

## A n h a n g.

### 1. Thermometer.

Thermometer (von θερμη Wärme und μετροειν messen) sind Instrumente, welche dazu dienen, Temperaturen zu messen, also zu deutsch Wärmemesser. Die der Wärmemessung dienenden Apparate basiren auf der Erfahrung, dass alle Körper durch Zufuhr von Wärme ausgedehnt werden, durch Entziehung von Wärme (Abkühlung) aber eine Zusammenziehung erleiden. — Zum Messen mittlerer Temperaturen benutzt man vorzugsweise Flüssigkeiten. Diese zeigen jedoch eine gewisse Regelmässigkeit der Ausdehnung durch Wärme und der Zusammenziehung durch Abkühlung nur bei Temperaturen, welche genügend weit von ihrem Siede- und Erstarrungspunkte entfernt sind; in der Nähe dieser Punkte hört die Regelmässigkeit auf. Wasser z. B. wird durch Abkühlung contrahirt; die Zusammenziehung erfolgt aber nur bis zu einer Temperatur von  $+4^{\circ}$  C. In diesem Zustande hat es die grösste Dichtigkeit. Kühlt man es weiter ab, so dehnt es sich wieder aus, bis es bei  $0^{\circ}$  fest wird. Vergl. S. 49. Es ist daher einleuchtend, dass mit Wasser gefüllte Thermometer um  $+4^{\circ}$  C. herum ungenaue Resultate geben würden. — Als ein vorzügliches Material für Wärmemesser hat man seit langer Zeit das Quecksilber erkannt. Dasselbe erstarrt erst bei  $-40^{\circ}$  C., es siedet bei  $360^{\circ}$  C. und zeigt bei Temperaturen, die diesen beiden Punkten nicht zu nahe liegen, ausserordentlich regelmässige Ausdehnung bezw. Zusammenziehung.

Quecksilberthermometer. Man schmilzt eine sehr enge, in allen Theilen gleich weite Glasröhre<sup>1)</sup> an einem Ende zu und bläst den geschlossenen unteren Theil zu einer kleinen Kugel aus, das obere offene Ende wird zu einer feinen Spitze ausgezogen. Hierauf erwärmt man den kugelförmigen Theil der Röhre in einer kleinen Flamme und taucht alsdann die feine offene Spitze schnell

<sup>1)</sup> Um zu entscheiden, ob die Glasröhre in allen Theilen gleich weit ist, bringt man in dieselbe ein Quecksilbertröpfchen und beobachtet, ob der sich bildende Quecksilberfaden in allen Theilen der Röhre gleiche Länge hat.



in reines Quecksilber. Durch das Erwärmen war die Luft in der Röhre ausgedehnt und zum grössten Theile ausgetrieben worden. Beim Erkalten zieht sich die in derselben noch vorhandene Luft wieder zusammen; so entsteht ein luftverdünnter Raum, in welchen durch den Druck der äusseren Luft Quecksilber hineingetrieben wird. Hatte man geschickt operirt, so ist das Quecksilber bis in die Kugel eingedrungen und in derselben nur noch wenig Luft vorhanden. — Man richtet nun die Röhre wieder auf und erwärmt ihren kugelförmigen Theil so lange, bis alle Luft verdrängt ist, das Quecksilber die ganze Röhre als continuirliche Säule erfüllt und an der oberen Oeffnung austritt. Hierauf wird das dünne Ende sofort ab- und zugeschmolzen. Die so vorbereitete „Thermometerröhre“ muss nun eine Gradeintheilung oder Scala erhalten, welche dem Beobachter aus dem Stande des Quecksilbers sofort die Temperatur anzeigt. Als wichtig sollen hier die Scalen von *Celsius*, *Réaumur* und *Fahrenheit* besprochen werden.

1. Thermometer nach Celsius. Die Thermometerröhre wird in schmelzendes Eis oder schmelzenden Schnee<sup>1)</sup> gebracht. Nach einiger Zeit stellt sich der Quecksilberfaden an einer bestimmten Stelle ein, welche durch eine Marke gekennzeichnet wird. Hierauf setzt man die Röhre den Dämpfen siedenden Wassers bei 760 mm Barometerdruck aus. Derjenige Punkt, bei welchem sich die Quecksilbersäule constant einstellt, wird als Siedepunkt des Wassers gleichfalls markirt. Diese beiden, eben festgestellten Punkte heissen die Fundamentalpunkte, der zwischen ihnen liegende Raum der Fundamentalabstand. Bei den Celsius'schen Thermometern wird der Punkt, bei dem sich die Quecksilbersäule in schmelzendem Schnee einstellt, mit 0 bezeichnet und der Fundamentalabstand in 100 gleiche Theile oder Grade eingetheilt, so dass der Siedepunkt des Wassers bei 100° C. liegt. Für Temperaturen unterhalb 0° gelten die nämlichen Grade als Einheit und man pflegt die oberhalb 0° liegenden Grade als Wärme- oder +Grade, die unterhalb 0° liegenden aber als Kälte- oder —Grade zu bezeichnen. Die Celsius'sche Eintheilung ist namentlich in Frankreich gebräuchlich, sie bürgert sich aber auch in Deutschland immer mehr ein. Wissenschaftlichen Angaben liegt, wenn etwas anderes nicht ausdrücklich angegeben ist, stets die Celsius'sche Eintheilung zu Grunde. — Ganz bestimmt ist dies der Fall, wenn den Zahlen der Buchstabe C. beigefügt ist.

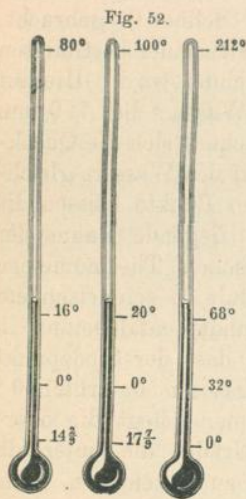
2. Thermometer nach Réaumur. Die Fundamentalpunkte sind die gleichen wie bei dem vorigen. Der Fundamentalabstand jedoch ist in 80 gleiche Theile eingetheilt, so dass der Siedepunkt des Wassers bei 80° R. liegt. Für Temperaturen unter 0° gelten die nämlichen Grade als Einheit. Zur Kennzeichnung der

<sup>1)</sup> Die Temperatur, bei welcher Schnee oder Eis schmelzen, ist constant. Das Erstarren bzw. Gefrieren des Wassers kann unter Umständen bei verschiedenen Temperaturen erfolgen (s. Aggregatzustände). Es ist daher wichtig, für diese Bestimmung schmelzendes Eis oder schmelzenden Schnee zu verwenden.



Angaben nach dieser Scala wird den Zahlen der Buchstabe R. zugefügt. — Diese Thermometer sind namentlich in Deutschland verbreitet.

3. Thermometer nach Fahrenheit. Bei diesen wird der Nullpunkt nicht durch die Temperatur schmelzenden Eises, sondern durch eine, eine bestimmte Kälte erzeugende Mischung von Schnee und Salmiak festgestellt. Den Punkt, bei welchem sich das Quecksilber in einer solchen Mischung einstellt, markirte Fahrenheit als Nullpunkt. Als zweiten Fundamentalpunkt wählte auch er den Siedepunkt des Wassers und theilte den Fundamentalabstand in 212 gleiche Theile oder Grade. Dass Temperaturangaben die Fahrenheit'sche Scala zu Grunde liegt, wird durch Beisetzung des Buchstabens F. ausgedrückt. Diese Thermometer sind besonders in England im Gebrauch. Sie haben den Vorzug, dass bei ihnen innerhalb mittlerer Temperaturen die Unterscheidung von Wärme- und Kältegraden fortfällt; dagegen muss ihnen der Vorwurf gemacht werden, dass die Eintheilung ihrer Scala eine durchaus willkürliche ist.



Thermometerreduktionen. Ein Blick auf die nebenstehenden Scalen zeigt uns, dass die Thermometer von Celsius und Réaumur zu einander in einem ziemlich einfachen Verhältnisse stehen. Die Fundamentalpunkte sind die gleichen, die Eintheilung des Fundamentalabstandes dagegen erfolgt bei C. in 100 Th., bei R. in 80 Th. Es sind also  $100^{\circ} \text{ C.} = 80^{\circ} \text{ R.}$  oder  $10^{\circ} \text{ C.} = 8^{\circ} \text{ R.}$  Es verhalten sich also kurz gesagt Celsius'sche Grade zu Réaumur'schen wie 5 : 4. — Wollen wir also Grade nach Celsius in Grade nach Réaumur umwandeln, so müssen wir von den Graden nach C. den fünften Theil abziehen. So sind z. B.  $20^{\circ} \text{ C.} = 16^{\circ} \text{ R.}$  oder  $30^{\circ} \text{ C.} = 24^{\circ} \text{ R.}$  Umgekehrt müssen wir, um Réaumur'sche Grade in Celsius'sche umzurechnen, den ersteren den vierten Theil zuzählen. So sind z. B.  $12^{\circ} \text{ R.} = 15^{\circ} \text{ C.}$  oder  $40^{\circ} \text{ R.} = 50^{\circ} \text{ C.}$

Erheblich complicirter ist die Reduction der Fahrenheit'schen Grade in solche nach Celsius oder Réaumur und umgekehrt. Das obige Schema zeigt uns, dass der Schmelzpunkt des Eises — also der Nullpunkt der Celsius'schen und Réaumur'schen Thermometer — bei  $32^{\circ} \text{ F.}$  liegt. Da nun die ganze Scala in 212 Grade eingetheilt ist, so liegen zwischen dem Schmelzpunkt des Eises und dem Siedepunkt des Wassers  $212 - 32$ , also  $180^{\circ} \text{ F.}$  Es verhalten sich demnach Grade nach Fahrenheit zu Graden nach Celsius oder Réaumur in ihrer räumlichen Ausdehnung wie 18 : 10 bzw. 18 : 8.

Gesetzt wir hätten  $+ 24^{\circ} \text{ C.}$  in Fahrenheit umzurechnen, so verfahren wir folgendermassen:

$$10 : 18 = 24 : x \quad x = 43,2.$$

Dieser gefundenen Zahl aber müssen wir noch die unterhalb des Schmelzpunktes des Eises liegenden  $32^{\circ} \text{ F.}$  hinzuzählen:  $43,2 + 32 = 75,2 \text{ F.}$  Es sind also  $24^{\circ} \text{ C.} = 75,2^{\circ} \text{ F.}$



Wollen wir umgekehrt Grade nach F. in Grade nach C. oder R. umrechnen, so müssen wir bei allen über 32 liegenden Graden F. erst 32 abziehen und dann die Reduction ausführen. Wie viel Grade nach R. sind 122° F.?

$$122 - 32 = 90 \quad 18 : 8 = 90 : x \quad x = 40^\circ \text{ R.}$$

Bei Reduction von Graden nach Celsius oder Réaumur, die unterhalb 0° liegen, in Grade nach Fahrenheit findet natürlich eine Addition von 32 statt, ebenso kann auch bei Graden nach Fahrenheit, die weniger als 32 betragen, die Zahl 32 nicht abgezogen werden. In diesen Fällen tritt eben die Reduction nach den einfachen räumlichen Verhältnissen 18:10 bzw. 18:8 ein.

Da das Quecksilber bei  $-40^\circ \text{ C.}$  erstarrt und bei  $+360^\circ \text{ C.}$  siedet, so lassen sich Temperaturen unterhalb  $-30^\circ \text{ C.}$  und oberhalb  $+300^\circ \text{ C.}$  mit Quecksilberthermometern nicht mehr genau messen. In unseren Gegenden kommen so starke Kältegrade wohl kaum vor, es werden sich daher diese Thermometer für den täglichen Gebrauch als ausreichend erweisen. Für wissenschaftliche Arbeiten jedoch ist bisweilen die Messung niedrigerer Temperaturen erforderlich. Man benutzt dazu Thermometer, welche an Stelle des Quecksilbers gefärbten, wasserfreien Alkohol enthalten. Die durch die Kälte bewirkte Zusammenziehung und durch Wärmezufuhr wieder erfolgende Ausdehnung des Alkohols giebt einen genügenden Maassstab für die Temperaturmessung. Da der Alkohol bis jetzt überhaupt noch nicht in festem Zustande erhalten worden ist, so eignen sich diese Thermometer besonders zur Messung sehr niedriger Temperaturen.

Um höhere Temperaturen zu messen, bedient man sich für wissenschaftliche Zwecke der sog. Luftthermometer. Diese sind darauf basirt, dass sich die Luft bei den gegenwärtig beobachteten Temperaturen sehr regelmässig ausdehnt. Die Ausdehnung der Luft wird durch den Druck gemessen, den sie auf eine Quecksilbersäule ausübt. Für gröbere, namentlich practische Zwecke hat man sog. Pyrometer. Es sind das Cylinder aus Thon oder Platin, aus deren Volumveränderung man auf die betreffenden Hitzegrade einen durch practische Erfahrungen berechtigten Schluss ziehen kann. — Einen Anhalt für ungefähre Schätzungen giebt ausserdem die Farbe, die ein Körper bei höheren Temperaturen annimmt. Durch allmähliche Wärmezufuhr wird ein Körper rothglühend bis weissglühend und durchläuft mehrere Stadien, deren Temperaturen annähernd festgestellt sind. Dunkelrothglühend ist ein Körper zwischen 700 und 900° C., hellrothglühend zwischen 900 und 1200° C., weissglühend bei etwa 1500° C.

Maximal- und Minimalthermometer. Namentlich für meteorologische Beobachtungen ist es erwünscht, die höchste und niedrigste Temperatur, welche innerhalb eines beliebigen Zeitabschnittes stattfand, kennen zu lernen. Solche Thermometer, welche selbstthätig diese Auskunft geben, nennt man Maximal- und Minimalthermometer. — Zwei Thermometer sind horizontal

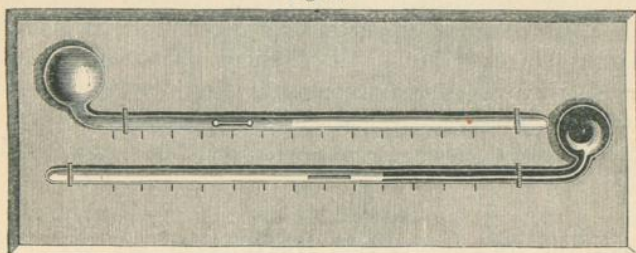


auf einem Brette befestigt, doch so, dass die Kugeln nach entgegengesetzten Richtungen liegen. Das eine Thermometer ist mit Quecksilber, das andere mit Weingeist gefüllt. Das erstere zeigt die höchste Temperatur (das Maximum) an, indem bei steigender Temperatur von dem Quecksilber ein feiner Stahlstift vorwärts geschoben wird, der, wenn das Quecksilber bei abnehmender Temperatur sich zusammenzieht, liegen bleibt. In dem Weingeistthermometer liegt ein Glaskörperchen, welches beim Zusammenziehen der Flüssigkeit, also bei Abnahme der Temperatur, mitgenommen wird, aber liegen bleibt, wenn die Flüssigkeit sich wieder ausdehnt. — Hat man die Ablesung gemacht, so werden durch sanftes Neigen des Brettes die beiden Körperchen wieder in ihre normale Lage zurückgebracht, und das Instrument ist zu weiterem Gebrauche fertig.

Benutzung der Thermometer. Wohl kein anderes, wissenschaftlichen Zwecken dienendes Instrument ist in gleicher Weise auch in nicht wissenschaftlichen Kreisen verbreitet, als gerade das Thermometer. Kein anderes dient wie dieses so mannigfachen practischen Zwecken. Und doch ist über die Methodik seiner Benutzung in manchen Kreisen so wenig bekannt.

Je nach dem Zwecke, welchem ein Thermometer dienen soll, richtet sich die äussere Ausstattung desselben. Zu chemischen Zwecken dienende besitzen meist eine schlanke cylindrische Form, die eine Einführung in Kolben etc. leicht

Fig. 53.



möglich macht. Solche, welche zur Messung heisser Flüssigkeiten — Badethermometer, Mischthermometer — dienen, sind in der Regel mit einer Holzfassung umkleidet. Zimmerthermometer sind meist in der Weise eingerichtet, dass die Thermometerröhre auf einem Brettchen befestigt ist, welches die Scala enthält.

Im practischen Leben wird das Thermometer wohl am häufigsten zur Messung der Lufttemperatur angewendet; aber gerade in dieser Beziehung ist sein Gebrauch ein vielfach unrichtiger. Meist begnügt sich der Beobachter damit, dem Instrument einen schattigen Platz anzuweisen, und glaubt dann, sein „Thermometer im Schatten“ zeige ihm nun die wirklich richtige Lufttemperatur an. Das ist ein Irrthum. Die directen Sonnenstrahlen sind gar nicht im Stande, die Luft direct zu erwärmen, sie gehen durch diese hindurch, ohne ihre Temperatur zu erhöhen. Gelangen sie jedoch auf den Erdboden, so werden sie von diesem aufgenommen, in dunkle Wärmestrahlen umgewandelt und sind nun allerdings im Stande, die in der Nähe des Erdbodens befindlichen Luftschichten zu erwärmen. Und wie der Erdboden verhalten sich die meisten anderen festen Körper, z. B. Mauern, Pfähle etc. Es findet also die Erwärmung der Luft nicht durch die directen Sonnenstrahlen, sondern durch die vom Erdboden ausgestrahlte Wärme statt. Daraus ergibt sich, dass die Lufttemperatur unter günstig gewählten Versuchsbedingungen in der Sonne die gleiche sein muss als im Schatten. Will



man also die wirkliche Lufttemperatur erfahren, so hänge man sein Thermometer so auf, dass es von der Wärmestrahlung des Erdbodens und der Umgebung möglichst wenig beeinflusst wird. Man bringe es also nicht etwa in unmittelbarer Nähe eines Gebäudes an, z. B. am Fenster, sondern stelle es möglichst im Freien in einem hölzernen Gehäuse auf, welches der Luft nach allen Richtungen möglichsten Zutritt gewährt (Wettersäulen).

Behandlung der Thermometer. Sie sind vor plötzlichen Erschütterungen, namentlich vor zu plötzlichem Temperaturwechsel, sorgfältig zu schützen. Im Verlaufe der Zeit verändern sich auch die besten Thermometer in Folge einer Contraction des Glases, „sie gehen herauf“. Es müssen diese Instrumente daher ab und zu revidirt werden. Thermometer aus „Jenaer Normalglas“ (erkenntlich an einem eingeschmolzenen rothen Faden) zeigen diese Uebelstände nur in sehr geringem Maasse.

## 2. Barometer.

Toricelli's Versuch. Füllt man eine etwa 1 m lange, an einem Ende verschlossene Glasröhre ganz mit Quecksilber an und taucht dann das offene Ende, indem man die Oeffnung mit dem Finger verschliesst, in ein mit Quecksilber gefülltes Gefäss, so zeigt es sich, dass beim Entfernen des Fingers das Quecksilber aus der Röhre nicht vollkommen ausfließt, sondern an einem Punkte der Röhre stehen bleibt, der von der Oberfläche des Quecksilbers in dem Gefässe ungefähr 760 mm entfernt ist. Dieser Versuch war 1643 von *Toricelli*, einem Schüler *Galilei's*, angestellt worden und hat nach ihm den als Ueberschrift genannten Namen erhalten. Der über dem Quecksilber befindliche leere Raum heisst die *Toricelli'sche Leere* (*Vacuum Toricellianum*).

Schon *Toricelli* erläuterte den von ihm angestellten Versuch dahin, dass das Quecksilber durch den Druck der Luft im Gleichgewicht erhalten würde. Es gelang ihm jedoch nicht, seine Zeitgenossen von der Richtigkeit dieser Annahme zu überzeugen, da *Galilei* für eine analoge Erscheinung, nämlich das Aufsteigen von Wasser in Saugpumpen, als Ursache den *horror vacui*, d. h. das Bestreben der Natur, leere Räume auszufüllen, angegeben hatte. Durch einen von *Pascal* 1648 angeregten Versuch wurde diese Frage dahin entschieden, dass in der That der Luftdruck das Aufsteigen des Quecksilbers verursache. *Pascal* veranlasste einen Verwandten, mit einem gefüllten *Toricelli'schen* Apparat den *Puy-de-Dôme* — einen 970 m hohen Berg in Frankreich — zu besteigen. Dabei ergab es sich, dass am Fusse des Berges das Quecksilber in der Röhre wohl den gewöhnlichen Stand zeigte, dass es aber immer mehr sank, je höher man sich vom Erdboden entfernte; beim Abstieg zu Thale fing es wieder an zu steigen und nahm in der Ebene wieder seinen ursprünglichen Stand ein. Durch diesen Versuch war auf das evidenteste bewiesen, dass das Quecksilber in der *Toricelli'schen* Röhre wirklich durch den Druck der umgebenden Luft im Gleichgewicht erhalten werde, und zugleich der Gedanke nahe gelegt, den Stand des Quecksilbers im *Toricelli'schen* Apparat zur Messung des Luftdruckes zu benutzen. Solche Apparate, welche zur Messung des Luftdruckes dienen, heissen *Barometer*, von βαρῶς (schwer) μετρεῖν (messen), und, wenn sie Quecksilber enthalten, *Quecksilberbarometer*.

Fig. 54.

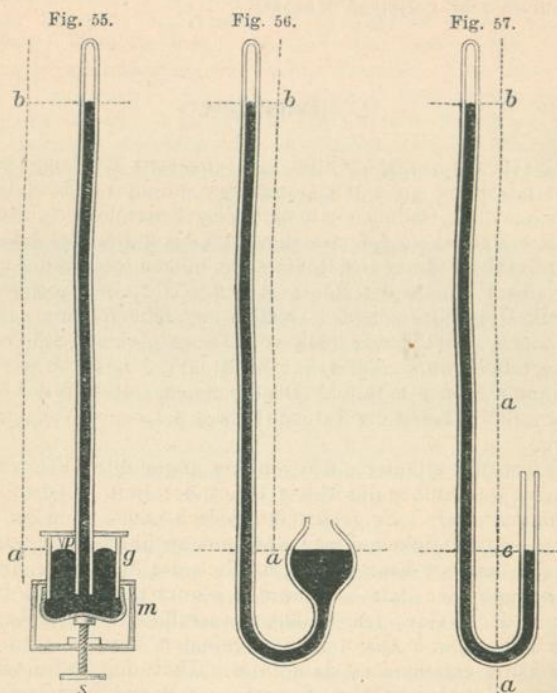




## Quecksilberbarometer.

Sie sind sämmtlich nach dem Princip der Toricelli'schen Röhre construiert; nach ihren verschiedenen Formen unterscheidet man Gefässbarometer, Phiolenbarometer und Heberbarometer.

1. Gefässbarometer entsprechen vollkommen dem ursprünglichen Toricelli'schen Instrumente: eine etwa 800 mm lange, einseitig geschlossene Glasröhre wird mit Quecksilber gefüllt und mit dem offenen Ende in Quecksilber getaucht. Eine am Rohre angebrachte,



entweder in Zolle oder Millimeter getheilte Scala ermöglicht, den Stand des Quecksilbers abzulesen. Als Nullpunkt der Scala wird das mittlere Niveau des Quecksilbers in dem unteren Gefäss angenommen. — Dieses Instrument hat die Nachteile, dass es zu seiner Füllung sehr viel Quecksilber beansprucht, sowie dass, während der Nullpunkt ein für allemal festgestellt ist, das Niveau des unteren Gefässes sich verändert, je nachdem das Quecksilber in dem Rohre fällt oder steigt, so dass die Ablesungen ungenau werden. Dem letzteren Uebelstande hat man dadurch abgeholfen, dass man das Niveau des unteren Gefässes beweglich machte. In Fig. 55 steht die Barometerröhre in einem gläsernen Cylinder *g*, der unten durch



eine Lederüberbindung geschlossen ist und in den weiteren Messingcylinder *m* eingesetzt ist. Am Deckel des Glases ist eine Elfenbeinspitze *p* eingesetzt, welche den Nullpunkt markirt. Man hebt oder senkt mittels der Schraube *S* das in dem Ledersacke befindliche Quecksilber so lange, bis das Elfenbeinstäbchen *p* genau das Niveau des Quecksilbers berührt. Das Niveau des Quecksilbers in dem Gefässe steht dann genau am Nullpunkt der Barometerröhre und die Ablesung fällt correct aus.

2. **Phiolenbarometer.** Bei diesen ist das Gefäss durch eine seitlich angebrachte, birnenförmig erweiterte Kugel ersetzt. Diese Instrumente bedürfen zwar weniger Quecksilber wie die vorigen, sie haben mit diesen aber den Uebelstand gemein, dass die Ablesungen des veränderlichen Nullpunktes wegen nicht ganz genau ausfallen (Fig. 56).

3. **Heberbarometer.** Es besteht aus einer genau calibrierten Röhre, welche so gebogen ist, dass der eine Schenkel etwa 1 m lang, der andere aber stark verkürzt ist. Der längere Schenkel wird zugeschmolzen. Derselbe entspricht nach dem Füllen dem des Apparates mit Quecksilber der Toricellischen Röhre, der kürzere, nur zum Theil mit Quecksilber gefüllte Schenkel vertritt die Stelle des Gefässes (Fig. 57). — Dieses Instrument gestattet genaue Ablesungen; denn da die Röhre in beiden Schenkeln gleich weit ist, so steigt das Quecksilber in dem einen Schenkel stets um ebensoviel, als es in dem anderen Schenkel fällt. Das Ablesen wird vereinfacht, indem man die Scala entweder beweglich macht und dann jedesmal den Nullpunkt derselben auf das Niveau des Quecksilbers in dem kürzeren Schenkel einstellt, oder indem man beide Schenkel mit einer eingezätzten Theilung versieht. Des längeren Schenkels Theilung beginnt mit Null in der Höhe des Endes des kürzeren und läuft nach oben hin. Bei dem kürzeren Schenkel beginnt die Theilung von seiner oberen Oeffnung nach unten hin. Addirt man diejenigen Zahlen, bei denen sich das Quecksilber in beiden Schenkeln einstellt, so hat man den Barometerstand.

Die Brauchbarkeit eines Quecksilberbarometers hängt von verschiedenen Bedingungen ab:

1. Das geschlossene Rohr muss die nöthige Länge, fast 1 m, besitzen. Die Röhre darf nicht zu eng sein, damit das Quecksilber nicht capillarisch von den Glaswandungen in die Höhe gezogen wird.

2. Der Raum über dem Quecksilber (die Toricelli'sche Leere) muss wirklich luftleer sein, damit das Steigen des Quecksilbers nicht durch eingeschlossene Luft beeinträchtigt wird. — Diese Bedingung ist schwer zu erfüllen, da die Luft der Glaswandung hartnäckig anhafet und ausserdem das Quecksilber gleichfalls Luft absorbirt enthält. Man erreicht den gewünschten Zweck dadurch, dass man das Quecksilber in dem Rohr auskocht, bis alle Luft ausgetrieben ist.

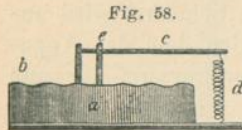


3. Das zum Füllen benutzte Quecksilber muss chemisch rein sein. — Die Höhe der Barometersäule hängt von dem spec. Gewicht der eingefüllten Flüssigkeit ab. — Enthält nun das verwendete Quecksilber erhebliche Mengen anderer Metalle, so ändert sich das spec. Gewicht desselben und damit die Höhe der Barometersäule.

4. Bei allen Ablesungen ist das Instrument in lothrechte Lage zu bringen; als Marke dient stets der höchste Punkt der convexen Quecksilberoberfläche.

### Aneroïdbarometer.

Die Quecksilberbarometer sind, wo es sich um stationäre Verwendung handelt, vorzüglich brauchbare Instrumente. Will man sie aber für wissenschaftliche Untersuchungen bei sich führen, so ist ihr Transport ihrer leichten Zerbrechlichkeit wegen mit vielen Unannehmlichkeiten verknüpft. Es wurde daher die Erfindung metallener, wenig zerbrechlicher Barometer, der sog. Aneroïdbarometer (von  $\alpha$  privat. und  $\epsilon\rho\rho\omega$  gehe zu Grunde), mit Freuden begrüsst. Sie sind gegenwärtig namentlich in zwei Constructionen verbreitet.



Eine metallene Kapsel *a* ist mit einem elastischen, wellenförmig gestalteten Deckel *b* verschlossen und luftleer gemacht. Durch den Druck der äusseren Luft würde der Deckel in die Kapsel gedrückt werden; dies wird indess verhindert durch die Spirale *d*, welche mittels des Hebels *c*, welcher in *e* drehbar ist, den Kapseldeckel so weit hebt, dass er der äusseren Luft das Gleichgewicht hält. — Nimmt der äussere Luftdruck zu, so wird der elastische Deckel entsprechend in den luftleeren Raum hineingedrückt; nimmt der Luftdruck dagegen ab, so wird der Deckel durch die Spirale in die Höhe gehoben. Diese Bewegungen werden auf einen Zeiger übertragen und können an der beigefügten Scala gelesen werden.

