



UNIVERSITÄTS-  
BIBLIOTHEK  
PADERBORN

# **Die Schule der Chemie, oder erster Unterricht in der Chemie**

**Stöckhardt, Julius Adolph**

**Braunschweig, 1881**

Chemische Vorgänge. Maass und Gewicht

---

[urn:nbn:de:hbz:466:1-88906](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:466:1-88906)

## Chemische Vorgänge. Maass und Gewicht.

### Chemische Veränderungen und Versuche.

1. Chemische Veränderungen. Jedermann weiss, dass ein Stück Eisen sich beim Ausglühen in Hammerschlag, beim Liegen in feuchter Luft oder Erde aber in Rost verwandelt; dass der ausgepresste Saft der Weintrauben nach und nach zu Wein wird und dieser wieder zu Essig; dass Holz in einem Ofen oder Oel in einer Lampe beim Verbrennen verschwindet; dass thierische und Pflanzenstoffe mit der Zeit verderben, zerfallen und endlich gleichfalls verschwinden.

Hammerschlag und Rost sind verändertes Eisen: das Eisen ist hart, zähe, grauweiss und glänzend, in der Glühhitze wird es schwarz, matt und brüchig, in feuchter Luft braungelb und pulverig. Der Wein ist veränderter Most: von dem süssen Geschmack, den der Traubensaft besass, ist an ihm nichts mehr wahrzunehmen, er schmeckt geistig und besitzt eine erwärmende und berauschende Kraft, die in dem Moste nicht vorhanden war. Der Essig ist veränderter Wein: er schmeckt und riecht sauer, statt geistig, und sein Genuss wirkt nicht mehr berauschend, sondern vielmehr kühlend und niederschlagend. Das bei der Verbrennung verschwundene Holz oder Oel müssen wir in der Luft suchen, beide Stoffe verwandeln sich beim Verbrennen in Luftarten; bei dieser Verwandlung wird zugleich Wärme und Licht erzeugt: sie erfolgt unter der Erscheinung von Feuer. Aehnlich



#### 4 Chemische Veränderungen und Versuche.

sind die Veränderungen, welche Pflanzen- und Thierstoffe bei längerer Aufbewahrung erleiden, sie verwandeln sich, während sie verfaulen oder verwesen, nach und nach in Luftarten, die zum Theil einen sehr unangenehmen Geruch besitzen.

Solche Vorgänge, bei welchen, oft unter Erwärmung oder Feuererscheinung, das Gewicht, die Form, die Festigkeit, die Farbe, der Geschmack, der Geruch und die Wirkung der Körper verändert werden, so dass aus ihnen neue Körper mit ganz neuen Eigenschaften entstehen, nennt man chemische Vorgänge oder chemische Processe.

**2. Allgemeinheit der chemischen Vorgänge.** Wohin wir nur blicken auf unserer Erde, überall gewahren wir chemische Processe, auf dem Festlande, in der Luft, wie in der Tiefe des Meeres. Der starre Basalt, die glasartige Lava, sie werden nach und nach mürbe, ihre dunkle Farbe geht in eine hellere über, sie zerfallen zu kleinen und immer kleineren Brocken, sie werden endlich zu Erde. Eine Kartoffel, in die Erde gelegt, wird weich, ihr zuvor mehliges Geschmacks süß, endlich faulig. Der Keim, der daraus im finsternen Keller zu einem zarten, krankhaft-blassen Schösslinge emportreibt, wächst am Lichte zu einer kräftigen, festen grünen Pflanze heran. Diese saugt aus der feuchten Erde und der Luft ihre Nahrung ein und setzt aus den Bestandtheilen derselben neue Körper zusammen, die vorher weder in der Erde noch in dem Wasser oder der Luft zu finden waren. Ein feines Netzwerk von Zellen und Röhren durchzieht die ganze Pflanze und verleiht ihr Festigkeit, wir nennen sie Pflanzenfaser oder angehendes Holz; in dem Saft, welcher in diesen Zellen auf- und absteigt, finden wir Eiweiß und andere schleimige Stoffe; in den Blättern und dem Stengel einen grünen Farbstoff, das Blattgrün; in den reifen Knollen einen mehliges Körper, die Stärke. Alle diese Stoffe sind unschädlich für die Gesundheit. Wachsen die Kartoffeln dagegen im Dunkeln und ohne Erde, z. B. im Keller, so erzeugt sich in ihren langen, blassen Trieben ein verdächtiger Körper, das Solanin.

Die Knollen der Kartoffelpflanze bilden eins unserer wichtigsten Nahrungsmittel. Das darin enthaltene Stärkemehl lässt sich in Wasser nicht auflösen, im Magen aber erfährt es sehr schnell eine solche Veränderung, dass es aufgelöst oder verdaut und so-



dann als Flüssigkeit dem Blute zugeführt werden kann. Das Blut trifft in den Lungen mit der eingeathmeten Luft zusammen; dabei verändert das Blut seine Farbe, dabei verändert die Luft ihre Beschaffenheit, dabei entwickelt sich die Wärme, die wir in unserem Körper fühlen etc. Wir müssen aus diesen Veränderungen schliessen, dass auch in unserem Körper chemische Processe stattfinden.

**3. Lebenskraft und chemische Vorgänge.** So lange eine Pflanze oder ein Thier lebt, stehen die chemischen Processe unter der Vormundschaft einer höheren, geheimnissvollen Gewalt, die man Lebenskraft nennt, und werden von dieser gezwungen, die Stoffe zum Bau der Pflanzen- und Thierkörper zu liefern. Die Lebenskraft ist gleichsam der Baumeister, welcher den Riss macht zum Gebäude, und darauf sieht, dass die erforderlichen Materialien durch die chemischen Processe angeschafft und nach seinem Willen verarbeitet werden. Hierbei entstehen zahllose neue Körper, die wir künstlich nachzubilden nicht im Stande sind, z. B. Holz, Zucker, Stärke, Fett, Leim, Fleisch etc. Man nennt sie organische Verbindungen oder Pflanzen- und Thierstoffe, im Gegensatz zu den unorganischen oder Mineralkörpern, welche wir aus ihren Bestandtheilen zusammensetzen, also künstlich nachbilden können. Hört aber das Leben in einer Pflanze oder einem Thiere auf, so erlangen die chemischen Processe die Oberhand, und sie allein sind es, welche, als die Todtengräber der Natur, die alte Wahrheit in Erfüllung gehen lassen: „Was von der Erde ist, soll wieder zur Erde werden.“ Die Blätter der Kartoffelpflanze werden gelb, endlich braun, sie fallen ab und verwandeln sich nach und nach in eine dunkle pulverige Masse (Humus); ja im Laufe der Zeit verschwindet auch diese vollständig, bis auf ein wenig Asche, welche nicht mit flüchtig werden konnte. Was hier in Jahren geschieht, erfolgt in Minuten, wenn wir die trocknen Blätter ins Feuer werfen. Der chemische Vorgang ist in beiden Fällen ein ganz ähnlicher, die Zeit nur ist verschieden, in welcher derselbe vollendet wird: er geht rasch vor sich, als Verbrennung, bei starker Wärme; dagegen langsam, als Verwesung, bei geringer Wärme. Was uns Vernichtung scheint, ist aber nur Verwandlung. Die bei der Verbrennung oder Verwesung nicht vernichteten, sondern nur un-



sichtbar gewordenen Stoffe finden wir, in anderer Form, genau ihrem Gewichte nach in der Luft wieder; aus dieser werden sie durch die in den lebenden Pflanzen vorkommenden chemischen Processe wieder zur Erde herabgezogen.

4. Wichtigkeit der chemischen Kenntnisse. Sehen wir hieraus, wie die unergründliche göttliche Allmacht sich die chemischen Processe zu Dienern bestellte, um durch sie den ewigen Wechsel hervorzubringen, den wir tagtäglich um uns her in der Natur gewahren, und um durch sie ununterbrochen aus dem Tode immer wieder neues Leben hervorzurufen: so wird es von selbst einleuchten, wie bildend und belehrend für jeden denkenden Menschen die Wissenschaft sein muss, die ihm diesen Wechsel erklärt und eine genauere Einsicht in die Wunder der Schöpfung gestattet. Diese tiefere Einsicht wird den menschlichen Geist nicht nur zu höherer Ausbildung und Vervollkommenung führen, sondern sie muss ihn zugleich mit grösserer Bewunderung und inniger Verehrung gegen den erfüllen, der in diesen Wundern uns seine unerforschliche Allmacht und Weisheit offenbart.

Das Interesse an dem chemischen Wissen wird aber auch noch von einer anderen Seite her auf eine mächtige Weise angeregt, durch die nützliche Anwendung nämlich, welche wir von demselben im Leben machen können. Die Chemie lehrt dem Apotheker: Arzneimittel darzustellen; sie lehrt dem Arzte: mit diesen Arzneimitteln Krankheiten zu vertreiben; sie zeigt dem Bergmanne nicht nur die in Gesteinen versteckten Metalle, sondern sie hilft sie ihm auch ausschmelzen und verarbeiten. Chemie, im Bunde mit der Physik, ist vorzugsweise der Hebel gewesen, durch welchen so viele Künste und Gewerbe innerhalb der letztverflossenen Jahrzehnte zu einer so ausserordentlichen Ausbildung gebracht wurden; durch sie sind uns zahllose Bequemlichkeiten des Lebens dargeboten worden, die unsere Aeltern noch entbehren mussten. Dass sie der Landwirth auch als eine unentbehrliche Hausfreundin anzusehen hat, ist selbstverständlich; ist sie es doch allein, welche ihm die Bestandtheile seines Ackerlandes anzeigt, welche ihn bekannt macht mit den Nahrungsmitteln der Pflanzen, die er auf diesem Lande erbauen will, und mit den Mitteln, durch welche er die Fruchtbarkeit seiner Felder zu erhöhen vermag.



5. Chemische Kraft oder Verwandtschaft. Glüht man ein Stück Eisen so lange, bis sich eine starke Rinde von Hammerschlag um dasselbe gebildet hat, und wägt es vor- und nachher, so wird man finden, dass es an Gewicht zugenommen hat: es muss also aus der Luft etwas Wägbares zu demselben getreten sein. Dieses Wägbare ist eine Luftart, die man Sauerstoff nennt; durch ihre Vereinigung mit dem Eisen wird sie fest, man ist aber im Stande, ihr durch andere chemische Processe die Luftform wieder zu geben. Lässt man den Hammerschlag an feuchter Luft längere Zeit liegen, so wird er allmähig zu Rost und wiegt nun abermals mehr als vorher: er hat Wasser und noch etwas Sauerstoff aus der Luft angezogen und sich damit verbunden. Der Hammerschlag besteht demnach aus Eisen und Sauerstoff, der Rost aus Eisen, Sauerstoff und Wasser, welche sich aufs Innigste mit einander vereinigt, welche sich chemisch verbunden haben. Als die Ursache dieser Vereinigung, wie aller chemischen Veränderungen überhaupt, sieht man eine eigenthümliche Kraft an, welche man chemische Kraft oder Verwandtschaft, auch Affinität, genannt hat, und man sagt von Körpern, welche die Fähigkeit besitzen, sich mit einander zu vereinigen: sie haben Verwandtschaft zu einander. Eisen hat sonach in der Glühhitze Verwandtschaft zum Sauerstoff der Luft, bei gewöhnlicher Temperatur aber auch noch zum Wasser. Ein Ducaten verändert weder seine Farbe noch sein Gewicht, man mag ihn glühen oder an feuchter Luft liegen lassen; wir schliessen daraus, dass das Gold zum Sauerstoff und zum Wasser keine Verwandtschaft besitzt.

6. Chemische Versuche. Eine Kraft lässt sich nicht sehen oder mit Händen fassen, wir bemerken sie nur an den Wirkungen, welche sie hervorbringt. Wollen wir wissen, ob ein Feuerstahl magnetische Kraft habe, so halten wir eine Nadel an denselben und beobachten, ob dieselbe angezogen wird oder nicht; wir schliessen dann aus diesem Verhalten auf die Anwesenheit oder Abwesenheit von Magnetismus. Genau denselben Weg, den Weg durch Versuche, muss man einschlagen, um die chemischen Kräfte, die Verwandtschaften der Körper zu einander, kennen zu lernen. Jeder Versuch ist eine Frage, die man an einen Körper richtet, die Antwort darauf erhalten wir durch



## 8 Chemische Veränderungen und Versuche.

eine Erscheinung, d. h. durch eine Veränderung, die wir bald durchs Gesicht oder durch den Geruch, bald durch die übrigen Sinne wahrnehmen. Oben wurde die Frage an das Eisen und Gold gestellt: ob sie Verwandtschaft haben zum Sauerstoff? Das in Hammerschlag verwandelte Eisen gab eine bejahende Antwort auf diese Frage, das unveränderliche Gold eine verneinende. Jede Veränderung, jede neue Eigenschaft, die wir an einem Körper wahrnehmen, ist ein Buchstabe in der chemischen Sprache. Um diese leicht und gründlich zu erlernen, ist es daher vor Allem für den Anfänger erspriesslich, sich im Buchstabiren, d. h. im Anstellen von Versuchen zu üben. Hierzu Anleitung zu geben, ist der Zweck dieses Werkchens, in dem vorzugsweise nur solche Versuche Platz gefunden haben, die einerseits leicht, gefahrlos und ohne grosse Kosten angestellt werden können, andererseits aber geeignet erscheinen, die chemischen Lehren und Gesetze daran zu erkennen und dem Gedächtnisse einzuprägen.

**7. Analyse. Synthese. Angewandte und wissenschaftliche Chemie.** Vier Hauptfragen sind es besonders, welche der Chemiker an die verschiedenen Naturkörper richtet:

a) Woraus bestehen dieselben? Hier ist ein Stück Knochen. Was wird aus diesem in einem Ofenfeuer? es wird weisser, leichter und lockerer als vorher (Knochenerde); was aber, wenn es in einem bedeckten Topfe erhitzt wird? es wird leichter und schwarz (Knochenkohle). Wie verhält sich der Knochen in kochendem Wasser oder Wasserdampf? er wird leichter und bleibt weiss, im Wasser aber ist Leim aufgelöst; wie in Salzsäure? er wird durchscheinend, die Knochenerde löst sich auf, dagegen bleibt eine knorpelige Masse zurück, die mit Wasser gekocht in Leim übergeht. Wie verhält sich der Leim im Feuer? er verkohlt in einem bedeckten Gefässe, er verbrennt und verschwindet in einem offenen. Diese wenigen Versuche zeigen, dass in den Knochen eine unverbrennliche Erde und verbrennlicher Leim enthalten sind; sie zeigen zugleich, dass es der verkohlte Leim ist, der die Knochenerde im zweiten Versuche schwarz färbt und sie zu Knochenkohle macht, dass sich Leim wohl in Wasser, nicht aber in Salzsäure auflöst u. a. m. Leim und Knochenerde nennt man die näheren Bestandtheile der Knochen; durch fortgesetzte chemische Processe lassen sich aber



diese noch weiter zerlegen, d. h. in noch einfachere Bestandtheile spalten. In der Knochenerde findet man Phosphor, ein Metall (Calcium) und Sauerstoff; im Leim ausser Kohle (Kohlenstoff) noch drei andere Körper (Sauerstoff, Wasserstoff und Stickstoff). Diese lassen sich auf keine uns bekannte Weise ferner scheiden oder zerlegen und wir nennen sie aus diesem Grunde einfache Körper oder chemische Elemente. Man kennt ihrer bis jetzt einige sechzig, und fast jedes Jahr bringt neuen Zuwachs, der aber eben von keiner wesentlichen Bedeutung für die chemische Wissenschaft oder ihre Anwendung ist, da er aus Elementen besteht, welche nur selten vorkommen. Dieses Trennen der zusammengesetzten Körper in einfache bezeichnet man mit dem Namen: Analyse.

b) Welche Veränderungen erleiden die Körper, wenn man sie mit anderen zusammenbringt? Der aus den Knochen gewonnene Phosphor leuchtet an der Luft und verwandelt sich nach und nach in eine saure Flüssigkeit; er verbindet sich dabei mit dem Sauerstoff der Luft, was das Eisen erst in der Glühhitze thut. Unter lebhaftem Feuer erfolgt diese Verbindung, wenn man den Phosphor gelind erwärmt; auch hierbei bildet sich ein saurer Körper, der aber von dem vorigen verschieden ist. Bringt man diesen mit Kalk zusammen, so entsteht ein neuer Körper, der die grösste Aehnlichkeit mit der Knochenerde hat; er ist auch wirklich künstliche Knochenerde. Die Zahl der neuen Körper, welche durch die Vereinigung der Elemente mit einander oder mit zusammengesetzten Körpern hervorgebracht werden können, ist unendlich, ja es entstehen oft genug ganz verschiedenartige Stoffe, je nachdem man die Vereinigung in der Kälte oder Hitze, im Wasser oder in der Luft, in grösseren oder geringeren Mengen vor sich gehen lässt. Dies ist die Zusammensetzung oder Synthese.

