur. Sie ist ein wes-entlicher Bestandtheil der Knochen der Wirbelthiere, die Hauptmasse der Schalen der Mollusken, Strahlthiere und des kalkigen Ueberzugs vieler Wassergewächse, z. B. in der Gattung Chara. In den ansehnlich-ten Massen und in der grössesten Mannigfaltigkeit findet sie sich je-doch im Mineralreich. Sie liefert ein ausgezeichnetes Beispiel von Dimorphie in dem Arragonit und Kalkspath, welche beide kohlen-saurer Kalk sind und Krystallformen haben, die nicht von einander ableitbar sind. S. Arragonit.

Der Kalkspath ist die formenreichste Mineralgattung, von wel-cher Bournon nahe an 700 Abänderungen aufgeführt hat, deren Grundform ein Rhomboëder von  $105^\circ 5'$  in den Endkanten ist. Paral-lel den Flächen desselben ist der Kalkspath sehr leicht spaltbar. Da geringe Mengen der Kalkerde nicht selten durch isomorphe Basen, z. B. Talkerde und Eisenoxydul vertreten sind, so ändert sich ge-wöhnlich mit diesen der angeführte Neigungswinkel ein wenig, z. B. hat der Kalkspath aus der Gegend von Prag nur  $105^\circ 5'$ . (Pogg. Annal. LI. 506.) Ausser dem im Ganzen seltenen Grundrhomboëder sind verschiedene spitzere und stumpfere, so wie sechsseitige Säulen die vorherrschenden Gestalten beim Kalkspath. Beim Erhitzen dehnt sich nach Mitscherlich's Untersuchung das Rhomboëder, welches

die Kerngestalt bildet, in verschiedenen Richtungen ungleich aus, und zwar so, dass es dadurch dem regulären Krystallsystem sich nähert. (Pogg. Annal. XX. 256.) Der Kalkspath bildet eine eigene zwischen Steinsalz und Flussspath liegende Härtestufe, sein specif. Gew. 3,72, seine specif. Wärme (nach Regnault) 0,20858, (bei weissem körnigem Marmor 0,21585, bei grauem körnigem Marmor 0,20989; bei weisser Kröide 0,21485). Beim Arragonit ist das specif. Gew. 2,95, die specif. Wärme 0,20850. — Fundorte schöner Kalkspathkrystalle sind Andreasberg, Klausthal und Iberg am Harz, Freiberg, Joachims- thal und andere Orte im Erzgebirge, Derbyshire und Cumberland, und Island. — Man gebraucht den Kalkspath zur Ausbringung der Erze auf Schmelzhütten und den reinen weissen zur Darstellung chemischer Präparate, zu denen reine kohlen-saure Kalkerde erforderlich ist.

Der Marmor ist ein körnig krystallinischer kohlen-saurer Kalk, der ausgedehnte lagerartige Massen im Urgebirge bildet, und von weisser, grauer, rother oder blauer Farbe ist. Den weissen verwendet man zu Bildhauerarbeiten, worauf sich auch der Name Statuen- marmor bezieht, den bunten und geaderten zu architektonischen Zwecken. Berühmt sind die Marmorbrüche von Carrara, Paros, dem Pentelikon und anderen Orten in Italien und Griechenland. Dass der Marmor an der Luft allmählig verwittert und der weisse gelblich wird, wie die antiken Statuen zeigen, ist bekannt. Der weisse Marmor ist wie der ungefärbte Kalkspath fast reine kohlen-saure Kalkerde.

Kalkstein heisst der dichte, im Bruch splittrige kohlen-saure Kalk, welcher gewöhnlich mit Thon-, Eisen- und anderen Metalloxyden vermischt und davon auf das mannigfaltigste gefärbt ist. Daher sind denn auch Härte und specif. Gewicht hier ziemlich veränderlich, und oft geringer als beim Kalkspath. Ist die Farbe schön und nimmt der Stein eine gute Politur an, so wird gleichfalls solcher Kalkstein Marmor genannt, und zu Prachtbauten, Vasen, Tischplatten u. dgl. verwendet. Hierzu gehören auch der Dendriten- und Ruinen- marmor, von denen jener baumartige, dieser ruinenförmige Zeichnungen, durch Infiltrationen metallhaltiger Auflösungen entstanden, zeigt; ferner der Muschelmarmor, welcher irisirende Muschelschalen einschliesst. Auch der lithographische Stein ist ein gelblich weisser, schiefriger Kalkstein, welcher zu Solenhofen in Baiern, zu Salins und an andern Orten in Frankreich vorkommt, und wie der Name andeutet, zur Lithographie gebraucht wird. Den gewöhnlichen Kalkstein benutzt man zu Bau- und Pflastersteinen, zur Beschickung der Erze, und zur Gewinnung der ätzenden Kalkerde im Grossen für den Gebrauch der Maurer, Gerber u. s. w. Ein mit organischen Stoffen gemengter Kalk ist der Stinkstein, welcher beim Reiben oder Schlagen einen brenzlichen (bituminösen) Geruch entwickelt; er hat meist eine braune oder rauchgraue Farbe und findet sich z. B. in Thüringen, am Südrande des Harzes und im Mansfeldischen. Endlich kann man auch den Mergel hierher ziehen, der einen sehr bedeutenden Gehalt an Thon hat, theils fest und dickschiefrig, theils erdig vorkommt, und im ersten Fall die Namen verhärteter Mergel, Mergelschiefer, im letzten Mergelerde führt. Gewisse Mergelarten geben einen unter Wasser erhärtenden Mörtel und heissen dann Cämentstein oder hydraulischer Kalk. Vergl. Cäment, Mörtel.

Im erdigen Zustand bildet der kohlen saure Kalk zwei Mineralien, die Kreide und die Bergmilch, von denen erstere sehr ausgedehnte und mächtige, an Versteinerungen reiche Lager im nördlichen Deutschland, in Frankreich, England und Dänemark bildet. Sie ist weiss, gelblich oder röthlich, undurchsichtig, matt und erdig im Bruch; sie fühlt sich rau an und färbt ab. Thon, Eisenoxyd und Sandkörnchen finden sich in geringer Menge wohl immer darin. Der Nutzen der Kreide ist ansehnlich. Um damit auf Holz u. dgl. zu schreiben, nimmt man bekanntlich entweder rohe Bruchstücke oder bringt sie mittelst Sägen in Form von Stiften, unter denen die besten aus zerstossener und dann geschlämmter Kreide geformt werden. Gesiebte und geschlämmte Kreide dient ferner als Anstrich, als Malerfarbe und zum Grundiren auf Holz, welches mit Blattgold belegt werden soll, weil das Gold auf einem mit Kreide und Leimwasser hergestellten Grunde besser haftet. Kreide wird auch gebrannt, um ätzende Kalkerde daraus zu gewinnen und, wo sie hinreichend fest vorkommt, auch selbst als Baustein benutzt, jedoch nur, wo sie der Witterung nicht zu sehr ausgesetzt ist. Diese und noch mancherlei andere Anwendungen machen die Kreide zu einem sehr schätzbaren Mineral.

Die Bergmilch bildet flockige, poröse, aus staubartigen Theilen zusammengesetzte Massen von weisser, grauer oder röthlicher Farbe, gemeinlich als Ueberzüge oder Anflüge auf anderen Mineralstoffen vorkommend. Sie ist ein Product der Verwitterung des Kalkpaths oder entstanden aus dem Niederschlag kalkhaltigen Wassers, besonders in Klüften und Höhlen im Kalksteingebirge.

Ueber Kalksinter, Kalktuff u. s. w. s. weiter unten.

Eigenschaften. In der Glühhitze verliert der kohlen saure Kalk die Kohlensäure (s. Kalkerde); befindet er sich aber dabei unter einem starken Druck, so dass die Kohlensäure nicht entweichen kann, so schmilzt er, und nimmt beim Erstarren das krystallinisch körnige Gefüge des Marmors an (J. Hall.). Reines Wasser vermag nicht den kohlen sauren Kalk aufzulösen, enthält es aber Kohlensäure, was mit dem gewöhnlichen Brunnenwasser in der Regel der Fall ist, so wird doppelt kohlen saurer Kalk gebildet, der in Wasser auflöslich ist. Verliert das Wasser an der Luft oder beim Erwärmen diese zweite Hälfte Kohlensäure durch Verdunstung, was sehr leicht geschieht, so setzt sich der nun unlöslich gewordene Kalk wieder ab, und erhält, je nach der Form, die er dabei annimmt, verschiedene Namen. Bildet er rundliche, krystallinische Zapfen, so heissen diese Stalactiten, krystallinische blättrige Ueberzüge Kalksinter, kalkige Inkrustationen auf Moos, Pflanzenstengeln und anderen Dingen Kalktuff. Eisenblüthe, Erbsenstein und Sprudelstein (s. diese) sind eigenthümlich geformte Kalkbildungen aus heissen Quellen, und deshalb zum Arragonit (s. diesen) gehörig. Aber nicht allein in der Natur finden sich derartige kalkige Niederschläge, auch das in Gefässen erhitze gewöhnliche Quellwasser setzt Kalk ab, welcher die Gefässwände überzieht, und den Pfannen- oder Kesselstein (von Unkundigen mit Unrecht Salpeter genannt) bildet, der zu ansehnlichen Krusten in den Gefässen sich verdickt, und von Zeit zu Zeit entfernt werden muss, weil er die Wärmeleitung behindert, und deshalb, namentlich bei metallenen Gefässen, ein baldiges Durchbrennen herbeiführt. Be-

stände der Kesselstein nur aus kohlensaurem Kalk, so könnte man ihn leicht durch schwache Salzsäure auflösen und entfernen; da er jedoch oft auch Gyps (der in Wasser sehr schwer löslich ist, und sich daher leicht daraus abscheidet) einschliesst, ja in manchen Fällen hauptsächlich daraus besteht, so wird der Kesselstein gewöhnlich ausgeklopft, was aber z. B. bei Dampfkesseln sehr lästig ist. Um die Bildung des Kesselsteins zu verhüten hat man vorgeschlagen, schleimige Substanzen, z. B. gekochte Kartoffeln in das Wasser der Dampfkessel zu bringen, oder man reibt das Innere der Kesselwände mit einer aus Talk und Graphit bestehenden Mischung aus; im ersten Fall bleiben die Kalktheilchen im Wasser suspendirt, im letzten setzen sie sich nicht fest der Wandung an. — Einen interessanten Fall, wo in einem Kalksinter Lagen von Kalkspath und Arragonit dreizehn Mal mit einander abwechseln, beschreibt Breithaupt Pogg. Annal. LIV. 156.

**Verbindungen.** Kohlensaure Kalkerde kann auch in wasserhaltigen Krystallen erhalten werden. Wenn man eine Auflösung von 1 Th. Kalkerde und 3 Th. Zucker in 6 Th. Wasser an der Luft stehen lässt, so zeigen sich schon nach 48 Stunden kleine Krystalle, die im Verlauf mehrerer Wochen an Zahl und Grösse sehr zunehmen. Sie bilden scharfe Rhomboëder, sind weiss, geschmacklos, unlöslich in Wasser, und sind unter Einfluss der Kohlensäure der Luft aus der Kalkerde entstanden. Specif. Gew. 1,783 bei 10° C. Bei 28° und darüber verlieren sie ihr Krystallwasser, weshalb sie sich auch nur in niedrigerer Temperatur bilden können. Sie enthalten 47 (nach Barreswil genauer 51,4) Procent oder 5 Atome Wasser. Dieselbe Verbindung ist auch in einer kupfernen Pumpenröhre abgesetzt gefunden worden. Kocht man die Krystalle mit starkem Alkohol, so werden sie matt, und enthalten nach dem Trocknen nur noch 3 At. Wasser. (Pogg. Annal. XXIV. 242. 575. XXXV. 515.)

Mit kohlensaurem Natron giebt der kohlensaure Kalk den Gay-Lussit (s. d.), mit kohlensaurer Baryterde den Baryto-Calcit (s. d.) und mit kohlensaurer Talkerde den Bitterkalk (s. d.), der wegen seines häufigen Vorkommens und seiner Anwendung besonders merkwürdig ist.

B.

**Kohlensaures Kobaltoxydul.** Das neutrale Salz ist noch nicht dargestellt; es entsteht nicht, wie Berzelius vermuthete, durch Kochen einer Lösung von Kobaltoxydul in freier Kohlensäure. Die Farbe der, auf verschiedene Weise bereiteten Carbonate variirt vom hellen Rosenroth bis zum tiefen Kornblau; an der Luft dargestellt wird die Farbe durch höhere Oxydation schmutzig, die blaue grasgrün. Nach Beetz können unter den vielen, durch Mischung verschiedener Salze gebildeten Zusammensetzungen folgende mit ziemlicher Wahrscheinlichkeit als wirkliche Verbindungen hingestellt werden (Pogg. Annal. LXI. 500):

1) Das schon von Setterberg und von Winkelblech erhaltene und analysirte rosenrothe Salz, welches durch kohlensaures Alkali aus einer Kobaltoxydulösung kalt gefällt, und durch Kochen einer Lösung von Kobaltoxydul in Kohlensäure oder Natronbicarbonat, oder kohlensaurem Ammoniak abgesetzt wird =  $\dot{C}o^{\circ} \ddot{C}^{\circ} \dot{H}^{\circ}$ .

37 \*

2) Ein hell rosenrother Niederschlag, den man durch kalte Fällung einer Kobaltoxydullösung mit doppelt kohlen-saurem Natron erhält =  $\text{Co}^4 \text{C}^3 + \text{H}^4$ .

3) Ein kornblauer Niederschlag, erhalten durch Mischung kochender Lösungen eines Kobaltoxydulsalzes und eines kohlen-sauren Alkalis =  $\text{Co}^4 \text{C}^3 \text{H}^4$ .

Die violetten Niederschläge, welche man unter manchen Bedingungen erhält, sind Gemische aus diesen Carbonaten, und zeigen Abweichungen in der Zusammensetzung. Bz.

**Kohlen-saures Kupferoxyd**, ist im neutralen Zustand nicht bekannt, kommt aber in der Natur in zwei basischen wasserhaltigen Verbindungen vor, als Malachit und Kupferlasur.

1. Halbkohlen-saures Kupferoxyd (Malachit, von *μαλάχη*, Malve, in Bezug auf die Farbenähnlichkeit).  $\text{Cu}_2 \text{C} + \text{H} = \text{Cu} \text{C} + \text{Cu} \text{H}$ . In 100 Th.: 71,82 Kupferoxyd; 20,03 Kohlensäure; 8,15 Wasser. Der Malachit krystallisirt in schiefen rhombischen Säulen von  $103^\circ 42'$ , mit einem der schrägen Endfläche parallel laufenden sehr vollkommenen Blätterbruch. Krystalle sind jedoch sehr selten, gewöhnlich findet sich der Malachit als fasrige oder nadelförmige, traubige, nierenförmige oder stalactische Massen von smaragd- bis spangrüner Farbe. Bisweilen bildet er Pseudomorphosen von Kupferlasur, oder Rothkupfererz und überzieht meist als ein mehr oder minder dichter staubartiger Anflug andere Kupfererze, aus deren Verwitterung er sich bildet. Er ist durchscheinend bis undurchsichtig, glas- bis demantglänzend, spröde und etwas härter als Kalkspath; specif. Gew. 3,8—4. Vor dem Löthrohr auf Kohle wird er schwarz, schmilzt und reducirt sich zu Kupfer. Mit Säuren braust er auf, in einem Glasrohr erhitzt giebt er Wasser.

Den Malachit findet man auf Gängen und Lagern im älteren und neueren Gebirge, gewöhnlich andere Kupfererze und Brauneisenstein begleitend. In vielen Fällen scheint er nur ein secundäres Erzeugniss zu sein, hervorgegangen aus der Zersetzung anderer Kupfererze, welche der oft in grosse Tiefen dringenden Wirkung von Wasser und Luft ausgesetzt waren. Malachit kommt u. a. vor zu Dillenburg in Nassau, zu Rheinbreitenbach in der Rheinprovinz, zu Zellerfeld am Harz, Kamsdorf bei Saalfeld, Chessy bei Lyon, in Cornwall, am ausgezeichneten aber in Sibirien bei Katharinenburg und Kolywan. Im Jahre 1835 wurde in den Gruben zu Nischne-Tagilsk eine Malachitmasse entdeckt, welche 16,2 Par. Fuss lang, 7,5 Fuss breit, 8,6 Fuss hoch und 12—14000 russische Pfund schwer ist. Bei ihrer Auf-findung zeigte sie keine Sprünge und sollte deshalb zu einem Kunstwerk dienen.

Den rein gefärbten fasrigen Malachit zerreibt man um eine schöne grüne Malerfarbe (Berg- oder Mineralgrün) daraus zu gewinnen; der feinfasrige und dichte wird geschliffen, und zu Vasen, Tischplatten, Dosen, Ohrgehängen und anderen Bijouterien verarbeitet; ausserdem werden diese und alle übrigen Varietäten auf Kupfer verschmolzen.

Wenn man ein neutrales auflöslisches Kupfersalz z. B. schwefel-

saures Kupferoxyd mit einem kohlelsauren Alkali fällt, so erhält man einen blaugrünen Niederschlag, der beim Auswaschen mit kochendem Wasser dichter und schön grün wird. Er hat dieselbe Zusammensetzung wie der Malachit und wird als Farbe benutzt. So sind das Bremer- und Braunschweigergrün kohlelsaures Kupfer, versetzt mit Thonerde oder kohlelsaure Talkerde, um das Präparat lockerer zu machen. Die innige Vermischung erreicht man dadurch, dass die Auflösung des Kupfersalzes vor der Fällung mit Alaun oder Bittersalz vermischt wird. Wäscht man den Niederschlag von kohlelsaurem Kupferoxyd anhaltend mit siedendem Wasser, so wird er braun und zuletzt schwarz, indem er sich in Kupferoxyd verwandelt. Der grüne Ueberzug, den Kupfer und kupferreiche Legirungen an feuchter Luft mit der Zeit annehmen, und der oft, jedoch mit Unrecht, Grünspan genannt wird, ist dieselbe hier beschriebene Verbindung.

2. Zweidrittel kohlelsaures Kupferoxyd (Kupferlasur),

$Cu, C_2 + H = 2Cu C + Cu H$ . In 100 Th.: 79.27 Kupferoxyd; 14.74 Kohlelsäure; 5.99 Wasser. Die Kupferlasur krystallisirt in schiefen rhombischen Säulen von  $99^\circ 32'$ . Die Krystalle sind meist kurz, un- deutlich spaltbar und gewöhnlich in Gruppen zusammengeläuft. Ausser krystallisirt findet sich die Kupferlasur auch in traubigen, nierenförmigen, faserigen Massen, dicht, eingesprengt und erdig; sie ist lasur- und smalteblau, durchscheinend oder undurchsichtig, spröde, glasglänzend oder matt, von Härte des Flusspaths oder etwas darunter. Specif. Gew. 3.8. Gegen Säuren und beim Erhitzen verhält sich Kupferlasur wie Malachit.

Die Kupferlasur findet sich auch an den bereits beim Malachit erwähnten Orten. Man gebraucht sie zur Kupfergewinnung, besonders aber, wenn sie rein ist, zur Darstellung einer schönen blauen Farbe, Berg- oder Mineralblau. B.

**Kohlelsaures Manganoxydul,  $Mn C$ .** In 100 Th.: 61.73 Manganoxydul; 38.27 Kohlelsäure. — Kommt als Mineral unter dem Namen Manganspath vor. Derselbe ist isomorph mit Kalkspath, und krystallisirt in einem Rhomboëder, dessen Endkantenwinkel  $106^\circ 52'$  beträgt und parallel dieser Grundform vollkommen spaltbar ist. Die Krystalle sind oft krummflächig, die derben Massen kuglig, nierenförmig, faserig und dicht. Farbe röthlichweiss bis fleischroth. Specif. Gew. 3.5. Härte der des Flusspaths gleich oder etwas darüber. Vor dem Löthrohr wird das Mineral grünlichgrau oder schwarz. Der Manganspath enthält immer Kalkerde, oft auch Eisenoxydul, welche mit dem Manganoxydul isomorph sind, daher die oben angegebene Zusammensetzung nur eine berechnete ist. Man findet ihn zu Freiberg, bei Elbingerode, zu Kapnik und Nagyag in Ungarn u. s. w.

Künstlich erhält man das kohlelsaure Manganoxydul, wenn man ein auflösliches Salz des Manganoxyduls mit kohlelsaurem Kali fällt. Der Niederschlag ist weiss, wird mit der Zeit an der Luft braun, und verliert beim Glühen die Kohlelsäure. Kohlelsaures Manganoxydul ist in kohlelsäurehaltigem Wasser auflöslich und daher auch oft im Brunnenwasser enthalten. B.

**Kohlensaures Natron**, a) neutral, (Soda),  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . In 100 Th. : 58,58 Natron; 41,42 Kohlensäure. Das kohlensaure Natron ist ein Bestandtheil vieler Mineralquellen, namentlich der heissen, wie Carlsbad, Burtscheid, Geysir u. s. w.; es wittert ferner hier und dort aus vulkanischen Gesteinen aus, z. B. zu Andernach am Laacher See, so wie aus feuchten Mauern, in denen es sich durch die gegenseitige Einwirkung des kohlensauren Kalkes und des aus den Haushaltungen herrührenden Kochsalzes bildet. Bei dem ausserordentlich grossen Bedarf an Soda für gewerbliche Zwecke genügt indess die in der Natur vorkommende Menge durchaus nicht, weshalb alle im Verkehr befindliche Soda ein Kunstproduct ist.