Die Aneroïdbarometer oder Holosteriques sind sehr leicht transportabel und wenig zerbrechlich. Für den Zimmergebrauch werden sie in etwas grösserem Format, für den Reisegebrauch etwa in der Grösse von Taschenuhren angefertigt. Sie functioniren anfänglich recht gut, mit der Zeit aber vermindert sich die Elasticität der Metallgehäuse und der Spiralen, und die Angaben werden ungenau. Man muss daher solche Barometer von Zeit zu Zeit mit einem richtigen Quecksilberbarometer vergleichen.

Die Anwendung der Barometer geschieht durchweg auf Grund der Thatsache, dass sie den Druck der Luft anzeigen. Der letztere entspricht am Meeresspiegel einer Quecksilbersäule von durchschnittlich 760 mm Höhe und wird als normaler Barometerstand angenommen. Bei wissenschaftlichen Untersuchungen werden die Resultate, falls das Gegentheil nicht ausdrücklich angegeben ist, stets auf diesen Barometerstand (760 mm) berechnet, ausserdem wird



derselbe in der Regel für die Temperatur von  $0^{\circ}$  reducirt, denn durch höhere Temperaturen erfährt das Quecksilber eine Ausdehnung, welche für wissenschaftliche Beobachtungen von der Barometerhöhe abzuziehen ist.

Von den vielen Anwendungen, welche das Barometer erfährt, wollen wir nur anführen die Höhenmessung (Hypsometrie) und die Wetterprognose.

1. Höhenmessung. Die Dichte der Luftschicht nimmt mit der Erhebung von der Erdoberfläche in fast proportionalem Verhältniss ab. Es beruht dies darauf, dass die Luft ein Körper ist, dass also die unteren Schichten unter dem Druck des gesammten Luftmantels, höher gelegene Schichten aber nur unter dem Druck eines Theiles des Luftmantels stehen. Ist man also im Stande, den Luftdruck zu bestimmen, so kann man aus diesem einen ziemlich genauen Schluss auf die Höhe eines Punktes ziehen. Nur ist es nothwendig, dass man, beispielsweise bei der Messung eines Berges, zu der nämlichen Zeit Barometerbeobachtungen im Thale anstellt, da ja der Luftdruck, wie wir gleich sehen werden, kein constanter ist, sondern stetig wechselt. Aus der Differenz der Barometerstände lässt sich die Höhe eines Punktes berechnen. Für diese Zwecke sind in recht practischer Weise kleine Aneroidbarometer construirt, deren Scala aus dem Barometerstande sofort die Ablesung der Höhe in Metern gestattet.

2. Wetterprognose. Neben dem Thermometer ist wohl das Barometer in seiner Eigenschaft als Wetterprophet das populärste wissenschaftliche Instrument.

Die Anwendung des Barometers zu diesem Zwecke beruht darauf, dass trockene Luft specifisch schwerer ist als Wasserdampf. Es wird daher der Druck der Luft auf die Quecksilbersäule um so grösser sein, je geringer der Feuchtigkeitsgehalt der Luft ist; umgekehrt wird der Luftdruck abnehmen, je mehr die Atmosphäre mit Wasserdämpfen gesättigt ist. Da nun Niederschläge in Form von Regen etc. um so sicherer zu erwarten sind, je mehr die Luft mit Feuchtigkeit gesättigt ist, so giebt das Fallen oder Steigen des Barometers einen immerhin brauchbaren Anhalt für Beurtheilung des kommenden Wetters. Hierzu kommt noch der Umstand, dass durch den steigenden oder abnehmenden Luftdruck uns unter Umständen Feuchtigkeitsdifferenzen von hochgelegenen Luftschichten angezeigt werden können, von denen wir nach der Beurtheilung der unteren Luftschichten nichts wissen würden.

### 3. Waagen.

Alle irdischen Körper ziehen sich gegenseitig an; die Stärke der Anziehungskraft ist proportional der Masse der Körper, d. h. sie ist um so grösser, je grösser die Masse eines Körpers ist. In dieser Weise äussern alle Körper, welche auf der Erde sich befinden, Anziehungskräfte aufeinander. Dieselben aber sind verschwindend gering im Vergleich zu der Kraft, mit welcher die Erde in Folge ihrer grossen Masse alle irdischen Körper anzieht. Diese Kraft nennen wir die Anziehungskraft der Erde, Schwerkraft oder Gravitation. Wir denken sie uns im Mittelpunkte der Erde concentrirt und schliessen auf ihr Vorhandensein aus der Thatsache, dass alle Körper nach der Richtung des Erdcentrums hin angezogen werden. — Entfernen wir einen Körper von der Erdoberfläche, so zeigt er das Bestreben, wieder zu dieser zurückzukehren, „er fällt zu Boden“. Verhindern wir das Herabfallen dadurch, dass wir ihn aufhängen oder ihm eine genügend starke Unterlage geben, so wird dadurch die Anziehungskraft der Erde nicht aufgehoben; sie bleibt vielmehr bestehen und äussert sich durch den Druck bezw. Zug, den der am Fallen gehinderte Körper auf seine Unterlage bezw. sein Befestigungsmittel ausübt. —



Diesen Druck (oder Zug) nennen wir das (absolute) Gewicht eines Körpers. Dasselbe ist proportional der Masse der Körper, weil ja die Kraft, mit welcher Körper sich gegenseitig anziehen, proportional ihrer Masse ist.

Unter Waagen verstehen wir Instrumente, welche dazu dienen, das Gewicht oder die Schwere der Körper festzustellen, bzw. mit demjenigen bekannter Körper (der Gewichte) zu vergleichen. Da die für uns in Frage kommenden Waagen sämmtlich auf den Hebelgesetzen basiren, so sollen zunächst die wichtigsten der letzteren besprochen werden.

Unter einem physischen Hebel verstehen wir einen um einen Punkt drehbaren (gewöhnlich langgestreckten) Körper. Liegt der Drehpunkt an dem einen Ende des Hebels, so ist der Hebel einarmig; liegt er dagegen zwischen den beiden Enden, so ist der Hebel zweiarmig. Sind im letzten Falle beide Hebelarme gleich lang (Fig. 59), so ist der Hebel ein gleicharmiger, trifft dies nicht zu, so ist er ungleicharmig (Fig. 60).

Ein gleicharmiger Hebel ist im Gleichgewicht, wenn an beiden Enden gleiche Kräfte wirken, wenn also die Kraft  $K =$  der Last  $L$  ist. — Ein ungleicharmiger Hebel dagegen ist im Gleichgewicht,

Fig. 59.

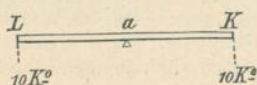
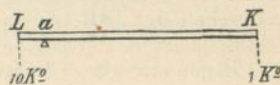


Fig. 60.



wenn Kraft und Last sich umgekehrt verhalten wie die Länge der Hebelarme. In Fig. 60 ist die Last  $L = 10$  kg; die Kraft  $K$  am längeren Hebelarme beträgt 1 kg. Der Hebel  $KL$  wird im Gleichgewicht sein, wenn  $aK$  10mal länger ist als  $aL$ .

Die gebräuchlichsten Waagen sind Anwendungen des gleicharmigen Hebels. Der wichtigste Bestandtheil derselben ist der Waagebalken (Fig. 61), ein in besonderer Weise construirter gleicharmiger Hebel. — An demselben sind nachstehende Punkte und Theile zu unterscheiden: der Unterstützungspunkt  $h$  (das *Hypomochlium*), der Schwerpunkt  $s$ , die Aufhängepunkte  $a'$  und  $a''$  und die Zunge  $z$ .

Ein richtig construirter Balken muss nachstehende Anforderungen erfüllen:

1. Der Unterstützungspunkt muss senkrecht etwas oberhalb des Schwerpunktes liegen. Fielen Schwerpunkt und Unterstützungspunkt zusammen (man denke an eine im Mittelpunkte drehbare kreisrunde Scheibe), so würde der Balken bei gleicher Belastung in jeder Lage im Gleichgewichte sein, er würde also nicht schwingen; bei der geringsten Belastungsdifferenz auf einer Seite würde er, ohne zu schwingen, sich stark neigen oder ganz

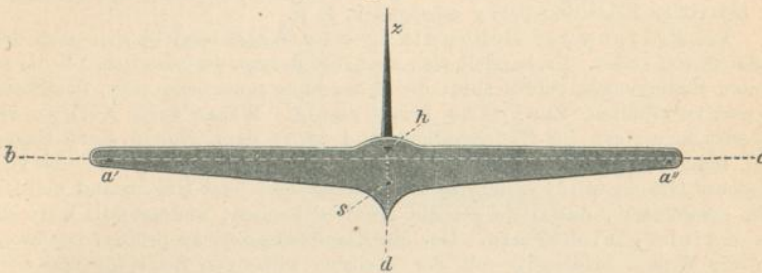


hinab sinken. — Läge jedoch der Unterstützungspunkt unterhalb des Schwerpunktes, so würde der Balken bei gleicher Belastung zwar im Gleichgewicht sein, bei der geringsten Belastungsdifferenz aber würde er überschnappen, d. h. er würde das Bestreben haben, seine obere Seite nach unten zu kehren. — Man findet den Schwerpunkt, indem man den Balken mit seiner flachen Seite auf einem spitzen Gegenstande balanciren lässt.

2. Die Entfernung vom Unterstützungspunkt zu den beiden Aufhängepunkten muss die gleiche sein, d. h. der Balken muss gleichschenkelig sein. Wäre dies nicht der Fall, so würde ein an dem kürzeren Arme wirkendes Gewicht einem gleichen, am längeren Arme wirkenden nicht das Gleichgewicht halten können.

3. Die Aufhängepunkte müssen mit dem Unterstützungspunkte in einer Ebene liegen, d. h. man muss sie durch eine gerade Linie verbinden können. Läge der Unter-

Fig. 61.



stützungspunkt unterhalb dieser Linie, so würde bei zunehmender Belastung Schwerpunkt und Unterstützungspunkt allmählig zusammenfallen. Der Balken würde dann bei gleicher Belastung nicht mehr schwingen und durch ein geringes Uebergewicht einen bedeutenden Ausschlag, ohne zu schwingen, zeigen. Läge umgekehrt der Unterstützungspunkt über dieser Linie, so würde bei zunehmender Belastung der Schwerpunkt immer tiefer sinken und die Waage dadurch unempfindlicher werden.

Schwerpunkt und Unterstützungspunkt dürfen also niemals zusammenfallen; der erstere muss senkrecht unter dem letzteren liegen. Je weiter nun diese beiden Punkte auseinander liegen, um so weniger empfindlich ist eine Waage; die Empfindlichkeit steigt, je mehr sich beide Punkte nähern. An besseren Waagen ist senkrecht ober- oder unterhalb des Schwerpunktes, z. B. in *d*, eine verstellbare Schraube angebracht. Durch Verstellen derselben kann der Schwerpunkt dem Unterstützungspunkt genähert oder von ihm entfernt und dadurch die Empfindlichkeit der Waage regulirt werden.



Auch das Material und die Bearbeitung des Balkens ist für sein Functioniren von Wichtigkeit. Der Balken darf nicht zu schwer sein, doch muss er genügende Festigkeit, dabei möglichst wenig Elasticität besitzen, damit die Aufhängepunkte mit dem Unterstützungspunkte in einer Ebene bleiben. Stahl oder Eisen benutzt man nur für ganz grobe Waagebalken; für bessere Sorten ist sorgfältig gehämmertes Messing ein vorzügliches Material; für die feinsten Waagebalken wird gegenwärtig das leichte, aber feste Aluminium verwendet. — Damit an dem Unterstützungspunkte und den Aufhängepunkten möglichst wenig Reibung vorhanden ist und die Gewichte auch wirklich an jenen Punkten wirken, giebt man diesen die Form dreikantiger Axen aus gehärtetem Stahl und lässt ihre Schneiden auf Pfannen von Stahl oder Achat spielen. — Bei den Säulenwaagen ruht der Balken auf einer feststehenden Stahl- oder Achatpfanne, bei den Handwaagen in der sog. Scheere.

Da die Empfindlichkeit einer Waage bei zunehmender Belastung, weil der Schwerpunkt sinkt, abnimmt und hierbei die Eigenschwere des Instrumentes gleichfalls in Frage kommt, so pflegt man für verschiedene Gewichtsmaxima verschiedene Waagen zu besitzen. Eine Notiz auf dem Balken giebt an, welche grösste Tragfähigkeit einer solchen Waage zugemuthet werden darf. Eine gut construirte Waage muss bei voller Belastung noch etwa  $\frac{1}{10000}$  Th. der Maximalbelastung durch einen deutlichen Ausschlag anzeigen, d. h. eine 10 g-Waage muss bei Belastung mit 10 g auf beiden Seiten noch durch 0,001 g einen deutlichen Ausschlag zeigen. — Eine Waage mit 0,5 kg Tragkraft muss noch deutlich bei voller Belastung 0,05 g anzeigen u. s. w.

Die Prüfung und Behandlung einer Waage ergiebt sich nach dem Gesagten von selbst. Es handelt sich zunächst darum, festzustellen, ob die genannten Bedingungen erfüllt sind; die Behandlung muss bezwecken, den Status praesens zu erhalten. Zur Prüfung bringt man die Waage durch Auflegen von Papierstückchen etc. ins Gleichgewicht und tarirt dann irgend einen Gegenstand, indem man kleine Schrote in ein Behältniss wirft, recht genau. Ist vollkommenes Gleichgewicht erzielt, so muss, wenn man jetzt Gegenstand und Gewicht auswechselt, das Gleichgewicht erhalten bleiben, anderenfalls wäre die Waage nicht gleicharmig. Um die Empfindlichkeit zu prüfen, beschwert man die Waage beiderseits mit der höchsten zulässigen Belastung und sieht dann, welches geringste Gewicht im Stande ist, einen deutlichen Ausschlag hervorzubringen. Erfüllt die Waage diese Bedingungen und schwingt sie dabei ruhig und gleichmässig, so ist sie richtig construirte. — Um Waagen zu conserviren, muss man sie vor schädlichen (Säuredämpfen) und gewaltsamen (Stösse, zu grosse Belastung) Einflüssen möglichst schützen. Die Reinigung des Balkens beschränke sich auf ein Entfernen des Staubes mit einem Pinsel; die Schneiden und Pfannen werden mit Leder abgerieben. Um dieselben vor Rost zu schützen, darf man sie mit einer minimalen Menge Vaseline abreiben, doch sei man damit vorsichtig, denn ein wenig zu viel erzeugt Adhäsion zwischen Schneide und Pfanne und Adhäsion schädigt die Empfindlichkeit der Waage. Um Säulenwaagen vor unnützem Schwingen zu schützen, beschwert man sie einseitig, etwa mit den Tarirbechern, feinere Instrumente besitzen „Arretirungen“, d. h. Vorrichtungen, durch welche Balken und Schaalen so in der Schwebe gehalten werden, dass Pfannen und Schneiden sich nicht berühren. — Handwaagen werden am besten in der üblichen Weise aufgehängt.

Bevor man eine Wägung, namentlich mit Handwaagen, ausführt, überzeuge man sich von dem brauchbaren Zustande der Waage, denn gar häufig kommt es vor, dass die Haken der Handwaagen sich verschlingen; in diesem Falle wirkt das Gewicht nicht am Aufhängepunkt, die Wägung wird also falsch.

Decimalwaagen. Dieser Instrumente bedient man sich vortheilhaft zum Abwägen grösserer Lasten. Sie sind eine Combination





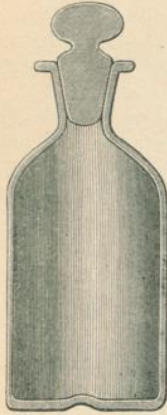


Für pharmaceutischen Gebrauch sind nur mit dem Präcisionsstempel versehene Waagen zulässig.

#### 4. Specificisches Gewicht.

Der Druck, welchen ein Körper auf seine Unterlage ausübt — und welcher, wie aus dem vorigen Thema hervorgeht, bedingt wird durch die Anziehungskraft der Erde — heisst sein Gewicht. Das absolute Gewicht giebt an, in welchem Verhältnisse der von einem Körper ausgeübte Druck steht zu demjenigen, welchen gegebene und von uns Gewichte genannte Körper verursachen. — Im Gegensatz hierzu stellt das specificische Gewicht fest, wie schwer ein Körper als Gattung (Species) und nicht als Individuum ist. Das specificische Gewicht ist das Gewicht der Volumeneinheit

Fig. 63.



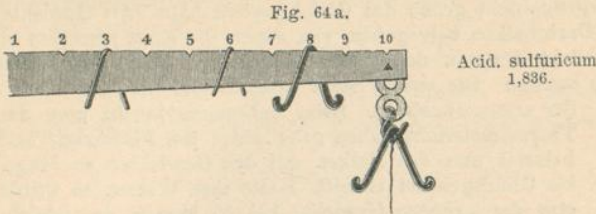
und giebt an, in welchem Verhältnisse die absoluten Gewichte gleicher Volumina von verschiedenen Körpern stehen. Mit anderen Worten, es giebt uns darüber Auskunft, wie oftmal schwerer oder leichter ein Volumen irgend eines Körpers ist als ein gleiches Volumen eines anderen. — Der leichteren Orientirung wegen ist man übereingekommen, als Einheit für alle flüssigen und festen Körper das Gewicht des Wassers anzunehmen, während für gasförmige Körper theils das Gewicht der Luft, theils dasjenige des Wasserstoffes als Einheit gilt. — Ausserdem ist hervorzuheben, dass bei wissenschaftlichen Angaben, falls nichts anderes bemerkt ist, stets das Gewicht eines Volumens Wasser von  $+4^{\circ}$  C. als Einheit vorausgesetzt wird; die für die Praxis und namentlich für die Pharmacie geltenden Angaben dagegen sind fast durchweg auf Wasser von  $15^{\circ}$  C. Temperatur als Einheit bezogen.

Die Bestimmung des specificischen Gewichtes von Flüssigkeiten ist die für uns wichtigste und kann in verschiedener Weise ausgeführt werden. Am besten ist es natürlich, wenn der in Frage kommende Körper die Vergleichstemperatur von  $15^{\circ}$  C. besitzt; für Fälle, in denen diese Voraussetzung nicht zutrifft, existiren für die gebräuchlichsten Substanzen Tabellen, welche über die specificischen Gewichte bei verschiedenen Temperaturen Aufschluss geben.

1. Durch directe Wägung. Man benutzt hierzu Pycnometer genannte Gläschen, deren Volumeninhalt genau bekannt ist. Angenommen, man habe ein 100 g-Pycnometer, also ein Fläschchen, welches, bis unter den Stopfen angefüllt, genau 100 g Wasser von  $15^{\circ}$  C. fasst. Wollen wir mit diesem das spec. Gewicht von *Spiritus dilutus* oder *Chloroform* bestimmen, so verfahren wir folgendermassen: Das vollkommen trockene und Lufttemperatur besitzende



Gläschen wird tarirt, darauf mit der zu untersuchenden Flüssigkeit erst ausgespült und dann bis unter den Stopfen — und zwar so, dass keine Luftblase sich bildet — angefüllt. Man wischt nun sorgfältig etwa übergeflossene Antheile ab und bestimmt nun das absolute Gewicht des Inhaltes. Dasselbe muss bei *Spiritus dilutus* 89,2—89,6, bei Chloroform 148,5—148,9 g betragen. Aus diesen Zahlen, welche das absolute Gewicht der zu untersuchenden Substanzen reprä-



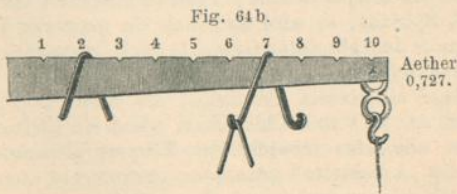
sentiren, erhalten wir durch Division <sup>1)</sup> mit dem absoluten Gewichte des gleichen Volumens Wasser (100 g) die betreffenden specificischen Gewichte.

$$\frac{89,2}{100} = 0,892 \quad \frac{89,6}{100} = 0,896 \text{ für Spiritus dilutus.}$$

$$\frac{148,5}{100} = 1,485 \quad \frac{148,9}{100} = 1,489 \text{ für Chloroform.}$$

Es ist selbstverständlich gleichgültig, welchen Inhalt das Fläschchen hat, in der Praxis aber empfehlen sich Gläser, deren Inhalt möglichst einfachen Zahlen entspricht, also 100, 50 etc. g-Gläser. Vortheilhaft ist es ferner, ein für allemal das Gewicht des Gläschens auf diesem mit einem Diamanten ganz fein zu notiren.

2. Durch Instrumente, welche auf dem *Archimedes'schen* Princip beruhen. Die Beobachtungen, welche dieser Naturforscher und Philosoph über das specificische Gewicht gemacht hatte, werden in dem Satze zusammengefasst, dass ein Körper in einer Flüssigkeit so viel an Gewicht verliert, als das Gewicht des von ihm



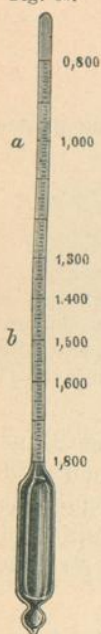
verdrängten Volumens der betreffenden Flüssigkeit beträgt. Angenommen, wir hätten einen genau 100 g wiegenden und 100 ccm Wasser verdrängenden Cylinder, so würde dieser, in Wasser gebracht, gar nichts wiegen; in Spiritus gebracht, würde er, da 100 ccm desselben 83 g wiegen, diese 83 g seines Gewichtes verlieren und nur 17 g wiegen u. s. w.

<sup>1)</sup> Jede Division ist ein Vergleich zweier Grössen.



a) Die hydrostatische Waage. Obgleich sich jede gut ziehende Balkenwaage für Bestimmung des spec. Gewichtes einrichten lässt, so ist doch das von Mohr angegebene Instrument, die Mohr'sche Waage, hierfür ganz besonders im Gebrauch. — Die Mohr'sche Waage hat einen gleicharmigen Balken, dessen einer Arm von dem Drehpunkt bis zum Aufhängepunkt in 10 gleiche Theile getheilt ist. Der Aufhängepunkt dieses Armes trägt an einem Platindraht ein Thermometerkörperchen, welchem ein am ungetheilten Arme angebrachtes Gegengewicht genau das Gleichgewicht hält. Als Gewichte sind dem Instrument Drahtbalken beigegeben, von denen die einen genau so viel wiegen, als das Gewicht des von dem Thermometerkörperchen verdrängten Wassers (bei 15° C.) beträgt. Die zweite Sorte Gewichte ist  $\frac{1}{10}$ , die dritte Sorte  $\frac{1}{100}$

Fig. 65.



der ersten Gewichte. Beim Gebrauche taucht man das Thermometerkörperchen ganz unter die Flüssigkeit und belastet nun den Balken mit den Gewichten so lange, bis Gleichgewicht eintritt. Hatte man Wasser, so würde eins der grössten Gewichte bei 10 gerade das Gleichgewicht herstellen, es zeigt also hier das spec. Gew. 1,00 an. Schiebt man dasselbe Gewicht auf Einschnitt 9, so wiegt es hier nur  $\frac{9}{10}$  so schwer, bei 8 nur  $\frac{8}{10}$  so schwer; die ersten Decimalen werden also durch die grossen Gewichte angezeigt, sofern diese innerhalb der Einschnitte 1 und 10 ruhen. Die zweite Gewichtsgrösse zeigt die zweiten Decimalen, die dritte Gewichtsgrösse die dritten an.

Es würde also bei Bestimmung des spec. Gewichtes der Schwefelsäure und des Aethers die Vertheilung der Gewichte durch die beigegebenen Zeichnungen erläutert sein. Fallen zufällig zwei Gewichte auf denselben Einschnitt, so hängt man das kleinere, wie in Fig. 64 b angegeben, an den Haken des grösseren.

b) Durch Aräometer. Bringt man einen Gegenstand in Wasser, so wird er, falls er leichter ist als die von ihm verdrängte Wassermenge, schwimmen, d. h. er wird nur bis zu einem gewissen Punkte in das Wasser eintauchen, so weit nämlich, bis die verdrängte Wassermenge gleich seinem absoluten Gewicht ist. Bringt man denselben Körper in eine leichtere Flüssigkeit als Wasser,

z. B. Spiritus, so wird natürlich ein grösseres Volumen derselben

als vorher vom Wasser dem absoluten Gewichte des Körpers gleich sein, der Körper wird also in Spiritus tiefer einsinken als in Wasser. Umgekehrt wird der nämliche Gegenstand in einer schwereren Flüssigkeit als Wasser, z. B. in Chloroform, weniger tief einsinken, weil vom Chloroform schon ein geringeres Volumen als vom Wasser dem absoluten Gewicht des Körpers gleichkommt. Auf diese Thatsachen sind die „Aräometer“ genannten Instrumente construiert. Dieselben sind cylindrische Glaskörper, welche an ihrem Ende, um ihnen unter allen Umständen senkrechte Lage zu sichern, durch Quecksilber oder Bleischrote stark beschwert sind; nach oben hin verjüngen sie sich zu einer an allen Theilen gleichweiten Spindel, welche die Scala enthält. — Nehmen wir an, ein ganz einfaches Aräometer sänke in Wasser von 15° C. bis zur Marke *a* ein, in einer von uns hergestellten Probenflüssigkeit von 1,5 spec. Gewicht bis zum Punkte *b*, so würden wir den Raum zwischen *a* und *b* in fünf gleiche Theile theilen und auf diese Weise die ersten Decimalen bestimmen können. Die gleiche Theilung könnten wir nach oben hin vornehmen und unter Umständen noch die zweiten Decimalen feststellen, indem wir die einzelnen Zwischenräume nochmals in  $\frac{1}{10}$ -Theile theilten. — Dies würde aber nur dann genau auszuführen sein, wenn

Fig. 66.

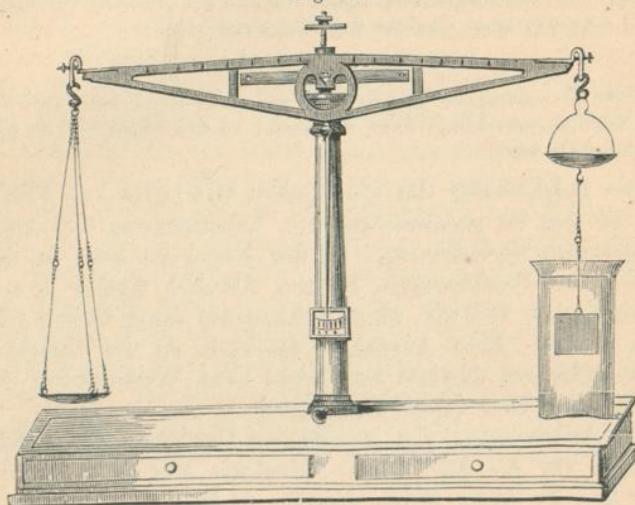




die Zwischenräume gross genug sind, und dies hängt wieder damit zusammen, dass die Spindel dünn genug ist. Auf diese Weise würden wir genöthigt sein, mit sehr zerbrechlichen und langen Apparaten zu arbeiten. Man benutzt daher in der Praxis verschiedene kleinere Instrumente, welche das spec. Gewicht nur innerhalb gewisser Grenzen anzeigen, und spricht also von Aräometern für leichtere und schwerere Flüssigkeiten als Wasser.

Eine besondere Art von Aräometern sind die Alkoholometer. Dieselben tragen an Stelle der gewöhnlichen, auf Wasser bezogenen Scala eine solche, welche bei *b* sofort den Procentgehalt des Alkohols abzulesen gestattet. Diese Alkoholometer enthalten in ihrem weiteren Theil *a* in der Regel auch noch ein Thermometer. Generell

Fig. 67.



heissen alle Aräometer, welche in ihrem Bauche Thermometer eingeschmolzen enthalten, „Thermoaräometer“. (Fig. 66.)

Bei dem Gebrauche der Aräometer ist von Wichtigkeit, dass man sie nicht in zu enge Cylinder einsenkt, damit sie im Schwimmen nicht von der Adhäsion der Glaswandungen beeinflusst werden; dass sie niemals eine Gefässwandung berühren dürfen, versteht sich hieraus von selbst. Beim Ablesen verfährt man am besten so, dass man den Cylinder vollkommen vollgiesst und die Ablesung alsdann mit Hilfe eines hinter die Spindel gehaltenen Stückes Spiegelglas vornimmt.

Die Bestimmung des spec. Gewichtes fester Körper geschieht durch die hydrostatische Waage (Fig. 67).