c) Welche nützlichen Anwendungen lassen sich von den chemischen Lehren und Erfahrungen machen? Was der Chemiker gefunden, sei es ein neuer Körper, oder eine neue Eigenschaft an einem schon bekannten, oder eine neue Methode der Zusammensetzung oder Zersetzung, das theilt er dem Apotheker, dem Arzte, dem Landwirthe, dem Fabrikanten und Gewerbetreibenden mit, damit diese ihrerseits Versuche darüber anstellen, ob sich davon irgend ein Vortheil, eine Erleichterung



oder Verbesserung für die Pharmacie, die Heilkunde, die Technik oder die Landwirthschaft erzielen lasse. Der Phosphor entzündet sich von selbst bei gelinder Erwärmung: man benutzt ihn zu Reibzündhölzchen; er wirkt in den Magen gebracht giftig: er ist gegenwärtig das gebräuchlichste Mittel, um Ratten und Mäuse zu vertilgen. In den Samen der Getreidearten hat man, als nie fehlend, die Bestandtheile der Knochenerde, ebenso die des Leims gefunden; der Chemiker schliesst daraus, dass zerkleinerte Knochen ein vorzügliches Düngemittel für Getreide abgeben müssen; der Landwirth beweist dies durch die Erfahrung im Grossen. An den verkohlten Knochen entdeckte man die Eigenschaft, dass sie viele in Flüssigkeiten aufgelöste Stoffe an sich ziehen und in sich verdichten können: man benutzt sie, dieser Eigenschaft wegen, um faules Wasser wieder trinkbar zu machen; der Zuckersieder macht mit Knochenkohle braunen Syrup farblos; der Destillateur reinigt damit fusligen Branntwein u. s. w. Dies ist die angewandte oder praktische Chemie.

d) Welches sind die Ursachen der chemischen Veränderungen und nach welchen Gesetzen erfolgen dieselben? Stellt man die chemischen Versuche, wie es sein muss, mit der Wage in der Hand an, so wird man bald bemerken, dass, wenn man zwei verschiedene Körper, die sich mit einander verbinden können, zusammenbringt, bald von dem einen, bald von dem anderen etwas unverbunden bleibt. Weitere Versuche werden zeigen, wie viel sich dem Gewichte oder Maasse nach von dem einen Körper mit dem anderen vereinigen kann. Prüft man alle Körper in derselben Weise, so gelangt man endlich zu der Gewissheit, dass alle chemischen Verbindungen nur in fest bestimmten, unveränderlichen Gewichts- resp. Volumengen vor sich gehen, und dass jedem einzelnen Körper ein bestimmtes, hier grösseres, dort kleineres Gewicht oder Volumen vorgeschrieben ist, mit welchem er allemal in irgend eine Verbindung eintritt. Diese Gewissheit nennen wir ein Naturgesetz. Solcher Naturgesetze hat man schon gar viele ermittelt, und sie dienen dem Chemiker als eine sichere Richtschnur bei seinen Arbeiten, da sie sich nicht willkürlich umgehen oder abändern lassen, wie die menschlichen Gesetze. Durch sie allein gelangt man zu einer wissenschaftlichen Einsicht in die chemischen Processe, und zu der Befähigung, durch Ver-



suche richtige Fragen an die Körper zu richten und die Wahrheit der erhaltenen Antworten zu prüfen. Eine auf Naturgesetze gestützte Erklärung der chemischen Processe, die unsern Geist in den Stand setzt, sich eine Vorstellung von dem Vorgange dabei zu machen, heisst eine Theorie. So lange diese noch nicht als vollständig erwiesen und begründet angesehen werden kann, bezeichnet man sie mit dem Namen Hypothese.

### Wägen und Messen.

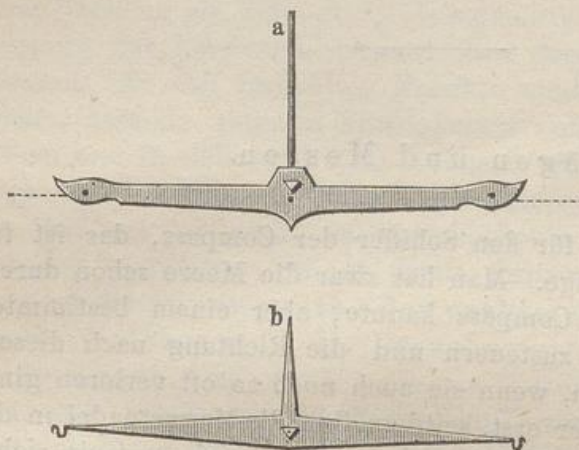
**8. Wage.** Was für den Schiffer der Compass, das ist für den Chemiker die Wage. Man hat zwar die Meere schon durchschifft, ehe man den Compass kannte, aber einem bestimmten Ziele mit Sicherheit zusteuern und die Richtung nach diesem Ziele wieder auffinden, wenn sie auch noch so oft verloren ging, das konnte der Schiffer erst, seitdem ihm die Magnetnadel in die Hand gegeben wurde. So ist auch in der Chemie erst ein sicheres Vorausbestimmen, ein planmässiges Handeln möglich geworden, seitdem man wägt. Die Wage ist ebenso die Richtschnur als der Prüfstein bei chemischen Versuchen; sie lehrt uns die wahre Zusammensetzung der Körper kennen, und zeigt uns, ob die Fragen, die wir stellen, die Antworten, die wir erhalten, oder die Schlüsse, die wir aus den letzteren ziehen, richtig sind oder falsch; es kann daher dem Anfänger nicht genug angerathen werden, selbst bei einfachen Versuchen die Wage zu Hülfe zu nehmen. Für die in diesem Werke angegebenen Versuche reicht eine einfache Wage (Tarirwage) aus, wie man sie in jeder Apotheke antrifft.

Eine solche Wage besteht aus einem gleicharmigen Hebel (Balken) von Messing, durch dessen Mitte eine stählerne, unten zugespitzte Axe geht, die auf jeder Seite auf einer gehärteten Pfanne (Stützpunkt) ruht, so dass der Balken, an dessen Endpunkten die Schalen angehängt werden, leicht auf und nieder schwingen kann. Wichtig ist es, dass die Axe sich an der richtigen Stelle des Wagebalkens befinde, nämlich ein wenig über dem



Schwerpunkte des letzteren, wie es Fig. 1 *a* angiebt. Der Schwerpunkt lässt sich finden, wenn man den Balken mit der daran befestigten Zunge auf seiner breiten Seite auf einer Stricknadel zu balanciren versucht: er ist an der Stelle, wo sich die Spitze der Nadel befindet, wenn der Balken auf letzterer zum Stillstande gebracht ist. Ist die Axe zu tief angebracht, also

Fig. 1.



unter dem Schwerpunkte, wie in Fig. 1 *b*, so muss der Balken umschlagen, wenn eine Schale stärker belastet ist, als die andere. Befindet sie sich gerade im Schwerpunkte, so kommt die Wage selbst bei einer schiefen Stellung des Balkens zur Ruhe. Ist endlich die Axe zu hoch

über dem Schwerpunkte, so verliert die Wage viel von ihrer Empfindlichkeit. Den letztgedachten Fehler trifft man am häufigsten an; er kann dadurch leicht verbessert werden, dass man die Axe etwas tiefer herabsetzen lässt. Eine weitere wichtige Anforderung an eine richtig ausgeführte Wage ist, dass der Stützpunkt und die Anhängpunkte der Schalen, wie in Fig. 1 *a*, in dieselbe gerade Linie fallen.

#### 9. Metrisches oder Decimal-Maass- und Gewichtssystem.

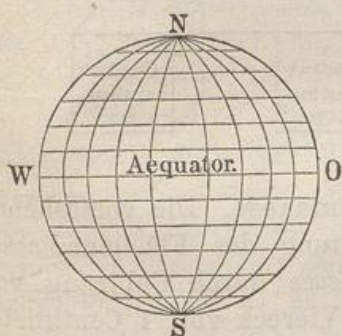
Das ausgezeichnete französische Maass- und Gewichtssystem, dessen Grundlage, das Meter, von dem Umfange unseres Erdballes hergeleitet ist, gewinnt auch in Deutschland mehr und mehr Anerkennung, denn es wird nicht nur bei allen wissenschaftlichen Untersuchungen angewandt, sondern man ist bereits bestrebt gewesen, unser Handelsmaass und Gewicht mit demselben in Einklang zu bringen, und eben geht man damit um, auch unser Medizinalgewicht danach umzugestalten. Da aus dieser Li-



neareinheit, dem Meter, auch das Flächen- und Körpermaass, ja selbst das Gewicht abgeleitet wird; da ferner alle kleineren Maasse und Gewichte durch decimale Division, alle grösseren durch decimale Multiplication gewonnen werden, so bietet dieses System eine Einfachheit, Vollständigkeit, Vergleichbarkeit und eine Bequemlichkeit beim Rechnen mit Bruchtheilen dar, wie kein anderes. Es gilt auch für die in diesem Werke vorkommenden Maasse und Gewichte.

**10. Längenmaasse.** Um sich auf unserer grossen Erdkugel zurecht zu finden und die Lage jedes beliebigen Ortes auf ihr genau angeben zu können, denkt man sich bekanntlich Kreise um die Erde gezogen. Die von *W* nach *O* gehenden Querkreise,

Fig. 2.



von denen der Aequator der mittelste und grösste ist, heissen Parallelkreise (Breitengrade); die der „Länge“ nach rings um die Erde herumlaufenden Kreise aber, die jedesmal die Pole durchschneiden, Meridiane (Längengrade). Die Parallelkreise werden nach den Polen zu immer kleiner, die Meridiane dagegen sind alle gleich gross. Der Kreis *NOSWN* stellt also einen Erdmeridian dar. Der vierte

Theil dieses Kreises, oder, was dasselbe ist, der vierte Theil des durch die Axe gelegten Umfanges unserer Erde, z. B. *NO*, bildet die Grundlage für das neue Maass. Man theilte denselben nämlich in 10 Millionen Theile und nahm ein solches Theilchen, unter dem Namen Meter, als Einheit an. Durch Division mit 10, 100 und 1000 entstehen daraus die kleineren Maasse, die man mit den lateinischen Zahlwörtern Deci, Centi und Milli bezeichnet hat; durch Multiplication mit 10, 100 und 1000 aber die grösseren, mit den griechischen Zahlwörtern Dekä, Hekto und Kilo bezeichneten.

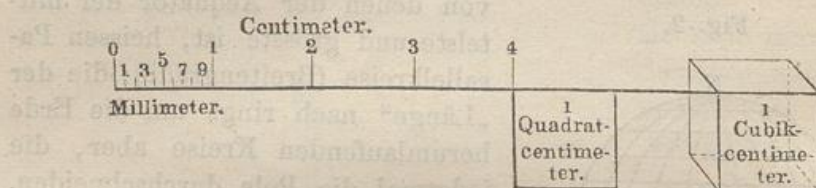


| Kleinere Maasse. |                                   | Grössere Maasse.     |            |
|------------------|-----------------------------------|----------------------|------------|
|                  | Meter.                            |                      | Meter.     |
| Meter . . .      | $= 1^m$                           | Meter . . . . .      | $= 1^m$    |
| Decimeter        | $= 0,1^m$ oder $\frac{1}{10}$     | Dekameter . . . . .  | $= 10^m$   |
| Centimeter       | $= 0,01^m$ oder $\frac{1}{100}$   | Hektometer . . . . . | $= 100^m$  |
| Millimeter       | $= 0,001^m$ oder $\frac{1}{1000}$ | Kilometer . . . . .  | $= 1000^m$ |

Mit dem preussischen Maass verglichen beträgt: 1 Meter 3,186 Fuss; 1 Decimeter 3,82 Zoll; 1 Centimeter 4,6 Linien; 1 Kilometer 0,133 Meile.

Die nachstehende Figur giebt die Länge eines Centimeters und dessen Eintheilung in 10 Millimeter an.

Fig. 3.



**11. Flächen-, Körper- und Hohlmaasse.** Die vorstehende Figur verdeutlicht zugleich die Ableitung des Flächenmaasses durch Quadrirung und des Körpermaasses durch Cubirung von dem Längenmaasse. Ein rechteckiges Viereck von 1 Centimeter Länge und Breite stellt 1 Quadratcentimeter dar, oder  $\frac{1}{10000}$  des Quadratmeters, welches 1 Meter lang und breit ist und mit 10,15 preuss. Quadratfuss übereinkommt. Aus dem Quadratmeter gehen durch Division mit 100 die kleineren und durch Multiplication mit 100 die grösseren Quadratmaasse hervor. Für grosse Flächen, als Feldmaasse etc., wird das Quadratdekameter,  $= 100$  Quadratmeter, unter dem Namen Are als Einheit benutzt und durch decimale Division oder Multiplication verkleinert oder vergrössert. 1 Hectare,  $= 100$  Are oder 10 000 Quadratmeter entspricht 3,9 preuss. Morgen.

Errichtet man auf dem Quadratcentimeter einen Würfel (s. Figur 3), so erhält man ein Cubikcentimeter, d. h. einen Körper oder Hohlraum  $= 1$  Centimeter lang, breit und hoch; dasselbe macht  $\frac{1}{100} \times \frac{1}{100} \times \frac{1}{100}$  oder 1 Milliontel des Cubikmeters, d. h. eines auf dem Quadratmeter errichteten Würfels, aus und wird in



der Chemie bei Volumbestimmungen am häufigsten gebraucht. Für kleinere Hohlmaasse wird aber, statt des Cubikmeters, auch das Cubikdecimeter, =  $\frac{1}{1000}$  des Cubikmeters, als Einheit gesetzt und unter dem besonderen Namen Liter zur Bildung der folgenden Maassscala benutzt.

Kleinere Maasse.

|              | Liter.             | Cub.-Cent. |
|--------------|--------------------|------------|
| Liter . . .  | = 1                | = 1000     |
| Deciliter .  | = $\frac{1}{10}$   | = 100      |
| Centiliter . | = $\frac{1}{100}$  | = 10       |
| Milliliter . | = $\frac{1}{1000}$ | = 1        |

Grössere Maasse.

|                      | Liter.  |
|----------------------|---------|
| Liter . . . . .      | = 1     |
| Dekaliter . . . . .  | = 10    |
| Hektoliter . . . . . | = 100   |
| Kiloliter . . . . .  | = 1000. |

Nach preussischem Maass beträgt 1 Cubikmeter 32,35 Cubikfuss; 1 Cubikcentimeter 96,6 Cubiklinien; 1 preuss. Cubikzoll rund 18 Cubikcentimeter.

1 Liter = 55,89 preuss. Cubikzoll oder 0,873, rund  $\frac{7}{8}$  preuss. Quart oder  $1\frac{1}{14}$  Dresdener Kanne; 1 preuss. Quart. = 1,145, rund  $1\frac{1}{7}$  Liter; 1 Hektoliter = 1,82 preuss. Scheffel.

12. Gewichte. Das oben (Fig. 3) durch Zeichnung verdeutlichte Cubikcentimeter diene auch zur Herstellung der metrischen Gewichtseinheit. Man stellte sich ein viereckiges Kästchen dar, welches im Inneren genau 1 Centimeter lang, breit und hoch war und füllte es mit reinem Wasser im Zustande der grössten Dichtigkeit (von  $+ 4^{\circ}\text{C.}$ ); das Gewicht dieser Wassermenge nannte man Gramm. Durch je 10 verkleinert oder vergrössert liefert dasselbe folgende Abstufungen:

Kleinere Gewichte.

|                | Gramm.                     | In Medizinalgew. |
|----------------|----------------------------|------------------|
| Gramm . . .    | = 1 . . . . .              | = 16,4           |
| Decigramm . .  | = 0,1 oder $\frac{1}{10}$  | = 1,64           |
| Centigramm .   | = 0,01 „ $\frac{1}{100}$   | = 0,164          |
| Milligramm . . | = 0,001 „ $\frac{1}{1000}$ | = 0,0164.        |

Grössere Gewichte.

|                               | Gramm. | In Handelsgew. |
|-------------------------------|--------|----------------|
| Gramm . . . . .               | 1      | = 0,06         |
| Dekagramm (Dekas) . . . . .   | 10     | = 0,6          |
| Hektogramm (Hektas) . . . . . | 100    | = 6            |
| Kilogramm (Kilo) . . . . .    | 1000   | = 60.          |



|                           |      |                              |      |
|---------------------------|------|------------------------------|------|
| 1 Pfund Zollgewicht = 500 | Grm. | 1 Unze Medizinalgew. = 29,23 | Grm. |
| 1 Loth " = 16,66          | "    | 1 Drachme " = 3,65           | "    |
| 1 Quent " = 1,666         | "    | 1 Skrupel " = 1,22           | "    |
| 1 Cent " = 0,166          | "    | 1 Gran " = 0,06              | "    |

Die folgende Zusammenstellung mag noch zeigen, wie leicht sich die metrischen Gewichts- und Volumeinheiten mit einander vergleichen lassen.

1 Gramm Wasser von  $+ 4^{\circ}\text{C.}$  = 1 Cubikcentimeter oder Milliliter, = 1 Milliontel eines Cubikmeters.

100 Gramm Wasser = 100 Cubikcentimeter oder Milliliter, = 1 Deciliter, =  $\frac{1}{10000}$  eines Cubikmeters.

1000 Gramm oder 1 Kilogramm Wasser = 1 Liter, = 1000 Cubikcentimeter oder Milliliter, = 1 Cubikdecimeter, =  $\frac{1}{1000}$  eines Cubikmeters.

1000 Kilogramm = 1000 Liter, = 1 Cubikmeter.

**13. Messgefäße.** Feste und flüssige Körper können ohne Schwierigkeit gewogen werden, nicht aber luftförmige, diese lassen sich bequemer und genauer ihrem Volum nach quantitativ vergleichen und bestimmen. Man bedient sich hierzu graduirter, an einem Ende geschlossener Glasröhren, in denen man die Luftart durch Quecksilber oder Wasser abschliesst.