**Gewinnung.** Es giebt hauptsächlich zwei Methoden kohlensaures Natron zu fabriciren. Die eine besteht darin, dass man die am Meeresgestade wachsenden Pflanzen zu Asche verbrennt, und aus dieser das Salz auslaugt, wie es an den Küsten des mittelländischen und atlantischen Meeres geschieht; die andere beruht auf der Umwandlung des Kochsalzes in kohlensaures Natron. Jenes ist das ältere Verfahren, das aber hinsichtlich seiner Ergiebigkeit von dem anderen neueren bei weitem überflügelt wird.

Die am Strande wachsenden Pflanzen enthalten unter ihren unorganischen Bestandtheilen mehr oder weniger Natron gebunden an organische Säuren, welche bei der Verbrennung der Pflanze in Kohlensäure übergehen. Ausser den im Meere selbst vegetirenden Tangarten (*Fucus*) sind es besonders Arten aus den Gattungen *Salsola*, *Salicornia*, *Atriplex*, *Mesembrianthemum* u. a., welche auf die gedachte Weise verwendet und dazu selbst in einigen Gegenden cultivirt werden. Behufs der Sodagewinnung werden die Strandgewächse abgemäht, der Tang zur Ebbezeit ans Land gebracht und am Strande getrocknet. In Gruben von etwa 4 Fuss Weite und nahe ebenso tief, zündet man mit Reisholz Feuer an, in welches man die gedörrten Kräuter hineinwirft, damit sie zu Asche werden. Indem das Feuer mehrere Tage lang unterhalten wird, steigert sich die Hitze so sehr, dass die Asche in Fluss geräth und nach dem Erkalten eine harte, schlackenähnliche Masse von grauer oder brauner Farbe bildet, welche eigentlich den auch auf das gereinigte kohlensaure Natron übergegangenen Namen Soda führt. Die hauptsächlichsten Bestandtheile derselben sind ausser kohlensaurem Natron, schwefel- und unterschwefligsaures Natron, Chlor-, Brom-, Jod- und Schwefelnatrium, ähnliche Kaliverbindungen, kohlensaurer und phosphorsaurer Kalk, Schwefelcalcium und Schwefeleisen, Thonerde, Kieselsäure und kohligte Ueberreste.

Der Gehalt dieser Asche an kohlensaurem Natron ist nach der Gegend, wo sie erzeugt wurde, sehr verschieden. Die beste kommt aus Spanien, und wird in der Gegend von Alicante, Carthagenä u. s. w. aus *Salsola soda*, die daselbst jährlich ausgesät wird, gewonnen. Sie heisst *Barilla*, und hat 25 — 30 Procent kohlensaures Natron. Bei Narbonne im südlichen Frankreich gewinnt man auf dieselbe Weise durch den Anbau der *Salicornia annua* das *Salicor*, welches etwa 15 Proc. kohlensaures Natron enthält. Aus wild wachsenden Seepflanzen wird in der Gegend von Aigues-mortes die *Blanquette* producirt mit 3—8 Proc. kohlensaurem Natron. Die an der Küste der

Normandie gewonnene Soda heisst Varec, die an den Küsten von England, Schottland, Irland und den benachbarten Inseln Kelp. Der Gehalt an kohlen-saurem Natron steigt beim Kelp selten über 2 Procent und fehlt im Varec fast ganz. Diese Sodasorten, wenn man sie noch so nennen will, finden nur wegen ihres Gehalts an Kochsalz und Kalisalzen noch Anwendung, besonders in Glashütten und Seifensiedereien, auch zur Jodgewinnung. S. Jod.

Der immer steigende Bedarf an Soda rief schon gegen Ende des vorigen Jahrhunderts verschiedene Methoden ins Leben, das aus den Pflanzen erhaltene, aber nicht mehr genügende Sodaquantum zu erhöhen und die Binnenländer von den Küstenländer unabhängig zu machen. Unter allen diesen Methoden hat sich keine so bewährt, wie die von Leblanc, welcher dieselbe mit Dizé und Shee im Grossen ausführte. Obgleich sie im Einzelnen manche Verbesserung erfahren hat, ist sie im Ganzen noch dieselbe und besteht darin, dass Kochsalz (Chlornatrium + Wasser = salzsaures Natron) mittelst Schwefelsäure in schwefelsaures Natron verwandelt und dieses durch kohlen-sauren Kalk zerlegt wird.

Die Darstellung des schwefelsauren Natrons wird in einem langen Ofen von der Construction der Flammöfen vorgenommen, der zwei Abtheilungen hat und am Boden mit Bleiplatten ausgelegt ist. In der hinteren Abtheilung, welche der Feuerung ferner liegt und mit der Esse in unmittelbarer Verbindung steht, wird Kochsalz ausgebreitet und mittelst eines bleiernen Trichters eine dem Salzquantum ungefähr gleiche Menge gewöhnlicher Schwefelsäure von oben eingeführt. Sobald die Zersetzung vollendet ist und die Gasentwicklung aufgehört hat, kommt die Masse in die vordere heissere Abtheilung des Ofens, in welcher alle Feuchtigkeit und überflüssige Schwefelsäure ausgetrieben wird. Ein grosser Uebelstand hierbei ist die Chlorwasserstoffsäure, welche durch die Einwirkung der Schwefelsäure auf das Kochsalz entsteht, und, indem sie gasförmig entweicht, nicht allein dem Menschen sehr beschwerlich sondern auch der Vegetation der Umgegend verderblich wird. Kann man die Säure verwerthen, was aber nicht überall der Fall ist, so lässt man den Rauch durch mehrere mit Wasser gefüllte Gefässe (Woulffischer Apparat) gehen, in welchen das saure Gas absorbirt wird, und erhält so Salzsäure; wo diese sich aber nicht mit Vortheil verwenden lässt, hat man versucht durch sehr hohe Schornsteine, durch Einführen des Rauchs in Kalkstein und durch andere Mittel mit mehr oder minder günstigem Erfolg die Säure zu beseitigen.

100 Theile wasserleeres schwefelsaures Natron werden nun mit ebenso viel oder besser mehr, etwa 110 Th. kohlen-saurem Kalk (Kalkstein, Kreide) und 55 Th. Kohle, meist Abfall von Steinkohlen (Kohlenklein) innig gemengt, und zu dem Ende die Materialien zuvor gröblich gemahlen. Die Mischung unterwirft man hierauf in einem Flammherd mässiger Rothglühhitze, wobei die Masse teigig wird, wendet sie wiederholentlich und beendet den Process, wenn die Entwicklung von brennbaren Gasen als Kohlenoxyd und Schwefelwasserstoff aufgehört hat und das Ganze ruhig fliesst. In der Hitze wird das schwefelsaure Natron durch die Kohle in Schwefelnatrium, und dies hierauf durch den kohlen-sauren Kalk in kohlen-saures Natron und

Schwefelcalcium verwandelt. Hat sich vor der letzten Zersetzung bereits ätzende Kalkerde erzeugt, so veranlasst diese die Bildung von ätzendem Natron, welches sich allmählig wieder mit Kohlensäure verbindet. Es muss aber ein sehr bedeutender Ueberschuss an Kalkerde entstehen, damit diese das Schwefelcalcium, welches für sich löslich ist, binde und in Wasser unauflöslich mache. Durch den Sauerstoff der in den Ofen tretenden Luft wird auch ein Theil Schwefelcalcium und Schwefelnatrium oxydirt. — Die erkaltete Masse, rohe Soda, ist grau, schlackig und ein Gemisch von ätzendem und kohlen-saurem Natron, Schwefelnatrium, Kalkerde, Schwefelcalcium, unter-schwefligsaures Natron und unzerlegtem Material. Aus den oben ange-ggebenen 255 Theilen erhält man durchschnittlich 160 Th. rohe Soda, worin nahe 53 Theile reines kohlen-saures Natron enthalten sind.

Zu manchen Zwecken, z. B. zur Seifensiederei, wird die rohe Soda ohne Weiteres verwendet; für viele andere aber reinigt man sie dadurch, dass man die zusammengesinterten Stücke durch Mühlsteine zerkleinert, dann aufweicht und in Laugefässern, die terrassenförmig übereinander stehen, mit Wasser auszieht. Bei dieser Anordnung der Auslaugegefässe hat man den Vortheil, dass die anfangs verdünnte Auflösung sich in den folgenden Bottichen concentrirt, und beim nachherigen Abdampfen nicht durch das Verflüchtigen einer überschüssig grossen Wassermasse zu viel Brennmaterial consumirt wird. Da sich neben dem kohlen-sauren Natron auch die übrigen auflöslichen Salze auflösen, so ist die nach dem Eindampfen erhaltene Salzmasse noch keineswegs reines kohlen-saures Natron; man dampft daher nur so weit ein, bis sich Krystalle von kohlen-saurem Natron ausscheiden, welche man aus der Flüssigkeit herausnimmt und abtropfen lässt, während die fremdartigen Bestandtheile, Aetznatron, Schwefelnatrium, Kochsalz und Glaubersalz grösstentheils der Mutterlauge verbleiben. Um auch das in dieser enthaltene Natron noch zu Gute zu machen, dampft man sie ein und glüht den Rückstand, nachdem man ihn innig mit Sägespähen oder Kohlenklein gemengt hat, einige Stunden in einem Flammenofen, wobei der Schwefel ausgetrieben und aus dem Aetznatron, Schwefelnatrium und schwefel-saurem Natron, kohlen-saures Natron gebildet wird. — Das krystallisirte so gereinigte kohlen-saure Natron kommt unter dem Namen Sodasalz, gereinigtes Soda in den Handel, und kann durch Umkrystallisiren in wenig Wasser in völlig reines kohlen-saures Natron verwandelt werden, was man auch durch Erhitzen des doppeltkohlen-sauren Natrons erhält.

Den aus einer Verbindung von Kalkerde mit Schwefelcalcium bestehenden ausgelaugten Rückstand hat man, um den ansehnlichen Verlust an Schwefel in der Schwefelsäure zu decken, angefangen, durch Salzsäure und Kohlensäure zu zerlegen, wobei Schwefelwasserstoff erhalten wird, welches verbrannt wird, und so schwefligsaures Gas für die Schwefelsäurefabrikation liefert.

Von den übrigen Methoden sei hier noch die Zersetzung des in Südamerika in beträchtlicher Menge vorkommenden salpetersauren Natrons, des Chilisalpeters, durch Pottasche erwähnt, welche in Gegenden, wo letztere billig ist, recht vortheilhaft ist. Indem sich beide

Salze gegenseitig zerlegen, krystallisirt zuerst salpetersaures Kali (Salpeter) aus, und kohlenensaures Natron bleibt in der Mutterlauge.

Eigenschaften. Bei gewöhnlicher Temperatur schießt das kohlenensaure Natron in grossen klaren rhombischen Säulen mit 62,75 Procent oder 10 Atomen Wasser an. In diesem Zustand verwittert und zerfällt es leicht an der Luft unter Verlust von Wasser, schmeckt alkalisch, löst sich in 2 Th. kaltem und 1 Th. kochendem Wasser. Beim Erhitzen schmilzt es leicht in seinem Krystallwasser, nach Austreibung desselben erst in der Rothglühhitze, specif. Wärme des geschmolzenen 0,27275 (Regnault). Krystallisirt das Salz aus einer Auflösung, worin sich Natronhydrat befindet, so schießt es nach Mitscherlich mit 7 Atomen Wasser an, und verwittert nicht. Aus einer gesättigten Solution und bei 30° erhält man es mit 17,74 Procent oder 1 Atom Wasser.

Die Anwendung des kohlenensauren Natrons ist sehr ausgedehnt, da dasselbe fast in allen Fällen die weit schwieriger im reinen Zustand herstellbare Pottasche ersetzen kann.

b) Aderthalb kohlenensaures Natron,  $\dot{N}a, \ddot{C}_3 + 4H = 37,93$  Natron; 40,24 Kohlenensäure; 21,83 Wasser. — Dieses Salz, welches sich an mehreren Orten der Erdoberfläche findet, krystallisirt in schiefen rhombischen Säulen von  $132^\circ 30'$ , und kommt derb, in strahligen Massen vor. Es ist farblos, oder gelblich und weiss, verwittert nicht, schmeckt alkalisch, und verlangt 5 Theile kaltes und 2 Theile siedendes Wasser zur Auflösung. (Poggiale). Specif. Gew. 2,112. Härte zwischen Steinsalz und Kalkspath. Im Kolben erhitzt, schmilzt es in seinem Krystallwasser.

Das anderthalb kohlenensaure Natron findet sich in grosser Menge in der Provinz Sukena im Innern der Barbarei, wo es die Erdoberfläche überzieht und Trona heisst. Aufgelöst ist es enthalten in Seen im Districte Mendrah in Fezzan und westlich vom Delta in Aegypten. Da es nicht verwittert, so wurde es im nördlichen Afrika hie und da zum Bauen benutzt. In Südamerika findet man es gleichfalls in einem See unfern der Stadt Merida in Columbien, aus welchem es die Indianer, wenn es in der heissen Jahreszeit auskrystallisirt, herausholen. Sie nennen es Urao, und gebrauchen es zur Bereitung von Mo, welches ein Gemisch von Urao und eingedicktem Tabakssaft ist, und zur Absonderung reichlichen Speichels und Nervenregung in kleinen Portionen von den Eingebornen in den Mund genommen wird. (Pogg. Annalen V. 367. VII. 101).

Ueber die ägyptischen Natronseen hat Russegger Nachrichten mitgetheilt, aus denen Nachstehendes entnommen ist (Reisen in Europa, Asien und Afrika I. 191.) In dem weiten flachen Thal der Macariuswüste, welche zwischen zwei parallelen Hügelreihen ein Bassin bildet, befinden sich in der Richtung von SO nach NW sechs Seen von ansehnlichem Umfang, aber wenig Tiefe. Sie liegen in geringer Entfernung in einer Reihe und senden sich beim höchsten Wasserstand ihr Wasser zu, welches stark salzig und ungeniessbar ist. Das Steigen und Fallen desselben hängt mit den Veränderungen des Nils zusammen, erfolgt aber viel später als in diesem. Bei dem schnellen Abtrocknen des Wassers im Sommer bildet sich eine mit Salz gemischte Sandkruste und ein Salzniederschlag, die beide

auf rohen Mühlen fein gemahlen, mit Wasser umgerührt und nach dem Klären in Krystallisationströge gebracht werden, von denen bei Russegers Anwesenheit 600 vorhanden waren.

Künstlich bildet sich das anderthalb kohlen saure Natron beim Erhitzen des doppelt kohlen sauren Natrons; eine bestimmte Darstellungsweise ist noch unbekannt. Man wendet die Trona an wie die Soda.

c) Doppelt kohlen saures Natron,  $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4 + \text{H}_2\text{O}$ . In 100 Th.: 37,01 Natron; 52,34 Kohlensäure; 10,65 Wasser. Man erhält dieses Salz auf dieselbe Weise wie das Kalicarbonat, indem man in die Auflösung des neutralen kohlen sauren Natrons Kohlensäure leitet. Es schießt in farblosen, tafelförmigen Krystallen an, schmeckt und reagirt schwach alkalisch, bedarf zur Auflösung 13 Theile Wasser von gewöhnlicher Temperatur, und wird in heissem Wasser unter Verlust von Kohlensäure in anderthalb kohlen saures Natron verwandelt. Man gebraucht es zur Darstellung künstlicher Mineralwasser und verschiedener Pulver, welche beim Uebergiessen mit Wasser moussiren, wie das bekannte Brausepulver, welches ein Gemisch von gleichen Theilen feingeriebener Weinstein säure und doppelt kohlen saurem Natron ist, nebst  $\frac{1}{4}$  Th. basisch kohlen saurer Magnesia. B.

**Kohlen saure Talkerde**, a) neutral,  $\text{MgCO}_3$ . In 100 Th.: 48,31 Talkerde; 51,69 Kohlensäure. — Diese Verbindung kommt im Mineralreich unter dem Namen Magnesit vor gewöhnlich in knolligen, weissen, grauen oder gelblichen, dichten Massen, selten in rhomboëdrischen Krystallen von  $107^\circ 25'$  über den Gipfelkanten, isomorph mit Kalkspath, durchsichtig bis durchscheinend, und von Flussspathhärte oder etwas darüber; specif. Gew. 2,9 bis 3,1. Vor dem Löthrohr ist Magnesit unschmelzbar, mit Säuren befeuchtet entwickelt er nur langsam Kohlensäure. Man findet ihn in ansehnlichen Massen im Serpentin zu Frankenstein in Schlesien, zu Hrubschitz in Mähren, in Steyermark u. a. O. — Der quarzige Magnesit, welcher zu Baudissero und Castellamonte in Piemont in einem kalkartigen Gestein vorkommt, ist ein weisser, mit Opalmasse durchdrungener Magnesit, welcher 12—13 Proc. Kieselsäure enthält, und 2,78 specif. Gew. hat. Man gebraucht den Magnesit unter Umständen zur Darstellung von Kohlensäure, wobei Bittersalz als Nebenproduct, mitunter auch Hauptzweck, gewonnen wird.

Künstlich hat man die wasserfreie kohlen saure Talkerde noch nicht darstellen können. Wenn man die basisch kohlen saure Talkerde in Wasser zerrührt, dann Kohlensäure durchleitet, und das Aufgelöste durch Filtriren vom Ungelösten trennt, so sondern sich aus der Auflösung beim freiwilligen Verdampfen derselben kleine nadelförmige Krystalle ab, welche 38,69 Proc. oder 3 Atome Wasser enthalten, luftbeständig sind und weder von kaltem noch heissem Wasser zersetzt werden. Wenn schwefelsaure Talkerde (Bittersalz) mit kohlen saurem Kali bei gewöhnlicher Temperatur gemischt wird, und die abfiltrirte Flüssigkeit freiwillig verdunstet, so setzen sich daraus Krystalle desselben Salzes ab. Wird dagegen die Flüssigkeit, aus der sich die eben bezeichneten Krystalle abscheiden, einer Temperatur unter  $0^\circ$  ausgesetzt, so schießen neben diesen auch tafelförmige Kry-

stalle an, welche 5 Atome Wasser enthalten, an der Luft verwittern, und hierdurch, wie auch beim Erwärmen selbst unter Wasser in das Salz mit 3 Atomen Wasser übergehen.

b) basisch kohlen-saure Talkerde (*Magnesia alba*), welche im Handel in vierseitigen prismatischen Stücken vorkommt, die beim Zerreiben ein weisses, lockeres, gewöhnlich äusserst zartes Pulver geben, wird durch Fällung der schwefelsauren Talkerde (Bittersalz) oder der an Chlormagnesium reichen Mutterlauge der Salinen mittelst kohlen-sauren Alkalis erhalten. Ein neutrales Salz entsteht hierbei nicht, sondern der weisse Niederschlag ist als eine Verbindung von neutraler kohlen-saurer Talkerde mit Talkerdehydrat, wie es scheint, in nicht ganz constantem Verhältniss, anzusehen. Otto fand die aus der chemischen Fabrik zu Schönebeck stammende *Magnesia alba* zusammengesetzt aus 40,46 Talkerde, 33,57 Kohlensäure und 25,97 Wasser, was am besten zu der Formel  $4(\overset{Mg}{Mg}\overset{C}{C} + \overset{H}{H}) + \overset{Mg}{Mg}\overset{H}{H}_2$  passt, der sich auch andere Analysen dieses Präparats nähern.

Die oben erwähnte Lockerheit und Feinheit der Magn. alba findet sich nicht immer, mitunter ist das Präparat auch schwerer, dichter und körnig, was von dem Concentrationsgrade und der Temperatur der Auflösungen abhängt. Die Magn. alba löst sich in 2500 Th. kaltem und 9000 Th. siedendem Wasser, was vielleicht darin seinen Grund hat, dass kaltes Wasser in der Regel Kohlensäure enthält, durch deren Einfluss die Löslichkeit befördert wird, da kohlen-säurehaltiges Wasser die Magn. alba auflöst. Bei schwachem Glühen verliert die Magn. alba Wasser und Kohlensäure. Man gebraucht sie in der Medicin und zur Darstellung der Talkerde.

c) Doppelt kohlen-saure Talkerde entsteht, wenn einfach kohlen-saure Talkerde von kohlen-säurehaltigem Wasser aufgelöst wird. In fester Form ist sie aber nicht bekannt, da sich aus dieser Auflö-sung, wie unter a) bereits angeführt, anders zusammengesetzte Kry-stalle abscheiden.

**Kohlen-saures Zinkoxyd,  $Zn\overset{C}{C}$ .** In 100 Th.: 64,54 Zink-oxyd, 35,46 Kohlensäure. — Das kohlen-saure Zinkoxyd, der Galmei oder Zinkspath der Mineralogen, ist isomorph mit Kalkspath und kry-stallisirt in Rhomboëdern, deren Endkantenwinkel  $107^{\circ} 40'$  beträgt. Die Krystalle, welche parallel den Rhomboëderflächen vollkommene Spaltbarkeit besitzen, sind klein, oft rauh und ihre Flächen abgerundet. Sonst bildet der Galmei traubige, nierenförmige oder derbe Massen von weisser, gelber, grauer oder grünlicher Farbe. Durchschei-nend bis undurchsichtig. Er hat die Härte des Apatits, specif. Gew. 4,4. Vor dem Löthrohr ist er unschmelzbar, wird aber während des Glühens gelblich, beim Abkühlen wieder weiss. Man findet den Galmei in Oberschlesien zu Tarnowitz, Brilon in Westphalen, bei Aachen, Gosslar und mehreren anderen Orten, und gebraucht ihn zur Zink-gewinnung oder Darstellung von Messing.