Derselben ist zu diesem Zwecke eine kleinere mit einem Haken versehene Waagschale beigegeben, in welchen ein Metall(Platin)draht eingehängt werden kann. Angenommen, man wolle das spec. Gewicht des Bleies bestimmen, so verfähre man dazu folgendermassen: Man bestimmt zunächst auf



einer möglichst empfindlichen Waage das absolute Gewicht eines Stückes Blei; dasselbe soll in unserem Falle = 50 g sein. Hierauf biegt man einen dünnen Platindraht so, dass er unten eine Schlinge bildet, in die man das zu untersuchende Bleistück einklemmen kann, oben aber eine kleine Oese besitzt. Diesen Draht hängt man mit der Oese an den Haken der kleinen Waagschale an, bringt sein unteres Ende bis zu einem bestimmten Punkte in ein Becherglas mit destillirtem Wasser von 15° C. und setzt die Waage ins Gleichgewicht. Hierauf klemmt man das Bleistück in die Drahtschlinge und sucht nun das Gleichgewicht herzustellen. Es würden hierzu 45,62 g nöthig sein. Diese Differenz rührt daher, dass das Bleistück im Wasser so viel von seinem Gewichte verliert, als das von ihm verdrängte Volumen Wasser wiegt. Das Gewicht dieses Volumens findet man durch Subtraction der beiden erhaltenen Zahlen  $50 - 45,62 = 4,38$ . Es beträgt 4,38 g. Diese Zahl also repräsentirt das Gewicht des dem Bleistück entsprechenden Volumens Wasser. Dividirt (vergleicht) man das Gewicht des Bleies mit dem des gleichen Volumens Wasser, so erhält man das spec. Gewicht des Bleies mit 11,4:

$$50,0 : 4,38 = 11,4.$$

Diese Bestimmungen können auch mit jeder Hand- oder Tarirwaage ausgeführt werden; man hängt dann den Draht an den Bügel oder an eine Schnur der Waagschale an.

Die Bestimmung des specifischen Gewichtes von Flüssigkeiten gehört zu den im pharmaceutischen Laboratorium sich regelmässig wiederholenden Operationen. In der Regel ist man in der Lage, namentlich bei Salzlösungen, Säuren, Alkohol, Aether u. s. w., aus dem specifischen Gewicht einen Schluss auf deren Gehalt oder Reinheit zu ziehen. Eine Ausnahme macht u. A. die Essigsäure, aus deren specifischem Gewicht man nicht ohne Weiteres auf ihren Gehalt schliessen kann (siehe Essigsäure).

Die Bestimmung des specifischen Gewichtes fester Körper ist namentlich für die Mineralogie, Geologie und Metallindustrie von Bedeutung. So kann durch dieselbe z. B. festgestellt werden, ob Münzen, Schmucksachen u. s. w. echt oder Falsificate sind, da die Edelmetalle, namentlich Gold und Platin, durch ihre hohen specifischen Gewichte von den unedlen charakteristisch sich unterscheiden.

Bestimmungen des specifischen Gewichtes gasförmiger Körper sind Operationen, welche im pharmaceutischen Laboratorium kaum ausgeführt werden.

## 5. Freier Fall der Körper.

Wenn wir einem Körper seine Unterlage entziehen, so fällt er zu Boden. Das ist eine Beobachtung, welche wir täglich machen und die uns daher ohne Weiteres einleuchtet. Fragen wir uns nun, aus welchen Ursachen das Herabfallen geschieht, so müssen wir uns in Erinnerung bringen, was in einem der letzten Aufsätze gesagt wurde (S. 575), nämlich dass alle Körper aufeinander Anziehungskräfte ausüben, dass aber bei allen irdischen Dingen die Anziehungs-



kraft, welche sie aufeinander äussern, verschwindend gering ist im Vergleich zu der Kraft, mit welcher sie sämmtlich von der Erde angezogen werden. Diese Anziehungskraft der Erde, auch Schwerkraft, Gravitation, genannt, ist die Ursache des Falles. Wir denken uns die Schwerkraft im Centrum der Erde concentrirt, also von dort aus mit der grössten Energie wirkend, und können nunmehr den Fall als eine Anziehung aller irdischen Körper nach dem Erdcentrum hin definiren. Da in Hinsicht auf die grosse Masse der Erde alle irdischen Dinge gleich unendlich klein sind, da ferner die Anziehungskraft der Erde sich auf jedes einzelne Körpertheilchen in gleicher Weise äussert wie auf die aus solchen zusammengesetzten Körper, so erscheint es von vornherein wahrscheinlich, dass alle irdischen Körper mit der gleichen Stärke nach dem Erdcentrum angezogen werden, dass sie, mit anderen Worten, gleich schnell zu Boden fallen werden. Mit dieser Voraussetzung aber stehen unsere practischen Wahrnehmungen in directem Widerspruche. Lassen wir z. B. ein Geldstück und ein Stück Papier aus gleicher Höhe und zu gleicher Zeit zu Boden fallen, so können wir beobachten, dass die Geldmünze sehr viel früher als das Papierstück den Erdboden erreicht. Die Ursache für diesen scheinbaren Widerspruch ist darin zu suchen, dass dem Fallen der Körper durch die Luft ein Widerstand entgegengesetzt wird. Diesen werden dichtere, d. h. specifisch schwerere Körper leichter überwinden als weniger dichte, d. h. specifisch leichtere. Dass dem in der That so ist, davon können wir uns sehr leicht überzeugen, wenn wir den Widerstand der Luft beseitigen, d. h. wenn wir das Fallen im luftleeren Raum vor sich gehen lassen. Wir machen dann die interessante Beobachtung, dass alle Körper, also z. B. auch ein Geldstück und eine Vogelfeder, gleich schnell zu Boden fallen.

Wie schon eingangs dieser Arbeit erwähnt wurde, denken wir uns die Schwerkraft im Mittelpunkt der Erde concentrirt. Sie wirkt also dort am energischsten; je weiter ein Körper vom Mittelpunkt der Erde entfernt ist, desto weniger stark wirkt die Anziehungskraft der Erde auf ihn ein. Die Anziehungskraft der Erde nimmt ab im Quadrat der Entfernung. Ist z. B. die Anziehungskraft im Bereich einer Meile = 1, so wird sie in der Entfernung von 3 Meilen nur noch  $\frac{1}{9}$  so stark wirken. — Dass sich das in der That so verhält, ersieht man daraus, dass wir schon auf hohen Bergen eine Verminderung der Schwerkraft beobachten können, dass ferner die Schwerkraft an den beiden Polen der Erde stärker wirkt als am Aequator. Der letztere Umstand erklärt sich aus der Form der Erde. Diese ist bekanntlich eine an den Polen abgeplattete Kugel. Die Abplattung beträgt nach Bessel  $\frac{1}{299}$ , d. h. der kleinste Durchmesser (zwischen den beiden Polen) ist um  $\frac{1}{299}$  kleiner als der grösste, die Aequatoriallinie verbindende. Es ergiebt sich hieraus,



dass die Erdoberfläche am Aequator weiter entfernt ist vom Erdcentrum als an den beiden Polen. Hieraus wird sich nach dem vorher Gesagten ohne Weiteres der Schluss ziehen lassen, dass die Schwerkraft auf die am Aequator befindlichen Körper der grösseren Entfernung vom Mittelpunkt der Erde wegen in schwächerem Maasse einwirken wird als auf die an den beiden Polen befindlichen. Die Richtigkeit dieses Schlusses ist experimentell bewiesen worden; es wurde festgestellt, dass am Aequator das absolute Gewicht der nämlichen Körper ein geringeres ist als an den Polen; ein und dasselbe Pendel macht am Aequator weniger Schwingungen als an den Polen, die Fallgeschwindigkeit der Körper am Aequator ist geringer wie diejenige an den Polen. Die Fallbewegung und -geschwindigkeit ist seit langer Zeit Gegenstand zahlreicher Untersuchungen gewesen, durch welche festgestellt wurde, dass die Fallbewegung eine gleichförmig beschleunigte sei, d. h. dass die Geschwindigkeit mit der Dauer der Fallzeit wachse.

Um dieses Gesetz dem Verständniss näher zu bringen, müssen wir ein triviales Gleichniss wählen. — Wenn wir einer Schaukel einen Stoss versetzen, so wird sie aus ihrer Gleichgewichtslage herausgebracht, sie entfernt sich von uns, kehrt in Folge der Schwerkraft wieder in ihre senkrechte Lage zurück, schwingt aber, dem Gesetze der Trägheit folgend, in der Richtung auf uns zu weiter. Sie schwingt also nach dem ersten Stosse, wie Jedermann bekannt ist, mit einer gewissen Kraft hin und her. Ertheilen wir derselben einen zweiten, dritten u. s. w. Stoss, so gelingt es, die Schaukel zu einer Höhe zu schwingen, wie wir sie durch einen einzigen Stoss niemals erreichen würden. Woher kommt das? — Durch den ersten Stoss schwingt die Schaukel mit einer gewissen Kraft hin und her. — Sie würde diese Kraft behalten, wenn dieselbe nicht durch die entstehende Reibung allmählig verloren ginge. — Versetzen wir ihr nun einen zweiten Stoss, so addirt sich die Kraft, mit welcher derselbe ausgeführt wurde, zu derjenigen, welche die Schaukel schon hatte, die Bewegung wird also beschleunigt werden. Und jeder neue Stoss wird zu der vorhandenen Kraft wieder neue hinzufügen, die Bewegung wird durch jeden weiteren Stoss neue Beschleunigung erfahren. Aehnliche Verhältnisse gelten für den freien Fall der Körper.

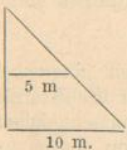
Das Fallen der Körper wird durch die Anziehungskraft der Erde verursacht. Diese Kraft aber wirkt auch noch auf den bereits im Fallen begriffenen Körper ein; es addirt sich daher zu derjenigen Kraft, mit der der fallende Körper sich ursprünglich nach dem Erdcentrum hin bewegte, fortwährend neue Kraft hinzu, die Bewegung wird dadurch eine beschleunigte.

Durch zahlreiche Versuche ist festgestellt worden, dass ein fallender Körper unter den für uns zugänglichen Höhenverhältnissen in der ersten



Secunde einen Weg von etwa 5 m (genau 4,90 m) zurücklegt. Wir können daher sagen, die Schwerkraft der Erde wirkt so auf ihn ein, dass er in der Secunde 5 m zurücklegt. — Da nun die Fallgeschwindigkeit des Körpers zu Anfang des Fallens = 0 war, so muss der fallende Körper, wenn er in gleichförmig beschleunigter Weise in der Secunde 5 m durchlaufen hat, am Ende der ersten Secunde eine Fallgeschwindigkeit von 10 m pro Secunde besitzen<sup>1)</sup>. Daran wolle man also festhalten: Ein fallender Körper hat am Ende der ersten Secunde eine Geschwindigkeit von 10 m, hat aber in der That nur einen Raum von 5 m durchlaufen. Könnte man nun am Ende der ersten Secunde die weitere Einwirkung der Schwerkraft auf ihn plötzlich aufheben, so würde der betreffende Körper, dem Gesetze der Trägheit folgend, mit einer Geschwindigkeit von 10 m per Secunde zu Boden fallen. Das können wir aber nicht, vielmehr wirkt die Schwerkraft auch in der zweiten Secunde auf den fallenden Körper in gleicher Weise wie in der ersten Secunde ein, d. h. sie ertheilt ihm eine weitere Endgeschwindigkeit von 10 m und nöthigt ihn, nochmals einen Weg von 5 m zu durchlaufen. Da der fallende Körper aber am Ende der ersten Secunde schon eine Endgeschwindigkeit von 10 m hatte, so wird er zu Ende der zweiten eine solche von 20 m haben müssen. Mit dieser Geschwindigkeit würde er zu Boden fallen, wenn die Schwerkraft zu wirken aufhörte; aber diese wirkt weiter auf ihn ein und vermehrt seine Geschwindigkeit am Ende der dritten Secunde um weitere 10 m, seine Geschwindigkeit am Ende der dritten Secunde ist daher = 30 m. In derselben Weise wirkt die Schwerkraft in allen weiter folgenden Secunden beschleunigend auf die Bewegung des fallenden Körpers ein, so dass die schon vorhandene Geschwindigkeit am Ende jeder folgenden Secunde sich um 10 m erhöht. Daraus ergibt sich das Gesetz: Die erlangte Endgeschwindigkeit eines Körpers ist proportional der Fallzeit. — Sie beträgt zu Ende der ersten Secunde  $1 \times 10$  m, der zweiten  $2 \times 10$  m, der dritten  $3 \times 10$  m u. s. w.

Wollen wir die Fallräume bestimmen, welche ein Körper im Verlauf der einzelnen Secunden durchläuft, so müssen wir folgende Betrachtungen anstellen: Am Ende der erste Secunde durchläuft der fallende Körper 5 m, er besitzt aber eine Endgeschwindigkeit von 10 m; er würde also, wenn die Schwerkraft plötzlich zu wirken aufhörte, in der zweiten Secunde 10 m zurücklegen. Die Schwerkraft aber nöthigt ihn, auch in der zweiten Secunde nochmals 5 m, zusammen also 15 m zurückzulegen. Addirt man den in der zweiten Secunde zurückgelegten Raum (15 m) zu dem in der ersten Secunde zurückgelegten (5 m), so ergibt sich daraus, dass der fallende Körper zu Ende der zweiten Secunde einen Fallraum von 20 m zurückgelegt hat. — Am Ende der zweiten Secunde aber besitzt der fallende Körper eine Endgeschwindigkeit von 20 m per Secunde. Diesen Raum würde er im Verlaufe der dritten Secunde zurücklegen, wenn ihn die Schwerkraft nicht wiederum veranlasste, 5 m mehr zu durchlaufen. Er durchläuft daher in der dritten Secunde 25 m. Zählen wir hierzu den am Ende der zweiten Secunde zurückgelegten Weg von 20 m, so sehen wir, dass der Fallraum eines Körpers am Ende der dritten Secunde 45 m beträgt. — Stellen wir nun für jede folgende Secunde die gleiche Rechnung an, so kommen wir zu dem Resultat, dass wir den Fallraum jeder folgenden Anzahl von Secunden finden, wenn wir in Betracht ziehen bzw. addiren 1. den Fallraum, den ein Körper unter dem Einfluss der Schwerkraft überhaupt



<sup>1)</sup> Um dies zu verstehen, construirt man sich ein Rechteck mit 10 m Grundfläche. Dieses stellt den Fallraum der ersten Secunde dar. Zu Anfang des Falles war die Geschwindigkeit = 0, zu Ende der ersten Secunde betrug die Fallgeschwindigkeit = 10 m, mithin ist der in der ersten Secunde zurückgelegte Fallraum oder die mittlere Geschwindigkeit = 5 Meter.



in einer Secunde zurücklegt (5 m), 2. die Endgeschwindigkeit der vorhergehenden Secunde, 3. den bereits zurückgelegten Weg. Es werden sich z. B. für die ersten sechs Secunden nachfolgende Resultate ergeben:

Fallzeiten . . . . .	1	2	3	4	5	6 Secunden.
1. Fallraum für je eine Secunde . . . . .	5	5	5	5	5	5 m
2. Erlangte Endgeschwindigkeiten . . . . .	0	10	20	30	40	50 „
3. Bereits zurückgelegter Weg . . . . .	0	5	20	45	80	125 „
Fallräume . . . . .	5	20	45	80	125	180 m

Betrachten wir die so erhaltenen Zahlen, so ergibt sich, dass sie sich untereinander verhalten wie  $1 : 4 : 9 : 16 : 25 : 36$  oder wie  $1^2 : 2^2 : 3^2 : 4^2 : 5^2 : 6^2$ .

Daraus ergibt sich das Gesetz: Die Fallräume verhalten sich wie die Quadrate der Fallzeiten.

Die Fallgesetze haben ihre experimentelle Bestätigung durch die *Atwood'sche* Fallmaschine gefunden.

## 6. Elektrizität.

Schon im Alterthume war es bekannt, dass gewisse Körper durch Reibung die Eigenschaft erlangten, andere, leicht bewegliche Körper, z. B. Federn, Papierstückchen etc., anzuziehen. Die ersten Beobachtungen dieser Art wurden am Bernstein gemacht; lange Zeit jedoch brachte man diese Erscheinung mit dem Magnetismus in Zusammenhang, bis um's Jahr 1600 *Gilbert* in seiner Schrift *de Magnete* bewies, dass Magnetismus und Elektrizität voneinander verschieden seien; er war es auch, welcher der von ihm als eigenthümlich erkannten Kraft den Namen Elektrizität (von *ἤλεκτρον* Bernstein) gab. Er zeigte ferner, dass dieselbe Eigenschaft, d. h. durch Reiben elektrisch zu werden, auch anderen Stoffen, z. B. Glas, Harz, Schwefel, zukomme. Später wurde von *O. von Guericke* festgestellt, dass leicht bewegliche Körperchen von Elektrizität nicht bloß angezogen, sondern auch abgestossen werden können. Durch diese Beobachtung wurde die Elektrizität sehr scharf von der Schwerkraft unterschieden, welcher wohl anziehende, nicht aber abstossende Eigenschaften zukommen. — Im weiteren Verlaufe wurde festgestellt, dass die durch Reiben von Glas erzeugte Elektrizität verschieden sei von der durch Reiben von Harz erzeugten. *Benjamin Franklin* gab später der Glaselektrizität das Zeichen +, der Harzelektrizität das Zeichen —, weil beide Elektrizitäten bei der Vereinigung 0 geben. — Von bedeutender Wichtigkeit war ferner die von *Steffen Gray* 1727 gemachte Entdeckung der Fortleitungsfähigkeit der Elektrizität.

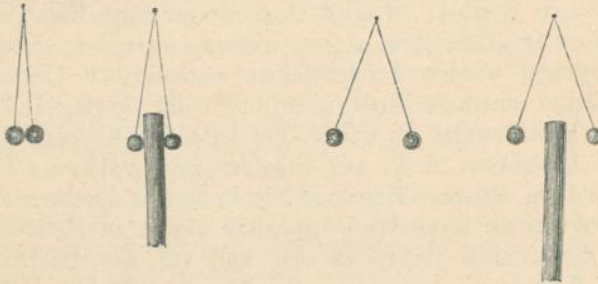
Harz- und Glaselektrizität. Ein einfacher Versuch überzeugt uns sehr bald, dass es in der That zwei verschiedene Arten von Elektrizität giebt. — Hängen wir an dünnen Seidenfädchen zwei Hollundermarkkugeln auf und nähern ihnen eine geriebene Glasstange, so werden sie von dieser zu-



nächst angezogen, — sobald sie jedoch mit der Elektricität des Glases gesättigt sind, weichen sie nicht blos vor der Glasstange aus, sondern sie stossen sich nun auch gegenseitig ab (Fig. 68). Nähert man ihnen jetzt rasch eine geriebene Harzstange (Siegellack), so werden sie von dieser lebhaft angezogen. Theilt man ihnen durch Berührung mit der Harzstange von der Elektricität derselben mit, so fliehen sie wiederum vor der Harzstange und vor einander, werden aber nunmehr von einer geriebenen Glasstange wieder angezogen. — Daraus ziehen wir die Schlüsse, dass es 1. zwei verschiedene Arten von Elektricität giebt, nämlich Glaselektricität (positive oder +E.) und Harzelektricität (negative oder -E.), 2. dass gleichartige Elektricitäten sich abstossen, ungleichartige dagegen sich anziehen.

Im natürlichen Zustande besitzen alle Körper gleiche Mengen von jeder der beiden Elektricitäten. Es gehen ihnen daher elektrische Eigenschaften ab, weil die beiden vorhandenen Elektricitäten sich gegenseitig aufheben oder neutralisiren. Es haben nun aber verschiedene Körper eine verschiedene Vorliebe für eine der beiden Elektricitäten, so dass wir beim Zusammenreiben verschiedener Stoffe

Fig. 68.



unter Umständen in dem einen +E., in dem anderen -E. anhäufen. Ist dies der Fall, so tritt die Elektricität zur Anschauung, wir sagen, die betreffenden Körper sind elektrisch. In nachstehender Tabelle sind die gebräuchlichsten Stoffe nach ihrer Vorliebe für die eine oder andere Elektricität angeordnet.

- Schwefel	} Reibt man zwei der hier aufgeführten Stoffe mit ein- ander, so wird jedesmal der nach oben stehende -, der nach unten stehende + elektrisch.
Harze	
Metalle	
Seide	
Wolle	
Glas	
+ Pelz	

Reibt man also Schwefel mit Harz, so wird Schwefel -, Harz +elektrisch. Reibt man Harz und Metall, so wird Harz -, das Metall +elektrisch. Reibt man Harz und Pelz, so wird Harz -, Pelz aber +elektrisch. Am besten ist es für die Erregung von Elektricität, wenn die beiden miteinander zu reibenden Stoffe möglichst weit in dieser Aufstellung auseinanderstehen. — Man reibt



daher am besten Glas mit Metallen (Amalgamen) oder Harz mit Pelz.

Leitung der Elektricität. In Bezug auf die Fortleitung der Elektricität verhalten sich die verschiedenen Stoffe sehr verschieden. Je nachdem sie die Elektricität gut, mittelgut oder sehr wenig fortzuleiten vermögen, theilt man sie ein in Leiter, Halbleiter und Nichtleiter.

Leiter.	Halbleiter.	Nichtleiter.
Alle Metalle,	Wasser	Harze, Schwefel,
Lösungen von Säuren,	trockenes Holz,	Seide, Haare,
„ „ Basen und Salzen.	Alkohol,	Glas, fette Oele,
	Aether,	trockene Luft,
	der thierische Körper.	trockene Gase.

Wegen ihrer vorzüglichen Leitungsfähigkeit werden die Metalle zu elektrischen Leitungen benutzt. Am besten leitet das Silber, fast ebenso gut das Kupfer. Auf der guten Leitungsfähigkeit der Metalle beruht auch die Thatsache, dass dieselben durch Reibung anscheinend nicht elektrisch werden; es wird eben die erzeugte Elektricität von den Metallen im Entstehen sofort wieder abgeleitet. Gut isolirte Metalle dagegen werden durch Reiben nachweisbar elektrisch. — Die Nichtleiter characterisiren sich durch ihr geringes Leitungsvermögen; man benutzt sie daher, um leitenden Körpern die Elektricität zu bewahren, d. h. um dieselben zu isoliren. Gase und Dämpfe sind im trocknen Zustande Nichtleiter, in feuchtem Zustande dagegen werden sie ihres Wassergehaltes wegen zu Halbleitern.

Die Elektricität verbreitet sich nur auf der Oberfläche der Körper, und zwar in einer unmessbar dünnen Schicht. — Hat man zwei an Grösse ganz gleiche Metallkugeln, von denen die eine massiv, die andere aber hohl ist, und lässt auf die eine derselben Elektricität überströmen, so wird, wenn man beide Kugeln miteinander berührt, genau die Hälfte der Elektricität an die vorher unelektrische Kugel abgegeben. — Auf einer Kugel verbreitet sich die Elektricität gleichmässig über die ganze Oberfläche. An anders geformten Flächen sammelt sich die Elektricität dort im höchsten Grade an, wo die stärkste Krümmung ist. Geht die letztere über ein gewisses Maass hinaus, so wird so viel Elektricität angehäuft, dass sie nicht mehr gehalten werden kann, sondern abfließt. Darauf ist zurückzuführen der Umstand, dass zum Aufspeichern von Elektricität stets möglichst kugelförmige Körper (Conductoren) benutzt werden, ferner die Thatsache, dass spitze Körper die Elektricität in kurzer Zeit verlieren.

Influenzerscheinungen. Wie schon bemerkt wurde, enthalten alle Körper im nicht elektrischen Zustande grosse Mengen beider (+ und -) Elektricitäten, die sich aber gegenseitig das Gleichgewicht halten. Bringen wir nun in die Nähe eines solchen unelektrischen, aber isolirten Körpers einen



elektrischen, z. B.  $+$ elektrischen, so zieht dieser die  $-$ Elektricität des unelektrischen Körpers an und stösst die  $+$ Elektricität desselben ab. — Der vorher unelektrische Körper wird dabei selbst ( $-$ )elektrisch. Entfernen wir den  $+$ elektrischen Körper, so vereinigen sich die vorher getrennten Elektricitäten — man bedenke, dass der Körper isolirt war — wieder und derselbe kehrt dadurch in seinen unelektrischen Zustand wieder zurück. — Setzt man dagegen den unelektrischen Körper mit der Erde in leitende Verbindung und bringt nun den  $+$ elektrischen Körper in die Nähe, so wird dieser die  $-$ Elektricität anziehen, die  $+$ Elektricität des ursprünglichen unelektrischen Körpers wird nach der Erde abfliessen und an ihrer Stelle wird ein neues Quantum  $-$ Elektricität hinzuzufliessen, so dass der Körper  $-$ elektrisch bleibt, selbst wenn wir den  $+$ elektrischen Körper jetzt aus seiner Nähe entfernen.

Die Wirkung der Influenz ist sehr mannigfaltig. Es erklärt sich dadurch, dass ein unelektrischer Körper von einem elektrischen angezogen wird; hierbei wird eben die entgegengesetzte Elektricität des betreffenden Körpers angezogen, die gleichartige aber abgestossen. — Ist ein  $+$ elektrischer Körper einer  $-$ elektrischen Spitze gegenüber, so ziehen beide Elektricitäten sich gegenseitig an und vereinigen sich schliesslich. Auf diese Weise erklärt sich das Verschwinden der Elektricität aus Spitzen. Auf Erregung von Elektricität durch Influenz beruht der Elektrophor und die Leydener Flasche.

**Elektrophor.** Derselbe besteht aus einem Harzkuchen  $H$ , der in eine metallene Form  $F$  gegossen ist und durch diese in leitender Berührung mit der Erde steht. Auf diesen möglichst ebenen Kuchen passt ein etwas kleinerer Metalldeckel (am besten hohl und aus Zinkblech)  $D$ , welcher entweder durch Seidenschnüre oder durch einen aufgekitteten Glasstab isolirt ist. — Zum Gebrauche hebt man den Deckel ab und peitscht den Harzkuchen mit einem Fuchsschwanz. — Nach der S. 589 gegebenen Tabelle wird nun der Harzkuchen  $-$ elektrisch werden (der Fuchsschwanz  $+$ elektrisch). Legt man auf den so vorbereiteten Harzkuchen den Zinkdeckel  $D$ , so wird die positive Elektricität desselben nach der dem Harzkuchen zugewendeten Seite hingezogen, die negative Elektricität nach der entgegengesetzten Seite des Zinkdeckels abgestossen. Entfernt man jetzt den Zinkdeckel von dem Harzkuchen, so zeigt er keine elektrischen Erscheinungen, weil die beiden Elektricitäten, nachdem der Einfluss des  $-$ elektrischen Harzkuchens unterbrochen ist, sich wieder vereinigt oder neutralisirt haben.

Berührt man jedoch den Deckel, während er auf dem Harzkuchen liegt, mit dem Finger, so wird die nach der dem Harzkuchen abgewendeten Seite abgestossene  $-$ Elektricität in Gestalt eines Funkens abgeleitet und dafür ein neues Quantum positive Elektricität zugeführt. Der Deckel enthält jetzt nur  $+$ Elektricität, die er beim Berühren in Gestalt eines Funkens von sich giebt. — Man kann also mittels des Elektrophors beide Arten von Elektricität erzeugen. In trockener Luft bleibt der einmal erregte Elektrophor wochenlang wirksam, weshalb man ihm den Namen des Elektricitätsträgers gegeben hat.

**Leydener oder Kleist'sche Flasche.** Ein cylindrisches Gefäss  $G$  ist inwendig und auswendig so mit Stanniol überzogen, dass das Stanniol zwar bis an den Fuss des Gefässes reicht, der obere Rand des Gefässes aber einige Zoll frei bleibt. Ein nicht leitender Deckel enthält einen starken Metalldraht  $D$ , welcher mit der inneren Belegung in leitender Verbindung steht und nach oben hin in einen Metallknopf endigt.

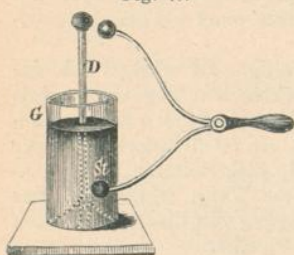
Fig. 69.





Theilt man, während die äussere Belegung in leitender Verbindung mit der Erde, also z. B. auf einem Tische steht, dem Knopfe z. B. durch den Deckel des Elektrophors positive Elektricität mit, so vertheilt sich diese auf die ganze innere Belegung und häuft durch das Glas hindurch eine gleiche Menge negativer Elektricität auf der äusseren Belegung an, während die vorher auf der äusseren Belegung vorhandene  $+$ Elektricität nach der Erde abfliesst. — Eine so geladene Leydener Flasche enthält also auf der inneren Belegung  $+$ Elektricität, auf der äusseren Belegung  $-$ Elektricität. — Bringt man beide Belegungen miteinander in leitende Verbindung, indem man mit der einen Hand die äussere Belegung, mit der anderen Hand den Metallknopf berührt, so vereinigen sich beide Elektricitäten, und da diese Vereinigung in unserem Körper als Leiter vor sich geht, so erhalten wir eine Erschütterung des Nervensystems, die man elektrischen Schlag nennt. Will man einen solchen elektrischen Schlag vermeiden, so bedient man sich des *Henley'schen* Entladers, welcher an einer isolirenden Handhabe zwei leicht verstellbare Metallbügel enthält (Fig. 70).

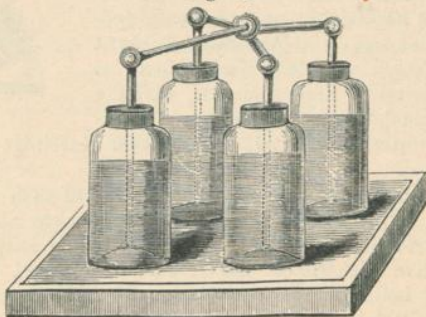
Fig. 70.