Da das mechanische Messen weniger Zeit und Mühe erfordert, als das Wägen, so hat man sich bemüht, auch für Flüssigkeiten genaue Messgefäße herzustellen, mit deren Hülfe sich selbst quantitative Bestimmungen der ersteren oder von in ihnen gelösten festen Körpern ausführen lassen (Maassanalyse).

Die Pipetten, kleine Stechheber, Fig. 4 a und b, dienen insbesondere dazu, um ein bestimmtes Volum einer Flüssigkeit aus einem Gefäße aufzusaugen und in ein anderes zu bringen, wie um flüssige Lösungen in verschiedene Portionen zu theilen. Der graduirte Cylinder (Fig. 5 a) wird als allgemeines Messgefäß benutzt. Die Büretten (Fig. 5 b und c) gestatten ein tropfenweises Ausgießen (b) oder mittelst des Quetschhahnes ein tropfenweises Abfließen (c) von Flüssigkeit unter gleichzeitiger Bestimmung der ausgeflossenen Menge.

Für die in diesem Werke angegebenen Versuche genügt eine 10 Cubikcentimeter (C.-C.) fassende Pipette und ein Messglas von 1 Deciliter oder 100 C.-C. Inhalt. Das letztere, hauptsächlich zum



Abmessen von Wasser bestimmt, ist in 10 ganze Grade und ebensoviel halbe getheilt; 1 Grad entspricht demnach 10 C.-C. = 10 Grm. Wasser, ein halber Grad 5 C.-C. = 5 Grm. Wasser.

Fig. 4.

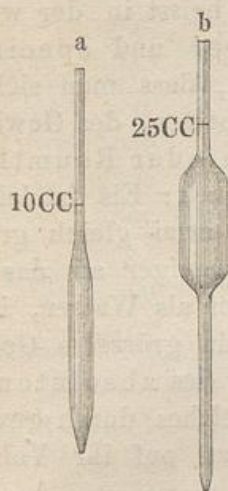
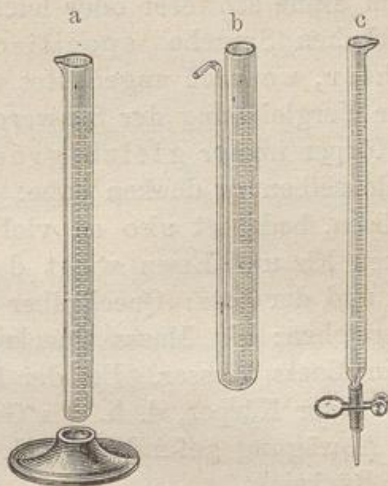


Fig. 5.



Die Grösse der zu den Versuchen erforderlichen Flaschen und Fläschchen ist bei den ersteren in Litern, bei den letzteren in Cubikcentimetern angegeben. Da es beim Ein- und Verkauf in Deutschland üblich ist, die Grösse der Flaschen nach ihrer Fassungskraft für Wasser in Pfunden und Lothen auszudrücken, so mag die folgende Nebeneinanderstellung dazu dienen, die nöthigen Vergleichen zu erleichtern:

|                  |               |                    |               |        |        |        |                     |                   |
|------------------|---------------|--------------------|---------------|--------|--------|--------|---------------------|-------------------|
| Eine Flasche von |               |                    |               |        |        |        |                     |                   |
| 2 Pfd.           | 1 Pfd.        | $\frac{1}{2}$ Pfd. | 12 Lth.       | 9 Lth. | 6 Lth. | 3 Lth. | $1\frac{1}{2}$ Lth. |                   |
| = 1              | $\frac{1}{2}$ | $\frac{1}{4}$      | $\frac{1}{5}$ | —      | —      | —      | —                   | Liter,            |
| = 1000           | 500           | 250                | 200           | 150    | 100    | 50     | 25                  | Cub.-Cent.        |
|                  |               |                    |               |        |        |        |                     | oder Grm. Wasser. |

### Specifisches Gewicht.

14. Verschiedene Schwere (Dichtigkeit) der Körper.  
Eis schwimmt auf Wasser, Eisen sinkt darin unter, weil ersteres leichter, letzteres schwerer ist als Wasser. Legen wir aber ein Stück Eis in Spiritus, so sinkt es darin unter, oder ein Stück Eisen auf Quecksilber, so schwimmt es auf letzterem; Eis ist

Stöckhardt, die Schule der Chemie.



also schwerer als Spiritus, Eisen leichter als Quecksilber. Man sagt auch wohl, Spiritus ist leichter als Wasser, er kann daher weniger tragen, Quecksilber ist schwerer als Wasser, es trägt mehr. Was man nach dem gewöhnlichen Sprachgebrauche in diesem Sinne schwerer oder leichter nennt, heisst in der wissenschaftlichen Sprache specifisch schwerer und specifisch leichter, wodurch angedeutet werden soll, dass man sich bei dieser Vergleichung der Schwere, oder richtiger, des Gewichtes der Körper immer gleich grosse Stücke oder Raumtheile von denselben zu denken habe. Der Ausdruck: Eis ist leichter als Eisen, bedeutet also so viel, als: von zwei gleich grossen Stücken Eis und Eisen wiegt das erstere weniger als das letztere; und der Satz: Quecksilber ist schwerer als Wasser, ist so zu verstehen: ein Maass Quecksilber hat ein grösseres Gewicht als ein Maass Wasser. Bei der Ermittlung des absoluten Gewichtes der Körper, d. h. des Gewichtes, welches durch gewöhnliche Abwägung gefunden wird, nimmt man auf ihr Volumen keine Rücksicht.

Um zu erfahren, wie vielmal das Quecksilber schwerer sei als das Wasser, oder das Eisen schwerer als das Eis, braucht man nur gleiche Volume oder Raumtheile von denselben zu wägen und die Gewichte mit einander zu vergleichen. Hätte man z. B. fünf ganz gleiche Kästchen von solcher Grösse, dass sie genau 1 Grm. oder 1000 Milligrm. Wasser fassten, und füllte in das eine Spiritus, in die anderen Eis, Wasser, Eisen und Quecksilber, so würde man folgende Gewichtsverschiedenheiten finden:

| das          |                 |                 |                  |                  |                   |
|--------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|-------------------|
| Kästchen mit | Spiritus,       | Eis,            | Wasser,          | Eisen,           | Quecksilber       |
| würde wiegen | 800<br>Milligr. | 900<br>Milligr. | 1000<br>Milligr. | 7500<br>Milligr. | 13500<br>Milligr. |

Zur leichteren Vergleichung der Zahlen, welche angeben, wie vielmal ein Körper specifisch schwerer oder leichter ist, als ein anderer, ist man übereingekommen, das Gewicht des Wassers, als des verbreitetsten Körpers, als Grundgewicht oder als Einheit anzunehmen. Man würde also in dem vorliegenden Falle zu fragen haben: wie vielmal sind Spiritus und Eis leichter und



Eisen und Quecksilber schwerer als Wasser, oder, was auf eins herauskommt: wie vielmal ist 1000 in 800, in 900, in 7500 und 13500 enthalten? Man dividirt daher mit dem Gewichte des Wassers, mit 1000, in die übrigen Zahlen und erhält für

|             |                      |  |
|-------------|----------------------|--|
| Spiritus    | $\frac{800}{1000}$   | oder in Decimalen 0,80, also um $\frac{1}{5}$ leichter als Wasser.     |
| Eis         | $\frac{900}{1000}$   | " " " 0,90, " " $\frac{1}{10}$ " " "                                   |
| Eisen       | $\frac{7500}{1000}$  | od. in Decimalen 7,50, also um $7\frac{1}{2}$ mal schwerer als Wasser. |
| Quecksilber | $\frac{13500}{1000}$ | " " " 13,50, " " $13\frac{1}{2}$ mal " " "                             |

Diese Zahlen heissen specifische Gewichtszahlen (specif. Gew.). Findet man also angegeben: Weingeist hat ein specifisches Gewicht von 0,80, so heisst dies so viel als: 80 Gewichtstheile (Grm., Loth etc.) davon nehmen denselben Raum ein als 100 Gewichtstheile Wasser, er ist also nur  $\frac{4}{5}$  so schwer, oder, was dasselbe ist, um  $\frac{1}{5}$  leichter als Wasser. Das specifische Gewicht des Quecksilbers ist 13,5, bedeutet also:  $13\frac{1}{2}$  Gewichtstheile von Quecksilber nehmen nicht mehr Raum ein als 1 Gewichtstheil Wasser, es ist  $13\frac{1}{2}$  mal schwerer als Wasser.

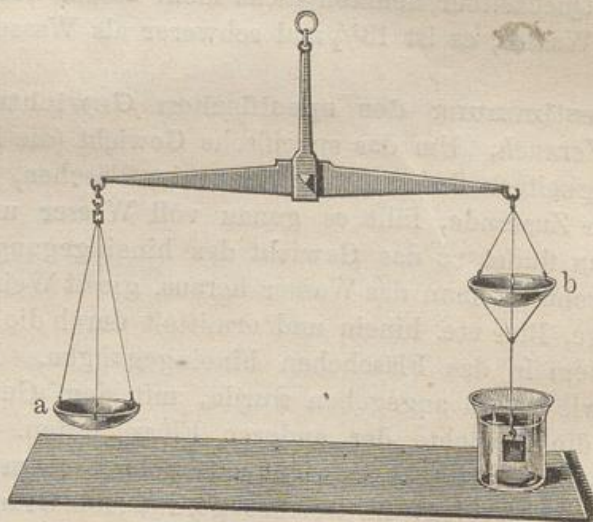
**15. Bestimmung des specifischen Gewichts flüssiger Körper.** *Versuch.* Um das specifische Gewicht (die Dichtigkeit) einer Flüssigkeit zu finden, tarirt man ein Gläschen, d. h. wägt es in leerem Zustande, füllt es genau voll Wasser und wägt es wieder. Man findet so das Gewicht des hineingegangenen Wassers. Nun schüttet man das Wasser heraus, giesst Weingeist oder Syrup, Lauge, Bier etc. hinein und ermittelt durch die Wage, wie viel von jedem in das Fläschchen hineingegangen. Dann dividirt man, wie schon angegeben wurde, mit dem Gewichte des Wassers in die Gewichte der anderen Flüssigkeiten. Der Quotient zeigt das specifische Gewicht an. Sehr bequem ist es, ein Fläschchen anzuwenden, in welches gerade 100 Gramm Wasser hineingehen, da man in diesem Falle das Rechnen ganz erspart, weil die Anzahl von Grm., die das Fläschchen von irgend einer Flüssigkeit fasst, zugleich als die Zahl für das specifische Gewicht derselben anzusehen ist.



16. Bestimmung des specifischen Gewichts fester Körper. *Versuch.* Auf einer Wage tarire man ein mit Wasser gefülltes Gläschen, dann lege man auf die Gewichtsschale 15 Grm., neben das Gläschen aber so viele kleine, eiserne Nägel, bis die Wage wieder ins Gleichgewicht gekommen ist. Man nimmt nun beides von der Wage und schüttet die Nägel ins Glas, aus dem natürlich genau so viel Wasser herausgedrängt werden muss, als die Nägel Raum einnehmen. Wie viel dies beträgt, erfährt man, wenn man das gut abgetrocknete Gläschen wieder auf die Wagschale stellt und von der anderen so viele Gewichte wegnimmt, bis die Zunge wieder genau einsteht. Die weggenommenen Gewichte (ungefähr 2 Grm.) bilden nun den Divisor, und 15 Grm. den Dividend; man erhält  $\frac{15}{2} = 7,5$  als das specifische Gewicht des Eisens, aus dem die Nägel bestehen.

*Versuch.* Will man das specifische Gewicht eines ganzen Stückes Eisen oder irgend eines anderen Körpers bestimmen, der sich nicht in ein Gläschen bringen lässt, so bindet man ihn an einen feinen Faden, schlingt diesen um die Schale *b*, Fig. 6, einer

Fig. 6.



gewöhnlichen Handwage, die man durch Einbinden der Schnuren kürzer gemacht hat, und wägt den Körper erst in der Luft, sodann im Wasser, indem man ein Gefäß mit Wasser so unterstellt, dass das Stück Eisen einen Zoll tief ins Wasser eintaucht. Mit



dem Eintauchen desselben wird die Gewichtsschale sinken, das Eisen muss also unter Wasser leichter werden. Wog das Eisen in der Luft 15 Grm., so wird man, gerade wie bei dem vorigen Versuche, ebenfalls 2 Grm. von der Schale *a* wegnehmen müssen, um die Wage wieder ins Gleichgewicht zu bringen, also genau so viel, als eine Quantität Wasser wiegt, die so viel Raum einnimmt, als das Stück Eisen. Es tritt demnach derselbe Gewichtsverlust ein, mag man das Wasser aus dem Gläschen heraus oder nur zur Seite drängen. Dieser bildet wieder den Divisor, mit dem man in 15, das Gewicht des Eisens in der Luft, zu dividiren hat, um das specifische Gewicht wie oben zu  $\frac{15}{2} = 7,5$  zu finden.

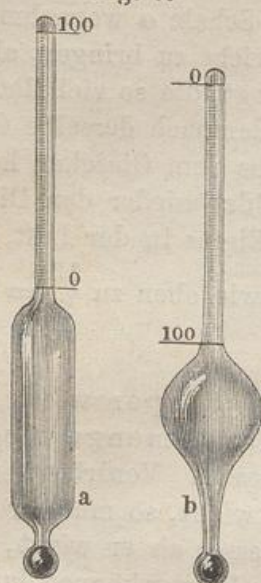
17. Schwimmen der Körper. Jeder Körper wird im Wasser um so viel leichter, als die Wassermenge wiegt, die er verdrängt; dies ist ein Naturgesetz. Verdrängt ein Körper weniger Wasser als er an der Luft wiegt, so muss er im Wasser untersinken; verdrängt er mehr Wasser als er wiegt, so muss er schwimmen. Selbst sehr schwere Körper können durch Vergrösserung ihres Volumens zum Schwimmen gebracht werden; aus Eisen baut man Schiffe, obgleich es fast 8mal schwerer ist als Wasser; ein Trinkglas schwimmt auf Wasser, und doch ist das specifische Gewicht des Glases 3- bis 4mal grösser als das des Wassers. Ein dichtes Stück Eisen verliert im Wasser ziemlich  $\frac{1}{8}$  von seinem Gewichte; hämmert man dasselbe zu einem Schälchen oder Kästchen von solcher Grösse aus, dass es einen 8mal grösseren Raum einnimmt als vorher, so verliert es im Wasser sein ganzes Gewicht und wird darin eben schwimmen, aber bis an den Rand eintauchen. Wird das Schälchen noch einmal so gross gemacht, so dass es das Doppelte seines eigenen Gewichts verdrängen kann, so taucht es nur bis zur Hälfte ein, und man kann es noch mit einem gleich schweren Stück Eisen belasten, ehe es untersinkt.

18. Aräometer oder Senkwagen. Fig. 7 (a. f. S.). Ein und derselbe Körper wird aber in verschiedenen Flüssigkeiten mehr oder weniger tief einsinken, in leichteren nämlich, die weniger tragen können, tiefer als in schweren oder dichterem, die eine grössere Tragkraft haben, wie dies schon oben angegeben wurde.



Dies hat zu einer recht bequemen Methode geführt, das specifische Gewicht einer Flüssigkeit durch das mehr oder minder tiefe

Fig. 7.



Einsinken eines darin schwimmenden Körpers zu ermitteln. Als schwimmenden Körper wendet man gewöhnlich eine Glasspin-  
del von beistehender Form an, der man den Namen Senkwage oder Aräometer (Dichtigkeitsmesser) gegeben hat. Der mittlere Theil einer solchen Senkwage macht, dass dieselbeschwimmt, er ist daher hohl und aufgeblasen; der untere Theil macht, dass sie gerade oder senkrecht schwimmt, er ist deshalb mit Quecksilber oder Bleischrot gefüllt, wodurch der Schwerpunkt nach unten gezogen wird. Die obere dünne Röhre dient zum Messen der Tiefe, bis zu welcher das Instrument in einer Flüssigkeit einsinkt; sie enthält zu diesem Zwecke einen zusammengerollten Papierstreifen mit aufgeschriebener Scala,

von welcher man die Grade nur abzulesen braucht. Zu Wagen dieser Art gehören die bekannten Spiritus- oder Branntweinwagen, die Oel-, Laugen-, Zuckerwagen etc. Taucht man eine Spirituswage (Fig. 7 a) in Wasser, so sinkt sie bis zur tiefsten Stelle der Röhre, bis zu 0 ein, in dem stärksten Weingeist dagegen, der viel dünner ist als Wasser, bis zur obersten Stelle, die mit 100 bezeichnet ist. Eine Laugenwage (Fig. 7 b) dagegen muss den Nullpunkt bis zu dem sie in reinem Wasser einsinkt, oben haben, weil die Laugen schwerer sind als Wasser, und in Folge ihrer grösseren Tragkraft die Senkwage in die Höhe heben, und zwar um so mehr, je stärker sie sind. Bei den Aräometern für leichtere Flüssigkeiten zählt man von unten nach oben, bei den für schwerere Flüssigkeiten von oben nach unten. Die meisten Scalen derselben sind auf eine willkürliche Weise in Grade eingetheilt worden (empirische Scalen); um diese in die entsprechenden specifischen Gewichtsahlen zu verwandeln, hat man besondere Tabellen angefertigt, die nachgesehen werden müssen.