Künstlich hat sich das neutrale kohlen-saure Zinkoxyd noch nicht darstellen lassen, da bei Fällung eines auflö-slichen Zinksalzes durch ein kohlen-saures Alkali eine Verbindung von kohlen-saurem Zinkoxyd mit Zinkoxydhydrat niedergeschlagen wird, bestehend nach den über-

einstimmenden Analysen von Smithson und Wittstein aus 71,5 Zinkoxyd, 13 Kohlsäure und 15,5 Wasser =  $(Zn \overset{C}{\overset{H}{\text{C}}} + H) + 2Zn \overset{H}{\text{H}}$ . — Dieselbe Zusammensetzung hat nach Smithson ein Zinkerz, welches zu Raibel und Bleiberg in Kärnthen, in weissen, erdigen, nierenförmigen Massen vorkommt, und Zinkblüthe genannt worden ist.

B.

**Kohlenstickstoffsäure**, syn. mit Picrinsalpetersäure.

**Kohlenstoff**,  $C = 76,438$ . Dies ist das früher von Berzelius für den Kohlenstoff ermittelte Atomgewicht, welches in neuerer Zeit von verschiedenen Seiten her als zu hoch bezeichnet worden ist. Dumas und Stass fanden aus ihren Untersuchungen 75,00; Liebig und Redtenbacher 75,854; v. Wrede 75,12; Marchand und Erdmann 75,054; Mitscherlich 75,1. Da sich die Chemiker seither noch nicht für eine dieser Zahlen mit Entschiedenheit erklärt haben, so ist in den unorganischen Verbindungen, die im Wörterbuch beschrieben sind, einstweilen noch das ältere, sonder Zweifel zu hohe, Atomgewicht beibehalten. Die Zusammensetzung der gedachten Verbindungen würde indess immer nur unwesentliche Aenderungen erfahren, selbst wenn das am meisten abweichende Atomgewicht 75,00 das richtige wäre. (Vergl. Berzelius Jahresbericht XXI. 62. XXII. 72.)

Dass der Kohlenstoff ein einfacher Körper und im Diamant enthalten sei, wurde zuerst von Lavoisier gezeigt. Im reinen Zustande findet sich der Kohlenstoff nur selten im Vergleich zu der grossen Häufigkeit seines Vorkommens in Verbindungen. Reiner Kohlenstoff macht zwei wohlbekannte Mineralien, den Diamant und Graphit (s. d.) aus, verbunden ist er ein Bestandtheil der Kohlsäure, aller Kohlsäure enthaltenden Fossilien, des Meteoreisens (Pogg. Annal. XXXIII. 147.) und sämmtlicher organischen Körper. Letztere, welche neben dem Kohlenstoff nur Wasserstoff und Sauerstoff, nicht selten auch Stickstoff enthalten, sind zugleich das Material, aus welchem man künstlich sich Kohlenstoff mehr oder minder rein darstellt, und das so erhaltene Product Kohle nennt. Das dabei befolgte Verfahren ist für alle organischen Substanzen dasselbe, und besteht in der Hauptsache darin, dass die gedachten Stoffe in einem verschlossenen Raum geglüht (verkohlt) werden, wobei die flüchtigen Bestandtheile entweichen, jedoch nicht ohne einen Antheil Kohlenstoff mitzunehmen, während die grössere Menge Kohlenstoff, Kohle, zurückbleibt (s. Verkohlung). War der organische Körper schmelzbar, wie z. B. Zucker, Horn, so ist die entstandene Kohle schwammig, glänzend und schwer entzündlich, war sie wie Holz oder Knochen unschmelzbar, so hat die Kohle die Form des angewandten Materials, ist matt, porös und leicht entzündlich. Je vollständiger die Begleiter des Kohlenstoffs durch die Hitze ausgetrieben sind, desto reiner ist die Kohle, es ist aber wohl unmöglich, sie durch Glühen allein ganz rein zu erhalten; die aus Pflanzenstoffen bereitete ist fast immer wasserstoffhaltig, die aus Thierstoffen gewonnene enthält Stickstoff.

Einen ähnlichen Verkohlungsprocess, wie die Pflanzen in kurzer Zeit durch Hitze erleiden, erfahren sie in einem sehr langen Zeitraum,

wenn sie unter Erdschichten begraben sich langsam zersetzen. Torf, Braunkohlen, Steinkohlen und Anthracit (s. diese), sind die verschiedenen Stadien dieser freiwilligen und ohne Mithülfe der Hitze eintretenden Verkohlung, welche im Anthracit, der nur noch aus Kohle besteht, ihre letzte Stufe erreicht hat. Daher sind die eben genannten Fossilien mit Ausnahme des Anthracits gleichfalls als organische Stoffe anzusehen, die wie Holz u. s. w. noch der vollständigen Verkohlung unterworfen werden können, was auch namentlich mit Steinkohlen geschieht, aus welchen die Coaks hervorgehen.

Zu denjenigen Kohlensorten, welche besondere Beachtung verdienen, gehören:

1. Die Holzkohle. Sie ist ihrem Ansehen und ihrer Structur nach hinlänglich bekannt, enthält meistens Wasserstoff und einige unorganische Bestandtheile, welche beim Verbrennen die Asche liefern. Man gewinnt sie durch Verkohlung des Holzes in dicht verschlossenen Oefen, oder in Meilern, d. h. unter einer Rasendecke, welche der Luft noch einigen, wenn auch sehr beschränkten Zutritt gestattet. Im ersten Fall gewinnt man dem Raume nach ungefähr 85 Proc. und dem Gewichte nach 23 Proc., im letzten nur etwa 65 dem Raume nach, dagegen etwas mehr als 23 Proc. nach dem Gewichte; die in Meilern erhaltene Kohle ist also dichter, und daher ein besseres Brennmaterial als die andere, weil diese in demselben Raum weniger brennbaren Stoff enthält. Der Grund dieser Verschiedenheit liegt darin, dass in dem verschlossenen Ofen ausser dem Sauerstoff auch der Wasserstoff sich mit dem Kohlenstoff verbindet und denselben fortführt, während bei der Meilerverkohlung die eingedrungene atmosphärische Luft einen grossen Theil Wasserstoff verbrennt, der nun nicht mehr auf die Kohle wirken kann, da Wasserstoff brennbarer ist als Kohle.

Aus dem Gesagten geht hervor, dass alle Holzkohle porös ist, und zwar mehr oder minder theils nach der beim Verkohlen befolgten Methode, theils nach der Holzart, denn harte Hölzer liefern eine dichtere Kohle als weiche. Wie alle porösen Stoffe absorbirt daher auch die Holzkohle, besonders die frisch ausgeglühte, Dämpfe und Gase desto mehr, je lockerer sie ist. Nach Versuchen von Nau absorbirte binnen 24 Stunden die Kohle der Schwarzpappel 16,3 Procent Wasserdampf und Luft aus der Atmosphäre, während die viel dichtere Kohle des Wallnussbaums nur 0,9 und die der Weissbuche 0,8 Proc. in derselben Zeit absorbirte. Allen und Pepys fanden, dass in einer Woche

Kohle von Kienholz	um 13,0 Proc.
- - Buchsbaumholz	- 14,0 -
- - Eichenholz	- 16,5 -
- - Mahagonyholz	- 18,0 -

ihr Gewicht durch Absorption aus der Luft vermehrte. Aus den Untersuchungen von Saussure ergab sich, dass 1 Volumen frisch ausgeglühter Buchsbaumkohle innerhalb der ersten 24 bis 36 Stunden, nach welcher Zeit die Absorption aufhörte oder unmerklich klein wurde, einsog

Ammoniakgas	90 Volum.	Schwefligsaures Gas	65 Volum.
Salzsaures Gas	85 —	Schwefelwasserstoffgas	55 —

Stickoxydulgas	40 Volum.	Sauerstoffgas	9,25 Volum.
Kohlensaures Gas	35 —	Stickstoffgas	7,5 —
Leuchtgas	35 —	Wasserstoffgas	1,75 —
Kohlenoxydgas	9,42 —		

Durch die Verdichtung der Gase in den Poren der Kohle wird Wärme frei, von welcher die Kohle bisweilen in einem so hohen Grade erhitzt wird, dass sie sich entzündet, wie dies wiederholentlich in Pulverfabriken vorgekommen ist, wenn die Luft zu den frisch bereiteten Kohlen Zutritt hatte. (Pogg. Annal. XX. 451. 620.) Schwefelwasserstoff, von Kohle absorbirt, zersetzt sich gleichfalls unter Erhitzung in Wasser und Schwefel, wenn auch noch Luft in die Kohle eindringt, und bringt man diese in reines Sauerstoffgas, so erfolgt bisweilen selbst eine Explosion. Man hat diese Eigenschaft der porösen Kohle benutzt, um übelriechende oder schädliche Gase zu entfernen, z. B. Kohlensäure aus Brunnen (Pogg. Ann. LL 286.) Wasser in Fässern, die innerhalb verkohlt waren, hat sich auf langen Seereisen frisch erhalten, desgleichen Fleisch in Kohlenpulver gepackt mehrere Monate. Die Kohle absorbirt hier sogleich die durch die anfangende Zersetzung entstehenden Gase, welche sonst die Fäulniss sehr rasch herbeiführen würden. Auch das bei der Branntweinfabrikation entstehende Fuselöl sucht man mit Erfolg durch ausgeglühte Holzkohle aus dem Spiritus fortzuschaffen. Will man die eingesogenen Luftarthen aus der Kohle wieder entfernen, so muss man dieselbe glühen, daher die frisch geglühte Kohle immer wirksamer ist als eine solche, die bereits längere Zeit an der Luft gelegen hat.

Eine andere wichtige und nützliche Eigenschaft der Holzkohle ist die zuerst von Lowitz beobachtete Fähigkeit, organische Farbstoffe und andere Substanzen aus Flüssigkeiten anzuziehen und auf sich niederzuschlagen. Diese Eigenschaft theilt sie mit anderen porösen Kohlen, und wird sogar von mehreren, wie von der Knochenkohle, darin übertroffen. Um indess Wiederholungen zu vermeiden ist hier dasjenige zusammengestellt, was über diesen Punkt zu sagen ist. Die grössere Wirksamkeit der Knochenkohle beruht darauf, dass die Kohlentheilchen wegen der zwischen ihnen befindlichen Antheile von phosphorsaurer Kalkerde eine grössere Vertheilung als im Holze haben, also poröser sind, mehr Oberfläche besitzen. Den höchsten Grad von Vertheilung und damit die in dieser Beziehung wirksamste Kohle erhält man, wenn man eingetrocknetes Blut oder Horn, Hufe u. dgl. mit Pottasche (auf 4 Th. frisches Blut 1 Th. Pottasche) glüht und die erhaltene Masse mit siedendem Wasser auslaugt, mit Salzsäure kocht und dann mit Wasser gehörig auswäscht. Auch Theer mit Thon gemischt und verkohlt giebt eine gut entfärbende, wiewohl der Knochenkohle nicht gleich kommende Kohle. Bussy hat die entfärbende Kraft verschiedener Kohlen geprüft, indem er 1 Gramm Kohle so lange mit einer farbigen Flüssigkeit in einem Glaskolben versetzte und schüttelte, bis die Farbe nicht mehr verändert wurde. Er nahm dazu eine Auflösung von Indigo in Schwefelsäure, welche auf 1000 Th. Flüssigkeit 1 Th. Indigo enthielt, und Melasse (Syrup) verdünnt mit 20 Th. Wasser. Die Resultate ergaben nachstehende relative Werthe:

Gleiche Gewichte folgender Kohlensorten	entfärben relativ von der genannten Auflösung	
	des Indigs	der Melasse
Blut, geglüht mit kohlens. Kali	50	20
- - - - - Kalk	18	11
- - - - - phosphors. Kalk	12	10
Leim, - - - - - kohlens. Kali	36	15,5
Eiweiss - - - - -	34	15,5
Kleber - - - - -	10,6	8,8
Kohle, von geglühtem essigs. Kali	5,6	4,4
- - - - - Natron	12	8,8
Kienruss, nicht ausgeglüht	4	3,3
- geglüht mit kohlens. Kali	15,2	10,6
Knochenkohle, durch Salzsäure von der Knochenerde befreit und mit Pottasche geglüht	45	20
Knochenkohle, mit Salzsäure ausgezogen	1,87	1,6
Oel, mit phosphors. Kalk geglüht	2	1,9
Knochenkohle	1	1

Aus dieser Tabelle ersieht man zugleich, dass die Kohle nicht auf alle Stoffe gleich, sondern in verschiedenem Grade wirkt. Die mit dem eingesogenen Stoff beladene Kohle, welche ihre entfärbende Kraft verloren hat, kann diese durch Glühen nicht wieder erlangen, weil, wenn die absorbirten Substanzen beim Glühen schmelzen, sie eine glänzende Kohle hinterlassen, welche die Wandung der porösen überzieht und somit die Porosität aufhebt. Nur wenn man sie mit Pottasche gemischt glüht, und diese, wie oben bereits angeführt, auslaugt, erhält man den fein vertheilten Zustand wieder.

Nicht allein organische Farbe- und Extractivstoffe werden von der porösen Kohle niedergeschlagen, auch unorganische Substanzen, Oxyde, Salze können dadurch gefällt werden. Salpetersaures Blei, Kupfervitriol in Ammoniak gelöst, salpetersaures Silber, Chlorsilber in Ammoniak gelöst, Bleioxyd in Kali, Zinkoxyd in Ammoniak, Kalk in Wasser, werden durch Knochenkohle ausgezogen. (Pogg. Annal. XIX. 139.) Sowohl diese wie auch die färbenden organischen Stoffe werden von der Kohle nicht zerstört, sondern nur aus der Auflösung gefällt und mit der Kohle innig vereinigt, von der sie durch starke Lösemittel wieder getrennt werden können.

2. Die Knochenkohle oder thierische Kohle, wird durch Glühen von Knochen in verschlossenen eisernen Töpfen gewonnen und hat die Form der angewandten Knochen, kommt aber gepulvert in den Handel. Sie enthält durchschnittlich 90 Procent Knochenerde (phosphorsaure und kohlensaure Kalkerde) woraus hervorgeht, dass sich der Kohlenstoff darin in einem sehr fein vertheilten Zustande befindet. Sie entfärbt daher besser als Holzkohle, und findet bei der Entfärbung des Zuckers, Runkelrübensaftes und anderer Pflanzensäfte eine wichtige und ausgedehnte Anwendung. Wenn man durch Salzsäure die Erdsalze auszieht, so erhält man zwar eine Kohle, welche bei gleichem Gewicht mehr entfärbt als Knochenkohle, die Wirkung steht aber bei weitem nicht in demselben Verhältniss wie die Menge des Kohlenstoffs, so dass die Knochenkohle eigentlich durch die Behand-

lung mit Salzsäure an Wirksamkeit verliert. Wo aber Substanzen entfärbt werden sollen, auf welche die Knochenerde einwirkt, z. B. organische Säuren, da ist dieses Verfahren dennoch nothwendig.

3. Blutkohle. Eintrocknetes Blut, Horn, Hufe geben für sich verkohlt eine in Folge eingetretener Schmelzung blasig aufgetriebene, glänzende Kohle, welche Stickstoff aus den genannten Substanzen zurückhält (s. Cyan), und nur eine geringe entfärbende Kraft besitzt, welche aber, wie bereits oben angeführt, durch Schmelzung mit Pottasche sehr gesteigert werden kann.

4. Coaks nennt man bekanntlich die beim Verkohlen der Steinkohlen rückständigen schwammigen Massen, welche bei der Gasbeleuchtung als Nebenproduct gewonnen, für den Hohofenbetrieb und verschiedene Heizungen besonders dargestellt werden. Coaks haben einen metallartigen Glanz, sind schwammig, schwer entzündlich, und geben starke Hitze. Die Absorptionskraft von Gasen und Farbstoffen fehlt dieser wie den folgenden Kohlenarten ganz oder ist nur sehr gering.

5. Glanzkohle. Mit diesem Namen belegt man eine Kohle, welche sich in den zur Gasbeleuchtung dienenden Retorten, aber auch in Cylindern zur Holzverkohlung und anderen ähnlichen Oefen, absetzt, und durch ihr metallisches Ansehn, so wie durch ihre traubigen, kugligen und fadenförmigen Gestalten sich auszeichnet. Die Entstehung dieser eigenthümlichen Formen hat darin ihren Grund, dass bei der Destillation zähe, theerartige Flüssigkeiten sich abscheiden, welche herabfliessen und zusammenhängende Tropfen oder Fäden bilden und in diesem Zustande verkohlen. Hinsichtlich des Glanzes und der Schwerverbrennlichkeit gleicht diese Kohle dem Graphit ausserordentlich, nur ist sie härter als diese und nicht schreibend.

6. Russ. Dieser wird grossentheils durch unvollständige Verbrennung von harzreichem Nadelholz gewonnen, indem man dasselbe auf einem niedrigen Ofen mit schwachem Luftzug verbrennt, und den mit vielen feinen Kohlentheilchen beladenen Rauch durch einen langen Kanal, der mit einer Leinwandkappe verschlossen ist, leitet, worin jene sich absetzen. Um das dem Russe anhaftende Oel zu zerstören wird er noch einmal in verschlossenen Büchsen ausgeglüht. Man gebraucht ihn als schwarze Farbe und zur Druckerschwärze. Zu feinen Farben, zu Tusch, sammelt man den zarten Russ, der sich über Oellampen an Blechdeckeln ansetzt, und mittelst Hausenblase oder anderem Leim verbunden wird. Chinesischer Tusch wird auf dieselbe Weise aus dem Russ des Sesamöls verfertigt und mit Moschus parfümirt. In Betreff der bei der Holzkohle besprochenen Absorptionsfähigkeit stimmt der Russ jeglicher Art mit den Coaks und der Gaskohle überein.

Alle aufgeführten Kohlenarten mit Einschluss des Graphits und Diamants kommen darin überein, dass sie fest, unschmelzbar, feuerbeständig und in keiner bekannten Flüssigkeit auflöslich sind, geschmolzenes Gusseisen ausgenommen, aus welchem sich die Kohle unter Umständen in Form des Graphits (s. diesen) abscheidet. In der Glühhitze verbrennen sie alle, entweder schon in atmosphärischer Luft oder doch in Sauerstoff; sind sie rein, wie Diamant oder Russ, so verwandeln sie sich ohne Rückstand in Kohlensäure, unreine Varietäten, wie Holz- und Steinkohle hinterlassen Asche, da, wenn die

Verbrennung in reinem Sauerstoff geschieht, dieser sein Volumen nicht ändert, sondern nur sein Gewicht erhöht, so lässt sich daraus leicht das specifische Gewicht des Kohlenstoffs in Gasform berechnen. Man hat nämlich Grund anzunehmen, dass die Kohlensäure aus 2 Atomen Sauerstoff und 1 Atom Kohlenstoff zusammengesetzt ist, folglich sind in 1 Volumen Kohlensäure enthalten 1 Volumen Sauerstoff und  $\frac{1}{2}$  Volumen Kohlendampf. Da nun 1 Volumen Kohlensäure 1,5245 wiegt (oder specifisch. Gewicht hat, die atmosphärische Luft = 1,00 gesetzt) und 1 Volumen Sauerstoff 1,1026, so muss die Differenz 0,4219 das Gewicht von  $\frac{1}{2}$  Volumen Kohlenstoff sein, also 1 Volumen Kohlendampf 0,8438 wiegen. Ausser der Kohlensäure hat der Kohlenstoff noch ein niedrigeres Oxyd, das Kohlenoxydgas.

Gegen Säuren, Alkalien und Chlor verhalten sich alle Arten Kohle indifferent, nur concentrirte Salpetersäure und Schwefelsäure oxydiren, zumal beim Erhitzen, die poröse und fein zertheilte Kohle zu Kohlensäure. Schwefel dagegen, über glühende Kohlen geleitet, verbindet sich direct damit zu Schwefelkohlenstoff, Wasserdampf darüber geführt giebt Wasserstoff, Kohlenoxyd und Kohlensäure, keinen Kohlenwasserstoff (Bunsen). Auch verschiedene Metalle, wie Eisen, Zink, Kupfer, Nickel, Platin, Palladium verbinden sich mit Kohlenstoff direct (Marchand, Journal für pract. Chemie XXVI. 478.) Beim Glühen von cuminsaurem Silber erhielten Gerhardt und Cahours einen aus gleichen Atomen Silber und Kohlenstoff zusammengesetzten Rückstand (Berzelius Jahresb. XXII. 111). Ueber die Anwendung der Kohle zu constanten Voltaschen Batterien statt des Platins s. Pogg. Annal. LIV. 417. LV. 265.