Vereinigt man mehrere Leydener Flaschen so, dass man einerseits ihre äusseren, andererseits die inneren Belegungen miteinander leitend verbindet, so erhält man eine elektrische Batterie, in der man erhebliche Mengen von Elektricität anhäufen kann.

**Elektrisirmaschine.** Dieselbe besteht im Wesentlichen aus der gläsernen Scheibe *SS*, welche mittels einer Kurbel gegen das Reibzeug *R* gerieben wird. Das letztere besteht aus einem Lederkissen, welches mit einem Gemisch von Amalgam (1 Th. Zinn, 1 Th. Zink und 2 Th. Quecksilber) und Fett bestrichen ist und durch eine Feder gegen die Glasscheibe gedrückt wird. Durch das Aneinanderreiben von Glas und Metall (Amalgam) wird Elektricität

Fig. 71.



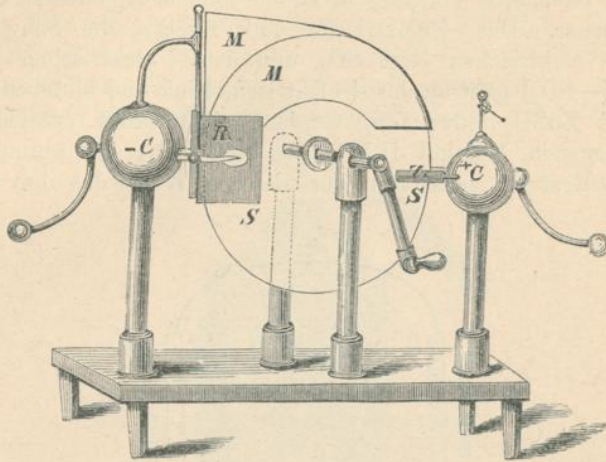
erregt. Das Glas wird  $+$ elektrisch, das Metall, Reibzeug  $-$ elektrisch. Die  $+$ Elektricität des Glases wird von einer oder mehreren Metallstangen *Z*, welche wie ein Rechen feine Spitzen tragen, nach dem gut isolirten Conductor  $+$ *C* geleitet und dort aufgespeichert. — Der andere mit  $-$ *C* bezeichnete Conductor steht sowohl mit dem Erdboden, als auch mit dem Reibzeug *R* in leitender Verbindung. Die in dem letzteren erzeugte  $-$ Elektricität fliesst durch den Conductor  $-$ *C* nach dem Erdboden ab, an ihrer Stelle strömt durch den Leitungsdraht der Erde eine neue Menge  $+$ Elektricität der Glasscheibe zu. Um



das Ausströmen der erregten Elektricität von den Rändern der Glasscheibe in die Luft zu verhindern, ist der grösste Theil der Scheibe mit einem isolirenden Mantel  $M$  von Seidentaffet verdeckt. Beabsichtigt man, die  $-$ Elektricität des Reibzeuges zu sammeln, so ist der mit diesem in Verbindung stehende Conductor  $-C$  zu isoliren, der andere Conductor  $+C$  aber mit der Erde in leitende Verbindung zu bringen.

Mit Hülfe der Elektrisirmaschinen gelingt es, elektrische Ströme von hoher Spannung zu erzeugen. Indessen ist die so erzeugte Elektricität nicht

Fig. 72.



lange aufzubewahren, sie muss sofort verbraucht werden. — Die Erzeugung von Strömen geringerer Spannung, aber von grosser Constanz, gelingt dagegen auf chemischem Wege. So erzeugte Ströme nennt man galvanische Ströme.

### Galvanische Ströme.

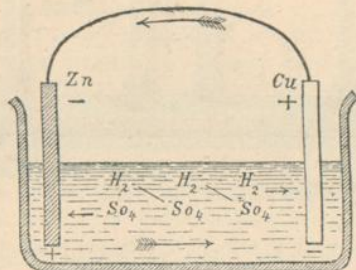
Bringt man in ein Gefäss mit verdünnter Schwefelsäure einen Zinkstab und von diesem getrennt einen Kupferstab, so wird der erstere, indem er die Schwefelsäure zersetzt, aufgelöst. — Dabei spielt sich nachfolgender Vorgang ab: Beim Eintauchen des Zinks in Schwefelsäure trennen sich die im Zink vorher in neutralem Zustande vorhanden gewesenen Elektricitäten. — Soweit das Zink in die Flüssigkeit hineinragt, ist es  $+$ elektrisch, das entgegengesetzte, aus der Flüssigkeit herausragende Ende dagegen ist  $-$ elektrisch. Das Umgekehrte ist beim Kupfer der Fall. Die in die Schwefelsäure eintauchenden Antheile sind  $-$ elektrisch, die aus derselben herausragenden dagegen  $+$ elektrisch. Es finden somit zwischen Zink und Kupfer innerhalb und ausserhalb der Flüssigkeit elektrische Spannungsdifferenzen statt. Bringt man nun beide Metalle in leitende Verbindung miteinander, so suchen sich die entgegengesetzten Elek-



tricitäten auszugleichen, es entsteht ein elektrischer Strom. Innerhalb der Flüssigkeit strömt  $+$ Elektricität vom Zink zum Kupfer, ausserhalb der Flüssigkeit  $+$ Elektricität vom Kupfer zum Zink in der Richtung der in Fig. 73 gezeichneten Pfeile. — Dieser Strom wird der positive genannt; ausser ihm findet noch Ueberströmen negativer Elektricität in umgekehrter Richtung statt, doch pflegt man der Einfachheit wegen diesen negativen und schwächeren Strom in der Regel zu vernachlässigen.

Der chemische Vorgang in einem solchen Apparat ist ein ziemlich einfacher. Das  $+$ elektrische Zink zersetzt die Schwefelsäure in den  $-$ elektrischen Rest  $\text{SO}_4$  und den  $+$ elektrischen Rest  $\text{H}_2$ . Ersterer ( $-\text{SO}_4$ ) geht an das  $+$ elektrische Zink und bildet mit diesem Zinksulfat  $\text{ZnSO}_4$ , der freigewordene Wasserstoff entzieht einem nächstgelegenen Molekül  $\text{H}_2\text{SO}_4$  den Rest  $\text{SO}_4$ , der nunmehr freier werdende Rest  $\text{H}_2$  zerlegt in der gleichen Weise das ihm zunächst

Fig. 73.



liegende Mol.  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , bis am  $-$ Cu-Pol freier Wasserstoff auftritt. — Die Elektricität wird hier unzweifelhaft durch chemische Zersetzung bedingt.

Ein solcher Apparat, in welchem durch chemische Zersetzung Elektricität erzeugt wird, heisst ein galvanisches Element, eine Verbindung mehrerer solcher Elemente eine galvanische Batterie. — Der galvanische Strom bleibt längere Zeit constant, weil durch die fortschreitende chemische Zersetzung die elektrische Spannungsdifferenz zwischen Zink und Kupfer immer wieder hergestellt wird. Das eben skizzirte Element ist das denkbar einfachste. Es bleibt indessen nur kurze Zeit constant, weil der frei werdende Wasserstoff sich an das Kupfer anlegt und dieses schlecht leitend macht; ausserdem werden auch durch die dem Kupfer adhärirende Schicht  $+$ elektrischen Wasserstoffes die bei fortschreitender Zersetzung weiterhin entstehenden  $+$ elektrischen Wasserstoffmoleküle abgestossen; hierdurch entstehen in dem Elemente Gegenströme (Polarisation des Stromes), der Strom wird bedeutend geschwächt.

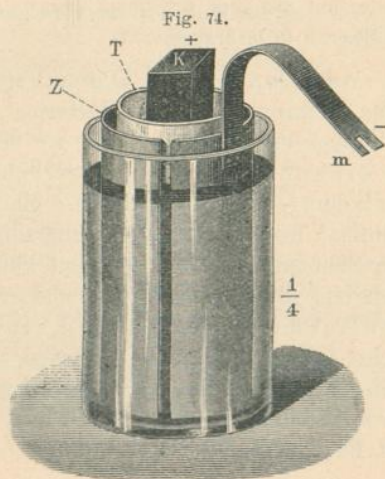
Die sog. constanten Elemente zeigen diese Uebelstände



nicht. Um ihre Einrichtung verstehen zu können, muss man nachstehende Punkte ins Auge fassen. — Der elektrische Strom entsteht durch die chemische Zersetzung; im vorliegenden Falle durch die Zersetzung der Schwefelsäure durch das Zink. — Das Kupfer hat lediglich die Aufgabe, die entstehende Elektricität fortzuleiten, wird aber durch den ausgeschiedenen Wasserstoff daran sehr bald gehindert. — Die constanten Elemente besitzen nun die Neuerung, dass das zersetzende und das die Elektricität leitende Metall voneinander getrennt und in verschiedenen Flüssigkeiten stehen.

Die Trennung ist derart, dass das eine Metall in einer Thonzelle *T* untergebracht ist, welche wohl die Diffusion von Gasen, nicht aber diejenige von Flüssigkeiten gestattet. (Fig. 74.)

Das Zink lässt sich überhaupt nicht leicht durch ein anderes



Metall ersetzen, da es für die Constanz des Stromes absolut nothwendig ist, dass das zersetzende Metall während des ganzen Processes eine metallische Oberfläche behält. Zink und Schwefelsäure also finden wir bei fast allen Elementen wieder. — Um zu verhindern, dass Wasserstoff sich am Kupfer absetzt, bringt man dieses entweder in eine Metallsalzlösung (Kupfervitriol), so dass sich nun an Stelle des schlecht leitenden Wasserstoffes eine vorzüglich leitende Schicht von metallischem Kupfer an der Kupferplatte absetzt oder man stellt das leitende Metall in ein kräftiges Oxydationsmittel (Salpetersäure, Chromsäure etc.), welches den entstehenden Wasserstoff sofort zu Wasser oxydirt.

1. *Daniell's* Element. Aussen Zink + Schwefelsäure; in einer Thonzelle Kupfer + Kupfervitriollösung. — Am negativen (Kupfer-) Pol scheidet sich nun nicht Wasserstoff, sondern vorzüglich leitendes Kupfer ab. — Sehr constant, aber mässig starke Ströme.



2. *Grove's* Element. Aussen Zink + Schwefelsäure; in einer Thonzelle conc. Salpetersäure + Platin. — Der entstehende Wasserstoff wird von der Salpetersäure sofort zu Wasser oxydirt.

3. *Bunsen's*ches Element. Aussen Zink + Schwefelsäure; in einer Thonzelle ein Kohlencylinder in conc. Salpetersäure. Der entstehende Wasserstoff wird ebenfalls sofort zu Wasser oxydirt. An Stelle des leitenden Metalles ist hier die gleichfalls vorzüglich leitende Retortenkohle gesetzt. Diesem wie dem vorigen Element ist der Vorwurf zu machen, dass es der Gesundheit schädliche Dämpfe von Oxyden des Stickstoffs verbreitet (Fig. 76). — Dieser Nachtheil ist bei dem nachfolgenden Element vermieden.

4. *Buff-Bunsen's* Element. Aussen Zink + Schwefelsäure; in einer Thonzelle Kohle in einer Mischung von Kaliumdichromat und Schwefelsäure. Hier ist es die Chromsäure, welche den freiwerdenden Wasserstoff oxydirt. — Diese Elemente sind auch so modificirt, dass Zink und Kohle, voneinander isolirt, gleichzeitig in ein Gemisch von Schwefelsäure und Kaliumbichromat getaucht werden (*Grenet's* Tauchbatterie). Will man den Strom unterbrechen, so hebt man Zink und Kohle oder nur das Zink aus der Flüssigkeit heraus. Namentlich für medicinische Zwecke in Gebrauch.

Schaltung von Elementen. Durch Vereinigung mehrerer Elemente erhält man eine galvanische Batterie. Eine solche kann man nach 2 Principien zusammenstellen. a) Man schaltet die Elemente hinter einander, d. h. man verbindet den +Pol des einen Elementes mit dem —Pol des anderen. Man erhält so Ströme von grosser Spannung, da sich die Spannungsdifferenzen der vorhandenen einzelnen Elemente addiren. — Man kann sich den Strom so vorstellen, als ob eine dünne Wassersäule aus grosser Höhe herabfällt. b) Man schaltet die Elemente neben einander, d. h. man verbindet sämtliche +Pole miteinander, ebenso sämtliche —Pole. Eine solche Batterie wirkt wie ein einzelnes sehr grosses Element; man kann sich ihre Wirkung so veranschaulichen, als ob eine grosse Menge Wasser mit nur geringem Gefälle abfliesst.

### Wirkung der Elektricität.

Von den Wirkungen der Elektricität seien folgende hervorgehoben:

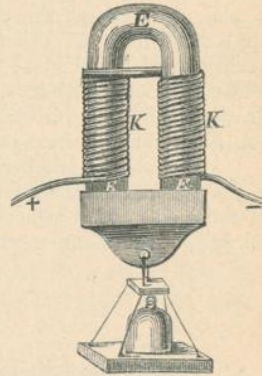
1. Weiches Eisen wird, so lange es von einem elektrischen Strome umkreist wird, zu einem Magneten. Umwickelt man ein hufeisenförmiges Stück Eisen *E* mit dem isolirten Kupferdraht *KK* und verbindet die beiden Enden mit einem galvanischen Elemente, so wird das Eisen zu einem Magneten. — Unterbricht man die Zuleitung von Elektricität, so schwinden die magnetischen Eigenschaften. Auf dieser Thatsache beruht die elektrische Telegraphie, beruhen ferner die elektromagnetischen Maschinen.

2. Galvanische Wärme- und Lichterscheinungen. Schaltet man in die Leitung einer kräftigen Batterie einen Leiter ein, der einen gewissen Leitungswiderstand bietet, z. B. einen dünnen Platindraht, so geräth dieser ins Glühen. Man benutzt diese Erscheinung zum Entzünden von Minen, Torpedos, ferner in der Chirurgie zu gewissen operativen Eingriffen (Galvano-kaustik). Verbindet man die Pole einer sehr starken Batterie mit zwei Kohlen-



stäben, nähert diese bis zur Berührung und entfernt sie wieder vorsichtig etwas voneinander, so bildet sich zwischen ihnen ein Lichtbogen von blendendem Glanze. — Hier sind es glühende Kohlentheilchen, welche die Lichtwirkung verursachen. Die Kohlenzylinder verbrennen allmählig; um den Lichtbogen constant zu erhalten, werden sie durch ein Uhrwerk immer in einer gewissen Entfernung voneinander gehalten (elektrisches Bogenlicht). Die Kohlenzylinder müssen immer wieder erneuert werden. — Schaltet man in die Leitung eines kräftigen Stromes einen Kohlenbügel so ein, dass sich dieser im luftleeren Raume befindet, so erglüht er und sendet ein sehr glänzendes Licht aus. Da die glühende Kohle sich im Vacuum befindet, Sauerstoff also abwesend ist, so kann der Kohlenstoff nicht verbrennen (elektrische Glühlampen).

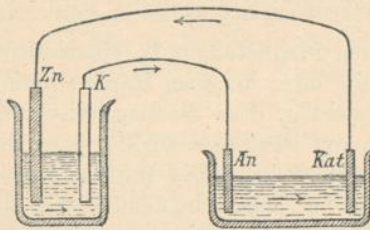
Fig. 75.



3. Chemische Wirkungen des Stromes. Schaltet man in den elektrischen Strom einen zusammengesetzten, am besten gelösten Körper ein, so wird derselbe zersetzt. Die elektrisch positiven Bestandtheile der Verbindung werden vom positiven, die elektrisch negativen Bestandtheile dagegen vom negativen Strom mitgenommen. Der Vorgang dieser Zersetzung wird Elektrolyse, der der Zersetzung unterworfenen Körper selbst Elektrolyt genannt. Die Drähte oder leitenden Formen, durch welche der Strom in die zu zersetzende Flüssigkeit (das Bad) eintritt, heißen Elektroden (von  $\epsilon\lambda\lambda\omicron\varsigma$ , Weg) und zwar heißt diejenige Elektrode, durch welche der positive Strom eintritt, Anode (Kupferpol), diejenige, durch welche er austritt (Zinkpol) Kathode. Die Zersetzungsproducte heißen Ionen und zwar das an der Anode auftretende Anion, das an der Kathode auftretende Kation.

Diese zersetzenden Wirkungen des elektrischen Stromes haben das hervorragendste theoretische und practische Interesse. — So wird Wasser  $H_2O$  in  $-O$  und  $+H_2$  gespalten. — Salzsäure zerfällt in  $-Cl$  und  $+H$ , Schwefelsäure in  $-SO_4$  und  $+H_2$ . Von practischer Wichtigkeit ist die Zerlegung der

Fig. 76.



Metallsalze geworden. Sie spalten sich unter dem Einflusse des elektrischen Stromes in das zugehörige Metall und in den zugehörigen Säurerest.  $CuSO_4$  z. B. in  $Cu + SO_4$ . Auf diese Thatsache gründen sich mehrere moderne Industrien, die Galvanisation, die Galvanoplastik, und die Gewinnung von Metallen auf galvanischem Wege.

Galvanisation oder Galvanostegie, d. h. die Ueberziehung eines leitenden, meist metallischen Körpers mit einer dünnen Schicht eines anderen, meist eines edlen Metalles. Taucht man einen metallischen Gegenstand in eine



Gold- oder Silberlösung, verbindet ihn mit der Kathode (Zn-Pol) einer Batterie und setzt ihm als Anode einen mit dem Cu-Pol verbundenen Streifen Gold- oder Silberblech entgegen, so überzieht sich der zu galvanisierende Gegenstand mit einer sehr fest anhaftenden Schicht von Gold oder Silber. Auf analoge Weise erfolgt das Vernickeln und Verkupfern. Als Bäder dienen meist die Cyanverbindungen der Metalle bzw. ihre löslichen Doppelverbindungen mit Cyankalium.

**Galvanoplastik.** Mit diesem Namen bezeichnet man die Nachbildung eines Gegenstandes durch elektrolytische Abscheidung von Metallen. — Formen von leicht schmelzbaren Metallen oder solche von Wachs, Harz, Gutta-percha, welche durch Einstäuben mit Graphitpulver leitend gemacht sind, werden als Kathoden in galvanische Bäder gebracht. Das Metall schlägt sich auf den Formen nieder und giebt einen naturgetreuen Abdruck derselben. — Von besonderer Wichtigkeit ist dies Verfahren zur Herstellung von Formen für Buchdruckerlettern und für Clichés, weil man auf diese Weise beliebig viele Formen von absoluter Gleichartigkeit sich verschaffen kann.

Die elektrolytische Gewinnung von Metallen ist ein der neuesten Zeit angehörender Industriezweig; er ermöglicht namentlich die Gewinnung von Metallen in absolut reinem Zustande. — Auch einige unedle Metalle, z. B. Aluminium, Magnesium, werden elektrolytisch gewonnen.

## 7. Magnetismus.

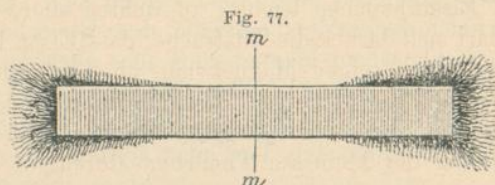
Einige natürliche Mineralien, z. B. der in Schweden in grossen Lagern vorkommende Magneteisenstein = Eisenoxyduloxyd  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , besitzen die Eigenschaft, kleine Eisentheilchen anzuziehen und festzuhalten. Diese Thatsache war schon im Alterthum bekannt, und da solche Eisenerze zuerst bei der Stadt Magnesia gefunden wurden, so erhielten sie von dieser den Namen Magnete. Später gelang es, künstliche Magnete herzustellen und gegenwärtig verstehen wir unter einem Magneten jeden Körper, der die Fähigkeit besitzt, Eisen anzuziehen und festzuhalten. — Die Substanz der künstlichen Magneten ist Stahl; ihrer Form nach sind es entweder Stäbe oder Hufeisen.

Legen wir einen Magneten, z. B. einen stabförmigen, in einen Haufen von Eisenfeile oder in einen Haufen kleiner Nägel (Fig. 77), so können wir beobachten, dass die magnetische Kraft an den beiden Enden des Stabes am stärksten wirkt, dass sie dagegen in der Mitte  $m$  desselben = 0 ist. Die mittlere unwirksame Zone des Magneten heisst die Indifferenzzone, die beiden am stärksten wirkenden Enden heissen die Pole des Magneten. Ein einfaches Experiment lehrt uns sofort, dass wir auch zwischen den beiden Polen eines Magneten eine Unterscheidung machen müssen. Hängen wir nämlich eine Magnethadel an einem Faden freischwebend auf, so sehen wir, dass sie sich nach einigen Schwingungen so einstellt, dass das eine Ende nach Norden, das andere Ende aber nach Süden zeigt. Nehmen wir nun mit der Nadel eine Drehung von  $180^\circ$  vor, versuchen wir also den beiden Enden die umgekehrte Richtung zu



geben, so machen wir die Erfahrung, dass die Nadel, sich selbst überlassen, sofort wieder in ihre alte Richtung zurückkehrt. Nach der Richtung, in welcher sich die beiden Pole eines freihängenden Magneten einstellen, unterscheiden wir nun die beiden Pole als Nord- und Südpol, und zwar nennen wir in Deutschland Nordpol das nach Norden gerichtete, Südpol das nach Süden zeigende Ende des Magneten; in Frankreich ist die umgekehrte Nomenclatur gebräuchlich.

Von Wichtigkeit ist das Verhalten der Pole zweier Magneten zu einander. Hängen wir z. B. zwei Magnetnadeln in einiger Entfernung voneinander auf, so gelingt es uns leicht, festzustellen, welches die Nord- und welches die Südpole derselben sind. Lassen wir nun die eine Nadel hängen und bringen ihrem Nordpol den Nordpol der anderen Nadel nahe, so sehen wir, dass der erstere abgestossen wird. Nähern wir dagegen dem Nordpol der einen Nadel den Südpol der anderen, so ziehen diese beiden sich an. Dieselben Resultate ergeben sich, wenn wir den Südpol der gleichen Behandlung unterwerfen: es zeigt sich, dass die beiden Südpole sich abstossen, dass dagegen Nordpol und Südpol sich gegen-



seitig anziehen. Daraus ergibt sich das Gesetz: Gleichnamige Pole eines Magneten stossen einander ab, ungleichnamige ziehen sich an. Die Thatsachen, welche durch dieses Gesetz ausgedrückt werden, haben theoretisch wie practisch die weittragendste Bedeutung. Wir wollen vorläufig bloß hervorheben, dass es auf diese Weise möglich ist, mit Leichtigkeit zu entscheiden, welches der Nordpol und welches der Südpol eines Magneten ist, ferner ob ein Körper überhaupt magnetische Eigenschaften besitzt. Man hat eben nur nöthig, den zu untersuchenden Gegenstand einer freischwebenden Magnetnadel zu nähern. Für die Elektrotechnik sind die nämlichen Thatsachen von der hervorragendsten Bedeutung.

Ueber das Wesen des Magnetismus ist mit Bestimmtheit so gut wie nichts bekannt. Früher nahm man an, durch den Einfluss eines Magneten sammelten sich an den beiden Enden eines Eisenstabes 2 verschiedene Fluida an und brächten dort die Wirkungen hervor, die wir für die beiden Pole eines Magneten kennen gelernt haben. Wäre das der Fall, so müssten, wenn wir einen Magneten in der Mitte durchbrechen, zwei isolirte Pole erhalten werden, nämlich ein



Stück, welches nur den Nordpol, ein anderes, welches nur den Südpol enthält. In der That aber sehen wir, dass beim Durchbrechen eines Magneten, an welcher Stelle und wie oft dies auch geschehen möge, stets vollständige Magneten erhalten werden, deren jeder einen Nord- und einen Südpol enthält.

Gegenwärtig nehmen wir an, dass ein Magnet aus unzähligen, kleinen magnetischen Theilchen besteht, die im magnetischen Zustande in ganz bestimmter Weise geordnet sind: die Nordpole derselben liegen sämmtlich nach der einen, die Südpole nach der anderen Seite. Wo wir also auch einen Magneten zerbrechen mögen, so erhalten wir immer Bruchstücke, deren jedes einen mit Nordpol und Südpol ausgestatteten, vollständigen Magneten darstellt.

Ja wir müssen annehmen, dass auch im unmagnetischen Eisen jedes kleinste Theilchen ein Magnet ist; nur sind diese Theilchen im unmagnetischen Zustande nicht gerichtet, sie liegen vielmehr unregelmässig durcheinander, so dass die Wirkung der Pole aufgehoben und  $= 0$  wird. Wirkt aber auf Eisen oder Stahl magnetische Kraft, also ein Magnet ein, so werden die Pole in der angegebenen Weise gerichtet, die magnetischen Eigenschaften gelangen zur Wahrnehmung. Und da nun Eisentheilchen leichter zu richten sind, wie Stahltheilchen, so erklärt sich daraus die Thatsache, dass Eisen leichter magnetisch wird wie Stahl, seinen Magnetismus aber auch leichter verliert wie dieser, ferner dass plötzliche Erschütterungen und rasche Temperaturwechsel schwächend auf Magneten wirken, weil sie die magnetische Anordnung der kleinsten Theilchen stören.

**Declination.** Eine Magnetnadel, welche sich horizontal frei bewegen kann, zeigt mit dem einen Pole (Nordpol) ungefähr nach Norden. Ihre Richtung weicht jedoch etwas von derjenigen des geographischen Nordens ab und zwar bei uns westlich um etwa  $17^\circ$ . Denkt man sich die von der Nadel dargestellte Linie verlängert, so bildet sie eine um die Erde laufende Kreislinie, welche der magnetische Meridian genannt wird.

Die Punkte, in denen sich die magnetischen Meridiane schneiden, heissen die magnetischen Pole der Erde. Sie sind nicht identisch mit den geographischen Polen. Der magnetische Nordpol, 1831 von *Ross* entdeckt, liegt im nördlichen Nordamerika, der magnetische Südpol südlich von Neuhollands Ostküste. Der Winkel, unter welchem der magnetische Meridian den geographischen Meridian eines Ortes schneidet, heisst die magnetische Declination; dieselbe beträgt bei uns etwa  $17^\circ$  und ist westlich.

Die Declination ist jedoch an verschiedenen Orten der Erde verschieden. In Europa, im atlantischen Ocean und dem uns zugekehrten Theile Amerikas ist sie westlich; in dem uns abgewendeten Theile Amerikas, in dem grössten Theile von Asien und dem stillen Ocean ist sie östlich. Zwischen beiden Abtheilungen läuft um die Erde eine Zone, in welcher die Magnetnadel genau nach dem geographischen Norden zeigt; dieselbe heisst *Agone* (von  $\alpha$ , priv. und  $\gamma\acute{o}\nu\eta$ , Winkel). Die eine Hälfte der Agone läuft ungefähr der Grenze zwischen Europa und Asien entlang durch den persischen Meerbusen nach Neuholland. Die andere Hälfte geht von Norden nach Süden etwa durch die Mitte von Amerika. Beide Theile der Agone schliessen sich aneinander an und theilen



so die Erde in zwei magnetische Hälften. — Die magnetische Declination ist veränderlich, sie zeigt Variationen.

1. Säculare Variation. Sie geht im Verlaufe der Jahrhunderte allmählig vor sich. Für unsere Gegenden war die Declination früher östlich, dann variierte sie nach Westen hin und ist gegenwärtig wieder im Rückgange nach Osten begriffen. In Paris war die Declination

im Jahre 1580	10° 30'	östlich,
" "	1663	0°
" "	1814	22° 34' westlich,
" "	1835	22° 4' "
" "	1852	20° 25' "

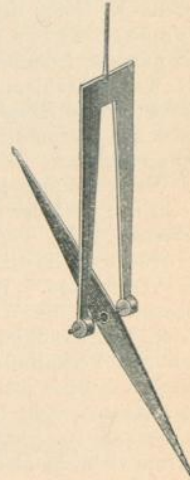
Die Ursachen der säcularen Variation sind unbekannt.

2. Tägliche Variationen. Von Sonnenaufgang bis etwa 2 Uhr Mittags geht die Magnetnadel etwa  $\frac{1}{4}^\circ$  nach Westen, und geht dann um diesen  $\frac{1}{4}^\circ$  bis zu Sonnenuntergang wieder nach Osten zurück; in der Nacht steht sie still. Man sagt daher: die Magnetnadel flieht vor der Sonne. Diese Variationen hängen wahrscheinlich mit der Sonne bezw. mit der Erwärmung der Erdoberfläche durch dieselbe zusammen.

3. Unregelmässige Schwankungen treten ganz plötzlich ein und erstrecken sich auf einen grossen Umkreis. Man bringt dieselben mit den Nordlichtern in Zusammenhang.