19. Einfluss der Temperatur auf das specifische Gewicht.

*Versuch.* Man giesse Branntwein in einen Cylinder und merke sich die Grade an, welche er zeigt, dann stelle man denselben an einen warmen Ort und prüfe ihn noch einmal, wenn er lauwarm geworden ist: der warme Branntwein wird mehr Grade zeigen und stärker scheinen als er wirklich ist, weil die Wärme ihn ausdehnt und leichter macht (vergl. Nro. 24). Alle Körper haben erwärmt ein geringeres specifisches Gewicht als im kalten Zustande. Man muss aus diesem Grunde bei Bestimmung der Dichtigkeit der Körper auch auf die Temperatur Rücksicht nehmen, die sie besitzen, und ist übereingekommen, eine Wärme von  $15^{\circ}\text{C}$ . als Mitteltemperatur anzusehen.

Bei genaueren Senkwagen hat man auf eine sinnreiche Weise dem in der Kugel befindlichen Quecksilber zugleich die Bestimmung gegeben, die Wärme anzuzeigen, indem man es in eine kurze Kugelhöhle füllt und auf deren Kugel den hohlen Glaskörper aufschmilzt. Die kleine Scala *a* (Fig. 8) dieses Instrumentes zeigt die Temperatur der Flüssigkeit an, die lange Scala *b* aber die Dichtigkeit derselben. Zu grösserer Bequemlichkeit ist die

kleine Scala gewöhnlich so eingerichtet, dass jeder Grad derselben einem Grade der längeren Scala entspricht, und man hat dann nur nöthig, die Theilstriche unter der Mitteltemperatur den Dichtigkeitsgraden hinzuzuaddiren, die über der Mitteltemperatur hingegen von letzteren abzuziehen, um sich vor Täuschungen zu schützen.

Gold ist 19mal, Silber 10mal schwerer als Wasser, mit Silber versetztes Gold muss daher specifisch leichter sein als reines Gold; Messing hat nur ein specifisches Gewicht = 8. Weingeist und Aether werden um so leichter, je reiner und stärker sie sind; Laugen, Syrupe, Säuren etc. werden umgekehrt schwerer bei zunehmender Güte und Stärke. Es ist hieraus abzunehmen, wie wichtig in vielen Fällen die Kenntniss des specifischen Gewichtes werden kann, um danach die Güte und Reinheit der Körper zu beurtheilen. Dasselbe ist hier bei den wichtigsten Elementen und Verbindungen meistens in der Ueberschrift mit aufgeführt.





## Die alten Elemente.

20. Naturkörper. Wie wir an uns selbst den sichtbaren Körper, und als seinen Beherrscher den unsichtbaren Geist unterscheiden, so unterscheiden wir auch ausser uns in der Natur Körper, die wir festhalten und wägen können, und geistige Gewalten oder Kräfte, die über diese Körper herrschen und kein Gewicht besitzen.

Die zahllosen Naturkörper, die wir auf unserer Erde antreffen, lassen sich leicht in drei grosse Classen vertheilen: sie sind entweder fest, flüssig oder luftförmig. Man nennt diese drei Zustände, in denen die Körper vorkommen, Aggregatzustände.

Um ein Stück Eis zu zerschneiden oder zu zerstossen, müssen wir eine grössere Kraft anwenden, als um Wasser in kleinere Theilchen, in Tropfen zu verwandeln; wir schliessen daraus, dass die einzelnen Theilchen des festen Eises stärker unter einander zusammenhängen als die des flüssigen Wassers. Als den Grund dieses verschiedenen Zusammenhanges sieht man eine eigenthümliche anziehende Kraft an, die zwischen den kleinsten Theilchen der Körper thätig ist, und der man den Namen Zusammenhangskraft oder Cohäsion gegeben hat. Bei den festen Körpern ist diese Cohäsion grösser als bei den flüssigen; bei den luftförmigen Körpern ist von derselben gar nichts mehr zu bemerken.

21. Naturkräfte. Die Naturkräfte an und für sich kennen wir nicht, denn sie sind innerlicher, gleichsam geistiger Art, demungeachtet sind wir von dem Dasein derselben eben so fest überzeugt, wie von dem eines Geistes in uns selbst, weil wir die Wirkungen und Erscheinungen kennen, welche durch sie hervor gebracht werden. Ein Stück Eisen, in die Höhe geworfen, fällt wieder zur Erde herab: wir schreiben diese Erscheinung der Anziehungskraft der Erde zu; an feuchter Luft rostet dasselbe, d. h. es verbindet sich mit dem Sauerstoff der Luft: dies ist eine Wirkung der chemischen Kraft; die Kraft der Electricität vermag das Eisen aus dieser Verbindung wieder frei



zu machen. Durch die Kraft des Magnetismus erhält das Eisen, wenn es sich frei drehen kann, eine bestimmte Richtung von Norden nach Süden; durch die Kraft der Wärme kann es geschmolzen werden etc. Man nimmt zwar, wie sich hieraus ergibt, gar verschiedenartige Kräfte an, es ist aber sehr wahrscheinlich, dass sie alle von einer gemeinschaftlichen Mutter stammen, wie wir ja auch die verschiedenen Aeusserungen der geistigen Kraft des Menschen, z. B. die Willenskraft, Urtheilskraft, Einbildungskraft etc., nur von einem einzigen Geiste herleiten.

**22. Die sogenannten alten Elemente.** Unter den festen Naturkörpern ist der bekannteste und verbreitetste der Erdboden, unter den flüssigen das Wasser, unter den luftförmigen die gewöhnliche atmosphärische Luft; dies brachte die Gelehrten schon in frühen Zeiten auf die Vermuthung, dass alle festen Körper aus Erde, alle flüssigen aus Wasser, alle luftförmigen aus Luft entstanden seien, und man nannte diese drei Körper aus diesem Grunde Elemente oder Urstoffe. Als solche können sie zwar im chemischen Sinne jetzt nicht mehr gelten, da es der Chemie gelungen ist, sie alle drei in noch einfachere Körper zu zerlegen; wohl aber können wir sie immer noch als physikalische Grundstoffe ansehen, d. h. als Sinnbilder für die drei Aggregatzustände der Körper.

Das vierte Element der Alten, das Feuer, kann als ein Symbol für die Kräfte oder geistigen Gewalten angesehen werden. Als chemisches Element hat es gleichfalls seine Bedeutung verloren, da es nur eine, meistens durch chemische Processe hervorgerufene Erscheinung ist, bei der wir Licht sehen und Wärme fühlen.

Bei den meisten chemischen Vorgängen spielen von diesen alten Elementen das Feuer (Wärme), das Wasser und die Luft eine wichtige Rolle; denn die Wärme ist ein wichtiges Beförderungsmittel der chemischen Veränderungen und das Wasser das wichtige Auflösungsmittel für feste und luftförmige Körper. Die Luft aber verdient insofern allgemeine Berücksichtigung, als wir fast alle chemischen Versuche in ihr anstellen müssen, wobei sie nicht selten helfend oder hemmend mit einwirkt. Es mögen daher diese drei sogenannten physikalischen Elemente zuerst in nähere Betrachtung gezogen werden.

---



## Wasser und Wärme.

23. Das Wasser bedeckt als Meer, theils im festen Zustande, wie im hohen Norden, theils flüssig, wie in den wärmeren Gegenden, beinahe drei Vierteltheile der Erdoberfläche; in Flüssen durchströmt es das Land in allen Richtungen; es steigt als Dampf in die Luft, bildet daselbst Wolken und fällt als Regen wieder auf die Erde zurück. Wir finden es also in allen drei Aggregatformen in der Natur und gewahren leicht, dass die Wärme es ist, durch welche diese äusserliche Verschiedenheit bewirkt wird. Das Wasser eignet sich aus diesem Grunde sehr gut dazu, um an ihm die wichtigsten Wirkungen der Wärme zu studiren.

## Ausdehnung durch Wärme. Thermometer.

24. Ausdehnung flüssiger Körper. *Versuch.* Man tariere ein kleines Kochfläschchen, d. h. man stelle es auf die eine

Fig. 9.



natürlich tiefer, als es vorher

Schale einer Wage und lege auf die andere so viele Gewichte oder Schrotkörner etc., bis die Zunge genau einsteht, fülle es dann voll mit eiskaltem Wasser und merke sich das Gewicht des letzteren an. Hierauf erwärme man das Fläschchen auf einem Dreifusse durch eine einfache Spirituslampe, die man anfangs einige Minuten hin und her bewegt, damit die Erwärmung des Glases nur allmählig erfolge. Das Wasser wird bald höher steigen und ein Theil desselben herausfliessen. Sowie es zu kochen beginnt, entfernt man die Lampe und lässt das Gefäss erkalten; dabei sinkt das Wasser stand. Wie viel davon heraus-



getrieben wurde, erfährt man durch den Gewichtsverlust bei abermaligem Wägen; es wird ungefähr  $\frac{1}{22}$  an dem ersten Gewichte fehlen. 100 Maass Wasser von  $0^{\circ}\text{C}$ . geben 101,2 Maass Wasser von  $50^{\circ}\text{C}$ . und 104,3 Maass Wasser von  $100^{\circ}\text{C}$ .

Durch den brennenden Spiritus oder Weingeist wird zuerst die Bodenfläche des Glasgefässes, durch diese sodann das Wasser erwärmt. Die Wärme dehnt das Wasser aus, das warme Wasser nimmt folglich einen grösseren Raum ein als das kalte, und ein Theil davon muss herausfliessen. Es folgt hieraus auch, dass warmes Wasser leichter sein muss als kaltes; 1 Liter eiskaltes Wasser wiegt 1000 Grm., 1 Liter kochendheisses aber nur 955 Grm. Bei dem Erkalten oder dem Entweichen der Wärme zieht es sich wieder zusammen und wird dadurch wieder dichter und schwerer.

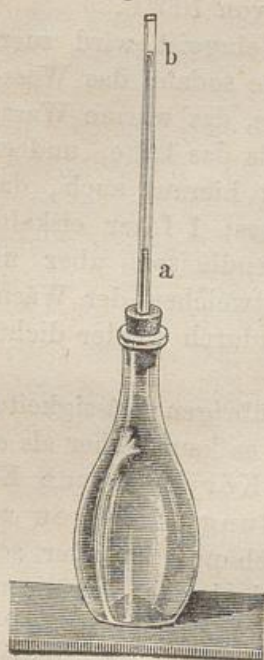
Wie das Wasser, so verhalten sich alle übrigen Flüssigkeiten, ja auch die festen und luftförmigen Körper; es kann daher als ein Naturgesetz angesehen werden: dass die Körper durch Erwärmung ausgedehnt, durch Abkühlung hingegen zusammengezogen werden. Diese Ausdehnung ist aber sehr verschieden; manche Körper dehnen sich bei gleicher Erwärmung stärker aus, andere wieder schwächer, der Weingeist z. B.  $2\frac{1}{2}$ -mal stärker, das Quecksilber  $2\frac{1}{2}$ -mal schwächer als das Wasser. Bei den Flüssigkeiten, welche dem Maasse nach ein- und verkauft werden, kann diese Wirkung der Wärme oft ökonomisch wichtig werden; denn wenn man beispielsweise 100 Maass Branntwein oder Spiritus bei starker Sommerhitze einkauft, bei starker Winterkälte aber wieder verkauft, so wird man 4 bis 5 Maass daran verlieren, ebenso viel dagegen gewinnen, wenn der Einkauf im Winter und der Verkauf im Sommer erfolgt.

*Versuch.* Um die Ausdehnung des Wassers durch die Wärme deutlicher beobachten zu können, passe man auf ein Kochfläschchen einen Kork, den man zuvor mit einem Stück Holz so lange gelind geklopft hat, bis er so weich geworden ist, dass er schon bei sanftem Eindrehen in die Oeffnung des Gläschens sich überall genau an das Glas anlegt; den Kork durchbohre man in der Mitte mittelst einer runden Feile, bis sich in die entstandene, möglichst cylindrische Oeffnung eine Glasröhre, etwas streng, einschieben lässt. Nun fülle man das Gläschen so weit mit Wasser an, dass dieses, wenn der Kork fest



eingedreht wird, in der Röhre ungefähr bis *a* steht, und erwärme es wie bei dem vorigen Versuche.

Fig. 10.



Das Wasser, welches bei dem vorigen Versuche durch die Kraft der Wärme aus dem Gläschen herausgedrängt wurde, wird hier in der Röhre in die Höhe gehoben, und zwar wird es um so höher steigen, je enger die Glasröhre ist. Man kann auf diese Weise selbst sehr kleine Raumveränderungen noch sichtbar fürs Auge machen, und diese Veränderungen dann dazu benutzen, um aus ihnen einen Schluss auf die Zu- oder Abnahme der Wärme zu ziehen, oder was dasselbe ist, um die Wärme zu messen. Dies geschieht durch besondere Instrumente, die Thermometer oder Wärmemesser heißen.

25. Thermometer oder Wärmemesser. Man könnte die Ausdehnung des Wassers in dem eben besprochenen Versuche leicht zum Messen der

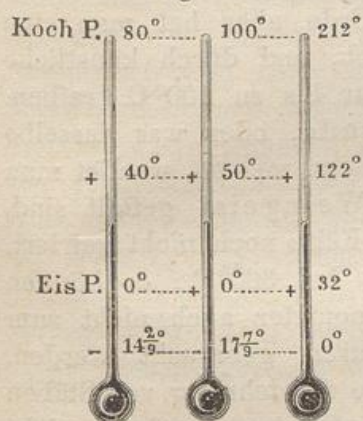
Wärme anwenden, wenn man die Stelle an der Glasröhre, bis zu welcher das Wasser beim Kochen in die Höhe stieg, sowie gleichfalls diejenige Stelle, bis zu der es beim Erkalten in Schnee fallen würde, anzeichnete und diesen Raum in Grade einteilte. Viel zweckmässiger aber benutzt man statt des Wassers Quecksilber, da dieses schwerer kocht und schwerer gefriert, überdies auch schneller warm und wieder kalt wird, also die Wärmeänderungen rascher angiebt.

Das Gefäss, in welches man das Quecksilber bringt, kann gleichfalls als aus einem Fläschchen und einer Glasröhre zusammengesetzt angesehen werden, die aber, statt durch Kork verbunden, mit einander zusammengeschmolzen sind. Nachdem dasselbe mit Quecksilber ziemlich angefüllt und auch oben zugeschmolzen worden, taucht man es in schmelzenden Schnee und bezeichnet die Stelle, bis zu welcher das Quecksilber sinkt, mit dem Namen Eispunkt; mit Siedepunkt aber diejenige, bis zu wel-



cher das Quecksilber in kochendem Wasser steigt. Der zwischen diesen zwei festen Punkten inneliegende Raum lässt sich nun in beliebig viele Theile oder Grade theilen, welche zusammen die Scala oder Stufenleiter bilden. Die Grade unter dem Eispunkte werden eben so gross aufgetragen, wie die über demselben. Leider sind statt einer einzigen Scala deren mehrere in Gebrauch gekommen. Die bekanntesten darunter sind folgende drei: die 80theilige von Réaumur (R.), die 100theilige oder Centesimalscala von Celsius (C.) und die 180theilige von Fahrenheit (F.). Die Verschiedenheiten derselben werden sich aus den beistehenden Figuren leicht ersehen lassen.

Fig. 11.



Nach R. gefriert das Wasser bei  $0^{\circ}$  und kocht bei  $80^{\circ}$ ; nach C. gefriert das Wasser bei  $0^{\circ}$  und kocht bei  $100^{\circ}$ ; nach F. gefriert das Wasser bei  $+ 32^{\circ}$  und kocht bei  $212^{\circ}$ .

Fahrenheit, ein Physiker, fing sonderbarer Weise nicht beim Eispunkte zu zählen an, sondern  $32^{\circ}$  unter demselben. Die Scala desselben ist in England allgemein gebräuchlich, daher die hohen Grade, die man in englischen Schriften findet. Bei uns ist im gewöhnlichen Leben die Réaumur'sche am verbreitet-

sten, in wissenschaftlichen Werken aber benutzt man allgemein die Centesimalscala, welche auch in Frankreich sonst allgemein angewendet wird. Sie gilt gleichfalls für die in diesem Werkchen angegebenen Wärmegrößen oder Temperaturen. Um diese Scalen mit einander zu vergleichen, braucht man nur im Gedächtniss zu behalten, dass  $4^{\circ}$  R. so gross sind als  $5^{\circ}$  C. oder  $9^{\circ}$  F. Will man Grade von F., die über dem Eispunkte liegen, in Grade von R. oder C. umwandeln, so muss man natürlich zuvor  $32^{\circ}$  in Abzug bringen, eben so viele aber zum Producte zuaddiren, wenn es sich um die Verwandlung von R. oder C. Graden in Fahrenheit'sche handelt. Den Graden über  $0^{\circ}$  giebt man das Pluszeichen (+), den Graden unter  $0^{\circ}$ , die man gewöhnlich Kältegrade nennt, das Minuszeichen (-).

Zu chemischen Versuchen eignet sich am besten ein cylin-



drisches Thermometer, welches bis zu  $300^{\circ}\text{C}$ . geht, da sich dieses, wie beistehende Abbildung zeigt, leicht durch einen Kork stecken und dann auf Flaschen befestigen lässt, in denen Flüssigkeiten bei bestimmten Temperaturen erhitzt werden sollen. Die bei dieser Art von Thermometern über den Kochpunkt des Wassers hinausragenden Grade werden auf der langen Glasröhre eben so gross aufgetragen, wie die, welche man durch Theilung des Raums zwischen  $0^{\circ}$  und  $100^{\circ}$  erhielt.