Betrachtet man dagegen die Ungleichheiten, welche in den Eigenschaften der verschiedenen Varietäten des Kohlenstoffs sich zeigen, so lassen sich drei Modificationen oder allotropische Zustände, wie Berzelius sie nennt (Pogg. Annalen LXI. 4.) unterscheiden. 1) Die poröse Kohle, wozu die Holzkohle, die Knochenkohle und ferner die Kohle gehört, welche entsteht, wenn man kohlen-saures Kali oder Natron mit Kalium bei gelinder Erhitzung zersetzt und die Salzmasse auswäscht. Diese Modification wird durch ihre leichte Entzündlichkeit, Lockerheit und hohe specifische Wärme characterisirt. Letztere fand Regnault bei Holzkohlen 0,24150, bei der Knochenkohle 0,26085. Durch heftiges Glühen geht diese erste Modification in einen Zustand über, welcher sie der folgenden sehr nahe bringt, wenn nicht gleich macht. — 2) Graphit, mit welchem die Coaks, Glanzkohle, Blutkohle und Russ viele Aehnlichkeit haben. Sie sind sämmtlich schwer entzündlich, metallartig glänzend, Leiter der Electricität und das specifische Gewicht beim Graphit höchstens 2,4. Die specifische Wärme ist nach Regnault beim natürlichen Graphit 0,20187, beim Hohofengraphit 0,19702, bei Coaks aus Steinkohlen und Anthracit 0,20085 bis 0,20307, bei der Glanzkohle aus einer Gasretorte 0,20360. Durchschnittlich also 0,201, von welcher Zahl alle nur wenig differiren. — 3) Der Diamant, sehr verschieden durch seine Farbe, Durchsichtigkeit und Krystallform von den vorigen Modificationen hat das specif. Gewicht 3,5 und nach Regnault die specif. Wärme 0,14687. De la Rive und Marcet finden für die letztere nur 0,1192

und für die specif. Wärme des verkohlten Zuckers 0,165. (Pogg. Annal. LI. 229. LII. 142. 147. LIII. 264.) B.

**Kohlenwasserstoff.** Kohle und Wasserstoff geben eine grosse Reihe von Verbindungen, die aber alle der organischen Chemie angehören, nur zwei davon, welche nachstehend beschrieben sind, rechnet man zu den unorganischen Verbindungen, obwohl auch sie bisher nur aus organischen Substanzen haben erhalten werden können.

1. Leichtes Kohlenwasserstoffgas (Sumpfluft, Grubengas, feuriger Schwaden,)  $H_4 C = H_2 C$ . In 100 Th.: 75,38 Kohlenstoff; 24,62 Wasserstoff.

Vorkommen. Das leichte Kohlenwasserstoffgas erzeugt sich aus Pflanzentheilen, die unter Wasser verwesen, daher in Sümpfen und Morästen, aus denen es aufsteigt, wenn man darin rührt. Es kann daraus gesammelt werden, wenn man eine mit Wasser gefüllte Flasche, in deren Mündung ein weiter Trichter steckt, über die heraustretenden Gasblasen hält, welche ein Gemisch von leichtem Kohlenwasserstoff (Sumpfluft), Kohlensäure und etwas Stickgas sind, von dem die Kohlensäure bis  $\frac{1}{2}$  ausmacht und durch Kalkmilch entfernt werden kann. Durch einen ähnlichen Zersetzungsprocess bildet es sich noch fortwährend in den Steinkohlen, aus denen es sich entwickelt und in Spalten und Rissen derselben oder des benachbarten Gesteins sich ansammelt. Wo beim Grubenbau dergleichen verborgene Gasansammlungen geöffnet werden, strömt das Gas nicht selten mit grosser Heftigkeit hervor, und verursacht, wenn es sich an den Grubenlichtern entzündet, zerstörende Explosionen, durch welche der Bau einstürzt und oft viele Menschen das Leben verlieren. Diese so gefährlichen Zerstörungen des Grubengases (schlagende Wetter, feurige Schwaden) sind seit der Einführung der Sicherheitslampe viel seltener geworden, und würden noch weniger vorkommen, wenn der Gebrauch der Lampe allgemein und sie richtig gehandhabt würde. Diese von H. Davy erfundene Vorrichtung besteht aus einer gewöhnlichen Bergmannslampe, deren Flamme mit einem oben verschlossenen cylindrischen Drathnetze umgeben ist, welches auf den Quadratzoll nahe 800 Oeffnungen hat. Der Cylinder muss so auf der Lampe befestigt werden können, dass der Arbeiter ihn nicht abheben kann. Kommt die Lampe in einen Raum, wo schlagende Wetter ausströmen oder sich angesammelt haben, so dringen sie auch in den Cylinder, entzünden sich an der Flamme, die sichtlich grösser wird. Der Bergmann hat den Ort nun zu verlassen, denn bei längerem Verweilen würde sich das Drathnetz durch die grosse Flamme bis zum Glühen erhitzen und dann die Entzündung nach Aussen fortpflanzen. So lange aber das Drathgewebe noch kalt oder nur wenig erwärmt ist, wirkt es so abkühlend auf die aus seinem Innern kommende Luft, dass diese das ausserhalb befindliche Gas zu entzünden nicht mehr im Stande ist.

Der Zersetzung von darunter liegenden Steinkohlenlagern schreibt man bisweilen auch die Entstehung des Gases zu, welches aus Spalten und Rissen der Erdoberfläche hervordringt, oder deren oberste Schichten erfüllt. Zu Bedlay bei Glasgow, so wie im Staate New-

York strömt es vom Grunde fließender Gewässer aus. Am bekanntesten sind die Gasquellen beim Dorfe Klein-Saros in Siebenbürgen, und vor allen die von Baku. Werden die aufsteigenden Gasströme angezündet, so bilden sie oft ansehnliche Feuersäulen, die lange fortbrennen (ewige Feuer), von selbst aufhören oder durch Sturm oder Menschenhand ausgelöscht werden. Bei dem Dorfe Fredonia, nahe am Eriesee, ist die Gasmenge so beträchtlich, dass sie zur Beleuchtung und Heizung im Dorfe verwendet wird. Auch in einer Szlatinaer Salzgrube in Ungarn benutzt man das 270 Fuss unter Tag aus einer zwischen Steinsalz gelagerten Mergelschicht hervorbrechende Gas zur Beleuchtung der Grubenräume, und eine ähnliche Anwendung in Haus und Küche macht man von dem auf der Saline Gottesgabe bei Rheine in Westphalen austretenden Gasstrom. Ueberhaupt findet sich dieses Gas oft in Steinsalz enthaltenden Erdschichten, und das bekannte Knistersalz von Wieliczka verdankt die Eigenschaft, beim Erhitzen unter Knall zu zerspringen, dem Gehalt an eingeschlossenem Kohlenwasserstoff. In China giebt es Salzbohrlöcher, aus denen das Gas mit solcher Heftigkeit strömt, dass es 30 Fuss hohe Feuermassen beim Anzünden bildet.

Das in Rede stehende Gas ist ein Hauptbestandtheil der zur Beleuchtung dienenden Flammen, und wird in grösster Menge erhalten, wenn man das aus Steinkohlen gewonnene Gas durch eine rothglühende Röhre leitet, in welcher das kohlenstoffreichere Kohlenwasserstoffgas (s. 2.) Kohle absetzt, und sich in das leichte Kohlenwasserstoffgas verwandelt. Ohne Beimischung erhält man dieses Gas dadurch zwar nicht; überhaupt ist die Methode, es rein darzustellen noch unbekannt. (s. Gasbeleuchtung.)

Eigenschaften. Das leichte Kohlenwasserstoffgas hat 0,559 specif. Gewicht, und ist ein farb- und (rein) geruchloses permanentes Gas, welches mit blassgelber Flamme zu Wasser und Kohlensäure verbrennt. Mit 2 Volumen Sauerstoff oder 10 Volumen Luft gemengt, explodirt es heftig beim Anzünden, schwach oder gar nicht dagegen, wenn man es mit weniger als 3 oder mehr als 14 Volumen Luft mischt und entzündet. In der Weissglühhitze wird es in Kohle und Wasserstoff zerlegt, weshalb man aus dem gewöhnlichen zur Beleuchtung dienenden Gase ein zum Füllen der Luftballons geeignetes Wasserstoffgas erhalten kann, wenn man dasselbe durch ein glühendes Rohr gehen lässt. Kaltes Wasser verschluckt, dem Volumen nach,  $\frac{1}{4}$  Grubengas.

2. Schweres Kohlenwasserstoffgas, (ölbildendes Gas),  $H, C=HC$ . In 100 Th. 85,96 Kohlenstoff; 14,04 Wasserstoff.

Diese 1796 in Holland entdeckte Gasart kommt in der Natur nicht vor, ist aber in allen durch trockne Destillation entstandenen Gasgemischen enthalten, deren Leuchtkraft desto bedeutender ist, je mehr von diesem Gase darin ist. Man erhält es rein, wenn man 1 Th. Alkohol mit 4 Th. concentrirter Schwefelsäure vorsichtig mischt, und dann in einem geräumigen Kolben bis zum Sieden erhitzt. Das entweichende Gas wird über Wasser aufgefangen. Der Alkohol ist nämlich so zusammengesetzt, dass er als eine Verbindung von Wasser und ölbildendem Gas angesehen werden kann, und in diese zwei

Substanzen zerfällt, wenn er mit heisser concentrirter Schwefelsäure in Berührung kommt. Da aber bei der angeführten Darstellungsweise ein allmähliges Erhitzen statt findet, so bilden sich noch andere Zersetzungsproducte, worunter schweflige Säure und Aetherdampf, welche das Gas verunreinigen, Kohle wird ausgeschieden und die Masse bläht sich stark auf. Die Beimengungen können aber durch Kalkmilch (schweflige Säure) und Schwefelsäure (Aether) leicht entfernt werden. Leitet man 80 procentige Alkoholdämpfe sogleich in ein bei  $160^{\circ} \text{C}$ . siedendes Gemisch von Schwefelsäure und Wasser, so zerfällt der Alkohol sogleich in Wasser und Kohlenwasserstoffgas.

**Eigenschaften.** Es ist ein farbloses, unangenehm riechendes Gas, dessen specif. Gewicht 0,980 ist. Es verbrennt an der Luft mit helleuchtender Flamme zu Kohlensäure und Wasser; durch eine rothglühende Röhre geleitet wird es in Kohle und Grubengas, in einer weissglühenden Röhre in seine Bestandtheile zerlegt. Dass es die Ursache der hellen Flamme unserer Leuchtmaterialien ist, wurde schon vorher erwähnt (s. auch Gasbeleuchtung, Flamme.) Wasser absorbiert bei gewöhnlicher Temperatur  $\frac{1}{4}$  seines Volumens von diesem Gase, in der Wärme weniger. Mit einem gleichen Volumen Chlor verbindet es sich zu einer ölähnlichen Flüssigkeit (s. Elaylchlorür), worauf sich der Name des Gases bezieht. Unter einem Druck von 40 Atmosphären und in einer von erstarrter Kohlensäure und Aether hervorgebrachten Temperatur wird es zu einer klaren farblosen Flüssigkeit, welche harzige, ölige und bituminöse Stoffe auflöst (Faraday).

**Kohlesuboxyd.** Eine hypothetische Verbindung, welche Löwig angenommen hat, um die Bildung des Kohlensäureäthers aus dem Oxaläther zu erklären (s. Kohlensäureäther.)

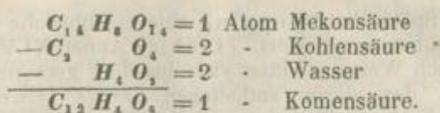
**Kohlige Säure** s. Oxalsäure.

**Kokkolith.** Eine Varietät des Augits, die wegen ihrer körnigen Textur den von  $\kappa\omicron\kappa\omicron\varsigma$ , Kern, und  $\lambda\iota\theta\omicron\varsigma$ , Stein, gebildeten Namen erhalten hat. S. Malakolith unter Augit.

**Kolophonit.** Eine Abart des gemeinen Granats (s. d.), nach ihrer braunen kolophonartigen Farbe so benannt.

**Kollyrit,** (von  $\kappa\omicron\lambda\lambda\upsilon\rho\iota\omicron\nu$ , Siegelerde), eine gelblich-, grünlich- oder röthlichweisse, stark an der Zunge hängende und fettig anzufühlende Thonart, welche zu Schemnitz in Ungarn, bei Weissenfels in Sachsen und am Berg Ezquerra in den Pyrenäen vorkommt. Sie besteht nach den Analysen von Klaproth und Berthier aus 15 Proc. Kieselsäure, 44,5 Thonerde und 40,5 Wasser, was der Formel  $\text{Al}_2\text{Si} + 15\text{H}$  entspricht.

**Komensäure,** von Robiquet entdeckt; wird gebildet durch anhaltendes Kochen der Mekonsäure mit Wasser, oder noch schneller, durch Erhitzen derselben mit starken Säuren. Die Mekonsäure verliert dabei 2 Atome Kohlensäure und 2 Atome Wasser.



Die reine Säure stellt man durch Kochen des mekonsauren Kalles, mit einem Ueberschuss starker Salzsäure dar; nach dem Erkalten setzt sich unreine Komensäure ab; diese wird in heisser Kalilösung aufgelöst, heiss filtrirt; das abgesetzte Kalisalz so lange gewaschen, bis die Mutterlauge farblos ist; darauf durch kochende, reine Salzsäure zerlegt. Die herauskrystallisirte Säure durch Thierkohle entfärbt, stellt weisse, körnige Krystalle dar, welche sich in 16 Th. siedendem Wasser lösen; die Auflösung ist schwach sauer, röthet Eisenoxydsalze. Bei 100° verliert sie nichts an Gewicht, bei 300° bildet sich Wasser, Kohlensäure und Pyromekonsäure, die sich natürlich auch aus Mekonsäure erzeugt, da diese, bis 230° erhitzt, sich in Wasser, Kohlensäure und Komensäure zerlegt. — Die Komensäure bildet ein- und zweibasische Salze. Stenhouse hat diese untersucht. Das Ammoniumoxydsalz enthält 1 Atom Krystallwasser. Das Bleioxydsalz ist zweibasisch, enthält ausserdem 2 At. Aq.; ebenso das Kupferoxydsalz. Das Silberoxydsalz ist ein- und zweibasisch; jenes enthält 1 At. Wasser. (Vgl. Journ. f. pr. Chem. XXXIII. 360.)

M.

**Königswasser**, (Aqua regia), ein Gemisch von 1 Theil Salpetersäure mit 2 bis 4, auch wohl noch mehr Salzsäure. Es ist gelb, riecht, wenn die Säuren nicht concentrirt waren, nur schwach nach Chlor und salpetriger Säure, und löst, mit Ausnahme von Chrom, Titan (geglüht), Tantal und Osmium (geglüht), alle Metalle, Rhodium und Iridium jedoch nur, wenn sie mit Platin verbunden sind. Silber wird davon in unlösliches Chlorsilber verwandelt. Die Wirkung des Königswassers besteht darin, dass sich in ihm fortwährend Chlor bildet, welches eben die Metalle angreift, die weder von Salpetersäure noch von Salzsäure allein verändert werden. Die Salpetersäure giebt nämlich einen Theil ihres Sauerstoffs an den Wasserstoff der Salzsäure, wodurch jene zu Untersalpetersäure reducirt, von dieser Chlor frei wird, welches sich in der Flüssigkeit auflöst, aber sich nur so lange bildet, bis die Flüssigkeit damit gesättigt ist. Wird durch ein Metall das freie Chlor fortgenommen, so erzeugt sich eine neue Quantität und so fort. Da man in früheren Zeiten dieses Säuregemisch zur Auflösung des Goldes, des Königs unter den Metallen bei den Alchemisten, gebrauchte, so erhielt es den Namen Königswasser. Man stellte es dar durch Auflösen von Kochsalz oder Salmiak in Salzsäure welche aus diesen Salzen Chlorwasserstoffsäure (s. d.) d. i. Salzsäure, ausschied, die sich mit der Salpetersäure mischte, ein Verfahren, das auch jetzt noch bisweilen angewandt wird, z. B. bei der Auflösung des Zinns.

B.

**Kork**. Die äussere Rinde von *Quercus suber*, der Korkeiche, liefert die im gewöhnlichen Leben so häufig angewendete Substanz, den Kork. Es sind in demselben eine Anzahl verschiedener Stoffe enthalten, von denen schon Chevreul den grössten Theil von ein-

ander schied. Später hat Doepping eine ausführliche Untersuchung über die Korksubstanz geliefert. (Liebig's Annal. XLV. 286.) Durch Aether oder auch Weingeist lässt sich aus dem geraspelten Kork die grösste Menge des darin enthaltenen Cerin's (Chevreul) ausziehen. Durch Umkrystallisiren in Alkohol lässt es sich reinigen; abgetrennt wird ein saures Gemenge, der sogenannte Extractivstoff, Gerbsäure u. s. w. Wird der mit Aether, Weingeist, Wasser, verdünnter Salzsäure anhaltend behandelte Kork näher untersucht, so findet man die Hauptsubstanz, das Suberin, welches die Eigenschaften des rohen Korks ziemlich vollständig noch besitzt,  $\frac{1}{4}$  Proc. Asche hinterlässt, immer noch Cerin einschliesst und ausserdem Korkcellulose enthält. Es besteht aus 67.8 C., 8,7 H., 2,3 N., 21,2 O. — Das Cerin stellt schwach gelb gefärbte Nadeln dar, welche in siedendem Wasser erweichen, zusammenbacken und untersinken. Beim Erhitzen zerfällt es sich, ohne vorher zu schmelzen. Acrolein bildet sich hierbei nicht. Kalilauge verseift es nicht. Es besteht aus  $C_{25}H_{40}O_3$ . Salpetersäure verwandelt es in eine Säure, Cerinsäure,  $C_{42}H_{68}O_{12}$ , welche sich neben Kohlensäure, Oxalsäure und Wasser bildet.

Wird der Kork mit Salpetersäure behandelt, so bildet sich Korksäure, Oxalsäure, und ein flockiger weisser Körper scheidet sich ab, Korkcellulose, der mit Payens Holzcellulose grosse Aehnlichkeit besitzt. Diese besteht aus  $C_{12}H_{20}O_{16}$ . Einwirkung des Chlorjods auf Kork s. Casaseca. (Journ. f. pr. Chemie, XVII. 151.) M.

**Korksäure.** Brugnatelli fand, dass bei Einwirkung der Salpetersäure auf den Kork eine eigenthümliche stickstofffreie Säure gebildet werde, welche er auch, fälschlicher Weise, aus Papier dargestellt zu haben meinte. Man erhält sie aus einer Anzahl von Reactionen der Salpetersäure, namentlich auf Kork, Rinden der Birken-, Kirsch- und Pflaumenbäume, auf Leinöl, Oelsäure, Olivenöl, Talg- und Margarinsäure. Am bequemsten gewinnt man sie aus den drei letzteren Säuren.

Die Auflösung dieser Säuren in Salpetersäure wird bis zur Hälfte eingedampft und sich selbst in der Kälte überlassen; dabei erstarrt sie fast völlig zu einer festen Masse, welche durch Umkrystallisiren gereinigt wird. Sie besteht dann aus  $C_8H_{12}O_3 + H_2O$ . In den Salzen verliert sie das Aeq. Wasser. In kochendem Wasser ist sie ziemlich leicht löslich; beim Erkalten geseht die Lösung zu einem Brei aus kleinen Krystallen; diese werden aus Salpetersäure regelmässig erhalten. Feucht schmilzt sie bei 50°, trocken erst bei 118°. Sie lässt sich unverändert destilliren. Die Salze derselben mit den Alkalien sind in Wasser leicht löslich; die der alkalischen Erden sind unlöslich; das Silberoxydsalz ist wasserfrei, das Bleioxyd liefert ein neutrales und ein dreifach basisches Salz.

Durch Destillation der korksäuren Kalkerde mit einem Ueberschuss an Kalk erhält man das Suberon, nebst einer Anzahl anderer Nebenproducte. Dies hat die Zusammensetzung  $C_8H_{14}O$ . Freier Sauerstoff und Salpetersäure verwandeln es in Korksäure. S. Suberon. M.

**Korksäureäther.**  $C_8H_{12}O_3 + C_4H_{10}O$ . Man erhält diese Verbindung durch Einleiten von trockenem Chlorwasserstoffgas in

eine Auflösung von Korksäure in Alkohol. Durch siedendes Wasser wird er gereinigt. Durch Chlorcalcium entzieht man ihm das anhängende Wasser und den Alkohol. Er stellt eine farblose, öartige Flüssigkeit von 1,003 specif. Gewicht dar; ranzig riechend und unangenehm schmeckend. Bei 260° destillirt er unverändert über. Kali (in Alkohol gelöst) und Salpetersäure zerlegen ihn, indem die Korksäure unverändert bleibt. Chlor scheidet Wasserstoff aus, und tritt, Aequivalent für Aequivalent hinein. M.

**Kräfteparallelogramm** s. Mechanik.

**Kraft** s. Mechanik.

**Kraftmehl** s. Stärkemehl.

**Kramersäure**, (Ratanhiasäure.) Die Ratanhiawurzel von *Krameria Triandria* enthält eine eigenthümliche Säure, deren Eigenschaften wenig bekannt sind. Sie krystallisirt schwer, bildet luftbeständige, wenig saure und etwas zusammenziehend schmeckende Nadeln, welche nicht flüchtig sind. Nach Liebig besteht sie aus  $C_{10}H_{16}O_5$ ; ihre Salze der Alkalien sind krystallisirbar, mit Eisenoxyd giebt sie eine unlösliche, gelbe, mit Bleioxyd eine unlösliche weisse Verbindung. Schwefelsäure zerlegt nicht ihr Barytsalz. M.

**Krapp** s. *Rubia tinctorum*.

**Kreatin** hat Chevreul einen Stoff aus der Fleischbrühe genannt, welchen er aus der eingedampften Brühe mit Alkohol auszog, und der in cubischen Krystallen anschoss. Es ist geruch- und geschmacklos; specif. Gew. 1,35; neutral reagirend. Bei 18° lösen 1000 Th. Wasser davon 12,04 auf. 1000 Th. Alkohol lösen bei 15° kaum 0,5 Th. Salpetersäure zersetzt es wesentlich. Es verhält sich in einiger Beziehung ähnlich dem Asparagin. Wöhler fand entschieden, dass es nicht Allantoin sei. Näheres ist nicht bekannt. M.