**Inclination.** Im Vorhergehenden war von der Richtung die Rede, welche eine horizontal sich bewegende Magnetnadel einnimmt. Eine vollkommen frei schwebende Magnetnadel nimmt in Folge der magnetischen Anziehung der Erde noch eine andere Richtung an. Um dies zu prüfen, hängen wir einen unmagnetischen Stahlstab — eine Stricknadel — an einem Faden so auf, dass er genau im Gleichgewicht ist. Machen wir nun den Stahlstab magnetisch, so zeigt es sich, dass das Gleichgewicht jetzt nicht mehr vorhanden ist, vielmehr senkt sich der Nordpol der Nadel, indem er sich in der Richtung des magnetischen Nordpales einstellt. Diese Abweichung von der horizontalen Richtung wird *Inclination* genannt, sie beträgt bei uns etwa  $66^\circ$ . An anderen Orten der Erde ist die Inclination eine andere. Am magnetischen Nordpol und Südpol steht die Nadel fast senkrecht, in der Nähe des Aequators fast horizontal. Eine etwa mit dem geographischen Aequator zusammenfallende Zone um die Erde, innerhalb welcher die Inclination = 0 ist, die Nadel also horizontal steht, wird magnetischer Aequator genannt. Auch die Inclination ist Schwankungen unterworfen; in unseren Gegenden ist sie gegenwärtig im Abnehmen begriffen, die Gesetze jedoch, nach denen dies geschieht, sind noch nicht bekannt.

Fig. 78.



Die practische Anwendung der Magnete ist eine recht ausgedehnte. Die Magnetnadel dient dem Seemann als Wegweiser in den fernen Meeren, der Mineraloge und Geologe benutzt Magnete, um Eisenpartikelchen aus Gesteinen abzusondern, der Arzt entfernt mit ihnen Eisentheilchen aus dem Auge. Die wichtigste Anwendung des Magneten aber ist unzweifelhaft diejenige im Dienste der Elek-



tricität. Hier ist der Magnet so zu sagen das wichtigste Reagens für Elektrizität, andererseits aber findet er Verwendung zur Herstellung der sog. elektromagnetischen Maschinen.

## 8. W ä r m e.

Die meisten Körper bewirken, wenn wir sie berühren, in unseren Gefühlsnerven das Gefühl von Wärme oder Kälte. Warm nennen wir einen Körper, der einen höheren, kalt einen solchen, der einen niedrigeren Temperaturgrad besitzt als unsere Haut. Die Wärmeempfindung im ersten Falle wird durch Zufuhr von Wärme, die Kälteempfindung im letzteren Falle durch Entziehung von Wärme verursacht.

Als Ursachen oder Quellen der Wärme wollen wir in Betracht ziehen die Sonne, die Verbrennung, chemische Prozesse und mechanische Arbeit.

1. Erwärmung durch die Sonne. Dass die Sonne unserem Planeten alljährlich eine ungeheure Menge Wärme zuführt, ist bekannt. Weniger bekannt dagegen ist die Art und Weise, in welcher dies geschieht. Die von der Sonne ausgehenden Strahlen können wir in eine Reihe von Strahlenbündeln zerlegen, es resultirt dann das sog. Lichtspectrum (violett, blau, grün, gelb, orange, roth). Jedem einzelnen Theile des Spectrums kommen, wie man sich durch das Thermometer überzeugen kann, erwärmende Eigenschaften zu. Die höchste erwärmende Kraft des Spectrums aber besitzen für uns unsichtbare, jenseits des Roths liegende Theile desselben, welche aus diesem Grunde dunkle Wärmestrahlen genannt werden. Den Wärmestrahlen gegenüber verhalten sich nun die irdischen Körper sehr verschieden. Eine Reihe von ihnen hält alle Wärmestrahlen, welche sie treffen, entweder ganz oder zum grossen Theil zurück; solche Körper werden athermane Stoffe genannt. Andere wieder lassen die Wärmestrahlen gänzlich oder fast gänzlich hindurchpassiren, ohne sie aufzunehmen. Diese werden diathermane Stoffe genannt. Die Resorption der Wärmestrahlen ist übrigens unabhängig von der Durchsichtigkeit oder Undurchsichtigkeit der betreffenden Medien. So ist z. B. Steinsalz fast gänzlich diatherman, Eis dagegen fast ganz atherman; Spiegelglas lässt etwa 40% der Wärmestrahlen hindurch. Auch gasförmige und flüssige Körper verhalten sich verschieden. Während z. B. Wasser recht viel Wärme absorhirt, lässt trockene Luft die Wärmestrahlen fast unverändert hindurch. Namentlich der letztere Umstand ist von der allergrössten Bedeutung. Er erklärt uns die wichtigen Verhältnisse der Erwärmung des Erdbodens. Verhielten sich alle irdischen Körper den Wärmestrahlen gegenüber gleich, so müssten die oberen Luftschichten nicht bloß gleiche, sondern sogar stärkere Erwärmung erfahren als die unteren. Thatsächlich ist dies nicht der Fall. Die höheren Luftschichten besitzen vielmehr niedrigere Temperatur als die niedrig gelegenen. Dies kommt daher, dass trockene Luft die Wärmestrahlen ganz unabsorbirt hindurch lässt, dass dagegen die Erdoberfläche dieselben aufnimmt und der erwärmte Erdboden durch Strahlung die ihm zunächst liegenden Luftschichten erwärmt. Dazu kommt noch, dass der Erdboden auch die ihn treffenden hellen Wärmestrahlen aufnimmt, und, nachdem dieselben in dunkle Wärmestrahlen umgewandelt sind, durch Strahlung gleichfalls wieder abgibt.

2. Wärme durch Verbrennung. Für die Praxis wenigstens ist die Verbrennung, d. h. die Verbindung mit Sauerstoff, die wichtigste Quelle zur



Erzeugung von Wärme. Das wichtigste zur Verbrennung gelangende Material ist der Kohlenstoff, ihm schliesst sich an die Cellulose, die wir in Form von Holz benutzen. Wichtige Brennproducte sind ferner Kohlenwasserstoffe in festem (Paraffin), flüssigem (Petroleum) und gasförmigem (Leuchtgas) Zustande. Die bisher erreichte höchste Temperatur liefert der elektrische Flammenbogen, nächst diesem die Verbrennung des Wasserstoffs im sog. Knallgasgebläse.

3. Mechanische Arbeit. Es ist eine bekannte Thatsache, dass die Wilden Feuer durch Aneinanderreiben zweier Holzstücke erzeugen. Bekannt ist ferner, dass man durch geschicktes Hämmern einen Nagel zum Glühen bringen kann, dass Wagenachsen, die nicht gehörig geschmiert werden, sich bis zur Entzündung erwärmen können. In allen diesen Fällen wird Arbeit in Wärme umgewandelt. Eine Bewegung, welche in irgend einer Weise gehemmt wird, erzeugt Reibung und dadurch Wärme.

4. Wärme durch chemische Processe. Ebenso wie bei der Verbrennung, welche ja auch ein chemischer Vorgang ist, wird bei den meisten anderen chemischen Processen Wärme in Freiheit gesetzt, indem sich chemische Energie in Wärme umwandelt. Erwärmung tritt z. B. auf beim Mischen von conc. Schwefelsäure mit Wasser oder Alkohol, beim Löschen von Aetzkalk mit Wasser, ferner beim Auflösen von trockenen Aetzkalken in Wasser. Die letztere Thatsache wird sogar technisch zum Betrieb von Maschinen verwerteth.

Wirkungen der Wärme. 1. Die Wärme dehnt alle Körper aus. Wenn wir einen Tiegel haben, der ganz genau in einen eisernen Ring hineinpasst, so fällt der Tiegel durch den Ring hindurch, wenn der letztere glühend gemacht wird. Im täglichen Leben ist auf die Ausdehnung durch die Wärme in vielen Fällen Rücksicht zu nehmen. Bolzen für Bügeleisen müssen etwas kleiner angefertigt werden als die entsprechende Höhlung des Plättseisens, damit sie auch im rothglühenden Zustande hineinpassen. Wagenreifen werden rothglühend über Wagenräder gebracht und haften dann in Folge der Zusammenziehung beim Erkalten sehr fest.

Die Ausdehnung der festen Körper wird im Verhältniss zu ihrer ursprünglichen Länge angegeben. Sie ist für die verschiedenen Körper verschieden. Die Ausdehnung flüssiger Körper wird nach dem Verhältniss ihres cubischen Inhalts berechnet. Flüssigkeiten dehnen sich stärker aus durch Wärme als feste Körper. — Auch die Ausdehnung gasförmiger Körper wird nach dem Verhältniss des cubischen Inhaltes berechnet. Die Ausdehnung der Gase durch Wärme ist viel bedeutender als die von Flüssigkeiten und festen Körpern. Der Ausdehnungscoefficient ist für alle Gase  $= \frac{1}{273}$ , d. h. alle Gase nehmen für jede Erwärmung um  $1^\circ \text{C.}$  um  $\frac{1}{273}$  ihres Volumens zu.

Die Messung der Wärme geschieht durch Instrumente, welche auf der Ausdehnung der Körper durch die Wärme basirt sind. Dieselben werden Thermometer genannt und sind bereits besprochen.

2. Die Wärme verändert den Aggregatzustand der Körper. Ein Körper kann bei verschiedenen Temperaturen in verschiedenen Zuständen auftreten, er kann fest, flüssig oder gasförmig sein.

Das Schmelzen ist der Uebergang vom festen in den flüssigen Zustand. Es beruht darauf, dass durch die Zufuhr von Wärme die Anziehungskraft der kleinsten Theilchen der Materie überwunden wird, dass diese kleinsten Theilchen gleichsam voneinander abgestossen werden. Schmelzbar sind die meisten uns bekannten festen Körper, aber bei verschiedenen Temperaturen. Einige Metalllegirungen zeigen einen auffallend niedrigen Schmelzpunkt, z. B. *Rose's* Metall  $95^\circ$ , *Wood's*ches Metall  $70^\circ$ . Bei sehr hoher Temperatur ( $2000^\circ$ ) schmilzt Platin. Als unschmelzbar gelten noch gegenwärtig amorphe Kohle, Graphit und Aetz-



kalk. Hierauf beruht die Anwendung des Graphits zu Schmelzriegeln und diejenige der Kreide zur Erzeugung des *Drumond'schen* Kalklichtes.

Eine Reihe von Körpern, z. B. Eis, bleiben bis zu einer gewissen Temperatur fest und gehen oberhalb dieser plötzlich in flüssigen Zustand über. Andere, wie die meisten Metalle, Wachs, Fett u. a. erweichen vor dem Verflüssigen. Auf diesem wichtigen Umstand beruht die Bearbeitung des Glases und der Metalle in der Hitze, z. B. das Schweißen des Eisens, des Platins.

Das Verdampfen. Während der Uebergang aus dem festen in den flüssigen Zustand nur bei ganz bestimmten Temperaturen eintritt, findet Verdampfung sowohl bei niederen als bei hohen Temperaturen statt. Nur ist die Verdampfung bei höheren Temperaturen lebhafter. Ja es können sogar feste Körper verdampfen. Dies ist z. B. der Fall bei Eis, Campher, Moschus u. a. Das Verdampfen von Flüssigkeiten bei niederer Temperatur wird Verdunsten genannt. Bei Erhöhung der Temperatur nimmt die Verdampfung allmählig zu, bis sie plötzlich in ausserordentlich stürmischer Weise auftritt und dann Kochen oder Sieden genannt wird. Das Sieden tritt ein, wenn die Dampfspannung gleich ist dem Drucke der atmosphärischen Luft. Es hängt also der Siedepunkt von dem Drucke der Luft ab, während der Schmelzpunkt davon unabhängig ist. So siedet Wasser bei 760 mm Barometerdruck bei 100° C. Bei geringerem Druck, z. B. auf hohen Bergen, siedet es schon erheblich niedriger (hierauf beruht die Anwendung der Vacuumabdampfapparate). Bei gesteigertem Druck dagegen (*Papin'scher* Topf) findet das Sieden erst oberhalb 100° C. statt.

Verbreitung der Wärme. Haben im Raume verschiedene Körper verschiedene Temperatur, so geht von dem wärmeren Körper Wärme auf den kälteren oder auf kältere Theile eines Körpers über, bis das thermische Gleichgewicht hergestellt ist. Diese Art der Wärmeverbreitung wird Wärmeleitung genannt, wenn die betreffenden Körper unter einander in Verbindung stehen. Körper, welche die Wärme gut leiten, werden gute Wärmeleiter, solche, welche die Wärme schlecht leiten, schlechte Wärmeleiter genannt. Gute Wärmeleiter sind alle Metalle, schlechte Wärmeleiter sind Marmor, Porzellan, Ziegelsteine, Holz, Wolle, Federn, Garn. Die guten Leiter leiten die Wärme gut, geben sie daher auch an ihre Umgebung leicht ab, schlechte Leiter leiten die Wärme schlecht, geben sie daher an ihre Umgebung auch weniger leicht ab. Auf dieser Thatsache beruht die Benutzung von Wolle, Federn und Haaren zu Kleidungsstücken, da diese die Wärme des menschlichen Körpers nur sehr langsam ableiten, ferner die Anwendung von Holz und Porzellan zu Griffen für Kochgefäße. Es ist darauf aber auch das fatale Zerspringen von Glas- und Porzellangefäßen beim Erwärmen zurückzuführen.

Körper, welche voneinander entfernt sind, gleichen ihre Wärme durch Strahlung aus. Die Wärmestrahlung erfolgt bei jeder Temperatur, doch strahlt ein heisser Körper naturgemäss mehr Wärme aus als ein kalter. Es unterscheidet sich hierdurch die Wärmestrahlung von der Lichtstrahlung; letztere findet nur bei Glühtemperatur (500° C.) statt. Die Wärmestrahlen sind den gleichen Gesetzen unterworfen wie die Lichtstrahlen, d. h. sie können durch



Medien hindurchgehen, können dabei gebrochen werden, oder aber sie werden von Medien, die sie nicht passiren können, reflectirt. — Die Stärke der Ausstrahlung hängt ab von der Temperatur eines Körpers und seiner Natur, namentlich auch von der Beschaffenheit seiner Oberfläche. Rauhe Flächen strahlen unter sonst gleichen Bedingungen mehr Wärme aus als glatte, ebenso dunkle Körper mehr als helle. Hierauf sind verschiedene practische Thatsachen zurückzuführen, z. B. der Umstand, dass sich Flüssigkeiten in glatten Gefässen (polirte Theekessel, Porzellankannen) länger warm erhalten als in rauhen. Ebenso wie mit der Wärmeabgabe verhält es sich mit der Wärmeaufnahme. Rauhe und dunkle Körper werden leichter erwärmt als glatte und helle. Daher halten wir es für zweckmässig, uns im Sommer hell, im Winter dunkel zu kleiden. Aus dem gleichen Grunde streichen wir die oberen, der Sonne ausgesetzten Theile der Pferdebahnwagen etc. weiss an.

**Specifische Wärme.** Man hat gefunden, dass zur Erwärmung gleicher Gewichtsmengen verschiedener Körper auf die nämliche Temperatur verschiedene Wärmemengen nöthig sind. Die specifische Wärme ist diejenige in Wärmeeinheiten ausgedrückte Wärmemenge, welche nöthig ist, um eine Gewichtseinheit eines Stoffes um  $1^{\circ}\text{C}$ . zu erwärmen. Als Wärmeeinheit („Calorie“) hat man diejenige Wärmemenge festgesetzt, welche erforderlich ist, um eine Gewichtseinheit Wasser um  $1^{\circ}$  zu erwärmen. Nachfolgend einige Angaben über die specifische Wärme einiger Stoffe.

Wasser . . .	1,000	Quecksilber . . .	0,033	Gold . . .	0,032
Alkohol . . .	0,632	Eisen . . . . .	0,114	Blei . . . . .	0,031
Aether . . . .	0,550	Kupfer . . . . .	0,095	Glas . . . . .	0,198
Olivöl . . . .	0,504	Silber . . . . .	0,057	Schwefel . . . .	0,203.

Wenn wir also sagen, die specifische Wärme des Glases ist  $= 0,198$ , so heisst das so viel als: um 1 kg Glas in seiner Temperatur um  $1^{\circ}\text{C}$ . zu erhöhen, ist nur 0,198mal so viel Wärme nöthig, als um die Temperatur von 1 kg Wasser um  $1^{\circ}\text{C}$ . zu erhöhen. — Bemerkenswerth ist, dass die specifische Wärme gas- und dampfförmiger Körper in ganz bestimmtem Verhältniss zu ihrem Atomgewicht steht (Dulong-Petit'sches Gesetz).

**Latente Wärme.** Wir können einem Körper Wärme zuführen, ohne dass wir im Stande sind, eine Erhöhung der Temperatur desselben nachzuweisen. Erwärmen wir z. B. ein Gefäss mit Eis, so bleibt ein eingesetztes Thermometer, trotzdem wir erhebliche Quantitäten Wärme zuführen, so lange auf  $0^{\circ}$  stehen, bis das letzte Stückchen Eis geschmolzen ist. — Erhitzen wir Wasser, so beginnt es bei  $100^{\circ}\text{C}$ . sich in Dampf zu verwandeln; wir setzen das Erhitzen fort, führen dem Wasser immer neue Quantitäten Wärme zu



und doch können wir uns leicht überzeugen, dass der gebildete Wasserdampf die nämliche Temperatur besitzt als das siedende Wasser. Es ist also Wärme verbraucht worden, die wir anscheinend nicht nachweisen können. Woher kommt das? In den angeführten beiden Beispielen ist Wärme in Arbeit umgesetzt worden. — Um einen festen Körper zu schmelzen, bedarf es der Wärme; dieselbe drängt die durch Cohäsion einander nahe gerückten Moleküle auseinander, ebenso wird beim Verdampfen eines flüssigen Körpers Arbeit geleistet, indem die einzelnen Moleküle noch weiter voneinander entfernt werden. Dass hier in der That Wärme in Arbeit umgesetzt wird, ist daraus ersichtlich, dass umgekehrt die geleistete Arbeit wieder in Wärme übergeführt werden kann. Wenn ein flüssiger Körper erstarrt, so giebt er genau die nämliche Wärmemenge wieder ab, die er vorher zu seiner Verflüssigung verbraucht hatte; ein gasförmiger Körper giebt beim Verdichten genau die gleiche Wärmemenge wieder ab, die er vorher verbraucht hatte, um aus dem flüssigen in dampfförmigen Zustand überzugehen. Die latente Wärme wird in Wärmeeinheiten ausgedrückt, welche man „Calorien“ nennt. Eine Calorie ist diejenige Wärmemenge, welche erforderlich ist, um eine Gewichtseinheit Wasser von  $0^{\circ}$  auf  $1^{\circ}$  zu erwärmen. Die latente Wärme des Eises ist = 79,2. Das heisst mit anderen Worten: um 1 kg Eis in Wasser von  $0^{\circ}$  C. zu verwandeln, ist ebensoviel Wärme nöthig, als um 79,2 kg Wasser von  $0^{\circ}$  in Wasser von  $1^{\circ}$  zu verwandeln. Umgekehrt wird dieselbe Menge von 79,2 Wärmeeinheiten frei, wenn 1 kg Wasser von  $0^{\circ}$  zu Eis erstarrt. — Die latente Wärme des Wasserdampfes ist = 536, d. h. um 1 kg Wasser von  $100^{\circ}$  C. in Wasserdampf von  $100^{\circ}$  C. zu verwandeln, ist so viel Wärme nöthig, als genügen würde, um 536 kg Wasser von  $0^{\circ}$  C. auf  $1^{\circ}$  C. zu erwärmen.

### 9. Cohäsion. Adhäsion. Attraction.

Die Materie besteht aus Atomen; dieselben sind aber — so nehmen wir an — in freiem Zustande nicht existenzfähig, eine ihnen innewohnende Kraft, welche wir chemische Affinität oder chemische Verwandtschaft nennen, nöthigt sie, sich miteinander zu verbinden. Durch die Verbindung von Atomen erhalten wir Atomcomplexe, welche Moleküle genannt werden, und zwar bestehen die Moleküle der Elemente aus gleichartigen Atomen, diejenigen der chemischen Verbindungen dagegen aus ungleichartigen Atomen. Es wäre von vornherein nun denkbar, dass, nachdem mit der Bildung von Molekülen die chemische Verwandtschaft der Atome befriedigt oder gesättigt wurde, die einzelnen Moleküle auf einander irgend welche Wirkungen nicht mehr ausüben, dass sie sich



zu einander vollkommen indifferent verhalten. Dem ist jedoch nicht so, es findet vielmehr auch unter den schon gebildeten Molekülen Anziehung statt. Wäre dies nicht der Fall, verhielten sich also die einzelnen Moleküle gegen einander indifferent, so würde der Begriff des Körperlichen überhaupt nicht existiren, und falls man davon absehen will, müsste es schon längst gelungen sein, Moleküle zu sehen, zu messen oder auf irgend eine andere Weise zur Anschauung zu bringen. — Die auch den gebildeten Molekülen innewohnenden Anziehungskräfte sind die Ursache davon, dass eine raumerfüllende Materie existirt.

Je nachdem nun die anziehenden Kräfte der Moleküle in nächster Nähe, oder aber in weiterer Ferne auf einander einwirken, je nachdem die sich gegenseitig anziehenden Moleküle gleichartig oder verschieden sind, unterscheiden wir die anziehenden Kräfte als Cohäsion, Adhäsion oder Attraction.

Unter Cohäsion oder Festigkeit verstehen wir die Kraft, mit welcher die Moleküle des nämlichen Körpers sich gegenseitig anziehen, es ist die Kraft, welche die Moleküle zu Körpern zusammenhält. — Gemessen wird die Cohäsion oder Festigkeit nach dem Widerstande, welchen ein Körper der Trennung seiner Theilchen entgegensetzt. Je nach der Art und Weise, wie die trennende Kraft auf einen Körper einwirkt, unterscheidet man

- |                 |                                                               |
|-----------------|---------------------------------------------------------------|
| 1. absolute     | Festigkeit, den Widerstand eines Körpers gegen das Zerreißen, |
| 2. relative     | " " " " " " " " Zerbrechen,                                   |
| 3. Torsions-    | " " " " " " " " Zerdrehen,                                    |
| 4. rückwirkende | " " " " " " " " Zerdrücken.                                   |

Am deutlichsten tritt die Cohäsion bei den festen Körpern hervor, viel schwächer äussert sie sich bei den Flüssigkeiten, bei den Gasen ist sie = 0. Von besonderem Einfluss auf die Cohäsion ist die Temperatur. Erniedrigung der Temperatur bewirkt Zunahme der Cohäsion, Erhöhung der Temperatur Abnahme derselben. Am deutlichsten lässt sich das bei Körpern zeigen, welche in allen drei Aggregatzuständen vorkommen. Das Wasser z. B. erstarrt in der Kälte zu Eis. Dasselbe ist ein fester Körper; um dessen Theilchen voneinander zu trennen, bedarf es einer erheblichen Kraft. — Durch Wärmezufuhr wird das Eis zu flüssigem Wasser; die Cohäsion des letzteren ist viel geringer, es gehört nur wenig Kraft dazu, die einzelnen Wassertheilchen voneinander zu entfernen. — Durch weitere Wärmezufuhr wird Wasser in Dampf verwandelt; die Cohäsion des Wasserdampfes ist = 0. Die einzelnen Moleküle des Wasserdampfes haben nicht bloß keine Neigung, sich gegenseitig festzuhalten, sie zeigen im Gegentheil das Bestreben, sich möglichst weit voneinander zu entfernen. — Bei vielen Körpern ist auch die Bearbeitung, der sie unterworfen waren, von hervorragendem Einfluss auf ihre Cohäsion; geringe fremdartige Zusätze bewirken oftmals durchgreifende Aenderung in Bezug auf die Cohäsion. — So ist gehämmertes oder galvanisch niedergeschlagenes Kupfer dichter und fester als gegossenes. Schnell abgekühltes Glas ist spröde, d. h. es neigt zum Zerbrechen, langsam abgekühltes dagegen ist von besonderer Zähigkeit (Hartglas). — Bekannt ist ferner, dass ein geringer Gehalt des Eisens an Kohlenstoff die Eigenschaften desselben durchgreifend verändert: das weiche, zähe Schmiedeeisen wird dadurch zu elastischem Stahl oder sprödem Gusseisen. Eine minimale Verunreinigung des Zink durch Arsen verhindert das Ausziehen des ersteren zu Zinkdraht. — Gold, welches fremde Metalle enthält, verliert erheblich an Dehnbarkeit, die mit der Cohäsion gleichbedeutend ist.



**Adhäsion.** Während unter Cohäsion die Kraft verstanden wird, mit welcher sich die kleinsten Theilchen des nämlichen Körpers anziehen, bezeichnet man mit Adhäsion diejenige Kraft, mit welcher sich die kleinsten Theilchen verschiedener Körper anziehen. Diese Körper können entweder gleichartig oder ungleichartig sein, Bedingung ist nur, dass die Anziehung zwischen verschiedenen Individuen stattfindet. Die Adhäsion zwischen zwei Körpern ist um so stärker, in je mehr Punkten sie sich berühren. Bringt man z. B. zwei sehr fein geschliffene, möglichst ebene Platten zusammen, so haften sie sehr fest aneinander, trotzdem sie sich eigentlich nur an wenig Stellen berühren. Sind die Körper, welche man zusammenbringt, weich oder nachgiebig, so werden sich natürlich mehr Berührungspunkte erzielen lassen; solche Körper, z. B. Wachs, Pflaster, Harze etc., adhären deshalb viel stärker. Aehnliche günstige Verhältnisse liegen vor bei der Adhäsion zwischen festen Körpern und Flüssigkeiten. Die letzteren sind im Stande, die ersteren an möglichst vielen Stellen zu berühren, die Adhäsion zwischen ihnen wird also recht stark sein. Doch kommt hierbei noch in Betracht, wie sich die Cohäsion der Flüssigkeit zu der Adhäsion des festen Körpers verhält. — Ist die Adhäsion des festen Körpers zu der Flüssigkeit grösser als die Cohäsion der Flüssigkeit, so tritt Benetzen ein (Beispiel: Wasser oder Alkohol und Glas), umgekehrt bleibt das Benetzen aus, wenn die Cohäsion der Flüssigkeit die Adhäsion zu dem festen Körper überwiegt (Beispiel: Quecksilber und Glas).

Es erklärt sich hieraus, dass Glas von Wasser benetzt wird, weil die Adhäsion des Glases die Cohäsion des Wassers überwiegt; Quecksilber hingegen benetzt Glas nicht, da die Cohäsion des Quecksilbers grösser ist als die Adhäsion des Glases. — Die günstigsten Verhältnisse für Adhäsion treten ein, wenn eine zwischen zwei feste Körper gebrachte Flüssigkeit später fest wird. Auf dieser letzteren Thatsache beruht das Leimen, Kleistern und Löthen.

Auf Adhäsion ist auch die Thatsache zurückzuführen, dass Flüssigkeiten in engen Röhren keine horizontale Oberfläche besitzen. Bei den meisten Flüssigkeiten zeigt sich die Oberfläche concav gekrümmt, weil die den Glaswandungen zunächst befindlichen Flüssigkeitstheilchen stärker von der Adhäsion des Glases betroffen werden, als die mehr in der Mitte der Flüssigkeitssäule vorhandenen. — Quecksilber zeigt im Gegensatze hierzu eine convexe Oberfläche, weil die Cohäsion desselben die Adhäsion des Glases bei weitem überwiegt. Auf Adhäsion sind eine grosse Anzahl von Vorkommnissen des täglichen Lebens zurückzuführen: das Anhaften von Staub auf Wänden und Möbeln, das Schreiben und Zeichnen mit Tinte, Bleistift und Pastellfarben, das galvanische Vergolden und Versilbern etc., das Anhaften der Zinnfolie an den gewöhnlichen Spiegeln. Endlich auch das Adhären von Gasen an festen Körpern, z. B. von Luft an einem Zuckerstückchen, von Luft und anderen Gasen an Kohle u. s. w.

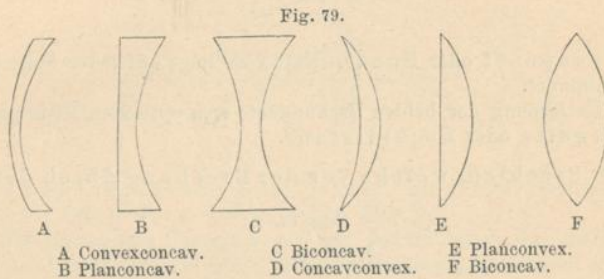
**Attraction.** Während Cohäsion und Adhäsion in möglichster Nähe wirkende Kräfte sind, verstehen wir unter Attraction diejenige Kraft, mit welcher alle Körper unter einander auch in bedeutender Entfernung sich anziehen. Es lässt sich experimentell nachweisen, dass alle Körper sich, wenn sie auch räumlich getrennt sind, gegenseitig anziehen. Die Grösse der Anziehung ist proportional der Masse der Körper und umgekehrt proportional der Entfernung der Körper. Beweis hierfür ist, dass Pendel in der Nähe von grossen Gebirgsmassen aus ihrer lothrechten Lage abgelenkt werden. — Indessen ist die Anziehungskraft aller irdischen Dinge verschwindend klein im Vergleich zu derjenigen Kraft, mit der die Erde alle auf ihr befindlichen Körper anzieht. Es kommt daher practisch für uns nur eine Art von Attraction in Betracht, nämlich diejenige Kraft, mit welcher die Erde alle irdischen Körper anzieht, d. h. die Schwerkraft oder Gravitation.