Fig. 12.



**26. Messen hoher Kälte- und Hitzgrade.** Das Quecksilber gefriert bei  $-40^{\circ}\text{C}$ .; in den nördlichen Regionen unserer Erde aber hat man eine Kälte von  $50^{\circ}\text{C}$ . beobachtet, und durch künstliche Mittel kann man diese sogar bis zu  $100^{\circ}\text{C}$ . treiben. Um solche hohe Kältegrade, oder was dasselbe ist, so niedrige Wärmegrade zu messen, wendet man Thermometer an, die mit Weingeist gefüllt sind, da dieser selbst bei  $100^{\circ}\text{C}$ . Kälte noch nicht gefriert.

Das Quecksilber kocht bei  $360^{\circ}\text{C}$ . es können daher damit gefüllte Thermometer auch nicht zum Messen höherer Temperaturen gebraucht werden.

Starke Hitzgrade sucht man durch die Ausdehnung von Stäben aus Platin, einem Metalle, welches im heftigsten Ofenfeuer nicht schmilzt, zu bestimmen. Instrumente dieser Art heissen Pyrometer oder Feuermesser. Durch Brennspiegel, durch starke elektrische Ströme und auf chemischem Wege ist man im Stande, eine Hitze von mehr als  $2000^{\circ}\text{C}$ . hervorzubringen.

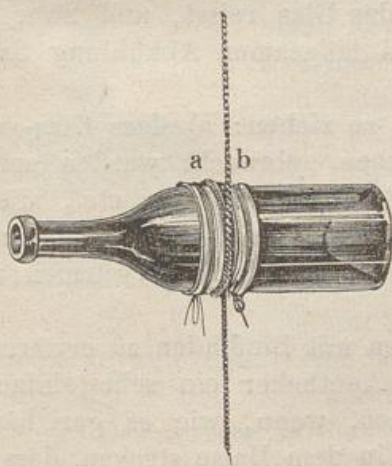
**27. Ausdehnung fester Körper.** Ein Kochtopf, der kalt eben zu einer Ofenthür hineingeht, lässt sich heiss nicht wieder herausnehmen, denn er ist durch die Erhitzung grösser geworden; ein eiserner Wagenreif, glühend um ein Rad gelegt, presst sich beim Erkalten fest ins Holz ein und hält den Radkranz mit grosser Kraft zusammen; ein Stahl, der glühend streng in eine Plattglocke passt, füllt diese nach dem Erkalten nicht mehr aus, sondern lässt sich in ihr hin und her schütteln. Beide, der Wagenreif und der Plattstahl, sind durch das Erkalten kürzer und kleiner geworden. Dieses Grösserwerden durch Erwärmung und



Kleinerwerden durch Abkühlung zeigt uns klar, dass auch die festen Körper durch Wärme ausgedehnt, durch Entziehung der Wärme aber zusammengezogen werden. Viele Erscheinungen aus dem gewöhnlichen Leben finden dadurch eine einfache Erklärung. Unsere Wanduhren gehen im Winter vor, im Sommer nach, weil die Pendelstange derselben im Sommer länger wird und dann langsamere Schwingungen macht, während sie durch die Winterkälte verkürzt wird und schneller schwingt. Ein Klavier bekommt in einer kalten Stube einen höheren Ton als in einer warmen, weil die Saiten in der Kälte zusammengezogen, also kürzer und sonach stärker gespannt werden; ein in eine Wand eingeschlagener Nagel wird mit der Zeit locker, weil das Eisen sich im Sommer stärker ausdehnt und im Winter stärker zusammenzieht als Stein oder Holz und auf diese Weise die Oeffnung nach und nach erweitert. Aus diesem Grunde dürfen Eisenbahnschienen nicht fest an einander gelegt, Dampfrohre nicht fest eingemauert, Zinkplatten bei Bedachungen nicht zusammenge nagelt, sondern gefalzt werden, damit sie sich bei eintretendem Temperaturwechsel ohne zu reißen zusammenziehen, und ohne sich zu werfen ausdehnen können.

Spröde Körper, z. B. Glas oder Porzellan, können durch eine plötzliche Erhitzung oder Abkühlung leicht so schnell ausgedehnt oder zusammengezogen werden, dass sie zerspringen.

Fig 13.



*Versuch.* Man umwickle eine Flasche an zwei einander ganz nahe liegenden Stellen so lange mit mehrfach zusammengelegten Papierstreifen, bis zwei kleine Wälle, *a* und *b*, entstanden sind, zwischen denen sich eine ungefähr federkielbreite Gasse befindet. Diese zwei Papierwülste werden mit Bindfaden fest gebunden, so dass sie sich nicht leicht verschieben lassen. An der vertieften Stelle wird nun ein Bindfaden um das Glas ge-



schlungen und so lange hin und her gezogen, bis er zerreisst. Giesst man jetzt schnell kaltes Wasser in die Gasse, so springt das Glas an dieser Stelle von einander, als ob es durchschnitten worden wäre. Die scharfen Ränder macht man durch gelindes Streichen mit einer Feile stumpf. Man kann sich auf diese Weise aus gewöhnlichen Medicin- oder Eau de Cologne-, ja selbst aus grösseren Flaschen leicht Glasglocken machen, welche sich zum Auffangen von Luftarten, zu Auflösungen, Niederschlagungen und anderen chemischen Arbeiten ganz gut anwenden lassen.

Dass ein Paar Körper heiss werden, wenn wir sie schnell an einander reiben, wer wüsste das nicht? Hat doch Jeder wohl an sich die Erfahrung gemacht, dass man die Hände verbrennen kann, wenn man sich schnell an einem Seile oder einer Stange herablässt, oder es einmal mit angesehen, wie ein Wagenrad durch schnelles Fahren heiss wurde, wenn es nicht gut eingeschmiert war. Das schnelle Hin- und Herziehen des Bindfadens auf dem Glase bringt auch hier eine solche Hitze hervor, dass das Glas an der Stelle, wo die Reibung stattfindet, sehr heiss wird und der Bindfaden endlich brandig riecht und zerreisst. Mit dieser Erhitzung ist natürlich auch eine Ausdehnung des Glases verbunden. Wird diese Stelle nun durch aufgegossenes kaltes Wasser äusserlich schnell abgekühlt, so müssen die ausgedehnten Glastheilchen sich schnell wieder zusammenziehen, und dieses Zusammenziehen erfolgt an der äusseren Fläche so rasch, dass die nicht so schnell abgekühlten Theile im Inneren der Glasmasse nicht folgen können: das Glas reisst, und zwar um so leichter, je dicker es ist. Bei langsamer Abkühlung findet ein Zerspringen nicht statt.

Hieraus sind die zwei Lehren zu ziehen: a) dass Glas- und Porzellangeschirre, die zum Kochen gebraucht werden sollen, z. B. Kochfläschchen, Kolben, Retorten, Schalen etc., dünne Wände, namentlich am Boden, haben müssen, und b) dass man dieselben beim Gebrauche immer nur langsam erwärmen und langsam abkühlen darf.

Die Methode, Glas durch Sägen mit Bindfaden zu erwärmen, bietet auch dem Chemiker und Apotheker ein sehr einfaches Mittel dar, um Glasgefässe zu öffnen, wenn, wie es gar häufig vorkommt, die Glasstöpsel so fest in dem Halse stecken, dass sie weder durch Drehen noch Klopfen herausgebracht werden kön-



nen. Man hat dann nur nöthig, einen dicken Bindfaden um den Hals zu legen, und mit demselben so lange zu sägen, bis die Oeffnung sich soweit ausgedehnt hat, dass der Stöpsel locker wird.

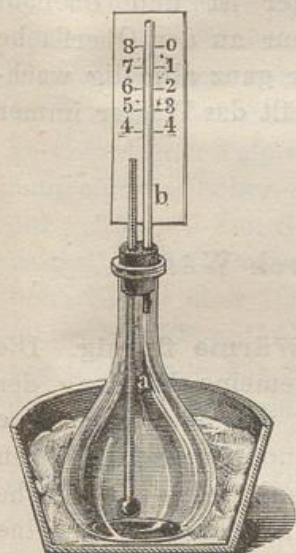
Die Ausdehnung der festen Körper ist gleichfalls verschieden, wie bei den Flüssigkeiten, und in allen Fällen weit geringer als bei den letzteren; am beträchtlichsten ist sie bei den metallischen Körpern.

Ueber die Ausdehnung der gasförmigen Körper durch die Wärme wird bei der Luft das Erforderliche mitgetheilt werden (104.).

**28. Ausdehnung des Wassers durch Abkühlung.** Eine merkwürdige Ausnahme von dem allgemeinen Gesetze: dass die Wärme die Körper ausdehnt, die Kälte sie aber zusammenzieht, kommt beim Wasser vor.

*Versuch.* Ein grösseres Kochfläschchen wird genau so vorge-  
richtet, wie es bei dem Versuche 24 (Fig. 10) angegeben wurde, nur

Fig. 14.



durchbohrt man den Kork noch ein zweites Mal, um durch diese Oeffnung ein Thermometer (a) in die Flüssigkeiten zu tauchen und dadurch deren Temperatur zu bestimmen. Man lässt auch etwas mehr Wasser im Gläschen, so dass es die Röhre b bis oben anfüllt. An diese Röhre klebt man mittelst Wachs einen Papierstreifen, auf dem man den Stand des Wassers durch einen Federstrich anzeigen kann, wenn das Thermometer um einen Grad gefallen ist, und setzt dann das Ganze in ein Gefäss voll Schnee. Während des Abkühlens sinkt das Wasser in der Röhre, und zwar so lange, bis das Thermometer  $4^{\circ}\text{C}$ . zeigt. Bei noch stärkerer Abkühlung dagegen fällt es nicht weiter, wie man vermuthen sollte, sondern es fängt im Gegentheil wieder zu

steigen an und dehnt sich so lange aus, bis es zum Gefrieren kommt. Bei  $0^{\circ}$  hat es gerade die Höhe wieder, auf der es bei  $8^{\circ}$  stand. Das Wasser ist demnach bei  $+4^{\circ}$  am schwersten oder dichtesten; bei allen anderen Flüssigkeiten nimmt die Dichtigkeit hingegen gleichmässig mit der Abkühlung zu.

Stöckhardt, die Schule der Chemie.



29. Eisbildung im Winter. So bedeutungslos diese Unregelmässigkeit auf den ersten Blick erscheinen mag, zu so hoher Bewunderung muss sie uns doch hinreissen, wenn wir auf die Folgen derselben blicken. Ohne diese Ausnahme würde unser Vaterland ein grönländisches Klima haben. Die Abkühlung unserer Gewässer bei eintretendem Winter erfolgt hauptsächlich durch die kalte Luft, also von oben; das entstandene kältere Wasser ist schwerer, es sinkt folglich zu Boden und das wärmere von unten tritt an seine Stelle, welches wieder abgekühlt wird und niedersinkt. Würde das Wasser bis zu seinem Gefrierpunkt fortwährend dichter, so müsste diese Circulation fort dauern, bis alles Wasser bis zur grössten Tiefe hinab  $0^{\circ}$  erreicht hätte, und einige kalte Tage würden dann hinreichen, unsere Seen und Flüsse bis auf den Grund in Eis zu verwandeln. Dies geschieht aber nicht, weil der gedachte Kreislauf, und mit ihm die schnelle Abkühlung des Wassers, von dem Zeitpunkte an aufhört, wo die Temperatur des Wassers bis auf  $+ 4^{\circ}$  C. gesunken ist, da das noch mehr erkaltete Wasser dann leichter ist und obenauf schwimmt. Das Gefrieren kann hiernach nur an der Oberfläche stattfinden und die entstandene Eisrinde nur ganz allmählig wachsen. In geringer Tiefe unter derselben behält das Wasser immer eine Temperatur von  $+ 4^{\circ}$  C.

#### Schmelzen fester Körper durch Wärme.

30. Feste Körper werden durch Wärme flüssig. Die Ausdehnung der Körper war die erste allgemeine Wirkung der Wärme; an den festen Körpern bemerken wir aber noch eine besondere Wirkung der Wärme: sie verändern nämlich ihren Aggregatzustand, sie werden flüssig, sie schmelzen. Manche werden vor dem Schmelzen erst weich, so dass sich einzelne Stückchen davon zu einem ganzen Stücke zusammenkneten lassen, z. B. Butter, Glas und Eisen; das spröde Glas lässt sich in diesem Zustand biegen und formen wie Wachs, das Eisen schweissen.

*Versuch.* Man halte eine dünne Glasröhre in den oberen Theil einer Weingeistflamme und drehe sie dabei langsam zwi-



schen den Fingern: sie wird, so wie sie glühend geworden ist, so weich sein, dass man sie beliebig biegen kann. Auf diese Weise kann man sich die mannigfach gebogenen Röhren, die zu chemischen Versuchen gebraucht werden, leicht selbst darstellen. Bei stärkeren Röhren wendet man eine Lampe mit doppeltem Luftzuge an, die eine ungleich stärkere Hitze giebt, als die einfache Weingeistlampe. Das Zerschneiden der Glasröhren geschieht mittelst einer kleinen dreieckigen Feile. Man hat nur nöthig, an der betreffenden Stelle einen kleinen Querstrich mit der Feile zu machen, die Röhre bricht dann, bei gelindem Ziehen oder Biegen, an diesem Orte leicht entzwei.

Die meisten festen Körper werden plötzlich flüssig, wie man dies beim Schmelzen des Eises, des Bleies etc. leicht wahrnehmen kann.

**31. Schmelzpunkt. Versuch.** Man setze eine Tasse voll Schnee oder Eis und eine andere mit einem Stück Talglicht auf einen warmen Ofen und tauche von Zeit zu Zeit ein Thermometer in die schmelzenden Massen: man wird finden, dass das Thermometer in dem ersten Gefäße auf  $0^{\circ}$ , in dem zweiten auf ungefähr  $38^{\circ}$  C. so lange stehen bleibt, als noch ungeschmolzenes Eis oder ungeschmolzener Talg vorhanden ist. Erst nach vollständiger Schmelzung steigt es höher. Wir nennen den Wärmegrad, bei dem ein Körper schmilzt, den Schmelzpunkt. Er ist überaus verschieden, bald über, bald unter dem Eispunkte; beim Blei z. B. über  $300^{\circ}$  C., beim Silber über  $1000^{\circ}$  C.; festes Quecksilber hingegen schmilzt schon bei  $40^{\circ}$  unter Null. Stellt man die beiden Tassen mit dem geschmolzenen Eis und Talg in die Kälte, so bemerkt man, dass der Talg sehr bald wieder erstarrt, ungefähr bei  $+35^{\circ}$ , das Wasser aber erst dann, wenn es bis zu  $0^{\circ}$  abgekühlt ist. Das Erstarren oder Gefrieren flüssiger Körper erfolgt also nahezu bei derselben Temperatur, bei welcher dieselben Körper, wenn sie fest sind, flüssig werden oder schmelzen.

Manche Körper, z. B. die Kohle, sind bis jetzt noch nicht zum Schmelzen, andere, z. B. der Weingeist, noch nicht zum Gefrieren gebracht worden; es ist aber sehr wahrscheinlich, dass, wenn wir noch höhere Hitze oder Kälte hervorzubringen lernen, wir dahin kommen werden, alle festen Körper flüssig und alle flüssigen wieder fest zu machen.



**32. Beim Schmelzen verschwindet Wärme. Versuch.** Auf die Kochplatte eines geheizten Ofens stelle man zwei gleich grosse Töpfe, den einen mit 1 Kilogrm. Schnee von  $0^{\circ}$ , den anderen mit 1 Kilogrm. Wasser von  $0^{\circ}$ , und entferne sie wieder, wenn der Schnee in dem ersten Gefässe eben geschmolzen ist. Durch das blossе Gefühl schon wird man bemerken, dass das Schneewasser im ersten Gefässe kalt geblieben, das Wasser im zweiten Gefässe aber heiss geworden ist; ein eingetauchtes Thermometer wird in dem ersten  $0^{\circ}$ , in dem letzteren  $+ 75^{\circ}\text{C.}$  anzeigen. Da beide Töpfe gleichviel Wärme vom Ofen empfangen und vorher auch gleiche Temperatur hatten, so drängt sich von selbst die Frage auf: wohin sind die 75 Grad Wärme gekommen, die das mit Schnee gefüllte Gefäss erhielt? Als Antwort dient hierauf: sie sind vom Schnee verschluckt worden, und dieser hat dadurch eine flüssige Gestalt angenommen, er ist geschmolzen.

*Versuch.* In das Gefäss, welches das Kilogramm von dem bis zu  $75^{\circ}\text{C.}$  erhitzten Wasser enthält, schütte man ein Kilogramm Schnee von  $0^{\circ}$ , und prüfe wieder mit dem Thermometer: das Quecksilber wird bis auf den Eispunkt herabgesunken sein, so wie aller Schnee zergangen ist. Der Schnee hat also auch hier dem heissen Wasser  $75^{\circ}$  Wärme entzogen und ist dabei flüssig geworden.