**Kreide** s. kohlensaure Kalkerde.

**Kreosot** s. Phenylverbindungen.

**Kreuzstein** s. Harmotom.

**Krokydolith**. Ein derbes, indig- oder lavendelblaues Mineral von zartfasriger Textur, worauf sich der Name (von *κροκός*, wollige Flocken, und *λίθος*, Stein,) bezieht. Die zarten Fasern sind seidenglänzend, biegsam und durchscheinend, grössere Stücke undurchsichtig. Härte die des Flussspaths, specif. Gew. 3,2. Vor dem Löthrohr schmilzt der Krokydolith zu einem schwarzen magnetischen Glase. Er kommt vor am Oranje-Rivier in Süd-Afrika und besteht aus kieselurem Eisenoxydul mit kieselurem Natron, kieselurem Talkerde und Wasser; näher nach Stromeyer aus: 51,64 Kiesel-



säure; 34,38 Eisenoxydul; 0,02 Manganoxyd; 2,64 Talkerde; 0,05 Kalkerde; 7,11 Natron; 4,01 Wasser. (Berzelius Jahresh. XII. 187.)

**Krümeltucker** s. Traubenzucker.

**Kryolith.** Ein Mineral, das bis jetzt nur in krystallinischen Massen mit blättriger Structur und drei aufeinander rechtwinkligen Spaltungsrichtungen gefunden wurde. Es ist weiss, ins Gelbliche und Röhliche ziehend, durchscheinend und glasglänzend, schmilzt schon in der Flamme des Kerzenlichts, nähert sich in der Härte dem Kalkspath, und hat das specif. Gew. 2,9—3,0. Es besteht nach Berzelius aus 54,07 Fluor; 32,93 Natrium und 13,00 Aluminium =  $3NaF + AlF_3$ , und findet sich auf einem Gneusslager am Meerbusen Arkut in West-Grönland. Wegen seiner Aehnlichkeit mit dem Eise erhielt es den aus  $\kappa\rho\upsilon\omicron\varsigma$ , Eis, und  $\lambda\iota\theta\omicron\varsigma$ , Stein, zusammengesetzten Namen.

**Kryophor**, (Kälteträger, von  $\kappa\rho\upsilon\omicron\varsigma$  und  $\varphi\acute{\epsilon}\rho\omega$ ), hat Wollaston ein Instrument genannt, in welchem eine Flüssigkeit durch Verdunstung bis zum Gefrieren abgekühlt wird. Es besteht aus einer horizontalen etwa 9 Zoll langen Glasröhre, die an beiden Enden rechtwinklig umgebogen ist, und kurz unter den Umbeugungen jederseits in eine Kugel von ungefähr 1 Zoll Durchmesser endet. Ehe die zweite Kugel zugeschmolzen ist, wird die erste mit Wasser gefüllt und dies zum Kochen erhitzt. Die Dämpfe entweichen durch den ganzen Apparat, dessen offene Spitze durch die Stichtflamme geschlossen wird, sobald die Luft durch die Wasserdämpfe verjagt, d. h. ungefähr die Hälfte des Wassers verdunstet ist. Bringt man nun die leere Kugel in eine Kältemischung, oder überzieht man sie wie die Condensationskugel des Daniellschen Hygrometers mit einem Zeuge, das man dann mit Aether begiesst, so condensiren sich die Wasserdämpfe in derselben, und das Wasser der anderen Kugel verdampft so lebhaft, dass es in sehr kurzer Zeit gefriert.

**Krystall.** Unter einem Krystall versteht man einen von Natur durch regelmässige Flächen rings um begränzten und mit einer gleichartigen Materie stetig ausgefüllten Raum, der in seinem Innern zugleich noch eine Zusammensetzung zeigt, welche mit den äussern Begränzungsflächen in nahem Zusammenhange steht.

Die Kraft, welche die Theilchen des Krystalles regelmässig nach denselben Gesetzen zusammenfügte, muss natürlich ungestört haben wirken können, sonst ist die Ausbildung des Krystalles an denjenigen Stellen, wo diese Hindernisse waren, mangelhaft und unvollständig. Man hat diese Kraft wohl die Krystallisationskraft genannt, ohne jedoch dadurch mehr als den blossen Namen gewonnen zu haben. Damit nun diese Kraft völlig frei wirken könne, ist es nöthig, dass die Theilchen der Masse beweglich und in gehöriger Quantität vorhanden sind. Um die erste Bedingung zu erfüllen, müssen die Substanzen, welche krystallisiren sollen, zunächst flüssig gemacht werden. Dies kann einmal dadurch geschehen, dass man dieselben in Wasser, Weingeist oder andern geeigneten Flüssigkeiten auflöst, oder zweitens, indem man sie durch Hitze schmilzt. Ist die aufgelöste Sub-

stanz in dem heissen Auflösungsmittel mehr löslich, als in dem kalten, so genügt es oft schon, die heisse, gesättigte Auflösung abkühlen zu lassen, um Krystalle zu erhalten; ist dieselbe aber in dem heissen und kalten Auflösungsmittel nahe gleich löslich, so liefert die blosse Abkühlung noch keine Krystalle, es muss durch Verdampfen ein Theil des Auflösungsmittels fortgeschafft werden. Geschieht das Abkühlen oder die Verdampfung zu schnell, so bilden sich zu viele Krystalle, die einander an vollkommener oder wenigstens sehr ausgedehnter Bildung dadurch hemmen, dass sie einander berühren, oder dass sich die krystallisirende Materie zwischen ihnen theilen muss. Will man grosse und ringsum gut ausgebildete Krystalle erhalten, so muss man die Auflösung sehr langsam abkühlen oder verdampfen lassen, (verdampft die Flüssigkeit an der Luft zu rasch, so bringt man sie in ein schlecht verschlossenes Gefäss), und die sich bildenden Krystalle öfter umlegen, weil diejenigen Flächen derselben, welche den Boden des Gefässes berühren, an ihrer Ausbildung gehindert werden. Man kann auch die Krystalle aus einer Auflösung niederschlagen, wenn man eine andere Flüssigkeit hinzusetzt, in welcher nun das zu krystallisirende Salz unlöslich, oder wenigstens viel schwerer löslich wird.

Wenn Substanzen durch die Hitze geschmolzen worden sind, so hält es oft schwer, vollkommene Krystalle zu erhalten. Lässt man die ganze Masse auch möglichst langsam erkalten, so bilden die entstandenen Krystalle oft so sehr durch die verschiedenen Richtungen, in denen sie sich begegnet sind, ein gleichartiges Ganze, dass man von krystallinischer Structur im Innern nichts erblickt. Um dies zu verhindern, lässt man die Masse sehr langsam erkalten und wartet den Zeitpunkt ab, in welchem sie zwar an den Wänden des Gefässes und auf der Oberfläche durch die stärkere Abkühlung erstarrt, aber in ihrem Innern zum grossen Theil noch flüssig und von Krystallen, welche von der erstarrten Masse der Wände und der Oberfläche ausgehen, erfüllt ist. Glaubt man, ihn erreicht zu haben, so durchstösst man die erstarrte Decke mit einem erhitzten Eisen und lässt durch die Oeffnung die noch flüssige Masse abfliessen; die schon gebildeten Krystalle bleiben dann zurück, und werden durch Zerschlagen oder Zersägen des Gefässes erhalten.

Verwandeln sich die Stoffe beim Erhitzen in Dämpfe und schlagen sich dann in diesem Zustande an festen Körpern nieder, so hängt die äussere Form der erstarrten Masse davon ab, ob die Dämpfe erst wieder in den flüssigen Zustand übergehen, und indem sie einige Zeit in diesem Zustande verharren, sich mit anderen flüssig gewordenen Theilchen vereinigen können, oder ob der Uebergang aus dem gasförmigen Zustand durch den flüssigen in den festen ein so plötzlicher ist, dass das eben erstarrte Theilchen allein sich an die schon vorhandenen Gebilde ansetzen, oder den Kern zu solchen liefern kann. Da in diesem letzten Falle der gasförmige Körper einen so ungemein viel grössern Raum einnimmt als der entstandene feste, so ist es nicht zu verwundern, wenn die Krystallisation mangelhaft und unausgefüllt bleibt. Dies gilt namentlich von den Schneefiguren, deren Studium deshalb vielleicht einigen Anhalt gewähren kann, um bei diesen Krystallen die Richtung, in welcher die Anziehungskraft

zwischen den Krystalltheilchen am stärksten wirkt, zu erfahren. Die schönen Eisfiguren an den Fenstern der bewohnten und geheizten Stuben, in denen also etwas Feuchtigkeit stets sich findet, sind theils aus Tropfen gebildet, theils gleich aus Dämpfen festgeworden; in nicht bewohnten und nicht geheizten Zimmern scheint sich vorzugsweise die zweite Art des Niederschlags zu bilden. Dass die Fläche des Glases als Unterlage ebenfalls bei ihrer Bildung und namentlich Anordnung thätig ist, versteht sich von selbst.

Es setzen sich die Krystalle gern an andere feste Körper an, namentlich scheinen die Krystalle derselben Substanz die grösste Anziehung zu den aufgelösten Theilchen zu haben, wie dies augenscheinlich daraus hervorgeht, dass die in einer Auflösung schon gebildeten kleinen Krystalle sich vorzugsweise vergrössern. Die Krystalle scheinen übrigens schon in ihrer kleinsten Ausdehnung dieselbe Gestalt zu haben, welche sie später, wenn sie grösser geworden sind, zeigen. Wenn Link in Pogg. Annal. Bd. XXXXVI. S. 259. angiebt, dass die eben erst gebildeten chemischen Niederschläge anfangs nicht krystallinisch wären, so ist dies dem Obigen nicht widersprechend; bei Bildungen von Krystallen aus Auflösungen derselben in Flüssigkeit findet sich durchaus nichts erwähnt, dass der erste Keim derselben eine ungeformte Masse gewesen wäre.

Bei einem und demselben Stoffe finden sich aber nicht nur Krystalle von einer einzigen fest bestimmten äussern Begrenzung, also z. B. beim Flussspath nicht blos Würfel, sondern sie können innerhalb gewisser Grenzen und nach den in der Krystallographie festgestellten Gesetzen sich ändern. Es wäre wichtig, die Bedingungen näher zu kennen, von denen das Auftreten der verschiedenen Flächen abhängt. So ist bekannt z. B., dass Salmiak, welcher aus reinem Wasser in Octaëdern krystallisirt, bei Gegenwart von viel Harnstoff in Würfeln und bei Gegenwart von weniger Harnstoff oder von Boraxsäure in der Combination des Würfels mit dem Octaëder anschiesst. Aehnlich verhält sich das Kochsalz, nur sind die Gestalten die umgekehrten als vorhin. Kochsalz krystallisirt aus reinem Wasser in Würfeln, aus einer harnstoffhaltenden Lösung in Octaëdern und aus einer Boraxsäure enthaltenden Lösung in der Combination von Würfel und Octaëder. Zahlreiche Versuche hat besonders Beudant (Annal. de Chim. et de Phys. Tom. VIII. S. 5—53.) angestellt, namentlich über die verschiedenen Formen des Alauns und des Eisenvitriols. Setzt man zu einer Auflösung von Eisenvitriol, dessen Krystalle eine Menge von Flächen zeigen, z. B. 3—4 Proc. Kupfervitriol, so sind an den hieraus sich abscheidenden Krystallen, die kleinen Flächen zwar noch sichtbar, aber kleiner als sie vorher waren; bei grösserem Zusatz verschwinden dann zunächst die an der Spitze liegenden Flächen, und bei 20—40 Proc. dann auch die an der Seite befindlichen, so dass die Grundform allein sich darstellt. Aus einer Auflösung von beliebig krystallisiertem Eisenvitriol kann man auch gleich Krystalle in der einfachsten Form erhalten, wenn man essigsäures Kupferoxyd hinzufügt, oder sie mit kohlensaurem Kupferoxyd oder reinem Kupferoxyd kocht, oder zu einer schon mit etwas schwefelsaurem Kupferoxyd vermischten Lösung noch schwefelsaures Zinkoxyd oder schwefelsaure Magnesia hinzufügt; allein angewandt haben die

beiden letzten diesen Einfluss nicht, sondern stumpfen vielmehr den Gipfel ab. Bei Ueberschuss von Säure schien das schwefelsaure Eisenoxydul eine zusammengesetztere Form anzunehmen, als wenn die Lösung ziemlich neutral war; während das schwefelsaure Kupferoxyd durch Säureüberschuss eine einfachere Form annahm, als in neutralen Lösungen. — Wird Alaunlösung mit den unlöslichen kohlen-sauren Verbindungen von Eisen, Blei, Zink, Magnesia gekocht, (wodurch offenbar etwas Säure fortgenommen wird), so gehen die sich bildenden Krystalle nach und nach durchs Octaëder, und die Verbindung des Octaëders mit dem Würfel, zuletzt in den reinen Würfel über. Löste Beudant octaëdrische Alaunkrystalle in reinem Wasser, so erhielt er beim Verdampfen sehr viele Octaëder, und nur einige kleine Würfel; löste er würfelförmigen Alaun, so erhielt er beim langsamen freiwilligen Verdampfen sehr viele Würfel und nur einige Octaëder; als er dagegen Krystalle, welche Würfel- und Octaëderflächen zeigten, derselben Behandlung unterwarf, so erhielt er ebensoviele Würfel als Octaëder. Es hängt die Bildung der zusammengesetzten Formen auch von der Zeit ab. Als Beudant Alaun mit unlöslichen kohlen-sauren Verbindungen kochte und dann langsam krystallisiren liess, so erhielt er erst Octaëder und dann Würfel, aber keine Verbindung aus beiden. Löste er jede Krystallform für sich auf, und liess langsam verdampfen, so erhielt er die angewandte Form wieder. Löste er gleiche Theile Würfelkrystalle und Octaëderkrystalle, dampfte einen Theil der Lösung rasch und den andern langsam ab, so bildeten sich in dem ersten zuvörderst einige wenige Octaëder, dann eine grosse Menge der Combinationen von Würfel mit Octaëder, und zuletzt einige Würfel; wurden die Cubooctaëder wieder gelöst und der freiwilligen Verdampfung überlassen, so entstanden wieder getrennte Octaëderkrystalle und Würfelkrystalle. Der zweite Theil, welcher gleich der langsamen Verdampfung überlassen worden war, hatte gleich Würfel und Octaëder getrennt geliefert.

Merkwürdig ist der Einfluss, den die Wärme auf die Krystallform des kohlen-sauren Kalkes, des Schwefels, des Quecksilberjodürs, des schwefelsauren Nickeloxyds, des schwefelsauren Zinkoxyds und der schwefelsauren Talkerde ausübt; in der Wärme entstehen ganz andere Krystalle als bei gewöhnlicher Temperatur (S. Dimorphie). Vom atomistischen Standpuncte aus betrachtet, hängt diese Dimorphie offenbar von einer verschiedenen Gruppierung der Atome ab. Interessant ist, dass diese verschiedenen Gruppierungen in einander übergehen können, auch ohne dass die Körper flüssig gemacht werden. Beim schwefelsauren Nickeloxyde, dem schwefelsauren Zinkoxyde und der schwefelsauren Magnesia, (bei gewöhnlicher Temperatur dargestellt), welche beim Erwärmen trübe und mürbe werden, und sich beim Zerbrechen oder Zerfallen als kleine Krystalle der zweiten Form darstellen, könnte man vielleicht glauben, dass die einzelnen Theilchen sich in dem vorhandenen Krystallisationswasser, von welchem aber bei dieser Umänderung nichts verloren geht, auflösen; dieser Einwurf fällt aber ganz fort bei dem Schwefel. Die durch Erstarren des geschmolzenen Schwefels gebildeten Krystalle sind anfangs sehr hell und glänzend, verlieren aber nach einigen Tagen durch Liegen in gewöhnlicher Temperatur ihre Durchsichtigkeit und ihren Glanz;

der Grund ist offenbar ein Uebergang der einzelnen Atome, wie sie der bei niederer Temperatur erzeugten Krystallform entspricht; die ganze äussere Begrenzung des Krystalles wird dadurch natürlich nicht geändert. Auf ähnliche Weise verlieren die bei gewöhnlicher Temperatur gebildeten Schwefelkrystalle ihre Durchsichtigkeit, wenn sie in einer Salzlösung bis in die Nähe ihres Schmelzpunktes erhitzt werden, ohne dass sie jedoch wirklich schmelzen.

Die Fähigkeit und die Neigung der verschiedenen Körper zu krystallisiren, ist sehr verschieden, manche, wie z. B. schwefelsaures Kali, Alaun, Borax, Chlorbaryum u. s. w. krystallisiren selbst aus sehr verdünnten Lösungen, wenn man sie ruhig stehen lässt; salpetersaures Kali, salpetersaures Ammoniak, schwefelsaures Ammoniak u. s. w. müssen dagegen erst bis zur Sättigung abgedampft werden. Die Wärme scheint im Allgemeinen die Neigung zur Krystallisation zu schwächen, so dass Lösungen, welche gekocht oder sehr anhaltend erwärmt worden sind, später krystallisiren, als wenn das Kochen nicht statt gefunden hätte. Das bekannteste Beispiel dieser Art ist das schwefelsaure Natron. Eine in der Siedehitze bereitete gesättigte Lösung dieses Salzes lässt sich in verschlossenen Gefässen, welche an einem ruhigen Orte aufbewahrt werden, bis unter Null abkühlen und längere Zeit flüssig aufbewahren. Bei sehr niederer Temperatur bilden sich gewöhnlich, wenn die Lösung sehr viel Salz enthält, unten auf dem Boden des Glases durchsichtige harte Krystalle, welche aber von dem gewöhnlichen Glaubersalz sich unterscheiden, indem sie nicht 10, sondern nur 8 Atome Wasser enthalten; sie veranlassen die darüberstehende klare, noch mit Salz übersättigte Lösung nicht zum Krystallisiren. Wird das Glas geöffnet, und ein fremdartiger trockner Körper, am besten ein Glaubersalzkristall hineingeworfen, so beginnt von diesem aus eine prächtige strahlige Krystallisation, die sich wolkenartig in kurzer Zeit durch das ganze Gefäss verbreitet; die Temperatur der Masse erhöht sich dabei um  $13^{\circ} C$ . Die am Grunde des Gefässes gebildeten Krystalle werden augenblicklich trübe und matt, sobald die neue Krystallisation sie berührt. Aehnlich sollen sich auch Lösungen von essigsaurem, kohlsaurem, phosphorsaurem und boraxsaurem Natron, von Chlorcalcium, schwefelsaurer Magnesia, salpetersaurem Kupferoxyd und Bleizucker, verhalten, wenn es auch bei einigen weniger leicht gelingt als beim schwefelsauren und essigsauren Natron.

Bei diesem raschen Krystallisiren lässt sich im Dunkeln niemals irgend eine Lichterscheinung wahrnehmen, wie es z. B. die glasartige arsenige Säure zeigt, wenn sie aus ihrer Lösung in Salzsäure herauskrystallisirt. Es rührt diese Lichterscheinung beim Krystallisiren also durchaus nicht von der Schnelligkeit dieses Processes her; sie hat vielmehr, wie H. Rose gezeigt hat, ihren Grund darin, dass eine unkrystallinische Masse in den krystallinischen Zustand übergeht. Man hatte seit langer Zeit eine Reihe von Beobachtungen dieses Phänomens, ohne dass man dasselbe zu einem Versuch erheben konnte, der jedes Mal das gehoffte Resultat gab. Diess ist H. Rose gelungen. Löst man die glasartige arsenige Säure in verdünnter kochender Salzsäure auf, und lässt die Auflösung langsam erkalten, so leuchtet jeder sich ausscheidende Krystall lebhaft. Wendet man die porcellanartig gewordene oder die in Krystalle abgeschiedene Säure

an, so zeigt sich kein Leuchten. (Pogg. Annal. Bd. XXXV. S. 481.) Ebenso gelang es ihm, durch Zusammenschmelzen von 11 Theilen schwefelsaurem Kali und 9 Theilen schwefelsaurem Natron eine nach dem Erkalten nicht krystallinische, rissige, bröcklige Masse von glasigem Bruch zu erhalten, welche sogleich (oder wenigstens in den nächsten Stunden) in kochendem Wasser gelöst und heiss filtrirt, beim langsamen Erkalten unter starken Funken krystallisirt. In den ersten Stunden leuchten die Krystalle auch nochmals beim Herausnehmen und Reiben oder nur starken Berühren, aber bedeutend schwächer als bei ihrer Bildung. Lässt man die geschmolzene Masse 24 Stunden an der Luft liegen, und löst sie dann auf, so zeigt sich beim Krystallisiren fast gar kein Licht; wurde sie dagegen vollkommen gegen den Zutritt der Luft geschützt, so lässt sie sich mehrere Tage aufbewahren ohne die leuchtende Eigenschaft zu verlieren. Das Leuchten beim Krystallisiren ist aber auch noch davon abhängig, dass sich Krystalle eines Doppelsalzes aus 2 Atomen schwefelsaurem Kali und 1 Atom schwefelsaurem Natron, welches die Form des reinen schwefelsauren Kali's hat, bilden; krystallisiren die Bestandtheile des Doppelsalzes einzeln heraus, so zeigte nach Rose sich niemals ein Leuchten. Man erhält die Lichterscheinung auch, wenn man 2 Theile schwefelsaures Kali mit 1 Theil Kochsalz; oder 8 Theile schwefelsaures Kali und 3 Theile trocknes kohlen-saures Natron; oder auch Chlorkalium und schwefelsaures Natron zusammenschmilzt. Es bildet sich beim Schmelzen die amorphe Verbindung von schwefelsaurem Kali und schwefelsaurem Natron, die dann beim Auflösen der Masse in kochendem Wasser unter Lichterscheinung herauskrystallisirt. Da Chromsäure und Selensäure mit der Schwefelsäure isomorph sind, so lag es nahe, statt des schwefelsauren Kalis chromsaures Kali und selensaures Kali anzuwenden; und Rose erhielt dabei ebenfalls die Lichterscheinung. (Pogg. Annal. Lll. 443—464. u. 585—600.)