## 10. Microscop.

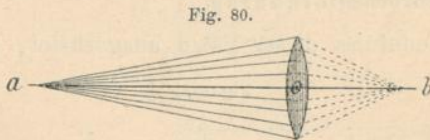
Unter diesem Namen verstehen wir Instrumente, durch welche wir in der Nähe befindliche kleine Gegenstände unseren Sehwerkzeugen wahrnehmbar machen können. Von der Lupe unterscheidet sich das Microscop dadurch, dass die erstere uns den Gegenstand selbst vergrößert zeigt, während wir bei dem Microscop das vergrößerte Bild des Objects betrachten. — Da die Microscop Combinationen von Linsen sind, so wollen wir uns zunächst mit den Wirkungen der letzteren auf das Licht beschäftigen.

Linsen sind von Kugelflächen begrenzte, sehr fein geschliffene Glaskörper. Man theilt sie ein in *convexe* (oder *Sammel-L.*) und



*concave* (oder *Zerstreuungs-L.*) und unterscheidet ausserdem noch mehrere Unterabtheilungen.

Es sollen hier namentlich die *biconvexen* Linsen (*F*) ins Auge gefasst werden. Diese sind in der Regel kreisförmig, aus Glas. In der Mitte der Linse liegt der optische Mittelpunkt *O* (Fig. 80). Die Centra der die Linsen begrenzenden Kugelflächen heissen die geometrischen Mittelpunkte der Linse. Die diese



genannten 3 Punkte verbindende gerade Linie bezw. ihre Verlängerung *ab* heisst die optische Axe (Fig. 80).

**Satz:** Alle Strahlen, welche von **einem** Punkte *a* ausgehen, werden durch Linsen so gebrochen, dass sie selbst, oder ihre rückwärtigen Verlängerungen sich wieder in **einem** Punkte *b* schneiden.

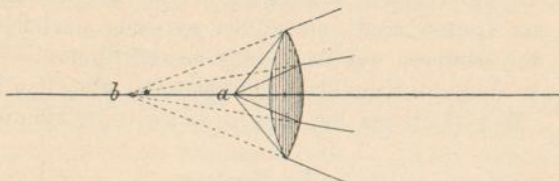
In Fig. 80 sind die von *a* kommenden Strahlen nicht sehr divergirend; sie werden daher von der Linse so gebrochen, dass sie sich jenseits derselben



im Punkte  $b$  schneiden. In  $b$  entsteht ein kleiner leuchtender Punct (das Bild), welcher auf einem Schirme aufgefangen werden kann (reelles Bild). In Fig. 81 dagegen sind die von  $a$  kommenden Strahlen stark divergirend; sie werden daher von der Linse nur weniger divergirend gemacht, so dass ihre rückwärtigen Verlängerungen sich in  $b$  schneiden. Das Auge sieht in  $b$  einen hellen Punct, der aber auf einem Schirm nicht aufgefangen werden kann (virtuelles Bild).

**Satz:** Der optischen Axe parallel gehende Strahlen<sup>1)</sup> schneiden sich nach der Brechung in **einem** Puncte. Dieser Punct

Fig. 81.

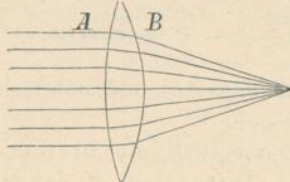


ist der Brennpunct oder Focus. Natürlich liegt auf jeder Seite der Linse je ein Brennpunct.

Die Entfernung der beiden Brennpuncte vom optischen Mittelpunct heisst die Brennweite oder Focaldistanz.

**Satz:** Strahlen, welche vor der Brechung durch den Brenn-

Fig. 82.

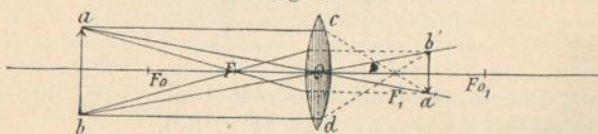


punct gingen, gehen nach der Brechung parallel der optischen Axe (Umkehrung des vorigen Satzes).

**Satz:** Ein Strahl, der durch den optischen Mittelpunct geht, geht **ungebrochen** hindurch.

Mit der Kenntniss dieser Sätze ausgerüstet, können wir die

Fig. 83.



Lage des Bildes bestimmen, und zwar haben wir hierbei 3 verschiedene Fälle zu unterscheiden.

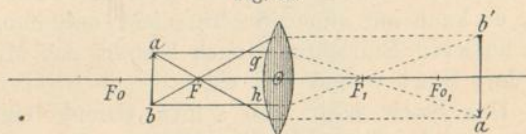
<sup>1)</sup> Man kann dieselben auffassen als von einem, unendlich weit entfernt liegenden Puncte ausgehend.



1. Der leuchtende Gegenstand  $ab$  liegt im Unendlichen<sup>1)</sup>.

Wir ziehen vom Punkte  $a$  aus einen der optischen Axe parallelen Strahl  $ac$  bis zur Linse; derselbe muss nach der Brechung durch den Focus  $F_1$  gehen. Hierauf legen wir vom Punkte  $a$  aus durch den Focus  $F$  einen Strahl bis zur Linse; derselbe muss nach der Brechung parallel der optischen Axe gehen und schneidet den ersten Strahl im Punkte  $a'$ . Ein durch den optischen Mittelpunkt von  $a$  ausgehender Strahl geht ungebrochen durch und trifft die beiden vorigen Strahlen auch in  $a'$ . Hier im Punkte  $a'$  also entsteht das Bild des Punktes  $a$ , die Pfeilspitze. — In der gleichen Weise verfahren wir vom Punkte  $b$  ausgehend und finden das Bild desselben in  $b'$ . In der nämlichen Weise können wir für jeden Punkt des leuchtenden Gegenstandes den zugehörigen Bildpunkt bestimmen und finden, dass das Bild des Pfeiles zwischen  $a'b'$  zu liegen kommt. — Das Bild liegt auf der anderen Seite der Linse, zwischen Brennweite und doppelter<sup>2)</sup> Brennweite umgekehrt und verkleinert (Fig. 83).

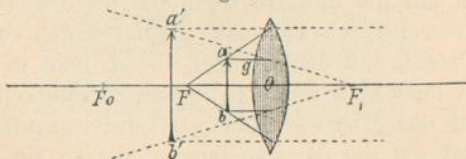
Fig. 84.



2. Der leuchtende Gegenstand  $ab$  liegt zwischen Brennweite und doppelter Brennweite (Fig. 84).

Wir ziehen vom Punkte  $a$  aus den der optischen Axe parallelen Strahl  $ag$  bis zur Linse; derselbe muss nach der Brechung durch den Brennpunkt  $F_1$  in der Richtung nach  $a'$  gehen. Ferner legen wir von  $a$  aus durch den Brennpunkt  $F$  einen Strahl bis zur Linse. Dieser muss nach der Brechung parallel der optischen Axe gehen und schneidet den vorigen Strahl in  $a'$ . Hier also muss sich das Bild des Punktes  $a$  bilden. (Beweis dafür ist noch, dass der durch den optischen Mittelpunkt  $O$  von  $a$  aus gelegte Strahl auch in  $a'$  schneidet.) In gleicher Weise finden wir als Bildpunkt von  $b$  den Punkt  $b'$ . Das Bild des Gegenstandes  $ab$  liegt also zwischen  $a'b'$ . Das Bild liegt auf der anderen Seite der Linse im Unendlichen, ist umgekehrt und vergrößert.

Fig. 85.



3. Der leuchtende Gegenstand  $ab$  liegt innerhalb der einfachen Brennweite (Fig. 85).

<sup>1)</sup> Als unendlich bezeichnet man hier jede Entfernung vom optischen Mittelpunkt, welche grösser ist als die doppelte Brennweite (s. folgende Fussnote).

<sup>2)</sup> Unter doppelter Brennweite versteht man die der Brennweite entsprechende doppelte Entfernung vom optischen Mittelpunkte.



Wir ziehen in diesem Falle vom Punkte  $a$  aus den parallel der optischen Axe liegenden Strahl  $ag$ ; dieser geht nach der Brechung durch den Focus  $F_1$ , seine rückwärtige Verlängerung nach  $a'$  hin. Alsdann legen wir von  $a$  aus einen Strahl durch  $F$  an die Linse. Nach der Brechung muss derselbe parallel der optischen Axe gehen; seine rückwärtige Verlängerung schneidet den vorigen Strahl in  $a'$ . Hier im Punkte  $a'$  also liegt die Spitze  $a$  des leuchtenden Pfeiles. Ebenso finden wir als Bildpunct für  $b$  den Punct  $b'$ ; das Bild des Gegenstandes  $ab$  liegt also zwischen  $a'b'$ . Es liegt auf derselben Seite der Linse zwischen Brennweite und doppelter Brennweite, ist aufrecht und vergrössert und virtuell (kann nicht aufgefangen werden).

Verallgemeinernd lässt sich sagen: Liegen Gegenstand und Bild auf verschiedenen Seiten der Linse, so ist das Bild umgekehrt und reell, d. h. es kann auf einem Schirm etc. aufgefangen werden. — Liegen dagegen Gegenstand und Bild auf derselben Seite der Linse, so ist das Bild aufrecht und virtuell, d. h. es kann auf einem Schirm nicht aufgefangen werden.

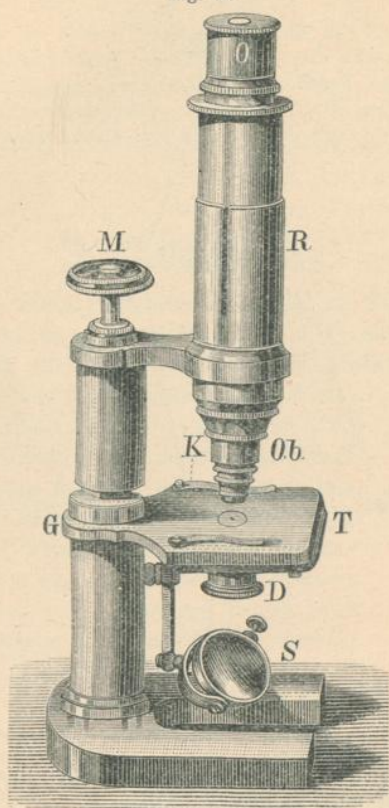
Seiner äusseren Einrichtung nach besteht das Microscop zunächst aus dem Stativ und der eigentlichen optischen Vorrichtung. Das Stativ besitzt an seinem Grunde einen mit Blei ausgegossenen, in der Regel hufeisenförmigen Fuss, auf welchem eine Säule sich erhebt, welche bei  $G$  den Objecttisch  $T$  trägt. Unterhalb desselben ist ein nach allen Richtungen um seine Axe drehbarer Spiegel  $S$  angebracht.  $K$  sind Klammern, um das Object auf dem Objecttisch zu fixiren. Der obere Theil des Statives endigt in die federnde Hülse  $R$ , welche dazu dient, das eigentliche Microscoprohr festzuhalten und doch ein bequemes Verschieben desselben zu gestatten.  $M$  ist die sog. Micrometerschraube, durch welche man den oberen Theil des Statives dem Objecttische näher oder entfernter rücken kann. Um eine microscopische Untersuchung auszuführen, bringt man das möglichst feine und durchsichtige Object auf einen Objectträger von Glas, befeuchtet es mit etwas Wasser und bedeckt es mit einem Deckgläschen. Man legt nun das so vorbereitete Object auf die mittlere Oeffnung des Objecttisches — bei starker Vergrösserung schaltet man in diesen den Strahlensammler  $D$  ein — und stellt nun den Spiegel, indem man in das Microscop hineinsieht, so, dass man möglichst grosse Helligkeit erzielt. Alsdann stellt man das Microscoprohr erst durch sanftes Drehen und Schieben, zuletzt mit der Micrometerschraube so ein, dass man ein recht scharfes Bild bekommt. — Das erhaltene Bild ist vergrössert und umgekehrt.

Wenden wir uns nun zur inneren Einrichtung des Microscopes und zur Erklärung des optischen Vorganges. Das Microscoprohr ist eine cylindrische, innen geschwärzte Hülse, welche an ihrem unteren, verjüngten Ende mittels eines Schraubengewindes das Objectiv (Fig. 86)  $Ob$  trägt. Dieses ist im einfachsten Falle eine biconvexe Linse, meist aber ein System mehrerer Linsen, das aber



von gleicher Wirkung wie eine biconvexe Linse ist. In die obere Oeffnung der Hülse senkt man das Ocular *O* ein, welches im einfachsten Falle gleichfalls eine biconvexe Linse ist, in der Regel aber aus mehreren, ebenso wie eine einzige wirkenden, Linsen besteht. Um mit dem Microscop sehen zu können, müssen wir das Microscoprohr so einstellen, dass das Object zwischen Brennweite und doppelter Brennweite des Objectivs zu liegen kommt; es tritt dann der als Nr. 2 bezeichnete Fall ein: es entsteht auf der

Fig. 86.



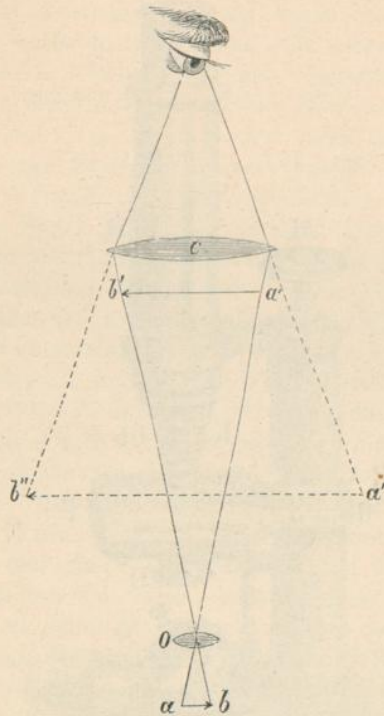
anderen Seite der Linse ein vergrößertes umgekehrtes Bild  $a' b'$  hinter der zweiten Brennweite im Unendlichen. Die Dimensionen der Linsen und des Microscoprohres sind so gewählt, dass dieses vergrößerte Bild gerade innerhalb der Brennweite des Oculars liegt; indem wir das so erhaltene Bild, gleichsam durch eine Loupe, mit dem Ocular *C* betrachten, wird es nochmals vergrößert, es entsteht zwischen Brennweite und doppelter Brennweite des Oculars ein vergrößertes virtuelles Bild  $a'' b''$  des ersten



Bildes, welches aber, da das Ocular nicht mehr umkehrend auf das erste Bild wirkt, umgekehrt bleibt.

Die heutigen Microscope sind nun allerdings bedeutend complicirter eingerichtet. Das Objectiv ist niemals eine einzige Linse, sondern eine Combination mehrerer Linsen, ein Objectivsystem. Verwendete man zu starken Vergrößerungen einzelne, stark gekrümmte Linsen, so würde man der Farbdispersion wegen farbig gesäumte Bilder erhalten. Dieser Uebelstand wird aufgehoben, wenn

Fig. 87.



man Linsensysteme benützt, die aus Crownglas- und Flintglaslinsen bestehen. Solche Systeme geben ungefärbte Bilder und heissen achromatische Systeme. Schon aus diesem Grunde also besteht das Objectiv stets aus mehreren Linsen; ausserdem aber lassen sich starke Vergrößerungen nur durch Combination mehrerer Linsen erreichen. Aus den gleichen Gründen besteht auch das Ocular stets aus mindestens 2 Linsen.

**Prüfung des Microscopes.** 1. Man ritzt in eine berusste Glasplatte mit einer feinen Nadel kleine Kreise ein und betrachtet diese mit dem Microscop. Die Ränder der Kreise müssen scharf sein, widrigenfalls liegen sphärische Aberration der Linsen vor.



2. Die Bilder dürfen keine blauen oder röthlichen Ränder zeigen, das Microscop muss also achromatisch sein.

3. Das Sehfeld muss eine ebene Fläche darstellen. Um dies zu constatiren, bringt man auf einen möglichst ebenen Objectträger etwas Lycopodium. Es müssen dann die an der Peripherie des Gesichtsfeldes liegenden Sporen ebenso deutlich sichtbar sein — sie dürfen nicht verzerrt erscheinen — wie die in der Mitte des Gesichtsfeldes liegenden.

Die Behandlung des Microscops muss natürlich darauf gerichtet sein, den guten Status quo zu erhalten. Man hüte sich, die Gewinde durch ungeschicktes Handhaben zu überdrehen. Ferner vermeide man es sorgfältig, die Linsen, namentlich das Objectiv, mit ätzenden Flüssigkeiten, z. B. Säuren oder Laugen, in Berührung zu bringen.

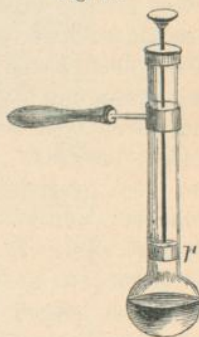
Das Abwischen der Linsen geschehe niemals mit Zeugstoffen, da diese die Gläser leicht ritzen können, sondern stets mit einem weichen ledernen Lappen. Hat sich im Innern der Linsensysteme Staub angesammelt, so sind dieselben sehr vorsichtig auseinander zu schrauben und mit einem feinen Pinsel zu säubern. Diese letztere Arbeit aber überlässt man am besten einem durchaus Sachkundigen.

## 11. Dampfmaschine.

Erhitzen wir Wasser in einem Gefäss, so beginnt es schliesslich zu sieden, d. h. es verwandelt sich in Wasserdampf, welcher entweicht. Wählen wir die Verhältnisse des Gefässes so, dass die Oeffnung, durch welche der gebildete Dampf entweichen kann, verhältnissmässig klein ist, so sehen wir, dass der Dampf mit merklicher Kraft ausströmt. Verstopfen wir die Oeffnung lose mit einem Pfropfen, so wird der letztere durch den austretenden Dampf herausgeschleudert. Es beruht dies darauf, dass das gleiche Gewicht Wasser in Dampfform einen viel grösseren Raum einnimmt, als in flüssigem Zustande, ferner darauf, dass die Gase und Dämpfe ungemein elastische Körper sind, welche, falls man ihrer Ausdehnung Hindernisse entgegensetzt, sich auf ein sehr vielmal kleineres Volumen zusammenpressen lassen, als sie unter gewöhnlichen Verhältnissen einnehmen. Beseitigt man das ihrer Ausdehnung entgegenstehende Hinderniss ganz oder theilweise, so suchen die zusammengepressten (gespannten) Dämpfe ihr ursprüngliches Volumen wieder einzunehmen und entweichen nun mit einer gewissen Kraft oder Spannung.

Bringen wir etwas Wasser in das nebenstehende Glasgefäss (Fig. 88), verschliessen dasselbe mit dem gut passenden Kolben *p* und erhitzen das Wasser über einer Flamme, so sehen wir sehr bald den Kolben in die Höhe steigen. — Der gebildete Wasserdampf, der ein grösseres Volumen einnimmt als das flüssige Wasser, hat

Fig. 88.





das Bestreben, sich auszudehnen, und treibt dabei den Kolben in die Höhe. — Entfernen wir nun die Flamme und kühlen das Glasgefäß mit kaltem Wasser ab, so bemerken wir, dass der Kolben sich senkt und in seine ursprüngliche Lage allmählig wieder zurückkehrt. Der Grund dafür liegt darin, dass die gebildeten Wasserdämpfe durch die Abkühlung wieder zu flüssigem Wasser, welches ein geringeres Volumen einnimmt, condensirt werden. Zwischen der Wasseroberfläche und dem Kolben bildet sich dabei ein luftverdünnter Raum. Es übt nun die äussere Luft einen Druck auf den Kolben  $p$  aus und treibt diesen in seine alte Lage zurück. Auf der Erkenntniss dieser einfachen Thatsachen beruht das Verständniss der Dampfmaschinen.

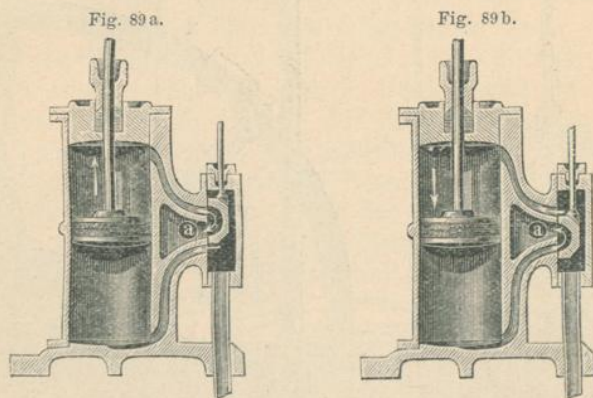
Das Verdienst der praktischen Einführung der Dampfmaschinen gebührt James Watt (geb. 1736), indessen waren schon lange vor ihm gelungene Versuche angestellt worden, den Wasserdampf als motorische Kraft zu benützen. — Es ist natürlich hier nicht der Ort, die gegenwärtig fast ins Unendliche ausgedehnte Verschiedenheit der Construction der Dampfmaschinen zu besprechen, das hier gegebene Bild kann nur ein schematisches sein.

Generell unterscheidet man die Dampfmaschinen als Niederdruckmaschinen und als Hochdruckmaschinen. Erstere arbeiten mit Dampf von geringerer, letztere mit Dampf von höherer Spannung. Indessen kann mit Maschinen beider Gattung der gleiche Kraft-effect erzielt werden, nur sind dann die Dimensionen der Niederdruckmaschinen bedeutender als die der Hochdruckmaschinen. — Ein beiden Arten gemeinsamer Theil ist der Dampfkessel, der zur Erzeugung der gespannten Dämpfe dient. Derselbe ist entweder aus Eisen oder Kupfer hergestellt und kann sehr verschiedene Gestalten besitzen. Wesentlich ist, dass der Kessel stark gebaut ist, um den gespannten Dämpfen genügenden Widerstand leisten zu können. Von Wichtigkeit ist ferner, dass das Feuer möglichst ausgenützt wird. Zu diesem Zwecke lässt man die brennenden Gase — bevor sie in den Schornstein abgeleitet werden — auf einem möglichst langen Wege den Kessel umspülen, indem man sie um denselben herumführt, oder aber man lässt sie wie bei der Lokomotive durch viele in dem Wasser befindliche enge eiserne Röhren hindurchstreichen (Siederohrkessel). — Um den Stand des Wassers im Kessel zu jeder Zeit bequem controliren zu können, ist an dem Kessel ein Wasserstandglas angebracht. Um Explosionen vorzubeugen, besitzt der Dampfkessel ein Sicherheitsventil. Dasselbe öffnet sich nach aussen und wird durch ein gewisses, angehängtes Gewicht verschlossen gehalten. Uebersteigt der Dampfdruck im Kessel dieses Gewicht, so wird das Ventil gehoben, es strömt der Ueberdruck von Dampf aus. — Um jederzeit über den im Dampfkessel vorhandenen Druck unterrichtet zu sein, ist am



Kessel ein Manometer angebracht. Neuerdings benützt man meist Federmanometer, welche den Druck mit Hülfe eines Zeigers direct in Atmosphären angeben. — Aus dem Kessel gelangt der entwickelte Dampf durch ein starkes, meist mit schlechten Wärmeleitern umgebenes Rohr, das Dampfrohr, nach dem Dampfcylinder (Fig. 89). In dem letzteren bewegt sich ein luftdicht passender Kolben auf und ab, dessen Führungsstange durch die oben den Cylinder abschliessende Stopfbüchse gleichfalls luftdicht hindurchgeht. Der vom Dampfzuleitungsrohr *D* kommende Dampf soll nun, um das Hin- und Herbewegen des Kolbens zu bewirken, abwechselnd einmal oberhalb, das anderemal unterhalb des Kolbens in den Cylinder eintreten. — Dies wird erzielt durch das sog. Schieberventil. (S. Fig. 89 a u. 89 b.)

Das Schieberventil oder die Steuerung ist zwischen Kessel und Dampfcylinder eingeschaltet und besteht aus einem kleinen



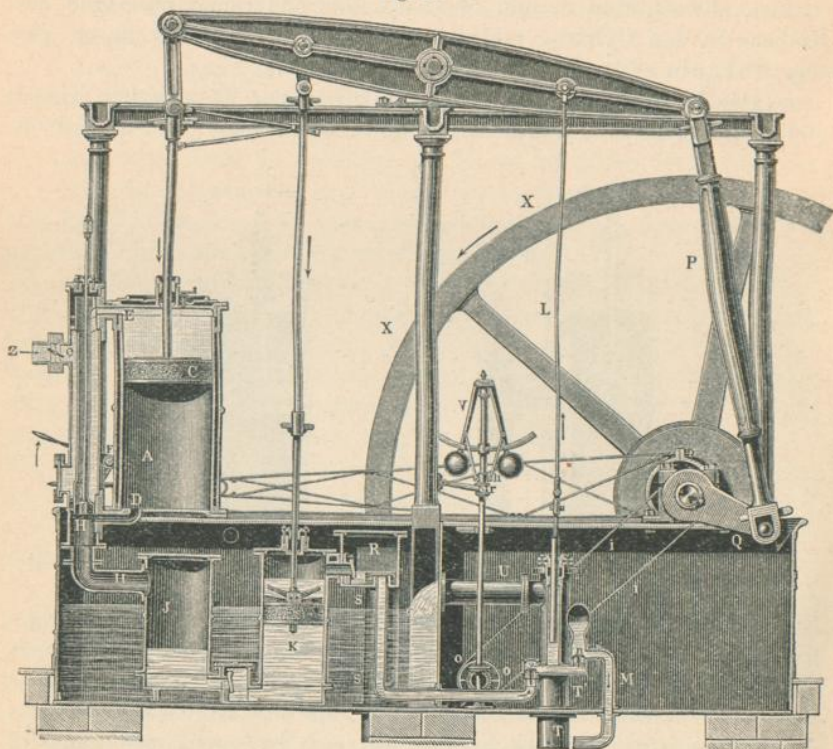
Kasten, der durch eine geringe Verschiebung das abwechselnde Eintreten des Dampfes in den oberen und den unteren Theil des Dampfcylinders ermöglicht. In Fig. 89a steht das Schieberventil so, dass der von *D* einströmende Dampf unterhalb des Kolbens einströmt; der Kolben wird daher nach oben hin sich bewegen, während der oberhalb des Kolbens sich noch befindende Dampf nach *a* hin entweicht. In Fig. 89b steht der obere Theil des Cylinders mit dem Dampfrohr *D* in Verbindung. Der Kolben wird also heruntergedrückt, der unterhalb des Kolbens aber befindliche Dampf durch *a* entweichen. Die Thätigkeit des Schieberventils wird von der Maschine selbst regulirt. Bei den Hochdruckmaschinen wird nun der jedesmal durch *a* zu entfernende Dampf direct in die Atmosphäre entlassen (hierfür wird unter allen Umständen mindestens 1 Atmosphäre Druck verbraucht). Bei den Niederdruckmaschinen dagegen (s. Figur 90) gelangt er nicht in die Luft, sondern durch



das Rohr *HH* in ein von kaltem Wasser <sup>1)</sup> umflossenes Gefäß, den Condensator *J*. Während über dem einen Theile des Kolbens gespannte Dämpfe wirken, entsteht durch die Wirkung des Condensators am entgegengesetzten Theile ein luftverdünnter Raum. Und da dies sich abwechselnd auf jeder Seite wiederholt, so wird der Kolben im Cylinder auf und ab bewegt. Es handelt sich nun darum, die gleitende Bewegung des Kolbens in eine drehende umzuwandeln.

Dies geschieht dadurch, dass die Kolbenstange an dem einen

Fig. 90.



Ende eines gleicharmigen Hebels, des Balanciers, befestigt ist, während an dem anderen Ende des Hebels die Triebstange *P* oder die Pleuelstange angebracht ist, welche durch die Kurbel *Q* die Welle des Schwungrades *X* dreht und dieses in drehende Bewegung nach der Richtung des Pfeiles hin versetzt. Die jetzt vorhandene drehende Bewegung kann durch Uebertragungen (Zahnräder oder Transmissionen mit Riemen etc.) nach jeder beliebigen

<sup>1)</sup> Aus diesem Grunde verbrauchen Niederdruckmaschinen grosse Mengen von Kühlwasser.



Richtung hin mitgetheilt werden. Es erübrigt noch, einige wichtige Theile der Maschine kennen zu lernen.