**33. Beim Erstarren wird Wärme frei. Versuch.** Die bei dem vorigen Versuche verschwundene Wärme ist keineswegs vernichtet, sie ist im Wasser nur versteckt (latent) und bleibt so lange bei demselben, als es flüssig bleibt; sie wird aber wieder frei oder fühlbar, wenn das Wasser feste Gestalt annimmt. Man nimmt dies sehr deutlich wahr, wenn man auf 100 Grm. gebrannten Kalk 50 Grm. Wasser sprengt; der Kalk bläht sich auf, wird sehr heiss und zerfällt endlich zu einem staubigen Pulver. Wird dieses nach dem Erkalten gewogen, so zeigt sich eine Gewichtszunahme von etwa 30 Grm.; aus 100 Grm. Kalk sind 130 Grm. Kalkpulver (gelöschter Kalk) geworden; das fehlende Wasser ist als Wasserdampf weggegangen. Was die Gewichtszunahme bewirkt hat, das kann nur das Wasser sein, welches sich mit dem Kalk chemisch vereinigte; dieses kann ferner nur in fester Gestalt in dem gelöschten Kalk sein, denn der letztere ist ein ganz trockener, staubiger Körper. Die starke Erhitzung er-



klärt sich theils daraus, dass das Wasser beim Festwerden die Wärme wieder abgab, die es beim Schmelzen verschluckt hatte theils daraus, dass ein Paar Körper sich mit grosser Energie chemisch mit einander verbanden. Ein gleiches Verschwinden von Wärme findet überall statt, wo feste Körper flüssig werden; ein Freiwerden von Wärme dagegen überall, wo flüssige Körper erstarren, und es erklärt sich hieraus ganz einfach, warum z. B. die Luft immer kühl bleibt, so lange der Schnee und das Eis im Frühjahr wegthauen, warum die Kälte bei Schneefall gelinder wird etc.

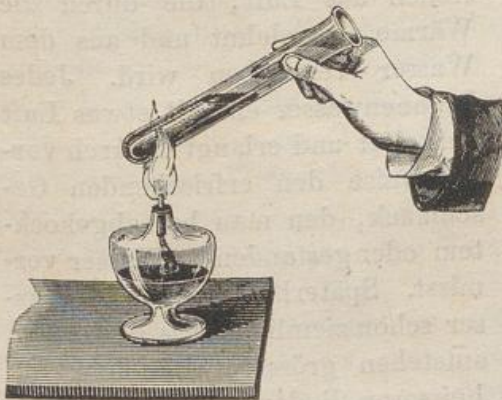
Die Wärme, die wir durch das Gefühl und das Thermometer wahrnehmen, nennen wir freie Wärme; sie haftet nur lose an den Körpern und entweicht beim Abkühlen wieder aus ihnen; die unbemerkbare Wärme dagegen, welcher die tropfbaren Körper ihre Flüssigkeit verdanken, und die nur beim Erstarren derselben wieder entweicht oder frei wird, heisst gebundene oder latente Wärme. Die Flüssigkeiten können sonach als Verbindungen von festen Körpern mit latenter Wärme betrachtet werden.

### Kochen und Verdampfen flüssiger Körper.

**34. Kochen des Wassers.** Das Wasser kocht bekanntlich, wenn es bis auf eine gewisse Temperatur erhitzt wird.

*Versuch.* In einem Probirgläschen wird Wasser, in welches man einige Sägespäne gestreut hat, über einer Weingeistlampe erhitzt. Das Gläschen wird oben angefasst und anfangs einige Minuten zwischen den Fingern gedreht, damit die Flamme alle Stellen der Bodenfläche gleichmässig treffe und erwärme. Beobachtet man das Wasser genau, so wird man bemerken, dass die leichten Holzspänchen an der oberen Wand des Gläschens in

Fig. 15.

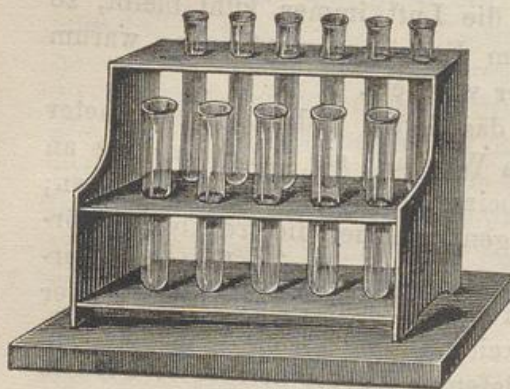


oben angefasst und anfangs einige Minuten zwischen den Fingern gedreht, damit die Flamme alle Stellen der Bodenfläche gleichmässig treffe und erwärme. Beobachtet man das Wasser genau, so wird man bemerken, dass die leichten Holzspänchen an der oberen Wand des Gläschens in



die Höhe, an der unteren herabsteigen; das warm und leichter gewordene Wasser steigt sonach aufwärts und dafür sinkt das kältere, also auch schwerere Wasser herab: das Wasser circulirt. In Folge dieser Kreisbewegung erfolgt die Erwärmung von Flüssigkeiten immer schneller, wenn man das Feuer unter denselben anbringt.

Fig. 16.



Die Probirgläschen sind cylindrische Glasgefässe mit einem halbkugelförmigen Boden. Damit sie beim Kochen nicht springen, muss der Boden gleichförmig ausgeblasen und nicht von zu dickem Glase sein. Zur bequemen Aufstellung derselben dient ein einfaches Holzgestell von nebenstehender Form (Fig. 16).

Fig. 17.



*Versuch.* Man wiederhole den vorigen Versuch, aber in einem Kochfläschchen und ohne Sägespäne, damit das Wasser durchsichtig bleibe: es werden sich nach kurzer Zeit viele kleine Perlen an den Glaswänden zeigen, die allmählig grösser werden und in die Höhe steigen. Diese Bläschen bestehen aus Luft, die durch die Wärme ausgedehnt und aus dem Wasser vertrieben wird. Jedes Brunnenwasser enthält etwas Luft aufgelöst und erlangt dadurch vorzugsweise den erfrischenden Geschmack, den man bei abgekochtem oder gestandenem Wasser vermisst. Späterhin, wenn das Wasser schon ziemlich heiss geworden, entstehen grössere Bläschen am heisseren Boden des Fläschchens,



die gleichfalls in die Höhe steigen, aber beim Aufsteigen kleiner werden und wieder vergehen, ehe sie die Oberfläche des Wassers erreicht haben; sie bestehen aus luftförmigem Wasser (Wasserdampf), welches durch die weniger heisse obere Flüssigkeit wieder zu flüssigem wird. Das Zusammenfallen der Wassertheilchen an den Stellen, wo diese Blasen von Wasserdampf verschwinden, verursacht das dem Kochen vorangehende, eigenthümliche Geräusch, welches man gewöhnlich das Singen des Wassers nennt. Ist die ganze Wassermenge bis zu  $100^{\circ}\text{C}$ . erhitzt, so werden diese Blasen nicht mehr unterwegs verdichtet, sondern steigen bis zur Oberfläche und bleiben hier, von einer dünnen Schicht Wasser umgeben, einige Augenblicke auf dem Wasserspiegel, bis sie endlich zerplatzen, weil der Wassermantel sich wieder niedersenkt. Dies ist das Kochen oder Sieden des Wassers. Das Wasser kocht bei  $100^{\circ}\text{C}$ .; andere Flüssigkeiten kochen leichter, Weingeist z. B. schon bei  $80^{\circ}\text{C}$ .; andere wieder schwerer, Quecksilber z. B. erst bei  $360^{\circ}\text{C}$ .

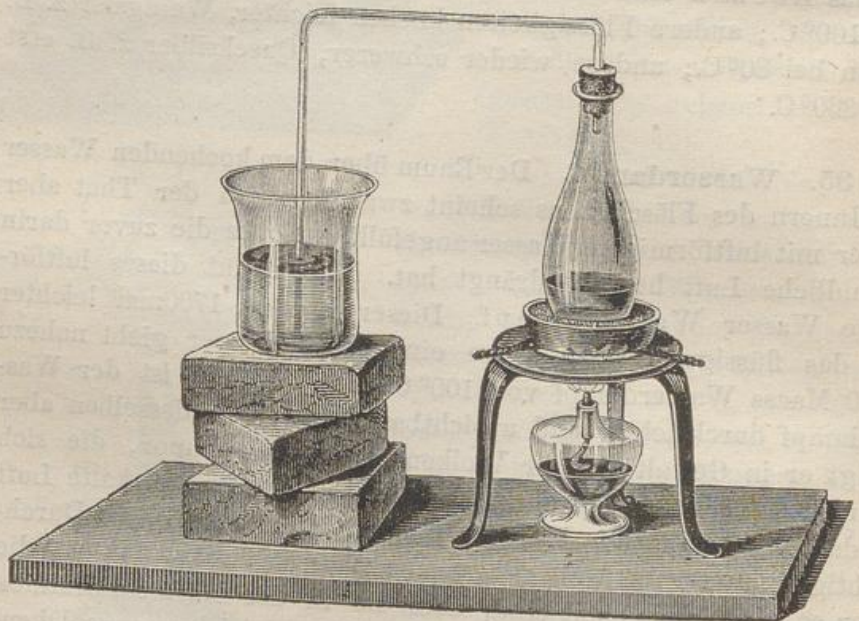
**35. Wasserdampf.** Der Raum über dem kochenden Wasser im Innern des Fläschchens scheint zwar leer, in der That aber ist er mit luftförmigem Wasser angefüllt, welches die zuvor darin befindliche Luft herausgedrängt hat. Man nennt dieses luftförmige Wasser Wasserdampf. Dieser ist fast 1700mal leichter als das flüssige Wasser, denn ein Maass Wasser giebt nahezu 1700 Maass Wasserdampf von  $100^{\circ}\text{C}$ . Im Gläschen ist der Wasserdampf durchsichtig und unsichtbar, ausserhalb desselben aber steigt er in Gestalt weisser Wolken in die Luft empor, die sich sehr stark vermehren, wenn man durch eine Glasröhre kalte Luft in das Gläschen bläst. Durch Abkühlung geht nämlich die Durchsichtigkeit verloren, weil sich wieder Wasserbläschen bilden, die aber so klein und leicht sind, dass sie in der Luft schwimmen können. Die Wolken am Himmel bestehen gleichfalls aus solchem halb verdichteten Wasserdampf. Bei weiter fortschreitender Verdichtung fliessen die Dunstbläschen zu Tropfen zusammen, welche nun als Regen herabfallen. Ein Thermometer, in das kochende Wasser getaucht, zeigt  $100^{\circ}\text{C}$ ., in dem darüber befindlichen durchsichtigen Dampfe gleichfalls nur  $100^{\circ}\text{C}$ . und diese Temperatur steigt durchaus nicht höher, mag man das Kochen noch so lange fortsetzen oder die Flamme der Lampe noch so stark machen.



Es tritt ein ähnlicher Fall ein, wie beim Schmelzen des Schnees: es verschwindet Wärme, und dieses Verschwinden erfolgt auch aus gleicher Ursache wie dort: der Wasserdampf braucht Wärme zu seinem Bestehen und verbindet sich so innig mit derselben, dass sie unfühlbar, dass sie latent wird. Wie Wasser als eine Verbindung von Eis mit latenter Wärme anzusehen ist, so ist Wasserdampf als eine Verbindung von Eis mit noch mehr latenter Wärme zu betrachten, welche letztere erst dann wieder frei werden kann, wenn aus dem Dampfe Wasser wird.

**36. Kochen durch Wasserdampf.** *Versuch.* Man verbinde eine gebogene Glasröhre durch einen Kork mit einem Kochfläschchen in der Weise, dass der kürzere Schenkel der Röhre in dem

Fig. 18.



Halse des Fläschchens festsetzt, der längere dagegen frei bis auf den Boden eines Becherglases oder eines gewöhnlichen Trinkglases reicht. Hierauf giesse man in jedes dieser zwei Gefäße 100 Grm. eiskaltes Wasser und erwärme das Kochfläschchen auf einem Dreifusse allmählig bis zum Kochen. Die Zeit, welche nöthig ist, um diese 100 Grm. Wasser bis zum Sieden zu erhitzen, wird angemerkt. Man lässt das Sieden so lange fort dauern, bis auch das Wasser in dem Becherglase in wallende Bewegung gerathen ist,



und merkt sich die verflossene Zeit ebenfalls an; sie wird der ersten nahezu gleich sein. Der Wasserdampf, welcher sich beim Erhitzen des Fläschchens bildet, hat keinen anderen Ausweg als den durch die Röhre und das kalte Wasser, in welches die letztere eintaucht; beim Durchgehen durch dieses Wasser wird er aber verdichtet, und zwar so lange, bis auch der Inhalt des zweiten Gefässes  $100^{\circ}\text{C}$ . heiss geworden ist und siedet.

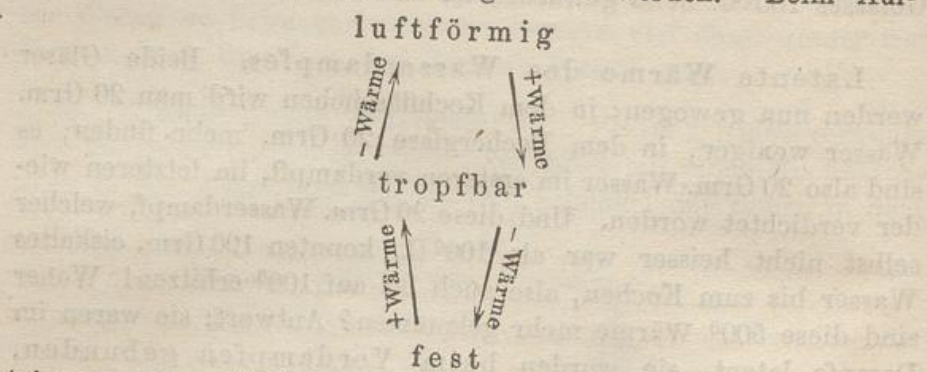
Latente Wärme des Wasserdampfes. Beide Gläser werden nun gewogen: in dem Kochfläschchen wird man 20 Grm. Wasser weniger, in dem Becherglase 20 Grm. mehr finden; es sind also 20 Grm. Wasser im ersteren verdampft, im letzteren wieder verdichtet worden. Und diese 20 Grm. Wasserdampf, welcher selbst nicht heisser war als  $100^{\circ}\text{C}$ ., konnten 100 Grm. eiskaltes Wasser bis zum Kochen, also auch bis auf  $100^{\circ}$  erhitzen! Woher sind diese  $500^{\circ}$  Wärme mehr gekommen? Antwort: sie waren im Dampfe latent, sie wurden beim Verdampfen gebunden, beim Verdichten wieder frei. Sie stammen auch aus der Spiritusflamme, wie man aus den oben angemarkten Zeilen leicht ersehen kann. Angenommen, die Zeit, die nöthig war, um das Wasser im ersten Fläschchen ins Kochen zu bringen, habe 10 Minuten, und die Zeit von da bis zum Kochen des Wassers im zweiten Gefässe gleichfalls 10 Minuten betragen, so folgt, dass dieselbe Wärmemenge, die gebraucht wurde, um 100 Grm. Wasser von  $0^{\circ}$  bis  $100^{\circ}\text{C}$ . zu erhitzen, nur hinreichte, um 20 Grm. Wasser zu verdampfen; die ganze Wärme, welche in den letzten 10 Minuten durch die Weingeistlampe entstand, muss also als latente Wärme in den Dampf übergegangen sein. Nahmen 20 Grm. kochendes Wasser beim Verdampfen  $500^{\circ}\text{C}$ . Wärme auf, so muss der entstandene Wasserdampf auch wieder ebenso viel abgeben, wenn er wieder zu flüssigem Wasser wird; er muss also im Stande sein, aus 100 Grm. Wasser von  $0^{\circ}$  100 Grm. von  $100^{\circ}$  zu machen.

Die Eigenschaft des Wasserdampfes, grosse Mengen von Wärme zu binden und sie beim Verdichten wieder abzugeben, macht denselben sehr geeignet zum Erhitzen von anderen Körpern, die man hierdurch zugleich gegen das Anbrennen sichert, da der Dampf in unverschlossenen Gefässen nicht heisser als  $100^{\circ}\text{C}$ . werden kann. In den Apotheken bereitet man Infusionen, Decocte und Extracte durch Dampf; in Haushaltungen kocht



man Speisen damit; in Brennereien destillirt man durch Dampf; in Färbereien und Bleichereien wendet man ihn zum Auskochen und Ausfärben der Stoffe mit Wasser an; in anderen Etablissements zum Heizen der Locale, zum Trocknen u. s. w.

Die Verminderung und Vermehrung der Wärme durch Aenderung des Aggregatzustandes der Körper kann durch nachstehendes Schema anschaulicher gemacht werden. Beim Auf-



steigen in der Richtung der Pfeile (beim Schmelzen und Verdampfen) wird Wärme latent, beim Herabsteigen (beim Verdichten von Dämpfen und beim Erstarren flüssiger Körper) wird Wärme frei.

**37. Verdunstung des Wassers.** Wasser, in einer Tasse an die Luft gestellt, verschwindet nach und nach, im Sommer schneller, im Winter langsamer: es wird durch die Wärme der Luft luftförmig, es verdunstet. Hierbei geschieht dasselbe, wie bei der Verdampfung, nur allmähig und ohne sichtbare Bewegung des Wassers, weil dieses nur an der Oberfläche, nicht aber zugleich, wie beim Kochen, im Innern luftförmig wird. Der Dampf oder Dunst steigt in unsichtbarer Gestalt in die Luft.