H.

**Krystallelectricität, Thermoelectricität der Krystalle.** Die Eigenschaft des Turmalins, nach dem Erwärmen leichte Körper anzuziehen und wieder abzustossen, wird zuerst 1707 erwähnt; Lemery zeigte den Turmalin 1717 der Pariser Academie. Aepinus fand 1756 zuerst beide Electricitäten an ihm, was Wilson bestätigte. Canton entdeckte dieselbe Eigenschaft auch am brasilianischen Topase, erkannte zugleich die Wärme als die erregende Ursache, und beobachtete den polarisch entgegengesetzten Zustand beim Erwärmen und beim Erkalten. Brand fügte den vorigen beiden Mineralien den Axinit hinzu, und Haüy den Boracit, Mesotyp (Skolezit), Prehnit, Titanit und das kieselsaure Zinkoxyd. Brasser stellte eine lange Reihe natürlicher und künstlicher neuer thermoelectrischer Krystalle auf, von denen sich bis jetzt aber nur Quarz, Schwerspath, Zucker, Weinsäure und weinsaures Kali-Natron bestätigt haben. G. Rose hat noch den Rhodicit hinzugefügt und Hankel das neutrale weinsaure Kali.

Die Electricität entsteht in den genannten Krystallen nur während der Aenderung der Temperatur, und ist bei gleichen Temperaturgraden während der Erwärmung und während der Abkühlung grade entgegengesetzt. Man muss bei ihnen zweierlei electriche

Axen unterscheiden, 1) solche, welche an den Endpuncten stets entgegengesetzt polarisch sind, und 2) solche, welche überall dieselbe Electricität zeigen. Die erstern können allein vorkommen, die zweiten dagegen müssen stets zu zwei vorhanden sein, welche beide entgegengesetzt electricisch sind, die eine positiv, die andere negativ, und sich kreuzen. Die Lage der Axen der ersten Art ist stets abhängig von einer Unsymmetrie in der Krystallbildung, indem das Ende des Krystalles, welches z. B. beim Erkalten positive Electricität zeigt, eine andere Ausbildung hat als das entgegengesetzte. Einige Krystalle, wie Levracit und Titanit ändern während der Erwärmung die Electricitäten sämtlicher Pole ein und auch zwei Mal, und ebensovielen Wechsel zeigen sich dann beim Abkühlen. Diese Wechsel der Electricitäten an einem und demselben Pole, welche Hankel (in Pogg. Annal. L. 471 ff.) zuerst nachgewiesen hat, sind wirklich und wesentlich. Man könnte die thermoelectrischen Krystalle einzuteilen versuchen, in solche mit einer electricischen Axe, und in solche mit mehreren electricischen Axen. Es ist jedoch gar nicht unwahrscheinlich, dass auch bei den Krystallen, wo wir jetzt nur eine electricische Axe kennen, noch andere senkrecht gegen diese stehende vorhanden sind, die sich bis jetzt nur durch ihre Schwäche der Beobachtung entzogen haben.

An dem Turmalin kennt man eine polarisch electricische Axe, welche mit der krystallographischen Hauptaxe zusammenfällt. Um zu entscheiden, welches Ende beim Erwärmen positiv und beim Abkühlen negativ, und welches beim Erwärmen negativ und beim Abkühlen positiv sei, hatte G. Rose (Abhandl. d. Berl. Acad. d. Wissenschaft. für 1838, und Pogg. Annal. XXXIX. 285.) das Gesetz aufgestellt, dass der (+, -)\* Pol an demjenigen Ende sich finde, an welchem die Flächen des Hauptrhomboëders auf den Kanten des dreiseitigen Prismas aufgesetzt erscheinen, während der (-, +) Pol an dem Ende sich finde, an welchem dieselben auf den Flächen des dreiseitigen Prismas aufgesetzt erscheinen. Es ist dies aber kein Gesetz, sondern nur eine Regel, die in den meisten, aber nicht in allen Fällen gilt. (Pogg. Annal. LIX. 358 ff.)

Das Kieselzinkerz hat, wie schon Köhler (Pogg. Annalen XVII. 148.) nachgewiesen, nur eine electricische Axe, und die aufgewachsenen Krystalle sind stets mit dem (-, +) Ende verwachsen. An dem (-, +) Pole herrschen die horizontalen Prismen vor, und die Flächen der rhombischen Pyramiden sind nur untergeordnet, an dem (+, -) Pole finden sich gewöhnlich nur die Flächen einer rhombischen Pyramide. Rose und Riess in (Pogg. Annal. LIX. 368.)

Der Skolezit (Hauy's Mesotyp), hat nach Rose und Riess ebenfalls nur eine electricische Axe, welche mit der Hauptaxe des verticalen Prismas zusammenfällt. Das freie Ende ist der (+, -) Pol, das verwachsene der (-, +) Pol. (Pogg. Annal. LIX. 374.)

Der Zucker hat nach Hankel (Pogg. Annal. II. 495 ff.) eine polarisch electricische Axe, welche mit der Orthodiagonale zusammenfällt. Dasjenige Ende derselben, welches die Flächen des verticalen

\*) Dies Zeichen soll bedeuten, dass der Pol beim Erwärmen +, beim Abkühlen - ist.

Prismas zeigt, ist der (+, —) Pol, das andere Ende, welches ausser diesen noch die Flächen des Klinoprismas trägt, ist der (—, +) Pol. Die Krystalle sind stets mit dem letztern Ende aufgewachsen.

Die Weinsäure verhält sich nach Hankel (Pogg. Annal. XLIX. 500.) ebenso, nur haben die Pole an den Enden der Orthodiagonale grade die umgekehrte Lage als beim Zucker; das Ende, welches unsymmetrisch die Flächen des Klinoprismas trägt, ist der (—, +) Pol. Die Krystalle sind stets mit der einen Ecke des andern Endes verwachsen.

Das neutrale weinsaure Kali hat auch nur eine electricische Axe, welche mit der Axe der verticalen Säule zusammenfällt. Dasjenige Ende, welches die auf zwei entgegengesetzten verticalen Prismenflächen aufgesetzten zwei unsymmetrischen Flächen eines Sphenoids trägt, ist nach Hankel (Pogg. Annal. LIII. 620 ff.) der (—, +) Pol, das andere, welches vorzugsweise die mit der Basis parallele Fläche zeigt, der (+, —) Pol.

Schon aus den angeführten Krystallen, bei welchen bis jetzt nur eine einzige electricische Axe beobachtet wurde, geht so viel hervor, dass diese an den Endpunkten polarisch entgegengesetzten electricischen Axen von der Unsymmetrie in den Flächen der Krystalle abhängen; sie fällt stets zusammen mit der Verbindungslinie der unsymmetrisch ausgebildeten Stellen. Es wird sich dies auch fernerhin bestätigen; wo aber die electricischen Axen keine unsymmetrischen Punkte verbinden, da ist auch kein Grund zu einer verschiedenen Electricität in ihren Endpunkten vorhanden.

In den Bergkrystallen von Striegau in Schlesien hat Hankel 6 Pole, oder drei an ihren Enden polarisch entgegengesetzte electricische Axen nachgewiesen, die mehr mit den Randaxen zusammenfallen. Es wechseln also, wenn man auf den Seitenflächen des Krystalles herumgeht, positive und negative Pole mit einander ab. Doch sind nicht an allen Krystallen alle 6 Pole gleich deutlich; bisweilen verdrängen zwei Pole durch ihre Stärke die übrigen. (Pogg. Ann. L. 605 ff.) Nach der Richtung dieser Axen findet sich im Quarz ebenfalls Unsymmetrie durch die Flächen des trigonalen Trapezoëders.

Das weinsaure Kali-Natron (Seignettesalz) besitzt zwei sich kreuzende Axen in den Diagonalen der Basis; die eine Axe ist (—, +), die andere (+, —) (Hankel in Pogg. Annal. LVI. 57.) d. h. also von den vier electricischen Polen sind die gegenüberliegenden einander gleichnamig.

Im Axinit fanden G. Rose und Riess ebenfalls vier Pole, von denen die gleichnamigen sich einander gegenüberliegen, d. h. zwei an beiden Enden gleichnamige Axen (Pogg. Annal. LIX. 375.)

Wahrscheinlich gleicht der Prehnit in seinem Verhalten ganz dem Axinit, so dass in der kurzen Diagonale der Basis die (—, +) Axe, in der andern die (+, —) Axe liegt. G. Rose und Riess stellen für ihn zwar eine neue electricische Vertheilung auf, die centralpolarische, wonach an den Enden der kurzen Diagonale der Basis zwei (—, +) Pole liegen, und in der Mitte ein (+, —) Pol. Eine solche Vertheilung ist aber dem Begriff eines einfachen Krystalles durchaus widersprechend.

Im Topas aus Sibirien hat Hankel eine an den Endpunkten

polarisch entgegengesetzte electriche Hauptaxe\*), und ausserdem noch 4 Pole in den Endpuncten der Diagonalen der Basis, von denen die gegenüberliegenden einander gleich sind, gefunden. Das freie Ende der sibirischen Topase, welches die unsymmetrischen Flächen trägt, ist  $(-, +)$ , das andere gewöhnlich verwachsene  $(+, -)$ . In der kurzen Diagonale der Basis liegen zwei  $(-, +)$  Pole, und in der langen zwei  $(+, -)$  Pole. (Pogg. Annal. LVI. 37 ff.) In den brasilianischen Krystallen tritt die electriche Axe in der Hauptaxe zurück, und verschwindet oft ganz. G. Rose und Riess wollen beim Topas ebenfalls eine centralpolarische electriche Anordnung annehmen, in den beiden Endpuncten der kurzen Diagonale liegen nach ihnen zwei  $(-, +)$  Pole, in der Mitte ein  $(+, -)$  Pol. Gegen diese Vertheilung gilt das Obengesagte ebenfalls.

Der Boracit zeigt zunächst, wie Haüy fand, 8 Pole in seinen 8 Würfecken, so dass die verschiedenen Pole stets mit einander abwechseln. Die vier Ecken mit glänzenden Tetraëderflächen enthalten beim Abkühlen (bei  $60-70^\circ R.$ ) die  $+$  Pole, die anderen vier theils ohne, theils mit den matten Tetraëderflächen enthalten bei dieser Temperatur beim Abkühlen die  $-$  Pole. Hankel fand, dass diese Pole ihre Electricität beim Erwärmen zwei Mal wechseln, und ebenso auch entsprechend beim Abkühlen. Die Temperaturen, bei denen diese beiden Wechsel eintreten, sind ungefähr  $100^\circ R.$  und  $170-180^\circ R.$  Eine Ecke wird also z. B. beim Erwärmen erst schwach  $-$ , dann stärker und wieder schwächer, ist bei  $100^\circ R.$  nicht electric, zeigt bei noch grösserer Erwärmung  $+$ , nimmt an Stärke zu, dann wieder ab bis  $180^\circ R.$ , wo sie wieder unelectrisch ist; darüber hinaus wird sie wieder  $-$ . Beim Abkühlen ist sie  $+$  bis  $180^\circ R.$ , wird dann, nachdem sie unelectrisch gewesen  $-$  bis gegen  $100^\circ R.$ , wo sie wieder unelectrisch, und endlich wieder  $+$  wird. Aehnlich verhalten sich die andern Ecken. (Pogg. Annal. L. 471.) Hankel glaubt auch noch neue Pole in der Mitte der Würfelflächen annehmen zu müssen, die besonders an einem ganz reinen kleinen Würfel sehr stark hervortreten; sie zeigen dieselben Wechsel. (Pogg. Annal. LVI. 58.)

Der Rhodocit zeigt nach G. Rose ebenfalls 8 Pole in den Würfecken, grade so vertheilt wie beim Boracit. (Pogg. Annal. LIX. 382.) Ob die Wechsel bei ihm sich finden, ist nicht untersucht.

Beim Titanit fand Hankel 4 Pole, von denen zwei gleiche sich stets gegenüberliegen; sie zeigen beim Erwärmen sowohl als beim Abkühlen einen Wechsel der Electricität, wie ihn der Baracit zwei Mal zeigte. Die Pole liegen in dem Hauptschnitt durch die verticale Axe und die schiefe Nebenaxe. Auf den schiefen Endflächen liegen die Pole  $(+ -, + -)$ , zwischen diesen die beiden andern  $(- +, - +)$  d. h. beim Erwärmen sind sie anfangs  $-$ , dann bei  $50-60^\circ R.$   $+$ ; beim Abkühlen über  $60^\circ R.$   $-$  unterhalb  $+$ . Die untersuchten Krystalle waren Zwillinge aus dem Travetscher Thal in Graubünden; einer der beiden letzten Pole liess sich deshalb nicht ungestört beobachten, weil der zweite Krystall hier aufsass. (Pogg. Annal. L. 244.)

\*) In dieser Richtung findet auch Unsymmetrie der Flächen statt.

Merkwürdig ist, dass diejenigen der electricischen Krystalle, welche wir im Wasser lösen können, Zucker, Weinsäure, weinsaures Kali, weinsaures Kali-Natron, in diesem aufgelösten Zustande das Licht circularpolarisiren; der Bergkrystall wirkt im festen Zustande ebenso. Zufällig ist dies gewiss nicht. (Pogg. Annal. LIII. 620.) H.

**Krystallin.** Eine von Unverdorben 1826 entdeckte Substanz, welche sich bei der trocknen Destillation des Indig's bildet. Es ist schwerer als Wasser, und mit diesem leicht zu verflüchtigen, stark nach frischem Honig riechend. Obgleich es basische Eigenschaften besitzt, so dass es sich mit den Säuren zu krystallisirbaren Salzen verbindet, reagirt es doch nicht alkalisch. Es ist schwer löslich in Wasser, enthält Stickstoff und zersetzt sich an der Luft, wobei es roth wird. Nach Fritsch's Untersuchung ist es identisch mit dem Anilin, s. d. (Pogg. Annal. VIII. 379.) M.

**Krystallographie.** Die Krystallographie ist die Lehre von den Gestalten der Krystalle. Die Krystalle werden von ebenen Flächen begrenzt; wo zwei ebene Flächen sich schneiden, entsteht eine Kante, und wo drei und mehrere solcher Kanten zusammentreffen eine Ecke. Diese letztere werden theils nach der Anzahl und der Beschaffenheit der in ihnen zusammenstossenden Kanten, theils nach ihrer Lage weiter eingetheilt. Ist ein Krystall nur von Flächen begrenzt, welche alle gleich und ähnlich und auch von gleicher Lage sind, (gleichnamige Flächen), so heisst die Krystallform eine einfache; im entgegengesetzten Falle zusammengesetzt. Gewisse Linien in einfachen Krystallformen, welche durch den Mittelpunct derselben gehen, und um welche die Flächen symmetrisch vertheilt sind, nennt man Axen. Man unterscheidet Haupt- und Nebenaxen; die erstern denkt man sich immer vertical. Ist eine der Axen vor den übrigen ausgezeichnet, so wird diese als Hauptaxe betrachtet; ist keine besonders ausgezeichnet, so kann man jede zur Hauptaxe machen, muss sie dann aber auch unverändert festhalten.

Romé de l'Isle beobachtete zuerst die Identität der Winkel, selbst an solchen Krystallen einer und derselben Species, welche durch Grösse und Anzahl der Flächen äusserlich sehr verschieden waren. Da jetzt die Krystalle als etwas Festes und Gesetzmässiges erschienen, so lohnte es der Mühe, seine Zeit dieser Untersuchung zu widmen. Dies geschah von Hauy, welcher als Gründer einer wissenschaftlichen Krystallographie anzusehen ist. Er ging von den Durchgängen aus, welche sich in allen Krystallen mehr oder minder deutlich finden, und nannte die von ihnen begrenzte Gestalt die Kerngestalt. Er legte bei seinen Betrachtungen stets die atomistische Auffassungsweise zu Grunde, und die Durchgänge mussten sich natürlich in Abhängigkeit von der Gestalt der kleinsten Theilchen finden. Durch allmählichen Ansatz von neuen Lamellen auf die Flächen der bereits vorhandenen Gestalt leitete er neue secundäre Gestalten ab, indem er die allmählig angesetzten Lamellen von den Seiten oder Winkeln ihrer Grundfläche aus nach bestimmten Gesetzen (Decrescenzgesetzen) abnehmen liess. Weiss, und auf ähnliche Weise Mohs, suchten ohne atomistische Hypothesen die Krystallformen nach ihren einfachen mathematischen Verhältnissen auf ihre natürlichen Abthei-

lungen zurückzuführen; Weiss hat auch besonders der Zonenlehre seine Aufmerksamkeit zugewandt. Eine Zone ist der Inbegriff aller Flächen, welche einer gegebenen Linie, Zonenaxe, parallel sind; weiss man, dass eine zu bestimmende Fläche in zwei bekannten Zonen liegt, so ist sie sogleich bestimmt, da sie eben dadurch den Zonenaxen der beiden Zonen parallel ist. Naumann suchte besonders durch Anwendung der analytischen Geometrie der Krystallographie förderlich zu sein.

Die Hauptabtheilungen, sogenannte Krystalssysteme, auf welche Weiss und Mohs die verschiedenen Gestalten zurückgeführt haben, sind

Name nach Weiss,	Mohs,	Naumann,
1) das reguläre,	tessulare,	tesserale,
2) das zwei- u. einaxige,	pyramidale,	tetragonale,
3) das drei- u. einaxige,	rhomboëdrische,	hexagonale,
4) das ein- u. einaxige,	orthotype,	rhombische,
	(früher prismatische)	
5) das zwei- u. eingliedrige,	hemiorthotype,	monoklinoëdrische,
	(früher hemiprismatische)	
6) das ein- u. eingliedrige,	anorthotype,	triclinoëdrische.
	(früher tetartoprismatische)	

Das erste System hat drei gleichlange auf einander senkrecht stehende Axen, das zweite ebenfalls drei aufeinanderstehende Axen, von denen aber nur zwei einander gleich, die dritte verschieden; das dritte System hat vier Axen, von denen drei einander gleiche in einer Ebene liegen, und sich unter Winkeln von  $60^\circ$  schneiden; auf dieser Ebene steht die vierte ungleiche Axe senkrecht. Das vierte System besitzt drei rechtwinklige, aber sämmtlich an Grösse verschiedene Axen; in dem fünften und sechsten sind ebenfalls sämmtliche Axen an Grösse verschieden, aber im fünften sind noch zwei der Axenwinkel rechte Winkel, und nur der dritte ist ein schiefer, während im sechsten System alle Axenwinkel schief sind. Bei einigen künstlichen Krystallen findet sich noch ein anderes System, welches noch einen rechten Axenwinkel, und ausserdem zwei schiefe hat; es heisst in der Bezeichnungsweise Naumann's das *diclinoëdrische*.

Jedes dieser Systeme zerfällt nun wieder in die *homoëdrische* und in die *hemiëdrische* Abtheilung. Die *hemiëdrischen* Gestalten entstehen aus den *homoëdrischen*, indem nach bestimmten Gesetzen die halbe Anzahl der Flächen (in einigen Fällen auch nur der vierte Theil derselben) sich so ausdehnen, dass die übrigen ganz aus der Begrenzung verschwinden. Je nachdem die eine oder andere Hälfte der Flächen verschwindet, entstehen aus jeder *homoëdrischen* Gestalt zwei *hemiëdrische*, die aber nicht in paralleler, sondern in entgegengesetzter Stellung sich befinden.

Indem die einfachen Krystalgestalten sich mit einander verbinden, entstehen sogenannte Combinationen oder zusammengesetzte Formen. Da die Flächen der einen Gestalt häufig an Grösse vorwalten, so erscheinen die Flächen der anderen dann als Abstumpfungen, oder Zuschärfungen oder Zuspitzungen.

Die Bezeichnungen der einzelnen Krystalgestalten sind bei Weiss,

Mohs und Naumann im Wesentlichen dieselbe; sie geben die Abschnitte an, unter welchen die gegebene Fläche die drei (oder respective vier) Axen des Krystallsystemes schneidet. Es wird eigentlich in den meisten Fällen nur eine Fläche bezeichnet, aber diese muss dann dem Gesetz der Symmetrie zufolge, so oft es angeht, ringsherum wiederholt werden; ist die Gestalt eine hemiedrische, so fällt sie eben an gewissen Punkten nach bestimmten Regeln fort.

Auf graphische Weise haben Neumann (Beiträge zur Krystallogonomie) und Quenstedt (Pogg. Annal. XXXIV. 503. u. 651.) die Zonen darzustellen gesucht. Neumann geht von dem Satze aus, dass die Normalen sämtlicher Flächen einer Zone in einer Ebene liegen, und folglich die Durchschnittpuncte aller dieser Normalen mit einer beliebigen Ebene, welche man als Constructionsebene gewählt hat, in einer geraden Linie liegen; diese Durchschnittpuncte nennt er Flächenorte. Sind sämtliche Flächenorte auf die Constructionsebene genau eingetragen, so hat man ein anschauliches Bild aller möglichen Zonen, welche sich zwischen den Flächen der gegebenen Gestalt finden; es wird so viele Zonen geben, als sich gerade Linien durch drei oder mehrere Flächenorte legen lassen. Quenstedt gründet seine graphische Methode darauf, dass sich sämtliche Flächen einer Zone, wenn sie mit sich parallel auf einen und denselben Punct gebracht werden, sich in einer Linie schneiden. Wird also eine solche Zone von einer beliebigen Ebene geschnitten, so bildet der Durchschnitt ein System von geraden Linien, die sich sämtlich in einem Puncte schneiden. Werden nun sämtliche Flächen des Krystalles auf einen Punct gebracht, und dieselben dann in einer bestimmten Entfernung von einer Ebene geschnitten, so bestimmt jeder Kreuzungspunct von drei oder vier Linien eine Zone; jede Fläche fällt in so viele Zonen als sie durch verschiedene Kreuzungspuncte geht.