Das Schwungrad hat den Zweck, den Gang der Maschine gleichmässig zu gestalten (wie das Pendel der Uhr), und bildet ferner eine Art Reservoir von Kraft, welches die Maschine, selbst wenn der Dampf einen Augenblick abgesperrt ist, vermöge seiner Centrifugalkraft im Gange erhält. Es dient ferner dazu, die Kurbel  $Q$ , wenn sie in ihrem höchsten oder tiefsten Punkte (totten Punkten) steht, aus dieser Lage herauszubringen. — Eine andere Regulirung erfolgt durch den Centrifugalregulator  $V$ . Zwei schwere Metallkugeln hängen an einer senkrechten Axe, welche mit der Welle des Schwungrades durch den Riemen  $ii$  so verbunden ist, dass sie sich mit einer dieser entsprechenden Geschwindigkeit umdreht. Je schneller nun die Axe sich dreht, um so höher werden die beiden Metallkugeln durch die Centrifugalkraft gehoben. Dabei aber wirken sie durch ein Hebelsystem auf eine bei  $e$  befindliche Klappe und sperren einen Theil des Dampfrohres  $z$  ab. Die Maschine geht nun langsamer, die Kugeln sinken in Folge dessen etwas herab, wodurch nun die Klappe bei  $e$  wieder etwas mehr Dampf in dem Cylinder durchlässt. Auf diese Weise lässt sich die Maschine auf eine gewisse Durchschnittsleistung einstellen (reguliren). — Das im Condensator  $J$  gesammelte Wasser wird durch eine vom Balancier getriebene Saugpumpe  $K$  in das Gefäss  $R$  und, weil es warm ist, von dort durch eine mit der Stange  $L$  am Balancier angebrachte Druckpumpe in den Dampfkessel gedrückt (hierdurch Ersparniss von Brennmaterial).

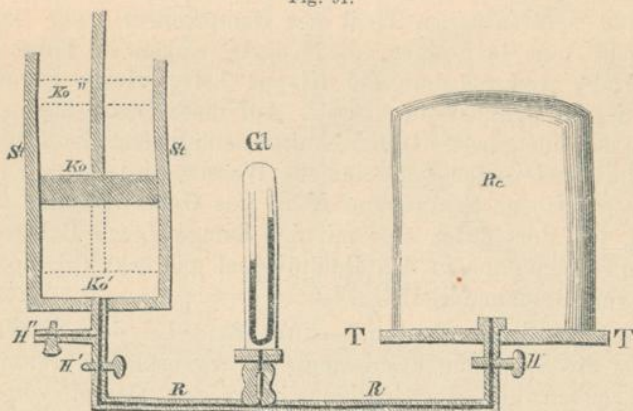
Hochdruckmaschinen. — Während bei den Niederdruckmaschinen die Spannung des Dampfes 2 Atmosphären selten übersteigt, arbeiten die Hochdruckmaschinen mit Dampf von 4–10 Atmosphären Spannung. Man bedient sich ihrer, wenn man einen bedeutenden Effect mit einer wenig Raum beanspruchenden Maschine erreichen will und wenn Kühlwasser nicht in genügender Menge zur Verfügung steht. — Beispielsweise arbeiten alle Lokomotiven und die meisten gewerblichen Maschinen mit Hochdruck. Bei diesen fällt der Condensator weg, der benützte Dampf wird direct in die Luft entlassen. Das Eintreten des Dampfes und das Austreten desselben geschieht durch die sog. Steuerung, die genau wie das Schieberventil construirt ist. — Ist es unmöglich, ein Schwungrad anzubringen — wie bei den Lokomotiven — so benützt man zwei Cylinder, welche so arbeiten, dass die von der einen Kolbenstange in Bewegung gesetzte Kurbel gerade ihren grössten Krafteffect entfaltet, wenn die andere Kurbel auf ihren toten Punkten steht.



## 12. Luftpumpe.

Dieses von dem Magdeburger Bürgermeister Otto von Guericke 1650 erfundene Instrument dient dazu, die in einem abgeschlossenen Raume vorhandene Luft auszupumpen oder besser gesagt, möglichst zu verdünnen. — Sie besteht (Fig. 91) im Wesentlichen aus einem innen sehr gleichmässig geschliffenen, möglichst ebenen Cylinder *St*, welcher gewöhnlich der Stiefel genannt wird. Dieser steht durch ein Rohr *R* mit dem Teller *T*, einer aus geschliffenem Glase bestehenden, in der Mitte durchbohrten Glasplatte, in Verbindung. Auf den Teller ist aufgesetzt eine genau eben aufgeschliffene Glasglocke *Rc*, welche gewöhnlich der Recipient genannt wird. Dieser muss sich luftdicht auf den Teller aufsetzen lassen; da dies durch einen auch noch so guten Schliff niemals er-

Fig. 91.



reicht wird, so werden seine Ränder mit Talg eingefettet. — In dem Stiefel befindet sich ein sehr genau passender, auf und nieder beweglicher Kolben *Ko*. — Bei *H''*, *H'* und *H* befinden sich Hähne, welche den Zweck haben, abwechselnd einerseits die Verbindung des Instrumentes mit der äusseren Luft (*H''*), andererseits die Verbindung des Stiefels mit dem Recipienten (*H'* und *H*), abzusperrern oder zu vermitteln.

In den meisten Fällen wird es sich darum handeln, die Luft in dem Recipienten zu verdünnen. — Zu diesem Zwecke wird derselbe auf den Teller mit Hülfe von Talg luftdicht aufgesetzt, alsdann schliesst man Hahn *H'*, öffnet Hahn *H''* und drückt den Kolben in die mit *Ko'* bezeichnete Lage hinab. — Hierauf schliesst man Hahn *H''*, öffnet Hahn *H'* und *H* und zieht den Kolben in die Höhe bis *Ko''*. Da nun die Verbindung mit der äusseren Luft unter-



brochen ist, so würde in dem Stiefel ein luftleerer Raum entstehen. — Das lässt indessen die im Recipienten vorhandene Luft vermöge ihrer Elasticität nicht zu, vielmehr dehnt sie sich aus und erfüllt den ganzen Raum bis unter den Kolben  $Ko''$ . Es ist nun klar, dass jetzt die in dem Apparate vorhandene Luft dünner sein muss als vorher, denn dieselbe Luftmenge, welche vorher den Recipienten und das Rohr bis zum Hahn  $H'$  erfüllt hatte, nimmt jetzt einen bedeutend grösseren Raum ein. — Man schliesst nun Hahn  $H'$ , öffnet Hahn  $H''$  und lässt die im Stiefel befindliche Luft nach aussen entweichen, indem man den Kolben wieder nach unten in die Lage  $Ko'$  hinabdrückt. Hierauf wird Hahn  $H''$  geschlossen, Hahn  $H'$  geöffnet und der Kolben wird in die Höhe gezogen. Es erfolgt nun eine abermalige Verdünnung der Luft, denn das gleiche Luftquantum, welches vorher den Recipienten und das Rohr bis zum Hahn  $H'$  erfüllt hatte, verbreitet sich jetzt bis unter den Kolben  $Ko''$ . — Setzt man in dieser Weise das Auspumpen der Luft fort, so gelingt es, eine erhebliche Verdünnung der Luft im Recipienten hervorzubringen.

Apparate neuerer Construction besitzen an Stelle der beiden Hähne  $H''$  und  $H'$  einen einzigen sog. Grassmann'schen Vierwegehahn, dessen Bohrungen so eingerichtet sind, dass er in der einen Stellung den Stiefel mit dem Recipienten in Verbindung setzt und die äussere Luft absperrt, in der anderen den Recipienten vom Stiefel absperrt, den Stiefel aber mit der äusseren Luft in Verbindung setzt. — Ausserdem besitzen viele Luftpumpen an Stelle eines Cylinders (d. h. Stiefel+Kolben) deren zwei (doppelwirkende). Dieselben sind dann so arrangirt, dass der eine Stiefel immer dann mit der äusseren Luft in Verbindung steht, während der andere mit dem Recipienten verbunden ist und umgekehrt. Bei solchen Luftpumpen wird die Bewegung der Kolben in der Regel durch eine Kurbel oder ein Schwungrad bewerkstelligt. Um den Grad der erreichten Verdünnung beurtheilen zu können, ist zwischen dem Stiefel und dem Recipienten ein kleinerer Recipient  $Gl$  dem Verbindungsrohr luftdicht eingefügt, welcher ein kleines Heberbarometer enthält. Aus dem Stande des Quecksilbers lässt sich dann ein Schluss auf die erreichte Verdünnung ziehen.

Vollkommene Luftleere lässt sich indess mit diesen Apparaten nicht erzielen, weil sich diese Pumpen nicht anders construiren lassen, als dass zwischen den Hähnen  $H''$  und  $H'$  ein, wenn auch kleiner leerer Raum bleibt, — der sog. schädliche Raum —, der sich nach jeder Oeffnung des Hahnes mit unverdünnter atmosphärischer Luft füllt.

Sehr sinnreich, aber complicirt construirt ist die sog. französische Luftpumpe, welche nur einen Cylinder besitzt, aber trotzdem doppelt wirkend ist, weil bei ihr der Kolben in der Mitte des ganz geschlossenen Cylinders angebracht ist und sich von da aus



nach den beiden Enden bewegt. Dieses Instrument hat an Stelle der Hähne Ventile. Doch lässt sich auch mit dieser eine vollkommene Luftleere nicht erzeugen, weil der schädliche Raum auch hier von Einfluss ist, ausserdem die Ventile nur bis zu einem gewissen Grade der Luftverdünnung gehörig functioniren.

Die Quecksilberluftpumpe von Geissler ist das gegenwärtig vollkommenste Instrument. Hier ist der Kolben durch eine Quecksilbersäule ersetzt und dadurch, dass man das Quecksilber bis durch den Vierwegehahn durchtreten lassen kann, kommt es nicht zur Bildung eines schädlichen Raumes. Mit diesem Instrument gelingt es, einen Raum — nach unseren Begriffen natürlich — völlig luftleer zu pumpen. Man hat gegenwärtig auch automatisch arbeitende Quecksilberluftpumpen construiert.

Bis vor Kurzem dienten die Luftpumpen vorzüglich dazu, das Vorhandensein von Luft und den von dieser ausgeübten Druck experimentell zu beweisen. — Die hauptsächlichsten zu diesem Zwecke ausgeführten Versuche sind nachstehende:

1. Die Magdeburger Halbkugeln. Zwei genau aufeinander passende Halbkugeln, welche bei *H* (Fig. 92) einen luftdicht schliessenden Hahn besitzen und deren jede mit einer Handhabe versehen ist, werden luftleer gepumpt. Der Druck, den die äussere Luft auf dieselben ausübt, ist nun so gross, dass sie sich nur mit grosser Gewalt voneinander trennen lassen. *O. v. Guericke* benützte auf dem Reichstage zu Regensburg in Gegenwart des Kaisers Halbkugeln, die den Durchmesser einer Elle hatten; 16 Pferde waren nicht im Stande, dieselben auseinander zu reissen.

Fig. 92.



2. Das Fallen von Körpern im luftleeren Raume findet für alle in der gleichen Zeit statt.

3. Das Erlöschen von Kerzen, Ersticken von Thieren.

4. Ein in Gang gebrachtes Läutewerk bringt keinen oder nur schwachen Schall hervor.

5. Das Zerspringen von Glasplatten durch den äusseren Luftdruck; das Hindurchpressen von Quecksilber durch Buchsbaumholz (Quecksilberregen).

6. Das Anschwellen und Platzen einer nur wenig Luft enthaltenden Blase unter dem Recipienten.

7. Das Sieden von Flüssigkeiten bei niederer Temperatur im luftverdünnten Raume.

Neuerdings hat die Luftpumpe aber auch hervorragende praktische Anwendung gefunden. In den elektrischen Glühlämpchen wird ein in einer luftleeren Glasglocke vorhandener Kohlenbügel zum Glühen gebracht. — Die Verwendung der Glühlämpchen ist erst dadurch ermöglicht worden, dass man mit Hülfe der Quecksilberluftpumpe im Stande ist, diese kleinen Lämpchen so zu sagen luftleer zu pumpen. Blicke in denselben Sauerstoff, so würde der Kohlenbügel bei der Glühtemperatur eben einfach zu Kohlensäure verbrennen.



### 13. Aggregatzustände.

Die Materie besteht aus Atomen. — Durch Vereinigung der Atome miteinander entstehen die Moleküle, in denen die Atome durch die chemische Verwandtschaft (Affinität) zusammengehalten werden. Die Moleküle ihrerseits besitzen gleichfalls noch anziehende Kräfte; sie vermögen sich kraft der ihnen innewohnenden Cohäsion zu grösseren Gruppen zu vereinigen. Das Resultat dieser Vereinigung sind die irdischen Körper.

Bei der Vereinigung der Moleküle zu körperlichen Individuen ist jedoch nicht blos die Cohäsion zu berücksichtigen, welche die Verbindung der Moleküle bewirkt, vielmehr wirkt dieser Kraft eine andere geradezu entgegen, die Expansivkraft, welche höchst wahrscheinlich mit der Wärme im engsten Zusammenhange steht. Als das Resultat dieser sich entgegen arbeitenden Kräfte sehen wir, je nachdem die eine oder die andere vorwaltet, dass Körper der nämlichen chemischen Zusammensetzung in verschiedenen Zuständen vorkommen können, welche wir Aggregatzustände nennen. — Wir unterscheiden 3 Aggregatzustände, den festen, flüssigen und gasförmigen.

Im festen Zustande ist ein Körper, dessen Theilchen sich nur durch Anwendung einer grösseren Kraft voneinander trennen lassen, der demnach ein selbständiges Volumen und eine selbständige Gestalt besitzt. — Im festen Aggregatzustande sind die einzelnen Moleküle sich möglichst nahe gerückt, es überwiegt daher die Cohäsion ganz bedeutend über die Expansivkraft (Wärme), welche das Bestreben hat, die Moleküle voneinander zu entfernen.

Flüssig ist ein Körper, dessen Theilchen unter einander zwar einen gewissen Zusammenhang haben, sich aber durch Anwendung sehr geringer Kraft verschieben lassen. — Flüssige Körper haben zwar selbständiges Volumen, aber keine selbständige Gestalt. — Vielmehr nimmt jede Flüssigkeit stets die Gestalt desjenigen Behälters an, in dem sie sich gerade befindet.

Im flüssigen Zustande halten sich Cohäsion und Expansivkraft beinahe das Gleichgewicht, doch überwiegt die erstere ein wenig, was man an der Fähigkeit von Flüssigkeiten, Tropfen zu bilden, sehen kann.

Luftförmig ist ein Körper, dessen Theilchen sämmtlich das Bestreben haben, sich auszubreiten; daher sind seine Theilchen sehr leicht zu verschieben. Sie haben aber keinen Zusammenhang unter einander, sondern breiten sich in jedem Raume aus, so dass luftförmige Körper weder ein bestimmtes Volumen, noch eine selbständige Gestalt besitzen. Im luftförmigen Zustande ist die Co-



häsion der Moleküle = Null, es überwiegt die molekulare Abstossung.

Die meisten der uns bekannten Körper kommen in allen drei genannten Zuständen vor; ja theoretisch müssen wir annehmen, dass alle Körper in drei Aggregatzuständen vorkommen können, obgleich das für viele Körper erst noch zu beweisen ist. So ist es z. B. bisher noch nicht gelungen, den Kohlenstoff zu verflüssigen oder zu vergasen. — Umgekehrt giebt es flüssige Körper, welche sehr schwer oder — wie Alkohol — noch gar nicht in festen Zustand gebracht werden konnten.

**Aenderung des Aggregatzustandes.** Der Zustand, in welchem ein Körper sich befindet, ist abhängig von der Temperatur, welche er besitzt. Doch verhalten sich in Bezug auf diese die verschiedenen Körper nach der Art ihrer chemischen Natur sehr verschieden. Viele sind schon bei gewöhnlicher Temperatur fest (Schwefel), andere bedürfen zum Festwerden einer erheblichen Temperaturerniedrigung (Quecksilber —  $40^{\circ}$ ), ebenso ist die Temperaturerhöhung, welche verschiedene feste Körper bedürfen, um in den flüssigen oder gasförmigen Zustand übergeführt zu werden, eine sehr verschiedene.

Der Uebergang aus dem festen in den flüssigen Zustand, das Schmelzen eines Körpers, beruht darauf, dass durch die zugeführte Wärme die Cohäsion der einzelnen Moleküle überwunden wird. Von den bekannten festen Körpern können sehr viele in flüssigen Zustand gebracht werden, z. B. die meisten Metalle. Als unschmelzbar gelten bisher der Kohlenstoff, Calciumoxyd u. a. Nicht geschmolzen werden können ferner solche Körper, welche beim Erhitzen chemische Zersetzung erleiden, z. B. Kohlehydrate (Zucker, Cellulose) u. a.

Die Temperatur, bei welcher ein fester Körper in den flüssigen Zustand übergeht, nennt man seinen Schmelzpunkt. Derselbe ist für die meisten Körper ein ganz bestimmter und identisch mit dem Erstarrungspunkt, d. h. mit der Temperatur, bei welcher ein flüssiger Körper wieder fest wird. Bei vielen Körpern ist der Uebergang vom festen Zustande in den flüssigen ein plötzlicher, z. B. bei Eis, bei manchen Körpern ist dieser Uebergang ein allmählicher. Sie gerathen vor dem Schmelzen in einen Zustand der Erweichung. Das ist z. B. der Fall bei den Fett- und Wachsarten. Das Gleiche findet aber auch statt bei einigen Metallen, z. B. Eisen, Platin und ist für deren Bearbeitung von der grössten Bedeutung. Das Schweißen des Eisens z. B. beruht darauf, dass zwei rothglühende, erweichte Eisenstücke durch Hämmern zu einem einzigen so zu sagen zusammengeknetet werden können. — Auffallend ist, dass einige Metalllegirungen einen erheblich niedrigeren Schmelzpunkt zeigen als der Schmelzpunkt der einzelnen in ihnen enthaltenen Metalle. So schmilzt das *Rose'sche* Metall (aus Bismuth, Blei und Zinn) bei  $94^{\circ}$ , das *Wood'sche* Metall (aus Wismuth, Cadmium, Blei und Zinn) schon bei  $65^{\circ}$  (s. S. 225).

In manchen Fällen ist die Wärme allein nicht im Stande, die Verflüssigung eines Körpers zu bewirken, sie gelingt jedoch durch Anwendung von Lösungsmitteln. — Wasser z. B. löst Kochsalz auf, indem die Moleküle des Wassers diejenigen des Kochsalzes auseinander drängen. Hier also vertritt die chemische Affinität die Wärme. — Bisweilen zeigen auch Mischungen von festen Körpern die Neigung, sich zu verflüssigen. — Da beim Verflüssigen



Wärme verbraucht wird, so tritt in diesen Fällen oftmals eine sehr starke Abkühlung ein. Auf dieser Thatsache beruht die Wirkung der sog. Kältemischungen:

	Die Temperatur sinkt
1 Th. Schnee mit 1 Th. Kochsalz . . . . .	von 0° bis -18°
1 " " " 1 " kryst. Chlorcalcium " "	0° " -45°
1 " " " 2 " " " " "	-18° " -55°.

Die Abkühlung wird dadurch hervorgebracht, dass bei dem Verflüssigen fester Körper Wärme verbraucht wird, welche der Umgebung entzogen wird.

Der Uebergang in den gasförmigen Zustand. Das Verdampfen ist an eine bestimmte Temperatur nicht gebunden. Nicht blos flüssige, sondern auch feste Körper können bei jeder Temperatur (Eis verdampft noch unter 0° C.) sich verflüchtigen. — Findet die Verdampfung allmählig und bei mittlerer Temperatur statt, so nennt man sie Verdunstung. — Durch Zufuhr von Wärme wird die Verdampfung beschleunigt, und wird im höchsten Stadium Sieden genannt. Fassen wir einmal die Verhältnisse beim Wasser ins Auge. Wenn wir Wasser erwärmen, so können wir dessen Temperatur bis auf 100° C. steigern. — Um dieses Wasser von 100° C. in Dampf von derselben Temperatur (100° C.) zu verwandeln, müssen wir noch eine erhebliche Wärmemenge zuführen (Verdampfungswärme genannt). Es scheint hier Wärme einfach zu verschwinden, und man nannte diese Verdampfungswärme früher latente Wärme. Um 1 g Wasser von 100° C. in Dampf von 100° C. zu verwandeln, wird so viel Wärme verbraucht, als erforderlich wäre, um 536 g Wasser von 0° C. auf 1° C. zu erwärmen (536 Calorien). Die latente Wärme des Wasserdampfes ist daher 536. — Das Verschwinden der Wärme ist demnach darauf zurückzuführen, dass dieselbe zur Leistung einer mechanischen Arbeit verbraucht wird, nämlich dazu, die einzelnen Moleküle des Wassers möglichst weit voneinander zu entfernen. Das Sieden findet statt, wenn die Spannung der entwickelten Dämpfe den Druck der äusseren Atmosphäre zu überwinden im Stande ist. Aus diesem Grunde erfolgt das Sieden unter vermindertem Drucke bei erheblich niedriger Temperatur (Vacuumapparate); umgekehrt aber kann das Sieden durch gesteigerten Druck erheblich verzögert werden (*Papin'scher Topf*, Dampfkessel). Flüssigkeiten, deren Siedepunkt sehr niedrig liegt, z. B. Aether, Aldehyd, Schwefelkohlenstoff, flüssiges Ammoniak, flüssige schweflige Säure, flüssige Kohlensäure u. a. entziehen, wenn sie der freiwilligen Verdunstung überlassen werden, ihrer Umgebung die zum Verdampfen nöthige Wärme und erzeugen dadurch Abkühlung. Hierauf beruht das Kältegefühl, welches auf der menschlichen Haut verdampfender Aether hervorbringt, ferner die Anwendung flüssigen Ammoniaks und flüssiger schwefliger Säure zur Eisfabrikation, die Benützung der flüssigen und festen Kohlensäure zur Erzeugung sehr niedriger Temperaturen.

Der Uebergang aus dem gasförmigen in flüssigen Zustand. Wenn flüssige Körper durch Zufuhr von Wärme in gasförmigen Zustand übergehen, so wird man erwarten können, durch Abkühlung gasförmige Körper in flüssigen Zustand überzuführen. — Ein anderes Hilfsmittel zur Condensation von Gasen ist gesteigerter Druck. Derselbe wirkt gewissermassen mechanisch, indem er die entfernten Moleküle einander näher rücken lässt. — Schon früher hatte man durch hohen Druck eine Reihe von Gasen, z. B. schweflige Säure, Chlor, Ammoniak verdichten gelernt. Nicht gelungen war die Verdichtung einiger anderer Gase, z. B. des Wasserstoffes, Sauerstoffes, Stickstoffes, Kohlenoxydes u. a. Diese wurden daher früher zu den sog. permanenten d. h. nicht verdichtbaren Gasen gerechnet. Seitdem jedoch erkannt worden war, dass die Condensation der Gase nicht blos an einen bestimmten Druck, sondern auch an eine bestimmte (*kritische*) niedrige Temperatur gebunden ist, hat man

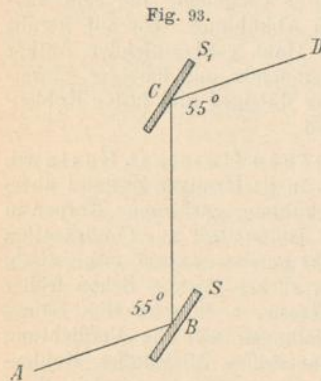


inzwischen gelernt, auch die sog. permanenten Gase zu verflüssigen. — Der Sauerstoff z. B. wurde bei  $-140^{\circ}\text{C}$ . durch einen Druck von 525 Atmosphären verflüssigt. Erreicht man diese niedrige Temperatur nicht, so gelingt die Verflüssigung des Sauerstoffes auch durch viel stärkeren Druck nicht. — Während beim Uebergang vom flüssigen in den gasförmigen Zustand Wärme gebunden wird, wird beim Uebergang eines gasförmigen Körpers in den flüssigen Zustand umgekehrt Wärme frei. Verwandeln wir 1 g Wasserdampf von  $100^{\circ}\text{C}$ . durch Abkühlung in Wasser von  $100^{\circ}\text{C}$ ., so wird so viel Wärme frei, als genügen würde, um 536 g Wasser von  $0^{\circ}\text{C}$ . auf  $+1^{\circ}\text{C}$ . zu erwärmen. Es wird also hier genau dieselbe Wärmemenge wieder frei, welche erforderlich war, um Wasser von  $100^{\circ}$  in Dampf von  $100^{\circ}$  zu verwandeln.

Uebergang aus dem flüssigen in den festen Zustand. Das Erstarren ist im Allgemeinen unabhängig vom Druck, dagegen abhängig von der Temperatur. Das Erstarren eines Körpers findet in der Regel bei dem nämlichen Temperaturgrade statt, bei welchem der starre Körper schmilzt, das Wasser beispielsweise erstarrt bei  $0^{\circ}\text{C}$ . Unter gewissen Bedingungen aber, nämlich wenn man jede Erschütterung vermeidet, kann man einen Körper bedeutend unter seine Erstarrungstemperatur abkühlen, ohne dass er fest wird. Die geringste Bewegung, namentlich aber eine Berührung mit einem festen Körper gleicher Art genügt dann, um die ganze Masse plötzlich erstarren zu machen. — Das Erstarren ist in der Regel mit einer Volumenvergrößerung und stets mit Abgabe von Wärme verbunden. — Kühlt man Wasser vorsichtig auf  $-7^{\circ}$  ab und bringt dann ein Thermometer hinein, so zeigt es nach dem Erstarren des Wassers sofort die Temperatur  $0^{\circ}$ . — Auf solche Abgabe von Wärme ist auch der Umstand zurückzuführen, dass vom Krystallwasser befreite Salze, z. B. Ferr. sulfur. sicc. u. a. beim Zusammenbringen mit Wasser Erwärmung verursachen. Hierbei wird eben Wasser chemisch gebunden und giebt bei dem Uebergang vom flüssigen in den festen Aggregatzustand seine latente Wärme ab.

#### 14. Polarisation.

Lässt man auf einen Spiegel  $S$  von schwarzem Glase (Fig. 93) unter einem Einfallswinkel von  $55^{\circ}$  einen Lichtstrahl  $AB$  auffallen, so wird derselbe in der Richtung  $BC$  reflectirt und trifft einen zweiten Glas-  
spiegel  $S_1$ , dessen Ebene der des ersten Spiegels parallel ist. Der auffallende Strahl wird gleichfalls unter einem Winkel von  $55^{\circ}$  nach  $D$  hin reflectirt. — Ist der Spiegel  $S$  einer erleuchteten Fläche, z. B. einer weissen Wolkenschicht, zugekehrt, so wird ein von  $D$  nach  $S_1$  sehender Beobachter diesen Spiegel erleuchtet sehen, weil die Reflexionsebenen beider Spiegel  $ABC$  und  $BCD$  zusammenfallen. — Dreht man jetzt, während der Spiegel  $S$  feststehen bleibt, den Spiegel  $S_1$  um den Strahl  $BC$  als Axe so, dass der Einfallswinkel stets derselbe bleibt, so beginnt sich das Gesichtsfeld bei  $S_1$  zu verfinstern





und erscheint nach einer Drehung von  $90^\circ$  völlig dunkel, weil jetzt die Reflexionsebenen beider Spiegel aufeinander senkrecht stehen. — Bei weiterer Drehung hellt sich das Gesichtsfeld wieder auf und erreicht nach einer Umdrehung von  $180^\circ$  seine ursprüngliche Helligkeit. Nach einer Drehung von  $270^\circ$  ist es wieder vollkommen dunkel. Ein Lichtstrahl also, welcher von Glas unter einem Winkel von  $55^\circ$  reflectirt wird, zeigt von gewöhnlichem Lichte abweichende Eigenschaften, indem er bei der zweiten Reflexion in der Richtung der ersten Reflexionsebene ein anderes Verhalten zeigt, als in der auf dieser senkrecht stehenden Ebene. So verändertes Licht nennt man polarisirtes Licht. Die Ebene, in welcher das Licht polarisirt ist, nennt man die Polarisationsebene, der Winkel, unter welchem der Strahl reflectirt werden muss, um die genannten Eigenschaften zu zeigen, heisst der Polarisationwinkel. Derselbe beträgt für Glas  $55^\circ$ . Erfolgt die Reflexion unter einem anderen Winkel, so ist die Polarisation unvollständig, d. h. bei senkrecht aufeinander stehenden Reflexions-

Fig. 94.

Schwingungen  
eines gewöhnlichen  
Lichttheilchens.

Fig. 95.

Schwingungen  
polarisirter  
Lichttheilchen.

ebenen tritt wohl Verminderung der Helligkeit des Spiegels  $S_1$ , nicht aber vollständige Verdunkelung ein.

Die Verschiedenheit des polarisirten Lichtes von dem gewöhnlichen erklärt man sich durch die verschiedenartigen Schwingungen der einzelnen Aethertheilchen. Während nämlich die Aethertheilchen gewöhnlichen Lichtes nach allen Richtungen im Raume schwingen (Fig. 94), fällt, so nimmt man an, die Schwingungsebene der Aethertheilchen bei polarisirtem Lichte mit der Polarisationsebene zusammen, oder beide stehen aufeinander senkrecht (Fig. 95).

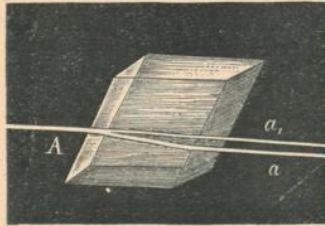
Alle durchsichtigen Krystalle, welche nicht dem regulären System angehören, haben die wichtige Eigenschaft, einen in ihr Inneres eindringenden Lichtstrahl in zwei Strahlen, den ausserordentlichen und den ordentlichen zu zerlegen.