**Wassergehalt der Luft.** Warme Luft kann zwar mehr Wasserdunst aufnehmen als kalte, immerhin aber nur für jeden Temperaturgrad eine festbestimmte Menge: eine grössere, wenn sie wärmer ist, eine geringere, wenn sie kälter ist. So können 100 Maass Luft bei  $0^{\circ}\text{C}$ . aufnehmen:  $\frac{2}{3}$  Maass Wasserdunst, bei  $10^{\circ}\text{C}$ .  $1\frac{1}{4}$  Maass, bei  $20^{\circ}\text{C}$ .  $2\frac{1}{8}$  Maass u. s. w. Hat die Luft die Quantität Wasserdunst, die sie bei ihrer Temperatur zu fassen vermag, noch nicht aufgenommen, fänden sich z. B. in 100 Maass Luft von  $20^{\circ}$  nur erst 1 oder  $1\frac{1}{2}$  Maass davon, so nimmt sie begierig noch mehr auf, und nasse Gegenstände werden darin



durch rasche Verdunstung schnell trocken; wir nennen sie dann trockne Luft. Enthält sie dagegen schon so viel Wasserdunst, als sie bei der Wärme, die sie gerade besitzt, festzuhalten oder, wie man gewöhnlich sagt, aufzulösen im Stande ist, so heisst sie feucht oder mit Dünsten gesättigt, weil feuchte Sachen in ihr nur langsam oder gar nicht trocknen. Kommen zu dieser mit Feuchtigkeit gesättigten Luft noch mehr Dämpfe, oder wird sie abgekühlt, so sondert sich der Ueberschuss in Gestalt von sichtbaren Dunstbläschen aus, die man Nebel nennt, wenn sie auf dem Erdboden aufliegen, Wolken dagegen, wenn sie in höheren Luftregionen schwimmen. Zu Erscheinungen dieser Art gehören ferner: der weisse Rauch, den wir im Winter aus den Schornsteinen aufsteigen sehen, das Sichtbarwerden unsers Athems, wenn wir ihn in kalte Luft aushauchen, das Rauchen der Flüsse zur Winterszeit und nach einem Gewitter etc.

**38. Thaupunkt.** Erfolgt das Erkalten der Luft durch einen kalten, festen Körper, so setzen sich die verdichteten Dünste an demselben als kleine Wasserbläschen ab, wie wir es an dem Beschlagen eines kalten Glases sehen, das wir in eine warme Stube bringen, oder an dem Anlaufen unserer Fensterscheiben an der inneren Seite, wenn sie durch die kalte äussere Luft abgekühlt werden. Die Temperatur, bei welcher dies geschieht, bezeichnet man mit dem Namen: Thaupunkt; derselbe zeigt uns an, dass bei dieser Temperatur die Luft vollkommen mit Wasserdunst gesättigt sein würde.

*Versuch.* Um den Thaupunkt zu finden, fülle man ein Trinkglas mit überschlagenem (nicht zu kaltem) Wasser  $\frac{1}{4}$  voll,

Fig. 19.



tauche ein Thermometer in dasselbe und setze nun nach und nach in kleinen Zwischenräumen so lange recht kaltes Wasser oder besser Eis hinzu, bis das Glas an der Aussenseite zu beschlagen anfängt. So wie dies geschieht, sieht man nach, wie weit das Quecksilber im Thermometer gesunken ist; der Grad, bei dem es steht, ist als der Thaupunkt der Luft zu betrachten. Muss sehr viel kaltes Wasser



zugesetzt werden, ehe das Glas beschlägt, liegt also der Thaupunkt viel tiefer als die Temperatur der Luft, so können wir auf gutes Wetter schliessen; liegen dagegen Thaupunkt und Lufttemperatur nicht weit auseinander, so ist baldiger Regen zu erwarten, weil die Luft in diesem Falle nur noch wenig Wasserdunst zu erhalten oder nur wenig abgekühlt zu werden braucht, um ganz mit Feuchtigkeit gesättigt zu sein. Instrumente, durch welche man die Menge des Wasserdampfes in der Luft bestimmt, heissen Hygrometer (Feuchtigkeitsmesser). Manchen Körpern wohnt eine besondere Fähigkeit inne, die Wasserdünste aus der Luft anzuziehen und dadurch feucht zu werden; solche Körper, z. B. Darmsaiten, Pottasche, Schwefelsäure, frischer Gerstenzucker etc., nennt man hygroskopische.

**39. Beschleunigung der Verdunstung.** Die Verdunstung kann, ausser durch Wärme, auch durch Luftzug beschleunigt werden, weil hierdurch die über der Flüssigkeit befindliche feuchte und mit Dampf gesättigte Luft weggetrieben und durch trocknere, gleichsam durstigere, ersetzt wird, die den sich bildenden Dampf schneller und in grösserer Menge aufnehmen kann als jene. Daher trocknet der Erdboden nach einem Regen so schnell, wenn windiges Wetter eintritt; daher ist es nothwendig, in den Darren, Trockenstuben und Trockenschränken dafür zu sorgen, dass die Luft, wenn sie sich mit Feuchtigkeit gesättigt hat, abziehen und trocknere an ihre Stelle hinzutreten kann.

Fig. 20.



**40. Verdunstungskälte.** Dass auch bei der langsamen Verdunstung Wärme verschwindet, gerade wie dies bei der raschen Verdampfung (36) geschah, lässt sich sehr deutlich durch folgenden Versuch zeigen.

*Versuch.* Man fülle eine kleine Kugelhöhle halb voll Wasser und umwickle die Kugel mit einem Stück Watte, das man festbindet; taucht man die Kugel dann in kaltes Wasser und dreht die Röhre zwischen beiden Händen in der Weise, wie man einen Quirl zu drehen pflegt, so wird man nach einiger Zeit schon durchs blosser Gefühl, genauer durchs Thermometer, finden, dass das Wasser in der Ku-



gel sehr viel kälter geworden ist. Befeuchtet man die Kugel mit Aether, einer sehr flüchtigen, d. h. sehr leicht verdunstenden Flüssigkeit, und bewegt sie wieder nach der angegebenen Art, so kann man, selbst im Sommer, ihren Inhalt leicht in Eis verwandeln. Wasser verdunstet langsam, Aether schnell; beide bedürfen Wärme, um sich in Dampf zu verwandeln; diese entnehmen sie von dem Wasser in der Kugel, daher die Erkaltung desselben. Man nennt diese Kälte Verdunstungskälte, und wir können sie leicht durch unser Gefühl wahrnehmen, wenn wir aus dem Bade steigen, wenn wir nasse Kleider tragen, oder wenn wir die Dielen eines warmen Zimmers mit Wasser besprengen. Durch sie wird der Mensch in den Stand gesetzt, die Sonnen-gluth des heissesten Klimas, ja selbst eine Hitze von  $100^{\circ}\text{C}$ . auszuhalten, ohne dass sein Blut heisser wird als  $38^{\circ}$  bis  $40^{\circ}\text{C}$ .; er schwitzt nur stärker, und alle Wärme über  $40^{\circ}\text{C}$ . wird latent, indem sie den Schweiss verdunstet. Blasen wir auf heisse Suppe, so ist es gleichfalls die vermehrte Verdunstung, welche dieselbe schneller abkühlt; blasen wir dagegen im Winter in die kalten Hände, so bethauen diese und werden erwärmt, weil die in dem Wasserdunste des Athems enthaltene latente Wärme frei werden muss, so wie der Dunst sich zu flüssigem Wasser verdichtet.

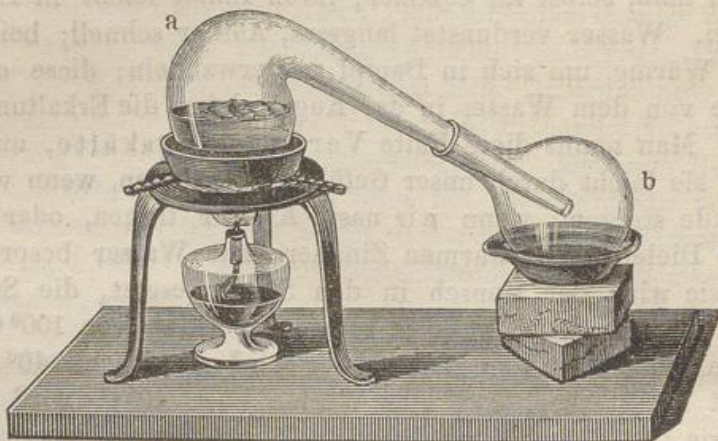
41. Destillation des Wassers. Erfolgt die Verdichtung des Wasserdampfes in einem verschlossenen Raume, so können wir das gebildete Wasser sammeln.

*Versuch.* Eine kleine Glasretorte (eine Glaskugel mit umgebogenem Halse) wird zur Hälfte mit Wasser angefüllt und erhitzt: die sich bildenden Dämpfe gehen durch den Hals der Retorte in eine gläserne Vorlage mit geradem Halse (Kolben), welche in einer mit kaltem Wasser gefüllten Schüssel liegt, und werden darin verdichtet. Die Vorlage wird zu besserer Abkühlung mit grobem Löschpapier belegt, welches man häufig mit kaltem Wasser befeuchtet. Man nennt diese Operation eine Destillation (von *destillare*, herabtröpfeln), und das gewonnene reinere Wasser „destillirtes“. Reiner als Brunnenwasser ist es aus dem Grunde, weil die fast in jedem Brunnenwasser enthaltenen, nicht flüchtigen, erdigen und salzigen Theile nicht mit verdampft werden, sondern in der Retorte zurückbleiben. In der Natur findet ein ähnlicher Destillationsprocess mit dem Was-



ser im Grossen statt, indem dieses durch die Wärme verdunstet und durch Abkühlung als Regen, Schnee oder Thau wieder ver-

Fig. 21.



ichtet wird. Regenwasser ist daher, mit Ausnahme der ersten Portionen, welche Staub, Ammoniak, Kohlensäure etc. enthalten, dem destillirten Wasser gleich zu achten. Durch die Destillation lassen sich auch leichtflüchtige Körper von schwerflüchtigen trennen, wie z. B. bei der Destillation von Branntwein der leichter flüchtige Weingeist von dem zurückbleibenden, weniger flüchtigen Wasser. Zu Destillationen im Grossen wendet man gewöhnlich kupferne Blasen an, und zum Abkühlen Kühlfässer mit schlangenförmig hin und her gewundenen Röhren, in welchen letzteren die Dämpfe einen längeren Weg zurückzulegen haben und demnach vollständiger verdichtet werden, als wenn das Rohr gerade durch das Fass hindurchgeht. Das in den Kühlfässern befindliche Wasser erhitzt sich durch die bei der Verdichtung des Wasserdampfes freiwerdende Wärme sehr bald, und es ist daher dafür zu sorgen, dass das heisse Wasser oben abfliessen, unten aber kaltes Wasser dafür hinzutreten kann.

#### Specifische Wärme der Körper.

42. Um auf einen bestimmten Temperaturgrad zu gelangen, brauchen die verschiedenen Körper bei gleichem Gewicht sehr verschiedene Wärmemengen, am wenigsten die Metalle,



mehr Steine und Erden, noch mehr das Eis, am meisten das flüssige Wasser. Man kann diese Verschiedenheit leicht wahrnehmen, wenn man Körper von verschiedener Temperatur mit einander mischt und die entstehenden Mitteltemperaturen beobachtet.

*Versuch.* Man gebe in drei Kochfläschchen gleiche Gewichte von Wasser von  $10^{\circ}\text{C.}$ , dann schütte man in das eine dasselbe Gewicht von Wasser à  $60^{\circ}\text{C.}$ , in das andere dasselbe Gewicht von Terpentinöl à  $60^{\circ}\text{C.}$ , in das dritte dasselbe Gewicht von Eisenfeile à  $60^{\circ}\text{C.}$ , schüttele den Inhalt tüchtig durcheinander und lese nun von einem eingetauchten Thermometer die Temperatur desselben ab. Man wird etwa finden: Gleiche Gewichte

| 1.                          | 2.                               | 3.                            |
|-----------------------------|----------------------------------|-------------------------------|
| von Wasser à $60^{\circ}$ , | von Terpentinöl à $60^{\circ}$ , | von Eisen à $60^{\circ}$ ,    |
| „ Wasser à $10^{\circ}$ ,   | „ Wasser . . à $10^{\circ}$ ,    | „ Wasser à $10^{\circ}$ ,     |
| zeigen . . . . $35^{\circ}$ | zeigen . . . . . $24^{\circ}$    | zeigen . . . . $15^{\circ}$ . |

Das warme Wasser hat  $25^{\circ}$  abgegeben und dadurch die Temperatur des kalten Wassers um  $25^{\circ}$  erhöht.

Das warme Terpentinöl hat  $36^{\circ}$  abgegeben, dadurch aber die Temperatur des kalten Wassers nur um  $14^{\circ}$  erhöht.

Die warme Eisenfeile hat  $45^{\circ}$  abgegeben, dadurch aber die Temperatur des kalten Wassers nur um  $5^{\circ}$  erhöht.

Das Wasser besitzt hiernach eine weit grössere Fassungskraft für Wärme oder Wärmecapacität als Terpentinöl und Eisen, es schliesst bei gleicher Temperatur etwa  $2\frac{1}{2}$  mal soviel Wärme in sich als das Terpentinöl ( $\frac{14}{36}$ ) und 9mal so viel Wärme als das Eisenmetall ( $\frac{5}{45}$ ). Die Wärmemenge, die ein Körper aufnimmt, wenn ein Gewichtstheil um  $1^{\circ}\text{C.}$  wärmer wird, heisst die specifische Wärme; sie wird in Zahlen angegeben, welche sich auf die specifische Wärme des Wassers als Einheit beziehen, wie folgende Beispiele zeigen.

Specifische Wärme zwischen  $0^{\circ}$  und  $100^{\circ}\text{C.}$  (abgerundet).

|                       |      |                        |       |
|-----------------------|------|------------------------|-------|
| Wasser . . . . .      | 1,00 | Schwefel, Glas, Thon . | 0,20  |
| Alkohol . . . . .     | 0,64 | Eisen . . . . .        | 0,11  |
| Aether, Baumöl, Eis . | 0,50 | Zink, Kupfer . . . . . | 0,09  |
| Terpentinöl . . . . . | 0,42 | Silber, Zinn . . . . . | 0,05. |



Aus der grossen specifischen Wärme des Wassers erklärt sich unter Anderem das im Vergleich zum Binnenlande weit gleichmässigere und mildere Klima der Küstengegenden und Inseln. Das Meer häuft im Sommer einen grossen Wärmeverrath in sich an, den es im Winter allmählig wieder an die Luft abgiebt.

Bei den chemischen Verbindungsgesetzen werden noch besondere chemische Beziehungen der specifischen Wärme zur Erwähnung gelangen.

### Verbreitung der Wärme.

43. Wärmeleitung. *Versuch.* Ein Probirgläschen wird ziemlich voll Wasser gefüllt und so über eine Spirituslampe

Fig. 22.



gehalten, dass die Flamme die oberen Schichten des Wassers erhitzt: das Wasser wird oben kochen, unten aber ganz kalt bleiben. Behandelte man Quecksilber auf gleiche Weise, so würden auch die untersten

Schichten desselben nach und nach erwärmt werden. Man sieht: die Quecksilbertheilchen theilen einander die Wärme mit, die Wassertheilchen nicht. Körper, in denen sich, wie im Quecksilber, die Wärme schnell ausbreitet, heissen gute Wärmeleiter; Körper aber, die sich dem Wasser ähnlich verhalten, schlechte Wärmeleiter. Zu den ersteren gehören vorzugsweise die metallischen Körper, zu den letzteren: Stein, Glas, Holz, Schnee, Wasser und ganz besonders die weichen Körper, als: Tuch, Pelz, Leinwand, Stroh, Papier, Asche u. s. w.

Die guten Wärmeleiter werden schnell warm und schnell wieder kalt, wie wir an den eisernen Oefen leicht bemerken können. Ein Stück Eisen fühlt sich in der Sonne heisser, im Schat-



ten kälter an als ein Stück Holz von gleicher Temperatur; diese Täuschung des Gefühls erklärt sich dadurch, dass das wärmere Eisen der Hand schneller Wärme zuführt, das kältere derselben hingegen schneller Wärme entzieht, als es das schlechter leitende Holz vermag.