H.

**Küpe** s. Indigküpe.

**Kürbiszucker.** Hoffmann will durch ein Geheimmittel aus dem gewöhnlichen Kürbis 5.7% Rohrzucker erhalten haben; Lüdersdorff erhielt nichts. (s. Verhandl. d. preuss. Gewerbevereins 1838. 191. Marquardt Journ. f. pract. Chem. XI. 500.)

M.

**Kugelspiegel** s. Spiegel.

**Kupellation, Kupelliren,** bezeichnet das Verfahren, durch welches ermittelt wird, wie viel edles Metall das im Handel vorkommende gewöhnlich mit Kupfer legirte Silber oder Gold enthält. Der eigentlichen Kupellation muss eine ungefähre Bestimmung des Feingehalts der zu untersuchenden Probe vorangehen, welche darin besteht, dass man mit der Probe einen Strich auf den Probirstein (Kieselschiefer, Basalt) macht und ebenso mit Probirnadeln, welche aus Legirungen derselben Metalle verfertigt und ihrer Zusammensetzung nach bekannt sind. Aus der Gleichheit der Farbe des Strichs schliesst man auf die Gleichartigkeit der Mischung. Hierauf wird die Probe, welche aus legirtem Silber bestehen mag, in einer Kapelle (s. d.) mit Blei eingeschmolzen, und zwar mit einer desto grösseren Menge desselben, je geringer der Silbergehalt ist; woraus hervorgeht, dass eine vorläufige angenäherte Ermittlung desselben nothwendig

39\*



ist. 6-löthiges Silber z. B. erfordert 16 Th. Blei, 12-löthiges Silber 10 Th. Blei, 15-löthiges Silber 6 Th. Blei.

Zuerst wird die Kapelle glühend gemacht in der Muffel, einem gusseisernen oder aus feuerfestem Thon verfertigten Halbcylinder, der vorn offen ist und mit seiner flachen Seite auf Eisenstäben innerhalb eines kleinen viereckigen Ofens liegt. Wo die Oeffnung der Muffel ist, hat der Ofen einen entsprechenden Ausschnitt. Sobald die Kapelle heftig glüht, legt man das Blei hinein, und wenn dieses geschmolzen ist, auch die Silberprobe, eingewickelt in einem Bleiblättchen. Blei und Kupfer oxydiren sich nun und ziehen sich gemeinschaftlich, indem gewissermassen das Kupferoxyd vom Bleioxyd aufgelöst wird, in die poröse Masse der Kapelle. Sobald sich die Silberfläche frei vom Oxyd zeigt, blickt, ist die Kupellation vollendet. Man lässt dann das Silberkorn, welches rund geflossen und fleckenlos sein muss, langsam erkalten, bürstet es ab, und wiegt es. Aus dem Gewichtsverlust berechnet sich dann leicht der Kupfergehalt der angewandten Probe. Die Leitung der Kupellation erfordert viele Uebung, namentlich die Herstellung derjenigen Temperatur, bei welcher das Abtreiben der unedlen Metalle richtig von Statten geht. In zu hoher Hitze verdampft Silber, in zu niedriger bleibt das Bleioxyd zähflüssig und wird nicht von der Kapelle absorbiert. Allein bei aller Vorsicht findet dennoch ein geringer Silberverlust statt, theils wegen Verdampfung, theils wegen Absorption eines kleinen Quantums durch die Kapelle. Man stellt deshalb zur Controlle zwei Proben an, die Gültigkeit haben, wenn sie nicht mehr als  $\frac{1}{100}$  von einander abweichen.

Goldmünzen u. dgl., wenn sie mit Kupfer legirt sind, werden auf dieselbe Weise mit Blei abgetrieben; sind sie aber mit Silber legirt, so fügt man noch so viel feines Silber zu, dass die Silbermenge etwa das Vierfache vom Gewicht des Goldes ist, und behandelt die Legirung dann mit Salpetersäure, welche nur das Silber auflöst und das Gold zurücklässt. Die vollständige Auflösung alles vorhandenen Silbers gelingt indessen nur dann, wenn das Silber nicht weniger als das vierfache Gewicht des Goldes hat, mehr schadet nicht, daher der oben als nothwendig bezeichnete Zusatz, und der Name Quartation oder Scheidung durch die Quart für diese Operation. Hat man endlich ein gleichzeitig mit Kupfer und Silber legirtes Gold, so bestimmt man erst den Kupfergehalt durch die Kupellation und dann das Silber durch die Quartation.

Wegen der Schwierigkeit und Ungenauigkeit der Kupellation wurde auf Veranlassung der französischen Regierung von Gay-Lussac ein Probirverfahren auf nassem Wege ausfindig gemacht, welches leichter und bis auf  $\frac{1}{1000}$  genau ist. Es besteht darin, dass man sich eine Kochsalzlösung bereitet, von welcher 100 Gramme grade 1 Gramm in Salpetersäure gelöstes Silber als Chlorsilber niederschlagen. Wenn man nun 1 Gramm der Probe in Salpetersäure auflöst und vorsichtig so lange von der Kochsalzlösung zusetzt, als noch eine Trübung entsteht, so geben die verbrauchten Gramme der Flüssigkeit ebenso viel  $\frac{1}{100}$  Gramme Feinsilber der Legirung an, wodurch deren Zusammensetzung ermittelt ist. (Verhandl. d. Gewerbevereins in Preussen 1831. S. 90. — Pogg. Annal. XX. 141.) B.

**Kupelle, Kapelle**, ein zur Kupellation des Silbers oder Goldes gebräuchliches Gefäss, äusserlich von der Form eines abgestumpften Kegels, innerlich flach kugelförmig, ungefähr ein Zoll im Durchmesser. Um sie zu verfertigen werden Knochen mit Holzkohlen weiss gebrannt, worauf man die hauptsächlich aus phosphorsaurer Kalkerde und der Kohlenasche bestehende Masse pulverisirt, auswäscht, schlämmt und den Teig in einer hohlen konischen Messingform (Nonne) mit grader Basis formt. Die Vertiefung erhält die Kupelle durch einen auf den Teig gedrückten unten halbkugligen Stempel (Mönch.) Die behutsam aus der Form gebrachte Kapelle wird erst lufttrocken gemacht, und dann geglüht oder abgeäthmet (s. d.) Eine Kapelle muss bei hinreichender Festigkeit auch die Porosität besitzen, welche erforderlich ist, um die beim Kupelliren entstehenden Oxyde leicht und vollständig zu absorbiren. Eine Kapelle absorbirt ein ihr gleiches Gewicht an Bleiglätte, wonach man die Grösse der Probe einrichtet.

B.

**Kupfer.**  $Cu = 395.69$ . Vorkommen. Das Kupfer, schon in den frühesten Zeiten bekannt, wurde von den Griechen und Römern hauptsächlich von der Insel Cypren bezogen, und deshalb Aescyprum genannt, woraus Cuprum, Kupfer, entstanden ist. Dasselbe findet sich gediegen in den verschiedensten Gebirgsformationen begleitet von anderen Kupfererzen, u. a. zu St. Goar und Rheinbreitenbach am Rhein. zu Kamsdorf in Thüringen, Riechelsdorf in Kurhessen; ferner in Cornwall, Schweden, Ungarn, Sibirien, Japan, China und Canada kommt es häufig vor, und besonders in Nordamerika an den Seen oft in losen Stücken von beträchtlicher Grösse, zuweilen mehrere tausend Pfund schwer. Ungeachtet dieser im Ganzen keineswegs unbedeutenden Quantitäten gediegenen Kupfers ist in Folge des grossen Bedarfs dennoch das meiste im Verkehr befindliche Kupfer aus den Erzen gewonnen, die sich in zwei Gruppen theilen, in oxydirte und geschwefelte. Zu jenen gehören Rothkupfererz (Kupferoxydul), Kupferlasur und Malachit (beide kohlen-saures Kupferoxyd, s. d.); die geschwefelten sind Kupferglanz (Schwefelkupfer), Kupferkies, Buntkupfererz, (Verbindungen von Schwefelkupfer mit Schwefeleisen, s. beide), und die Fahlerze, welche neben anderen Schwefelmetallen auch Schwefelkupfer enthalten.

**Gewinnung.** Die Ausbringung des Kupfers richtet sich nach der Beschaffenheit der Erze; sie ist am einfachsten bei den oxydirten, welche aber selten in so beträchtlicher Menge vorkommen, dass sich ein eigenes Schmelzverfahren darauf einrichten liess, weshalb sie meist mit den geschwefelten verschmolzen werden. Diese dagegen sind die häufigsten und darum ergiebigsten, machen aber, um den Schwefel und das mit darin enthaltene Eisen zu entfernen, sehr umständliche Prozesse nöthig, welche noch weitläufiger werden, wenn sie silberhaltig sind. Einen unerheblichen Theil der Kupferproduction macht die Gewinnung des Cämentkupfers aus.

a. Gewinnung aus oxydirten Erzen. Dieselben werden mit Kohlen und den zur Schlackenbildung erforderlichen Zuschlägen als Kalkstein, Quarz (zu Chessy ist Sandstein die Bergart, worin die Erze brechen) und Schlacken in einem niedrigen Schachtlofen mit

Gebläse niedergeschmolzen, und auf das in einer tiegelförmigen Vertiefung vor demselben, dem Vorherd, sich ansammelnde Kupfer, welches von Schlacken bedeckt ist, Wasser gespritzt, wovon die Schlacke erstarrt und leicht abgezogen werden kann. Hierauf besprengt man ebenso das metallische Kupfer, und zieht die festgewordenen Scheiben ab, die aus einem Kupfer bestehen, welches noch geringe Mengen von Schwefel, Eisen und anderen Metallen enthält, welche von kleinen Antheilen geschwefelter Erze herrühren, die mit den oxydirten zusammen sich finden. Derartiges Kupfer heisst Schwarzkupfer, und wird durch ein weiter unten beschriebenes Verfahren gereinigt. Die hier dargestellte Methode wurde früher besonders zu Chessy bei Lyon ausgeführt, wo wegen der Verminderung der Erzmengen das Schmelzen eingestellt werden musste.

b. Gewinnung aus geschwefelten Erzen. Die Procedur, welcher diese unterworfen werden, besteht im Allgemeinen darin, dass man die Erze röstet, um die Verflüchtigung des Schwefels und die Oxydation der Metalle zu bewirken, worauf die Reduction mit Kohle erfolgt. Zunächst werden die gewöhnlich mit Schwefelkies (Schwefeleisen) zusammen vorkommenden Erze in sogenannten Röststadeln d. i. viereckigen, durch niedrige Mauern begrenzten Räumen mit Brennmaterial gemischt und dieses angezündet. Hierbei brennt ein Theil Schwefel fort und die davon befreiten Metalle werden oxydirt. Selten nur wird das Rösten in Flammöfen vorgenommen. Hierauf erfolgt das Rosteinschmelzen, welches die Entfernung eines Theiles Eisens zum Zweck hat. Es werden zu dem Ende die gerösteten Erze mit Quarz, wenn derselbe nicht schon in der Bergart hinreichend vorhanden ist, und Schlacken vom Schwarzkupfer in einem niedrigen Schachtofen geschmolzen, wobei das bereits oxydirte Kupfer seinen Sauerstoff an Schwefeleisen abgibt und dafür dessen Schwefel aufnimmt. Das mit Sauerstoff verbundene Eisen schmilzt mit der Kieselsäure (Quarz) zu Schlacke, und wird von den rückständigen geschwefelten Metallen abgezogen, die den Roh- oder Kupferstein bilden, eine beim Erkalten äusserlich schwarze, innen graugelb metallisch aussehende Masse, bestehend aus 60 Proc. Eisen, 25—26 Proc. Schwefel und 14—15 Proc. Kupfer, mit geringen Mengen anderer Metalle (Zink, Blei.) Den Rohstein zerschlägt man in kleine Stücke und röstet ihn 4—6 Mal um eine weitere Verflüchtigung des Schwefels und möglichst vollständige Oxydation der Metalle zu bewirken, worauf die Reduction mit Kohle in einem Schachtofen erfolgt. In der Regel fügt man noch etwas Erz dem gerösteten Stein bei, damit, wenn ausser dem Kupfer auch Eisen reducirt werden sollte (Eisensau), dieses das Kupfer nicht verunreinigen kann, sondern Schwefelkupfer vorfindet, dessen Schwefel es sich aneignet. Diese Schwefelmetalle bilden dann einen Stein auf dem Kupfer, den Dünstein, welcher ungefähr 58 Proc. Kupfer, 16 Proc. Eisen und 24 Proc. Schwefel enthält, und mit Rohstein aufs Neue in Arbeit genommen wird. Das erhaltene Kupfer heisst Schwarzkupfer und enthält in günstigen Fällen bis 95 Proc. Kupfer, das übrige ist Schwefel, Eisen, Zink u. s. w. wovon es durch das Gahrnachen befreit wird.

In der Grafschaft Mansfeld kommen die geschwefelten Kupfererze fein vertheilt in einem bituminösen Mergelschiefer (Gemisch aus koh-

lensaurem Kalk und kieselaurer Thonerde) vor, und haben einen geringen Silbergehalt, dessen Ausbringung jedoch erst aus dem Schwarzkupfer erfolgt, welches man auf eine von dem bereits beschriebenen Verfahren nicht wesentlich abweichende Art gewinnt. Die Schiefer werden zuerst über Reisholz aufgeschichtet, und dieses in Brand gesteckt, wodurch das Bitumen entzündet und zerstört wird. Gleichzeitig verflüchtigt sich Schwefel im verbrannten Zustand und die Metalle erleiden eine theilweise Oxydation. Die gerösteten Schiefer, welche ihre dunkle fast schwarze Farbe in eine lichte graue oder röhliche verwandelt haben, werden nun so gemischt, dass die kiesel-säurehaltigen mit den kalkreichen eine gute Schlacke geben, zu welchem Zweck nöthigenfalls auch Flussspath und andere Schlacken zugesetzt werden. Das Schmelzen geschieht in einem Hohofen und das Product desselben ist Kupferstein mit viel schwarzer oder dunkelgefärbter eisenreicher Schlacke. Den Stein zerschlägt und röstet man dreimal, worauf er wieder durchgeschmolzen wird, um Eisen in die Schlacke zu geben und kupferreicher zu werden. Der geröstete Stein (Spurrost) erfährt hierauf eine noch sechsmalige Röstung, wobei sich schwefelsaures Kupfer und Eisen bilden, welche jedesmal mit Wasser ausgelaugt werden, aus welchem eisenhaltiger Kupfervitriol anschießt. Das Product der letzten Röstung wird dann mit Kohle zu Schwarzkupfer reducirt, wobei wieder auf die Bildung eines Dünnschmelzes Rücksicht genommen werden muss (s. oben). — Der chemische Vorgang ist, wie aus dem Mitgetheilten hervorgeht, derselbe, wie der zu Anfang beschriebene, nur wiederholen sich hier die einzelnen Operationen öfter, was durch das eigenthümliche Vorkommen der Mansfelder Erze bedingt wird. Man lässt auch jetzt wohl das Schmelzen des Spurrostes fort, und röstet ein- oder zweimal mehr, wodurch man zwar ein unreineres Schwarzkupfer gewinnt, aber viel Brennmaterial erspart.

Das Mansfelder Schwarzkupfer enthält im Centner 10—20 Loth Silber. Dieses wurde früher durch die Saigerung abgeschieden, welche darin besteht, dass man das Kupfer mit Blei zusammenschmilzt, das Gemisch zu dicken Scheiben formt, und aus diesen durch Kohlenfeuer eine leichtflüssige Legirung von Blei und Silber ausschmilzt. Das Silber trennt man hierauf vom Blei durch das Abtreiben (s. dieses); das rückständige Kupfer wird zunächst von allem Blei befreit und dann gahr gemacht. Diese, viel Zeit, Brennmaterial und Blei kostende Operation wurde zuerst durch die Amalgamation des Kupfersteins (s. Amalgamation) beschränkt, und wird in Folge neu aufgefundenen in ihren Einzelheiten noch nicht zur allgemeinen Kenntniss gekommener Methoden ganz beseitigt werden.

c. Gewinnung durch Cämentation. Durch allmähliche Oxydation verwandeln sich geschwefelte Kupfererze in schwefelsaures Kupferoxyd, welches selbst in der Erde von den Grubenwassern aufgelöst wird. Diese Auflösung wird an verschiedenen Orten, wenn man nicht Kupfervitriol daraus krystallisiren lässt, auf Kupfer benutzt, indem man Eisen hineinlegt, auf welchem sich Kupfer abscheidet, während Eisen aufgelöst wird (vergl. Cämentation). Dieses Kupfer wird hierauf wie Schwarzkupfer behandelt.

Gahrkupfer. Das Schwarzkupfer enthält wie bereits gesagt,

noch verschiedene andere die Kupfererze begleitende Metalle, als Eisen, Zink, Blei, Spiessglanz, Arsenik, Nickel u. s. w., auch Schwefel, deren Gesamtmenge sehr veränderlich ist und 5 bis 30 Proc. ausmacht. Um das Kupfer davon zu befreien, es gahr zu machen, wird es auf einem Flammherd oder dem Gahrherd, einer runden tiegelförmigen Vertiefung in einer aus Lehm und Kohlenklein festgestampften und ummauerten Herdmasse eingeschmolzen, und die Gebläseluft darauf geleitet. Durch Einwirkung derselben auf die geschmolzene Masse oxydiren sich die fremden Metalle und geben mit der Asche eine Schlacke, welche abgeleitet wird, um die Oberfläche stets rein zu erhalten. Sobald aber auch das Kupfer sich in Oxydul verwandelt und dadurch die Schlacke roth färbt, wird mittelst einer Eisenstange, welche man in das Kupfer taucht, um sie mit einer dünnen Kupferrinde zu überziehen, aus dem Grad der Zähigkeit derselben, der richtige Punct der Gähre beurtheilt, wozu Uebung und Erfahrung gehören. Ist die Gähre eingetreten, so hängt man das Gebläse ab, reinigt die Oberfläche des Kupfers von Kohlen und Schlacken und besprengt es mit Wasser, wodurch die oberste Schicht erstarrt und in Form einer Scheibe abgezogen wird. Dies Besprengen und Abreißen wird so lange fortgesetzt, bis alles Kupfer aus dem Herd heraus ist. Da die Scheiben auf der Unterseite ein rauhes hakiges Ansehen haben, nennt man das Gahrkupfer in dieser Form auch Rosettenkupfer. Gleich nach dem Losreißen taucht man die Scheiben in kaltes Wasser um durch die schnelle Abkühlung die Oxydation zu verhüten; dennoch überzieht sich das Kupfer hierbei mit einer dunkelrothen Schicht von Oxydul.

Auch das Gahrkupfer ist noch nicht ganz rein, es enthält  $1\frac{1}{2}$  bis gegen 2 Procent fremde Metalle, und wenn es übergahr geworden ist, d. h. zu lange der Oxydation im Gahrherd ausgesetzt war, was man bei sehr unreinem Schwarzkupfer zur möglichst vollständigen Beseitigung der Beimengungen sogar absichtlich geschehen lässt, auch Kupferoxydul. Dieses macht aber das Kupfer kaltbrüchig, d. h. bei der Bearbeitung in gewöhnlicher Temperatur spröde, während es durch eine geringe Menge von Blei oder Eisen rothbrüchig, d. i. beim Erhitzen spröde wird. Man behandelt es daher noch einmal in geringen Quantitäten auf kleinen Gahrherden wie vorher, und wenn das Oxydul zerlegt werden soll unter Kohlen, worauf es hammergahr heisst, und zu Draht, Blech u. dgl. verarbeitbar ist.

Chemisch reines Kupfer erhält man durch Auflösen von gediegenem oder einer andern sehr reinen Kupfersorte in Schwefelsäure, welche etwa vorhandenes Blei als schwefelsaures Bleioxyd ungelöst lässt. Die Solution versetzt man mit Ammoniak, wodurch Eisenoxyd gefällt wird; das überschüssig zugesetzte Ammoniak aber neutralisirt man mit Schwefelsäure und schlägt hierauf mit kohlen-saurem Kali basisch kohlen-saures Kupferoxyd nieder, welches man im Tiegel mit Kohle reducirt.