Diese Erscheinung beobachtet man am besten am Kalkspath in nachfolgender Weise: — Man lässt auf einen klaren Kalkspathkrystall, welchen man in einem verdunkelten Zimmer aufstellt, durch eine kleine Oeffnung im Fensterladen mittels eines Heliostatenspiegels einen Sonnenstrahl auffallen und bläst vor und hinter den Krystall Tabaksdampf. Da der Krystall im Innern nie ganz durchsichtig ist,



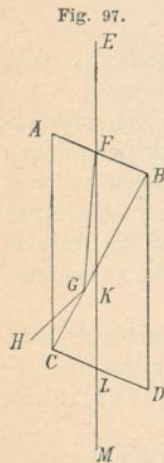
so kann man den Gang des Lichtstrahles innerhalb und ausserhalb des Krystalles genau beobachten und sieht nun die durch Fig. 96 veranschaulichte Erscheinung. — Der Strahl  $A$  zerlegt sich im Inneren des Krystalles in den stärker gebrochenen ordentlichen Strahl  $a$  und den schwächer gebrochenen ausserordentlichen  $a_1$ . Untersucht man die austretenden Strahlen  $a$  und  $a_1$ , so findet sich, dass beide polarisirt sind, und zwar stehen ihre Polarisations Ebenen senkrecht aufeinander.

Fig. 96.



Aehnliche Erscheinungen zeigen sich bei anderen Krystallen. Der Turmalin z. B. zerlegt gleichfalls einen durch ihn gehenden Lichtstrahl in zwei; zugleich aber wird der ordentliche Strahl vollständig absorbiert und nur der ausserordentliche hindurchgelassen. — Es wurden daher Turmalinplatten zu Polarisationszwecken benutzt (Turmalinzange). Indessen erwies sich der Turmalin seiner starken Färbung wegen für viele Zwecke als ungeeignet. Viel zweckmässiger musste die Benutzung von Kalkspathkrystallen sein, sobald es gelang, einen der beiden polarisirten Lichtstrahlen zu entfernen. — Dieses Problem wurde von Nicol gelöst.

Nicol'sches Prisma. — Nicol schnitt einen Kalkspathkrystall  $ABCD$  in der Richtung  $BC$  durch und kittete beide Schnittflächen mit Canadabalsam wieder zusammen. Die Richtung der Schnittfläche hatte er so gewählt, dass der ordentliche Strahl  $FG$  durch Reflexion an der Canadabalsamschicht nach  $GH$  abgelenkt und so beseitigt wird, während der ausserordentliche Strahl  $KL$  fast ungebogen nach  $LM$  hindurchgeht. Diese sinnreiche Einrichtung wurde ihrem Erfinder zu Ehren „Nicol'sches Prisma“ genannt. — Diese Instrumente sind nicht blos bequeme Mittel, polarisirtes Licht zu erzeugen, sondern auch sehr geeignet, polarisirtes Licht von nichtpolarisirtem zu unterscheiden.



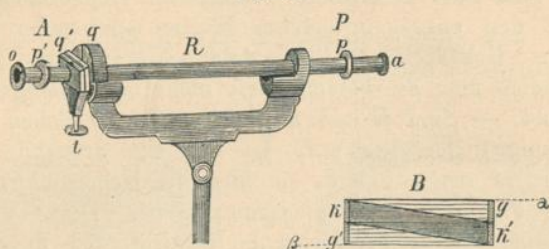
Eine Reihe von festen Körpern, namentlich Krystallen, z. B. Bergkrystall, Gips, Weinsäure, weinsäure Salze und andere, ebenso manche Flüssigkeiten und Lösungen, z. B. viele ätherische Oele, Zuckerlösungen, Dextrinlösungen haben die Eigenschaft, die Ebene des polarisirten Lichtes abzulenken oder zu drehen. — Die Drehung kann entweder nach rechts oder nach links erfolgen. — Da die Art und die Intensität der Ablenkung für die meisten Körper charakteristisch ist, so ergiebt sich daraus, dass man durch Bestimmung dieser Ablenkung viele Körper nach ihrer Art und Quantität be-



stimmen kann. — Practisch kommt namentlich die Bestimmung von Zucker haltenden Flüssigkeiten in Betracht. Für diese hat man Apparate construiert, welche den Zuckergehalt einer Flüssigkeit direct in Procenten abzulesen gestatten und Saccharimeter genannt werden. — Das gebräuchlichste ist das Saccharimeter von Soleil.

Die zu untersuchende möglichst farblose, vollkommen klare Flüssigkeit ist in dem durch Glasplatten beiderseitig geschlossenen Glasrohr *R* enthalten. — Bei *p* befindet sich ein Nicol'sches Prisma,

Fig. 98.

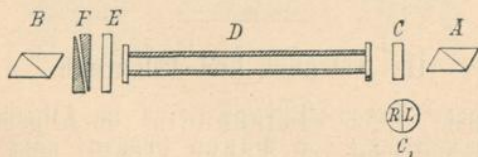


der Polarisator, welcher das durch *a* eintretende Licht polarisirt. Auf der entgegengesetzten Seite des Apparates liegt die von *p'* *q'* und *q* gebildete analysirende Vorrichtung, durch welche der Grad der Drehung festgestellt wird. *o* ist das Ocular, ein kleines Fernrohr, durch welches die Vorgänge im Apparat beobachtet werden, und *t* eine Triebsschraube, welche die sogleich zu besprechenden Quarzplatten in Bewegung setzt.

Etwas deutlicher ist die innere Einrichtung eines Saccharimeters aus nachfolgender Figur zu ersehen.

*A* ist ein Nicol'sches Prisma, der Polarisator, welcher be-

Fig. 99.



stimmt ist, das ihn passirende Licht zu polarisiren. *B* ist gleichfalls ein Nicol'sches Prisma, der Analysator. — Stellt man beide Prismen so zu einander ein, dass ihre Polarisations Ebenen senkrecht aufeinander stehen, so würde das Gesichtsfeld vollständig dunkel erscheinen. — Nun ist aber bei *C* eine Quarzplatte eingeschoben, welche, wie in *C*<sub>1</sub> veranschaulicht ist, aus zwei halbkreisförmigen rechts und links drehenden Quarzplatten besteht. Diese bewirken durch Interferenz, dass bei gekreuzten Nicols das Gesichtsfeld nicht



dunkel, sondern in der sog. Uebergangsfarbe (roth) gefärbt erscheint. — Schaltet man nun in den Apparat eine drehende Flüssigkeit, in das Rohr *D* eingefüllt ein, so giebt sich das geringste Drehungsvermögen derselben durch eine veränderte Färbung zu erkennen, indem die eine Hälfte des Gesichtsfeldes in Roth, die andere in Blau (oder Grün) übergeht. Man könnte nun die Uebergangsfarbe durch Drehung des Analysators *B* wiederherstellen. — Indessen besitzen diese Apparate hierzu eine andere Vorrichtung in *F* und *E*. Es ist nämlich *E* eine Platte von rechtsdrehendem Quarz, *F* dagegen sind zwei keilförmige Platten von linksdrehendem Quarz, welche mit den entgegengesetzten Kanten aneinander liegend zusammen eine linksdrehende Platte bilden, deren Dicke veränderlich ist, je nachdem man die beiden Keile mehr oder weniger übereinander schiebt. — Sind *E* und *F* gleich dick, so heben sie sich in ihrer Wirkung gegenseitig auf. Ist nun eine drehende Flüssigkeit in den Apparat eingeschaltet, so wird die Uebergangsfarbe durch Verstellung der Platten *F* wiederhergestellt. Diese Verschiebung wird durch eine Mikrometerschraube bewirkt und durch eine am Apparat angebrachte Scala, welche bei diesen Apparaten den Procentgehalt an Zucker direct abzulesen gestattet, den Nonius, gemessen.

Diese Saccharimeter sind nur für Zuckertösungen eingerichtet. — Bei den für allgemeine Zwecke eingerichteten Polarisationsapparaten wird die Drehung in Graden angegeben, aus denen sich dann durch Rechnung und durch beigegebene Tabellen der Gehalt gleichfalls bestimmen lässt.

---

### 15. Apparate zur Maassanalyse

siehe S. 523.

---

### 16. Telephon und Telegraph.

1. Telephon. Unter „Telephonie“ im Allgemeinen versteht man die Uebermittlung von Tönen (Tönen, aber nicht Sprachlauten) nach mehr oder weniger entfernten Orten auf elektrischem Wege; der hierzu benutzte Apparat heisst „Telephon“. Ein Apparat, welcher im Stande ist, Sprachlaute zu übermitteln, heisst Fernsprecher. Nicht jedes Telephon kann Sprachlaute übermitteln, aber ein Fernsprecher ist im Stande, Töne jeder Art zu überbringen.

Ein Ton wird in seiner Eigenart völlig wiedergegeben, wenn die Höhe (Anzahl der in einer Zeiteinheit gemachten Schwingungen), Fülle (bedingt durch die Weite — Amplitude — der Wellen) und



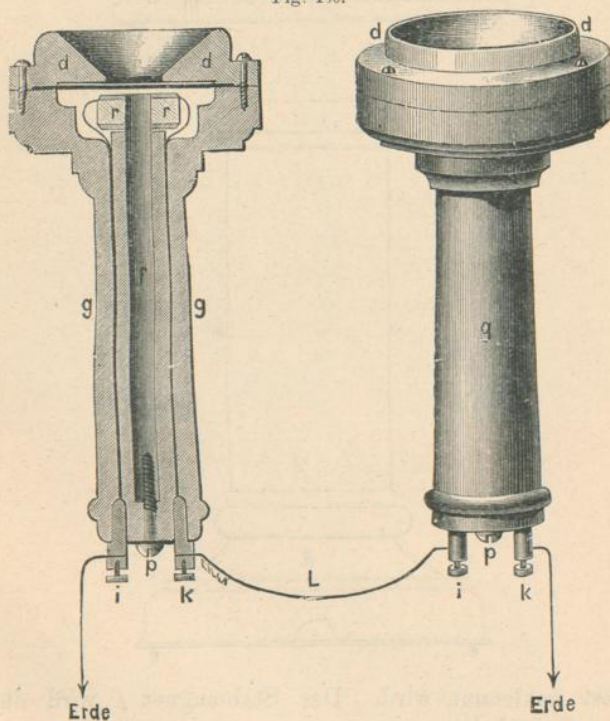
die Klangfarbe (bedingt durch die Form der Wellen) die nämlichen sind. Dieses Problem zu lösen ist nunmehr gelungen.

Das erste Telephon bzw. der erste Fernsprecher wurde 1861 bis 1863 von dem Oberlehrer Philipp Reis in Friedrichsdorf bei Homburg v. d. H. construirt, doch erst in der von James Bell 1877 construirten Form war das Telephon zu einer solchen Vollkommenheit gelangt, dass es in den Dienst des Verkehrswesens ganz allgemein eingestellt werden konnte.

### Telephon von Bell.

Um die Einrichtung des Telephons zu verstehen, muss man sich dasselbe zunächst in seiner einfachsten Form vorstellen und jeder

Fig. 190.



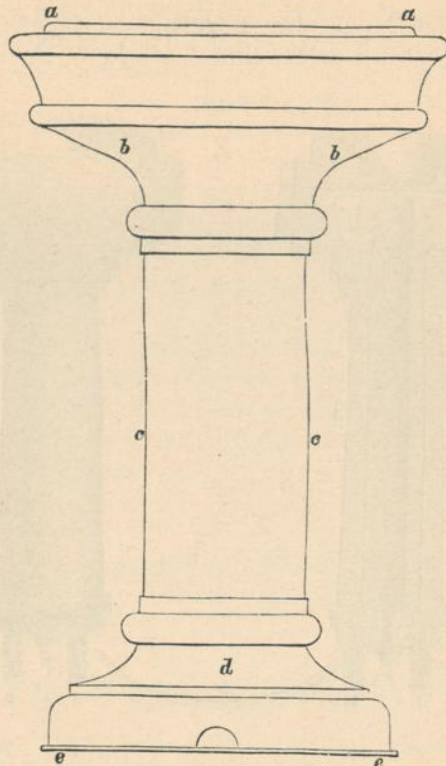
Zuthat entkleiden. Man muss insbesondere die Vorstellung aufgeben, es gehöre zu einer Telephoneinrichtung unbedingt eine elektrische Batterie; das ist keineswegs der Fall.

In obenstehender Fig. 190 sind zwei Telephone gezeichnet, das eine im Durchschnitt, das andere in der Ansicht; beide stehen durch die Leitung *L* miteinander in leitender Verbindung, die Rückleitung wird durch die Erde vermittelt.



In dem im Durchschnitt gezeichneten Telephon ist  $f$  ein Stabmagnet, welcher an seinem oberen Ende mit einer Rolle isolirten Kupferdrahtes  $r$  umgeben ist, dessen Enden in die Klemmschrauben  $i$  und  $k$  hinablaufen. Die letzteren dienen dazu, das Telephon in die Leitung  $L$  und in die Rückleitung zur Erde einzuschalten.  $g g$  ist das hölzerne Gehäuse, welches den Stabmagneten  $f$  mit der Drahtrolle  $r$  umgiebt. Vor dem oberen Ende des Stabmagnetes  $f$  (unterhalb von  $d$ ) liegt eine dünne Eisenplatte (die sog. Membran), welche durch den hölzernen Deckel  $d$  mit trichterförmigem Aus-

Fig. 101.



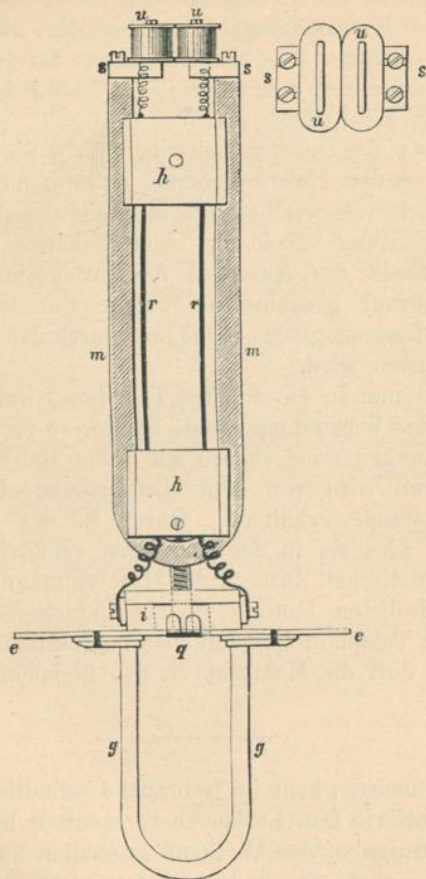
schnitt fest geklemmt wird. Der Stabmagnet  $f$  wird durch die Schraube  $p$  festgehalten.

Dadurch, dass die aus Eisen bestehende Membran dem Stabmagneten gegenübersteht, wird sie selbst dauernd magnetisch. Spricht man nun in die durch  $d$  gebildete trichterförmige Oeffnung des Telephons hinein, so wird die Membran in Schwingungen versetzt. Durch das Auf- und Abschwingen der Membran vor dem Stabmagneten  $f$  aber wird der magnetische Zustand desselben geändert. Diese Aenderungen erzeugen ihrerseits in der umgebenden Drahtrolle  $r$  einen



Inductionsstrom, welcher durch die Leitung *L* in das zweite Telephon übergeleitet wird. In dem zweiten Telephon erregt nun der um den Stabmagneten kreisende Inductionsstrom in dem Stabmagneten die nämlichen magnetischen Aenderungen, welchen der Stabmagnet in dem ersten Telephon unterworfen ist. Hierdurch wird die in dem zweiten Telephon befindliche Membran in Schwingungen versetzt, und erzeugt die nämlichen Schallwellen, welche als gesprochene

Fig. 102.



Worte die erste Membran getroffen hatten. Die in das erste Telephon gesprochenen Töne oder Worte werden unserem Ohre vernehmlich, wenn wir das zweite Telephon dem Ohre nähern.

Eine Batterie ist für das Telephon als solches, wie man sieht, nicht nöthig, sie wird allerdings an den meisten Apparaten angebracht zur Auslösung eines Klingelsignals, welches anzeigen soll, dass Jemand am Telephon ist und sprechen will.



## Das Siemens'sche Telephon,

welches von der Reichstelegraphenverwaltung eingeführt ist, stellt eine Verbesserung des Bell'schen dar. Seine Einrichtung ist folgende: In der durch Fig. 101 veranschaulichten Hülse aus Holz ist der durch Fig. 102 im Durchschnitt dargestellte Apparat untergebracht. *gg* ist ein Messinghaken, an welchem das Telephon aufgehängt werden kann, *ee* ist eine Messingplatte, auf welcher durch die Schraube *q* der Hufeisenmagnet *mm* befestigt ist. Auf letzterem sind die beiden Polschuhe *ss* durch Schrauben befestigt und auf den Schuhen und mit ihnen fest verbunden sitzen die mit isolirtem Kupferdraht umwickelten Eisenstücke *uu*.

Die Enden *rr* der isolirten Leitung, welche die Eisenstücke *uu* umläuft, werden an den Holzbrettchen *h* entlang nach den Klemmschrauben *i* geführt, von welchen aus die Leitungsschnüre austreten.

Diese Vorrichtung steckt in dem Gehäuse Fig. 101. Die Röhre *cc* ist oberhalb des Aufsatzes *bb* durch eine dünne Eisenplatte (die Membran) geschlossen, welche nur wenig über den Polen *uu* des Hufeisenmagnetes steht und durch das konische Mundstück *aa* festgehalten wird.

Spricht man nun in ein solches Telephon, welches mit einem zweiten in leitender Verbindung steht, hinein, so verlaufen die elektrischen Erscheinungen ganz ebenso wie beim Bell'schen Telephon, d. h. die Membran wird von dem Hufeisenmagneten dauernd im magnetischen Zustande erhalten. Durch in das Mundstück gesprochene Worte wird sie in Schwingungen versetzt und verändert dadurch den magnetischen Zustand des Hufeisenmagnetes. Hierdurch entsteht in der isolirten Leitung *rr* ein Inductionsstrom, welcher um *uu* im zweiten Telephon die nämlichen magnetischen Aenderungen hervorbringt und dort die Membran zu den gleichen Schwingungen veranlasst.

---

Die bei den meisten heut im Gebrauche befindlichen Telephonen angeschlossene Batterie (aus Leclanché-Elementen) hat allerdings in erster Linie die Aufgabe, den Weckruf erschallen zu lassen, gleichzeitig aber hat sie noch eine andere Bedeutung.

Wer einmal telephonisch gesprochen hat, weiss, dass für gewöhnlich das Telephon an einem Haken aufgehängt ist und diesen Haken durch sein Gewicht niederdrückt. In dieser Lage kreist der von der Batterie erzeugte Strom lediglich in dem Alarmapparat, wenn der zum Geben des Klingesignales angebrachte Tastapparat in Bewegung gesetzt wird. Nimmt man das Telephon von dem Haken, so wird der letztere durch eine Feder emporgezogen. Nun-



mehr ist die Leitung in dem Alarmapparat unterbrochen, dafür aber kreist der Strom in den Telephonen selbst um  $f$  in Fig. 100 und  $u$  in Fig. 102. Es ist klar, dass unter diesen Umständen der Magnetismus von  $f$  und  $u$  verstärkt werden wird. Dadurch wächst natürlich auch der Magnetismus der Membranen. Das hat zur Folge, dass die in Schwingungen versetzte Membran kräftigere Inductionsströme erzeugen wird, welche die Membran im zweiten Telephon selbstverständlich auch in kräftigere Schwingungen versetzt, so dass das Gesprochene deutlicher wiedergegeben wird.

Als Material für die Telephonleitungen hat sich besonders der Bronzedraht bewährt, welcher die Uebermittlung von gesprochenen Worten auf Entfernungen von 400—500 Kilometer ermöglicht. Die Erläuterung der Mikrophone, welche Telephone von grösster Vollkommenheit darstellen, insofern als sie das Gesprochene auf grosse Entfernungen sehr deutlich und getreu wiedergeben, muss hier als zu weit gehend ausgeschlossen werden.

2. Telegraph. Unter „Telegraph“ im Allgemeinen versteht man jede Vorrichtung, welche den Austausch von Nachrichten zwischen zwei entfernt gelegenen Orten gestattet ( $\tau\eta\lambda\epsilon$  in die Ferne und  $\gamma\rho\acute{\alpha}\varphi\omega$  schreibe). Optische Telegraphen (Feuerzeichen) waren seit dem Alterthum bis zu Anfang dieses Jahrhunderts (Napoleon's Zeigertelegraph) im Gebrauche.

Neuerdings sind unter „Telegraphen“ Vorrichtungen zu verstehen, welche die Uebermittlung von Schriftzeichen auf elektrischem Wege ermöglichen („Fernschreiber“). — Als die Erfinder der elektrischen Telegraphie sind Gauss und Weber anzusehen, welche 1833 eine telegraphische Verständigung zwischen der Sternwarte und dem physikalischen Cabinet zu Göttingen herstellten.

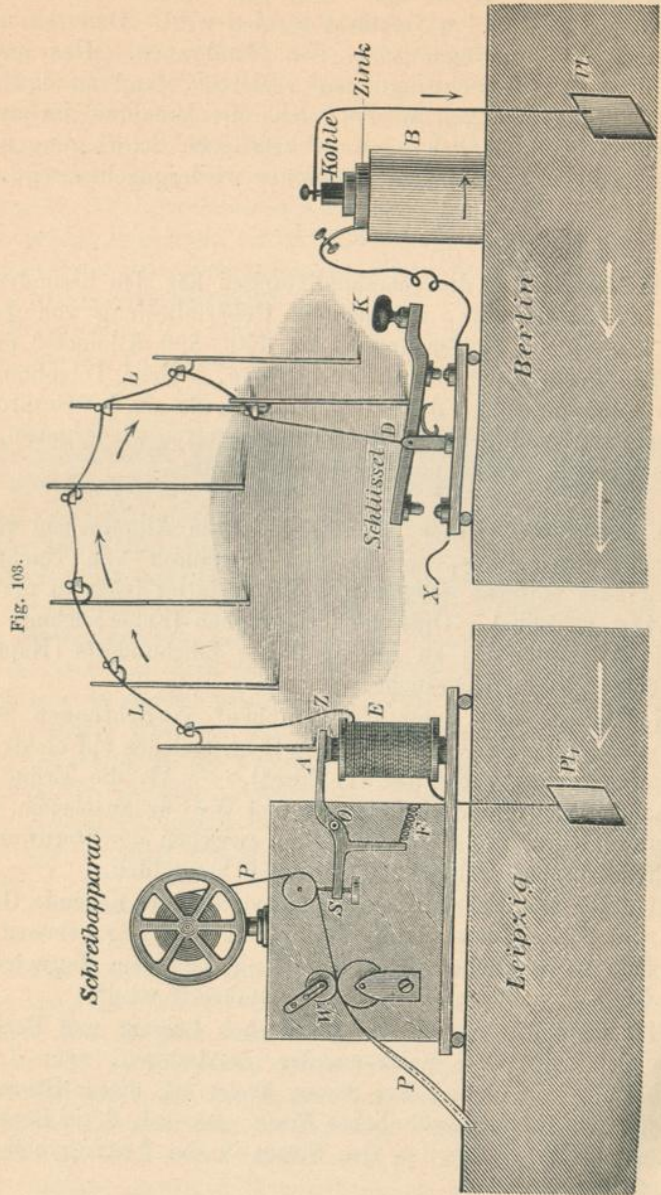
Der der elektrischen Telegraphie zu Grunde liegende Gedanke ist die practische Verwerthung der auf S. 596 angegebenen Thatsache, dass gewöhnliches „Eisen so lange zu einem Magneten wird, als es von einem elektrischen Strome umkreist wird“.

Hat man also eine Leitung zwischen Leipzig und Berlin, so können sich beide Orte untereinander verständigen, wenn 1. durch diese Leitung ein elektrischer Strom kreist, 2. dieser Strom z. B. in Leipzig ein Stück gewöhnliches Eisen umkreist, 3. in Berlin z. B. die Möglichkeit gegeben ist, den Strom in der Leitung beliebig zu unterbrechen.

Nur so lange der Strom in der Leitung kreist, wird das Eisen in Leipzig magnetisch, unterbricht Berlin die Zuführung von Strom, so wird das Eisen in Leipzig wieder unmagnetisch. —



Mit diesen Vorkenntnissen ausgerüstet, ist es nicht schwer, die Einrichtung eines Telegraphenapparates zu verstehen. In Fig. 103



ist die telegraphische Verständigung zwischen Berlin und Leipzig veranschaulicht, und zwar giebt Station Berlin soeben ein Telegramm nach Leipzig auf.



Der elektrische Strom wird durch das in Berlin aufgestellte Zink-Kohle-Element *B* erzeugt. Er geht in der Richtung der Pfeile vom Zink zur Kohle, sodann in Folge der Erdleitung von der in den Erdboden versenkten Metallplatte *Pl* zu der gleichfalls in die Erde versenkten Metallplatte *Pl*<sub>1</sub> nach Leipzig. Hier durchfließt er die aus isolirtem Leitungsdrahte gebildete Rolle *E*, geht von dieser durch die Luftleitung (Leipzig-Berlin) *L*, alsdann durch den Schlüssel *D* wieder nach dem in Berlin aufgestellten Element zurück.

Zu Leipzig befindet sich im Innern der aus isolirtem Leitungsdraht gebildeten Rolle *E* ein weicher Eisenkern *Z*. — So lange in Berlin der Knopf *K* des Schlüssels *D* herabgedrückt ist, kreist der elektrische Strom in der vorhin angegebenen Richtung und der Eisenkern *Z* in Leipzig wird magnetisch (ein Elektromagnet). Wird dagegen der Knopf *K* in Berlin gehoben, so ist die Stromleitung unterbrochen, und der Eisenkern *Z* in Leipzig wird wieder unmagnetisch.

Es gelingt mithin durch Herabdrücken oder Heben des Knopfes *K* in Berlin den Eisenkern *Z* in Leipzig nach Belieben (und für beliebige Zeit) in einen (Elektro-) Magneten, bezw. in gewöhnliches unmagnetisches Eisen zu verwandeln.

Die so geschaffenen Aenderungen in dem Zustande des Eisenkernes *Z* werden nun in verschiedenen Apparaten in verschiedener Weise zur Hervorbringung von Schriftzeichen benützt.

Fig. 103 stellt einen Morseapparat dar. Oberhalb des Eisenkernes *Z* befindet sich ein in *O* beweglicher Stahlanker *A* (in der Regel ist dieser aus Messing gearbeitet und bei *A* mit einer Stahlplatte belegt). — Wenn der Apparat in Ruhe ist, so wird dieser Anker *A* durch die Feder *F* in solcher Stellung gehalten, dass der Arm *A* nach oben gezogen wird, während der den Schreibstift *S* enthaltende Arm nach unten gezogen wird.

Drückt jedoch Station Berlin den Knopf *K* nieder, so kreist in der Leitung der Strom, der Eisenkern *Z* wird magnetisch und zieht nun den Anker *A* nach unten an. Dadurch geht der Schreibstift *S* in die Höhe und drückt gegen den Papierstreifen *P*, welcher von dem Schreibapparat durch die Rollen *W* abgewickelt wird. Dauert der Druck des Stiftes *S* gegen den Papierstreifen *P* nur eine kurze Zeit, so entsteht ein Punct, dauert er längere Zeit, so entsteht, da der Papierstreifen durch ein Uhrwerk an dem Stifte vorbeigeführt wird, eine Linie. Sobald Berlin durch Emporheben des Knopfes *K* den Strom unterbricht, wird *Z* unmagnetisch und die Feder *F* zieht wieder den Schreibstift nach unten, den Anker *A* nach oben. Der Papierstreifen bleibt jetzt unbeschrieben. Station Berlin hat es in der Hand, auf dem Papierstreifen in Leipzig Puncte oder Striche hervorzubringen, je nachdem sie den Knopf *K* kürzere oder längere Zeit herabdrückt.



Aus den so hervorgebrachten Punkten und Strichen setzt sich das Morsealphabet zusammen.

<i>a</i> . —	<i>c</i> — . — .	<i>e</i> .	<i>g</i> — — .
<i>b</i> — . . .	<i>d</i> — . .	<i>f</i> . . — .	<i>h</i> . . . .
<i>i</i> . .	<i>k</i> — . —	<i>l</i> . — . .	<i>m</i> — —
<i>n</i> — .	<i>o</i> — — —	<i>p</i> . — — .	<i>q</i> — — . —
<i>r</i> . — .	<i>s</i> . . .	<i>t</i> —	<i>u</i> . . —
<i>v</i> . . . —	<i>w</i> . — —	<i>x</i> — . . —	<i>y</i> — . — —
	<i>z</i> — — . .		

Bei dem Typendruckapparat von Hughes setzt der Elektromagnet ein Typenrad in Bewegung, welches gewöhnliche Schriftzeichen auf den Papierstreifen aufdruckt. Die Vorrichtung auf der Aufgabestation, welche dem Schlüssel *D* entspricht, hat die Form einer Klaviatur.

Gegenwärtig \* ist es sogar möglich, Originalschriftzeichen (z. B. handschriftliche Unterschriften), sowie Zeichnungen telegraphisch zu übermitteln.