Eigenschaften. Das Kupfer hat bekanntlich eine hellrothe Farbe, welche an der Luft gewöhnlich in eine dunkle, mehr braune übergeht, davon herrührend, dass sich auf der Oberfläche eine dünne Schicht von Kupferoxydul bildet. Hinsichtlich der Dehnbarkeit und Geschmeidigkeit übertrifft es das Eisen, dem es in Zähigkeit nur we-

nig nachsteht. Es krystallisirt in Formen des regelmässigen Systems meist in Würfeln und Octaëdern. Das specif. Gewicht des natürlich gediegenen ist 8,4—8,9, des gegossenen 8,8 und darüber, des dichtesten galvanisch niedergeschlagenen 8,914 und des anhaltend gehämmerten oder gewalzten 8,95. Specif. Wärme 0,0949 (Dulong und Petit), 0,9515 (Regnault). Es schmilzt leichter als Gold, aber schwerer als Silber, nach Daniell bei 1090° C. Im geschmolzenen Zustand absorhirt es Luft, welche beim Erkalten heraustritt und das Kupfer wie Staub umherwirft. Die letzten Lufttheile bleiben im Metall, und machen, dass es beim Erstarren blasig wird, weshalb sich Kupfer nicht zu Gusswaaren eignet. Beim Erhitzen geht es zuerst in rothes Oxydul, dann in schwarzes Oxyd (Kupferhammerschlag) über, in sehr hoher Temperatur wird es verflüchtigt und mit grüner Flamme verbrannt. Säuren greifen, mit Ausnahme der Salpetersäure, welche das Kupfer schnell oxydirt und auflöst, das Kupfer nur dann an, wenn gleichzeitig der Sauerstoff der Luft Zutritt hat. Daher kann man ohne Gefahr vor Vergiftung saure Speisen in blanken kupfernen Gefässen kochen, denn die aufsteigenden Dämpfe halten die Luft ab; sobald man aber derartige Speisen darin erkalten oder längere Zeit stehen lässt, so wird Kupfer oxydirt und von der Säure aufgenommen. Concentrirte Schwefelsäure wirkt auf das Kupfer nur beim Erhitzen, indem sie Sauerstoff an dasselbe abgibt und zu schwefliger Säure reducirt wird, während ein anderer Theil Schwefelsäure das Kupferoxyd aufnimmt. Wasser wird nur von lebhaft rothglühendem Kupfer, und auch dann nur mässig zersetzt; in feuchter Luft verwandelt sich Kupfer in Grünspan oder basisch kohlen-saures Kupferoxyd, der wie alle kupferhaltigen Präparate giftig ist.

Wird über glühendes Kupfer Ammoniakgas mehrere Stunden geleitet, so verändert das Kupfer seine Farbe, es wird nach Umständen grau, gelb, grünlich oder rosenfarbig, nimmt ein schiefriges Gefüge an, wird porös und verliert so an Dichtigkeit, dass sein specif. Gewicht nur noch 5,5 ist. Dabei verändert es sein Gewicht auf eine kaum merkliche Weise. Man schreibt diese Veränderungen der Bildung einer leicht zersetzbaren Verbindung von Kupfer und Stickstoff zu. Eine solche Verbindung ist von Schrötter dadurch erhalten worden, dass er Ammoniakgas über bis 250° C. erhitztes Kupferoxyd leitete. Sie bildet ein schwarzes, lockeres Pulver, das bei 300° unter Feuererscheinung in Kupfer und Stickstoff zerfällt, und aus 1 Atom Stickstoff und 3 Atomen Kupfer besteht. Grove hat eine ähnliche Verbindung auf elektrischem Wege dargestellt. (Pogg. Annal. XVII. 296. XLII. 164. LIV. 105. 111.)

Anwendung. Da das Kupfer zu den nicht leicht oxydirbaren Metallen gehört, so gebraucht man es zu vielen Geräthen, als Kessel, Pfannen, Destillirblasen, Röhren u. s. w., welche gehörig rein gehalten werden müssen, damit sie keinen Grünspan ansetzen. Das Verzinnen derselben gewährt noch weniger Sicherheit als Reinlichkeit, da sich Zinn in Berührung mit Kupfer leichter auflöst als für sich, und ebenfalls der Gesundheit nachtheilig ist. Kupfer dient ferner zum Beschlagen der Seeschiffe, und wird dabei durch eiserne Bänder vor dem Angriff der im Meerwasser enthaltenen Chlorverbindungen geschützt, da das Eisen electropositiv wird, und das Chlor an

sich zieht. (s. Pogg. Annal. III. 211. IV. 466.) Eine hübsche Anwendung von pulverförmigem Kupfer, erhalten durch Reduction des Kupferoxyds mittelst Wasserstoff, zu Medaillen u. dgl. hat Osann gemacht, indem er das feine Pulver durch Pressen mit einem Stempel prägt, und um den Abdruck fester zu machen glüht. (Pogg. Ann. LI. 406.) Endlich verdient auch der wichtige Antheil hervorgehoben zu werden, welchen das Kupfer an mehreren sehr wichtigen Legirungen als Messing, Bronze, Neusilber, Glockenmetall u. s. w. ausmacht. B.

**Kupferasche**, das durch Glühen des Kupfers an der Luft gebildete Kupferoxyd. B.

**Kupferblüthe** heisst das haarförmige natürliche Kupferoxydul.

**Kupferglanz** u. **Kupferglas**, natürlich. Schwefelkupfer. (s. d.)

**Kupferglimmer** ist natürliches arseniksaures Kupferoxyd mit Wasser  $\text{Cu}_2\text{As} + 12\text{H} = 58$  Kupferoxyd, 21 Arseniksäure und 21 Wasser. Es krystallisirt in Rhomboëdern, deren Endkantenwinkel  $68^\circ 41'$  beträgt. Die Krystalle sind tafelförmig, drusig gruppirt, krystallinische Massen haben eine blättrige Textur. Das Mineral ist smaragdgrün, durchsichtig oder durchscheinend und von Härte des Steinsalzes, sein specif. Gew. 2,5. Es kommt mit anderen Kupfererzen in Cornwall vor. B.

**Kupfergrün** s. Kieselkupfer.

**Kupferindig**, ein natürliches Schwefelkupfer mit doppelt so viel Schwefel als im Kupferglanz s. Schwefelkupfer. B.

**Kupferkies** krystallisirt in viergliedrigen Octaëdern, deren Endkantenwinkel  $109^\circ 53'$  beträgt, mit mancherlei secundären und hemiödrischen Flächen, wodurch die an sich kleinen und oft verzerrten, auch nicht häufigen Krystalle schwer erkennbar werden. Meist kommt der Kupferkies derb und eingesprengt, traubig und nierenförmig vor. Er ist messinggelb, metallisch glänzend, oft bunt ange laufen und von Härte des Flusspaths oder etwas darunter; specif. Gew. 4,1—4,3. Concentrirte Salpetersäure und noch leichter Königswasser lösen ihn unter Abscheidung von Schwefel auf, vor dem Lüthrohr verknistert er, entwickelt schweflige Säure und fließt zu einer stahlgrauen magnetischen Kugel. Nach den mehrfach vorhandenen Analysen besteht es aus 1 At. Schwefelkupfer und 1 At. Eisenssesquisulfuret  $\text{CuFe} = 34,81$  Kupfer; 29,82 Eisen; 35,37 Schwefel. Der Kupferkies ist sehr verbreitet und das gewöhnlichste Kupfererz. Man findet ihn u. a. zu Freiberg in Sachsen, in Thüringen, Mansfeld, am Harz, im Siegenschen, in Nassau, Ungarn, Schweden, am Ural u. s. w. B.

**Kupferkiesel** gleichbedeutend mit Kupfergrün s. d.

**Kupferlasur** s. kohlen-saures Kupferoxyd.

**Kupfermanganerz**, ein bläulich schwarzes, undurchsichtiges und unkrystallinisches Mineral, welches nierenförmig, traubig und

tropfsteinartig bei Schlackenwalde in Böhmen und zu Kamsdorf bei Saalfeld vorkommt. Härte zwischen Kalkspath und Flussspath, specif. Gew. 3,1—3,2. Nach Rammelsberg ist es eine wasserhaltige Verbindung von Mangansuperoxyd mit Manganoxydul, Kupferoxyd,

Kalk und Baryt nach der Formel  $\dot{R}\dot{M}_2 + 2\dot{H}$ , in welcher  $\dot{R}$  die genannten Oxyde repräsentirt. (Pogg. Annal. LIV. 547.) B.

**Kupfernichel** s. Arseniknickel, wo die zu Kupfernichel gehörige Formel statt  $NiAs$ , heissen muss  $NiAs$ .

**Kupferoxyd, Cu.** In 100 Th. : 79,83 Kupfer; 20,17 Sauerstoff. Das Kupferoxyd findet sich in schwarzen oder blauschwarzen erdigen Parthien, häufiger noch als Anflug und Ueberzug unter anderen Kupfererzen, besonders Kupferkies, und wird von den Mineralogen Kupferschwärze genannt. Künstlich erhält man es durch Glühen des Kupfers an der Luft (Kupferasche, Kupferhammerschlag meist mit Oxydul vermischt), sowie durch Glühen des kohlen-sauren oder salpetersauren Kupferoxyds. Besonders liefert das letztere, aus reinen Materialien dargestellt, ein zur Analyse organischer Stoffe wohlgeeignetes Präparat. Fällt man die Auflösung des schwefelsauren Kupferoxyds mit Kali, so erhält man einen blauen Niederschlag, welcher Kupferoxydhydrat ist, der aber schon beim Kochen in Wasser so wie durch stärkeres Erhitzen im trockenen Zustand sich in reines schwarzes Kupferoxyd verwandelt.

**Eigenschaften.** Das aus glühendem Kupfer dargestellte Oxyd bildet schwarze dichte Schuppen, das aus den genannten Salzen und aus dem Kupferoxydhydrat erhaltene ein schwarzes Pulver, welches erst in sehr hoher Temperatur schmilzt, von Wasserstoffgas schon unter der Glühhitze reducirt wird, und wegen dieser leichten Reducirbarkeit das allgemein angewandte Mittel zur Zerlegung organischer Substanzen geworden ist. Indem man nämlich diese mit Kupferoxyd mischt und glüht, giebt es seinen Sauerstoff an den Kohlenstoff und Wasserstoff des organischen Körpers ab, deren Menge aus der Quantität des gebildeten Wassers und der Kohlensäure berechnet wird. (Vergl. Analyse, organische). Das specif. Gewicht des Kupferoxyds ist nach Boullay 6,13, die specif. Wärme nach Regnault 0,14201. In Glasflüssen löst es sich mit grüner Farbe, in Ammoniak mit blauer, wenn demselben einige Tropfen Säure zugesetzt werden, oder die Kohlensäure der Luft Zutritt hat. Es bildet sich in diesem Fall ein basisches Kupferoxyd-Ammoniak-salz, daher Kupferoxyd auch in Ammoniak-salzen löslich ist. Auf dieser Eigenschaft beruht die Reinigung legirter silberner, goldener oder anderer kupferhaltigen Geräthe durch Ammoniak, mit welchem man sie wäscht, wenn sie angelauten, d. h. durch Kupferoxyd blind geworden sind.

Das Kupferoxydhydrat enthält 18,49 Proc. Wasser, d. i. 1 Atom auf 1 At. Oxyd; es ist auflöslich in Ammoniak und starker Kalilauge. Man gebraucht es als Malerfarbe (Bremerblau) und stellt es zu diesem Ende dar aus kohlen-saurem Kupferoxyd, welches man mit Kali digerirt und nach dem Auswaschen mit Leim versetzt und trocknet.

Das Kupferoxyd gehört zu den stärkeren Basen, und bildet mit Säuren blaue oder grüne Salze, welche von einem Ueberschuss von

Kali oder Natron blau, von Cyaneisenkalium braunroth und von Schwefelwasserstoff schwarz gefällt werden. Ammoniak bewirkt keine Fällung aber eine tiefe blaue Färbung; aus den auflöslichen scheidet ein Eisen- oder Zinkstab Kupfer auf sich ab. Die Kupferoxydsalze sind, wie alle Kupferpräparate giftig; Zucker und Eiweiss erweisen sich als die besten Gegenmittel.

Im unreinen Zustande, als Kupferasche, dient das Kupferoxyd zum Färben des Glases und verschiedener Glasuren (s. Glas), im reinen, wie bemerkt, zur organischen Analyse. — Ueber Einwirkung des Schwefels und Kalis auf Kupferoxyd s. Journ. f. pract. Chemie XXVIII. 217. 222. B.

**Kupferoxydul, Cu.** In 100 Th.: 88,78 Kupfer; 11,22 Sauerstoff. — Vorkommen. Das Kupferoxydul findet sich in der Natur und wird in der Mineralogie Rothkupfererz genannt. Es krystallisirt regulär, meist in Octaëdern und Dodekaëdern, welche parallel den Octaëderflächen deutlich spaltbar sind. Sie sind, wie die dichten, haarförmigen und erdigen Abänderungen von cochenillrother Farbe, nicht selten mehr oder minder an ihrer Oberfläche in Malachit verwandelt, und grün, von Härte des Flussspaths, und haben einen kirschrothen Strich. Specif. Gewicht 5,7–6,1. Man findet das Rothkupfererz unter anderen Kupfererzen besonders zu Rheinbreitenbach, zu Chessy bei Lyon, in Cornwall und am Ural. Es wird zur Gewinnung des Kupfers gebraucht.

**Darstellung.** Künstlich erhält man das Kupferoxydul, wenn man 5 Th. Kupferoxyd mit 4 Th. Kupferfeile, oder dünne Kupferbleche in einem Tiegel mit dünnen Lagen Kupferoxyd geschichtet glüht, oder 10 Th. geschmolzenes Kupferchlorür mit 6 Th. wasserfreiem kohlensaurem Natron schmilzt. Im letzten Fall entsteht Chlor-natrium, das man durch Waschen vom rückständigen Kupferoxydul trennt; im ersten entzieht das metallische Kupfer dem Oxyd einen Theil Sauerstoff. Wenn man eine Auflösung von gleichen Theilen Krümelzucker (Stärke-, Trauben-, Honigzucker) und Kupfervitriol so lange mit Kalilauge vermischt, bis der anfänglich gebildete Niederschlag sich wieder aufgelöst hat, so entsteht beim Erhitzen sogleich, und bei gewöhnlicher Temperatur nach einiger Zeit ein rother krystallinischer Niederschlag, welcher Kupferoxydul ist. Dasselbe erzeugt sich auch, wenn man Kupfer nur kurze Zeit an der Luft glüht, und bildet dann eine rothe, von der des Kupfers verschieden gefärbte Schicht auf demselben. Einen solchen braunrothen Ueberzug giebt man kupfernen Gegenständen oft in der Absicht, um ihnen ein besseres Ansehn und mehr Schutz gegen die Einwirkung von Wasser und Luft zu geben (englische Bronze). Man überstreicht nämlich das Kupfer mit nassem Eisenoxyd, erhitzt es damit, wobei letzteres Sauerstoff an das Kupfer abgiebt, und wischt das entstandene Eisenoxyduloxyd von dem oberflächlich oxydulirten Kupfer ab. Oder man taucht die kupfernen Geräthe in eine siedende, stark verdünnte Auflösung von 2 Theilen neutralem Grünspan und 1 Theil Salmiak in Essig; sobald sich die erwünschte Farbe zeigt, werden sie herausgenommen, abgespült und getrocknet. Das letzte Verfahren eignet

sich besonders für kleine Gegenstände, Medaillen u. dgl. In beiden Fällen lässt sich durch Erhitzen die Farbe dunkler machen.

**Eigenschaften.** Das künstlich bereitete Kupferoxydul ist ein schön rothes oder braunrothes Pulver, welches sich an der Luft nicht verändert, und durch Säuren in Oxydsalz und Metall verwandelt wird; nur concentrirte Salzsäure giebt damit ein weisses Chlortür. Versetzt man ein Oxydsalz mit Kali, so fällt gelbes orangefarbenes Kupferoxydulhydrat nieder, welches sich aber an der Luft schnell in Oxydhydrat verwandelt. Beim Glühen an der Luft geht das Kupferoxydul in Kupferoxyd über. Glasflüssen ertheilt es eine so intensiv rothe Farbe, dass es nur in sehr geringer Menge angewandt werden darf, als Ueberfangglas (s. Glas), wenn das Glas noch durchsichtig sein soll. Zu diesem Zweck wird die Glasmasse mit einer geringen Menge Kupferoxyd versetzt, und die daraus verfertigte Tafel in einer russenden Flamme angewärmt, und so das Oxyd zu Oxydul reducirt. B.

**Kupferpecherz**, ein inniges Gemenge von Brauneisenstein (Eisenoxydhydrat) und Kupferoxydul, welches mit anderen Kupfererzen derb, eingesprengt, als Ueberzug und erdig vorkommt, ein Zerzeugungsproduct derselben, namentlich des Kupferkieses ist, und auf Kupfer verschmolzen wird. Specif. Gewicht 3,2, Härte zwischen Flussspath und Apatit. B.

**Kupfersäure.** Es ist noch nicht gelungen, diese überaus leicht zersetzbare Säure im isolirten Zustande darzustellen, dagegen sind mehrere Salze von Krüger beobachtet worden, welcher das Kalksalz für das beständigste hält, und dasselbe auf folgende Art bereitet. Chlorkalk wird mit Wasser angerührt und salpetersaures Kupferoxyd zugesetzt. Es entsteht ein grünlicher Niederschlag, welcher nach und nach eine schön carmoisinrothe Farbe annimmt. Hierbei tritt eine Sauerstoffentwicklung ein, welche mehrere Wochen anhält und wobei der Niederschlag allmählig in blaues Kupferoxydhydrat übergeht. Auf galvanischem Wege die Kupfersäure und Eisensäure zu erhalten gelang nicht. (Pogg. Annal. LXII. 445.) B.

**Kupferschaum**, ein in dünnen Blättchen krystallisirendes Kupfererz, deren Grundform eine grade rhombische, parallel der Endfläche vollkommen spaltbare Säule ist. Die Krystalle sind selten, gewöhnlich derbe, krystallinische, strahlen- und sternförmig gruppirte Massen, auch angeflogen und eingesprengt. Der Kupferschaum hat eine spahngrüne, ins Apfelgrüne und lichte Himmelblaue übergehende Farbe, Perlmutterglanz, specif. Gew. 3,1, ist wenig härter als Talk und in dünnen Blättchen biegsam. Vor dem Löthrohr verknistert er stark, schmilzt zu einer schwarzgrauen Perle, und entwickelt auf Kohle Arsenikgeruch. v. Kobell fand in dem Kupferschaum von Falkenstein in Tyrol 25,01 Arseniksäure; 43,88 Kupferoxyd; 17,46 Wasser; 13,65 kohlensauren Kalk. Betrachtet man den letzten Bestandtheil, der sich jedoch auch in ganz reinen Stücken findet, als zufällig, so ist die Formel des Kupferschaums  $\text{Cu, As} + 10\text{H}$ ; wäre der Kalkgehalt wesentlich, so würde noch 1 Atom kohlensaure Kalkerde der Formel hinzuzufügen sein. Man findet das Mineral bei Saalfeld, Libethen in Ungarn, in Tyrol, Cornwall und bei Piombino in Italien. B.

**Kupferschiefer**, eine von Kohle und Bitumen durchdrungene und schwarz gefärbte schiefrige Gebirgsart, welche aus kohlen-saurem Kalk und kieselsaurer Thonerde (Mergel) besteht, und reich an fein darin vertheilten Erzen, hauptsächlich des Kupfers ist, auf welches das Gestein auch verschmolzen wird (s. Kupfer). Der Kupferschiefer ist ein Glied der Zechsteinformation, und der Gegenstand des im Mansfeldischen blühenden Bergbaues und Hüttenbetriebs. B.

**Kupfersmaragd** ist Dioplas (s. d.)

**Kupferschwärze** ist das natürliche, gewöhnlich mit Mangan- und Eisenoxyd gemischte Kupferoxyd, ein Product der Verwitterung anderer Kupfererze. B.

**Kupferstein** s. Kupfer, Gewinnung desselben.

**Kupfersuperoxyd**,  $\text{Cu}$ . In 100 Th.: 66,4 Kupfer, 33,6 Sauerstoff, entsteht, wenn frisch gefälltes Kupferoxydhydrat mit sehr verdünntem Wasserstoffsuperoxyd digerirt wird. Es ist ein dunkel gelbbraunes in Wasser unauf lösliches Pulver, welches sich beim Erwärmen und bei der Behandlung mit einer Säure in Oxyd und Sauerstoff zersetzt. B.

**Kupfervitriol** ist schwefelsaures Kupferoxyd (s. d.)

**Kurzichtigkeit**. Der Grund der Kurzichtigkeit liegt darin, dass die Lichtstrahlen, die von so entfernten Puncten ausgehen, dass sie ein gesundes Auge noch mit grösster Schärfe sieht, sich schon vor der Netzhaut schneiden, und dadurch ein deutliches Sehen dieser Puncte verhindert wird. R.

**Kyanol**. Runge fand im Steinkohlentheer eine eigenthümliche Basis, welche er Kyanol nannte. Hoffmann zeigte, dass sie identisch mit dem Anilin (Krystallin; Benzidam) ist. Vgl. Hoffmann Liebigs Annal. XLVII. 46. M.

**Kyestein**. Nauche hat angegeben, dass der Harn der Schwangeren sich dadurch auszeichne, dass im 3—4. Monate der Schwangerschaft sich ein eigenthümliches Häutchen darauf bilde, welches durch chemische und mikroskopische Untersuchung von allen andern ähnlichen Stoffen unterschieden werden könne. Spätere Untersuchungen haben gezeigt, dass der Stoff nicht allein bei Schwangeren vorkomme, daher durchaus nicht als semiotisches Hülfsmittel betrachtet werden kann. Rousseau hat den Stoff im Harn schwangerer Affen gefunden; ich habe einen durchaus identischen bei Männern angetroffen. Vergl. Casper's Wochenschr. f. d. gesamt. Heilk. 1845. Nr. 2. 3. 17. Audouard, Journ. de Chim. méd. 1845. 233. Pharm. Centralblatt 1843. 111. M.