Die schlechten Wärmeleiter werden nur langsam erwärmt, erkalten aber auch langsamer; aus diesem Grunde halten aus Ziegelsteinen erbaute Oefen, sogenannte russische, und die aus Thon bereiteten Kachelöfen länger warm als eiserne. Wir benutzen schlechte Wärmeleiter sehr häufig, um in dem einen Falle ein schnelles Heisswerden, in dem anderen ein schnelles Kaltwerden der Körper zu verhindern. Glas- und Porzellengefässe werden mit Sand oder Asche umgeben (Sandbad) und dann erst erhitzt, um sie allmählig zu erwärmen und dadurch das Zerspringen derselben seltener zu machen (Fig. 18 und 21). Erfolgt die Erwärmung durch Eingiessen einer heissen Flüssigkeit, so muss man erst nur eine kleine Quantität davon hineinbringen und diese einige Zeit darin herumschwenken, ehe man mehr zusetzt. Beim Entfernen vom Feuer gilt es als eine wichtige Vorichtsmaassregel, die heissen Gefässe nie auf Metall oder Stein, sondern immer auf schlechte Leiter, als: Stroh (Strohkränze), Holz, Papier, Tuch u. s. w. zu stellen; im entgegengesetzten Falle entstehen durch plötzliche Abkühlung und Zusammenziehung leicht Risse, ja diese können oft schon durch einen kalten Luftzug hervorgebracht werden. Um sich beim Anfassen heisser metallener Geräthschaften, z. B. der Ofenthüren, Plattglocken, vor Verbrennung zu schützen, versieht man diese mit Holzgriffen. Will man Kochfläschchen oder Probirgläschen, während Flüssigkeiten darin kochen, in der Hand halten, so umwickle man sie an der Stelle, wo sie angefasst werden, mehrfach mit Papier oder Bindfaden, damit sich ein schlechter Leiter zwischen dem heissen Glase und den Fingern befinde. Wie wir im Stande sind, das Eindringen der Kälte in die Körper, oder richtiger das Entweichen der Wärme aus denselben, dadurch zu verhindern, dass wir sie mit schlechten Wärmeleitern umgeben: das sehen wir an unseren Kleidungsstücken, an Brunnen und Bäumen etc., wenn wir sie mit Stroh umwickeln, an den Saaten auf unseren Feldern, wenn diese mit Schnee bedeckt sind, und an unzähligen anderen Erscheinungen



im gewöhnlichen Leben. Man nennt die schlechten Wärmeleiter aus diesem Grunde auch gute Wärmehalter.

**44. Wärmestrahlung.** Durch Leitung können Körper einander nur dann Wärme mittheilen oder entziehen, wenn sie sich berühren. Wir fühlen aber auch Wärme, wenn wir mehre Schritte von einem Feuer oder einem heissen Ofen entfernt bleiben, und bemerken, dass die Sonne die Erde erwärmt, obgleich zwischen beiden ein Raum von Millionen Meilen liegt. Diese Art der Erwärmung nennt man Wärmestrahlung.

**Erwärmung durch Strahlung. Versuch.** Man umwickle drei mit kaltem Wasser gefüllte Trinkgläser mit Papier, und zwar das eine mit Silber-, das andere mit weissem, das dritte mit nicht glänzendem, schwarzem Papier, und stelle die Gläser in die Sonne: ein eingetauchtes Thermometer wird zeigen, dass das schwarze Glas am stärksten, das silberglänzende am wenigsten erwärmt wird, obgleich alle Gefässe gleichviel Sonnenstrahlen bekommen. Diese Verschiedenheit erklärt sich dadurch, dass die Sonnenstrahlen von hellfarbigen und glänzenden Körpern zum grössten Theile abprallen (sie werden zurückgeworfen oder reflectirt), während sie von Körpern, die eine dunkle Farbe haben und nicht glänzen, zum grössten Theile verschluckt (absorbirt) werden. Im letzteren Falle werden mit dem Licht zugleich die meisten Wärmestraahlen der Sonne absorbirt und diese bewirken die grössere Erhöhung der Temperatur. Hieraus erklärt sich: warum schwarze Kleider uns wärmer halten als weisse; warum der Schnee schneller wegschmilzt, wenn man Russ oder dunkle Erde auf ihn streut; warum Weintrauben, Obst etc. an dunkeln Wänden schneller reifen als an Wänden von heller Farbe u. a. m.

**Erkaltung durch Strahlung. Versuch.** Man giesse heisses Wasser in die mit Papier umwickelten Gläser und beobachte die Abkühlung desselben durch das Thermometer; es findet jetzt eine entgegengesetzte Temperaturveränderung statt, das geschwärzte Glas wird am schnellsten, das in Silberpapier eingewickelte am langsamsten kalt, weil Körper mit matter Oberfläche die Wärme schneller ausstrahlen als Körper mit glänzender Oberfläche. Aus diesem Grunde bleibt Kaffee in einer



blanken Kanne länger heiss als in einer berussten, ein Ofen von glasierten glänzenden Kacheln länger heiss als ein anderer mit unglasierten, matten Kacheln, ein polirter eiserner Ofen länger als ein gleicher mit rauher Gussoberfläche etc.

Durch die Wärmestrahlung sind wir im Stande, uns einige allgemein verbreitete Naturerscheinungen zu erklären, die ausserdem sehr räthselhaft erscheinen müssten. Warum vermögen die Sonnenstrahlen den Schnee auf hohen Bergen, die doch der Sonne näher liegen als die ebenen Theile der Erde, selbst im heissesten Sommer nicht zu schmelzen? Weil sie nur dann erwärmend wirken, wenn sie auf Körper treffen, welche die Wärme derselben zu absorbiren vermögen, z. B. auf die rauhe Erdoberfläche. Der Schnee wird zwar auch von den Sonnenstrahlen getroffen, allein als ein weisser und glänzender Körper wirft er sie wieder zurück und bleibt kalt.

**45. Bildung von Thau und Reif.** Ist die Oberfläche der Erde warm geworden, so erwärmt sich an dieser die Luft; es werden daher am Tage die unteren Luftschichten immer wärmer sein als die oberen. Anders aber, wenn die Sonne untergegangen ist. Die Erde strahlt jetzt immer noch Wärme aus, ohne welche wieder zu erhalten, sie muss daher nach und nach kälter werden; die Luft dagegen giebt die Wärme, welche sie einmal hat, nicht so schnell ab und behält deshalb während der Nacht eine höhere Temperatur als der Erdboden; sie wird vorzugsweise nur da abgekühlt, wo sie auf der kälteren Erde ruht. Geht diese Abkühlung bis unter den Thaupunkt der Luft (38.), so setzen sich die verdichteten Dünste an dem Erdboden oder an den darauf wachsenden Pflanzen als kleine Tröpfchen ab, gerade wie sich Wassertröpfchen aus einer warmen Stubenluft an einem kalten, in dieselbe gebrachten Trinkglase niederschlagen: es entsteht Thau. Sinkt die Temperatur der Erdoberfläche in einer Nacht bis zum Eispunkte oder unter denselben, so werden die Wasserdünste in fester Gestalt niedergeschlagen und heissen dann Reif.

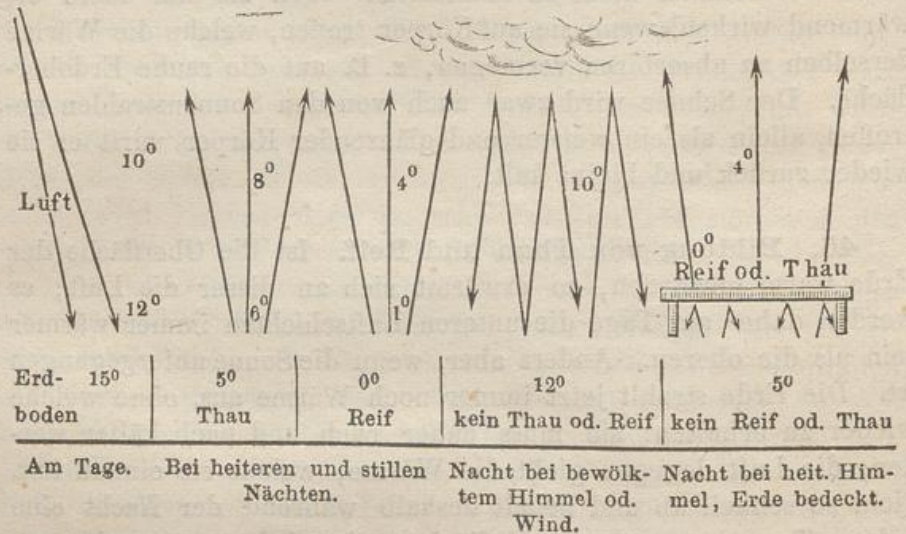
Die Wärmeausstrahlung der Erde ist am stärksten, wenn der Himmel heiter und die Luft ruhig ist; sie wird dagegen verhindert durch Wolken und Wind, und deshalb thaut es nur bei heiteren und windstillen Nächten reichlich. Die Wolken wirken hierbei wie ein Schirm, durch den man sich vor der Hitze



eines Ofens schützt, sie werfen nämlich die bis zu ihnen emporgedrungenen Wärmestrahlen wieder auf die Erde zurück, so dass die letztere sich nur wenig abkühlen kann. Dasselbe thun auch die Bastmatten, Strohecken und Bretter, welche die Gärtner über junge Pflanzen decken, um sie bei Spätfrösten im Frühjahr vor dem Erfrieren zu schützen. Die beistehenden Figuren, auf welchen die Richtung der Wärmestrahlen durch Pfeile angegeben ist, mögen diese Vorgänge anschaulicher machen.

Fig. 23.

Sonnenstrahlen.



### Auflösen und Krystallisiren.

46. Wasser als Lösungsmittel. Das Wasser vermag sehr viele feste Körper flüssig zu machen und sich innig mit denselben zu verbinden, ohne dass es seine Durchsichtigkeit verliert; man nennt solche Verbindungen Auflösungen. Trifft das Regenwasser in dem Erdboden oder in den Gebirgsarten, durch welche es hindurchsickert, lösliche Substanzen an, so löst es diese auf, und es erklärt sich hieraus, warum fast alles Quellwasser beim Verdunsten einen erdigen oder salzigen Rückstand hinterlässt. Häufig wird dieser Rückstand, besonders dann, wenn er Kalktheile enthält, während des Abdampfens so verändert, dass er sich nicht wieder im Wasser auflöst und eine steinartige Kruste um die Wände der Kochgefäße bildet (Pfannen- oder Kesselstein).



Der Karlsbader Sprudel setzt so viel Pfannenstein ab, dass in denselben gelegte Gegenstände in kurzer Zeit äusserlich versteinert oder incrustirt erscheinen. Ist ein Wasser sehr reich an aufgelösten Stoffen, besonders an solchen, welche eine Heilkraft besitzen, z. B. an Eisen, Schwefel, Salzen etc., so erhält es den Namen Mineralwasser oder Gesundbrunnen. Das Meerwasser enthält gegen 3 Procent aufgelöste Substanzen.

**47. Schwerlösliche Körper. Versuch.** Man übergiesse einen Theelöffel voll gelöschten Kalkes (33.) in einer Flasche mit  $\frac{1}{4}$  Liter Wasser, verstopfe das Glas und lasse es, nachdem man es einige Minuten durchschüttelt hat, so lange ruhig stehen, bis das Wasser wieder vollkommen klar geworden ist. Durch vorsichtiges Neigen des Glases lässt sich der grösste Theil der Flüssigkeit abgiessen, ohne dass der Bodensatz mit ausfliesst. Man nennt diese Operation Decantiren, die klare Flüssigkeit Kalkwasser. Der Kalk ist sehr schwer löslich in Wasser; 1 Grm. davon braucht beinahe 800 Grm. Wasser, um aufgelöst zu werden, der Ueberschuss desselben bleibt ungelöst und setzt sich, da Kalk schwerer ist als Wasser, zu Boden. Dass sich in der Flüssigkeit etwas aufgelöster Kalk befinde, zeigt schon der eigenthümliche Geschmack derselben. Dieser Geschmack heisst alkalisch oder laugenhaft.

Einen Theil des Kalkwassers bewahre man in einem wohlverstopften Gefässe zu weiterem Gebrauche auf: das Wasser wird durchsichtig und klar bleiben; den anderen Theil stelle man in einem offenen Trinkglase an die Luft: das Wasser wird bald trübe werden und sich mit einem Häutchen überziehen, welches nach und nach stärker wird und zu Boden fällt. Ist das Wasser nach einigen Tagen wieder klar geworden, so schmeckt es nicht mehr alkalisch; der vorher darin aufgelöste Kalk ist an der Luft chemisch verändert und dabei unlöslich geworden, er findet sich in pulverförmiger Gestalt am Boden des Gefässes.

**48. Lösen von Lackmus. Versuch.** 10 Grm. käuflicher Lackmus wird in einem Fläschchen mit 60 Grm. Wasser übergossen und so lange an einen warmen Ort gestellt, bis die Flüssigkeit eine dunkelblaue Farbe angenommen hat. Lackmus besteht aus einem blauen Farbstoff, der in Wasser löslich ist und daher von diesem ausgezogen wird; ausserdem enthält der Lackmus aber auch erdige Theile, welche unlöslich sind und als Schlamm



zurückbleiben. Man könnte diese beiden Stoffe zwar auch, wie bei dem vorigen Versuche, durch Absetzen und Abgiessen von einander trennen, dies lässt sich aber auch, und zwar schneller, durch Filtriren bewirken. Zu dem Ende schneidet man sich aus einem Bogen Fliess- oder Löschpapier ein kreisförmiges Stück aus, bricht dieses doppelt zusammen und stellt den so erhaltenen Papiertrichter (Filtrum) in einen Glastrichter. Zwischen das Pa-

Fig. 24.

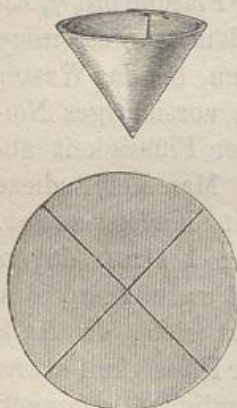


Fig. 25.



pier und Glas kommen einige dünne Holz- oder Glasstäbe, damit das erstere sich nicht zu fest an die Glaswände anlege; eben so hat man dafür zu sorgen, dass zwischen der Trichter- röhre und dem Halse der Glasflasche, in welche die filtrirte Flüssigkeit läuft, eine Oeffnung bleibe zum Entweichen der Luft aus der Flasche, weil ausserdem die Flüssig-

keit nicht aus dem Trichter ablaufen kann. Dies erreicht man am einfachsten durch ein Stückchen von dünnem Bindfaden, welches man in den Hals der Flasche einklemmt. Das Filtrum, welches nie höher sein darf als der Trichter, wird zuvor mit Wasser angefeuchtet, ehe man die Flüssigkeit aufgiesst. Das Fliesspapier besteht aus feinen, zusammengefilzten Leinwand- oder Baumwollenfasern, zwischen denen sich kleine Zwischenräume oder Poren befinden, durch welche wohl Flüssigkeiten, nicht aber pulverige, feste Theile dringen können; die letzteren bleiben daher auf dem Filtrum zurück. Bei dem Schreibpapier sind diese Poren durch Leim, Harzseife oder Stärkekleister zugeklebt, es kann aus diesem Grunde nicht zum Filtriren angewendet werden.



**49. Probirpapiere.** *Versuch.* Von der erhaltenen Lackmusauflösung (Tinctur) giesse man einen Theil in eine Tasse und ziehe Streifen von feinem Fliesspapier oder auch von Briefpapier ein oder einige Male hindurch, bis dieselben eine deutlich blaue Farbe angenommen haben. Die getrockneten Streifen werden unter dem Namen blaues Lackmus- oder Probirpapier in einer Schachtel aufbewahrt; sie werden durch Essig, Citronensaft und alle sauren Flüssigkeiten roth, und man erkennt dadurch, ob eine Flüssigkeit sauer sei (sauer reagire) oder nicht.

*Versuch.* Ein anderer Theil der Lackmustinctur wird vorsichtig mit soviel Citronensaft versetzt, dass die blaue Farbe deutlich roth erscheint, und dann gleichfalls zum Färben von Papier verwendet. Das rothe Probirpapier dient zur Erkennung der den Säuren entgegengesetzten alkalischen oder basischen Körper, welche dasselbe wieder blau machen, wie man leicht sehen kann, wenn man es in Kalkwasser oder angefeuchtete Asche hält.

**50. Leichtlösliche Körper.** *Versuch.* Zu 40 Grm. kaltem Wasser setze man nach und nach unter stetem Umrühren so lange gestossenen Salpeter, als derselbe noch darin zergeht: man wird ungefähr 10 Grm. brauchen; was darüber hinzugesetzt wird, bleibt unge löst am Boden liegen. Man nennt diese Auflösung eine kalt gesättigte. Erhitzt man dieselbe bis zum Kochen und fügt von Neuem Salpeter hinzu, so wird man noch nahezu 80 Grm. hinzusetzen können, ehe die Flüssigkeit wieder gesättigt ist. Ein in diese kochend gesättigte Lösung gehaltenes Thermometer wird ungefähr bis auf  $110^{\circ}$  steigen, während es in kochendem Wasser nur eine Höhe von  $100^{\circ}$  erreicht; alle Salzlösungen kochen schwerer als Wasser und gefrieren auch schwerer. Wie der Salpeter, so verhalten sich alle im Wasser löslichen Körper: sie werden nämlich von letzterem nur in einer bestimmten Menge aufgenommen; bei den meisten gilt es als Regel, dass heisses Wasser mehr von ihnen auflösen kann als kaltes.

**51. Krystallisiren durch Abkühlung.** *Versuch.* Giesst man die bei dem vorigen Versuche gewonnene Lösung heiss in ein vorher angewärmtes Porzellanschälchen und lässt sie ruhig stehen, bis sie ganz erkaltet ist, so scheiden sich die zuletzt zugesetzten 80 Grm. Salpeter wieder in fester Gestalt aus, aber nicht



als Pulver, sondern als regelmässig gebildete Säulen. Diese Säulen sind sechsseitig und haben oben eine zweiflächige, einem Dache

Fig. 26.



ähnliche Zuspitzung; wir nennen sie Salpeterkrystalle. An jedem Krystalle unterscheidet man äusserlich: Flächen, Kanten und Ecken, gleichsam als ob derselbe aus einzelnen, dreieckigen, vier- oder mehreckigen Stücken zusammengesetzt oder künstlich geschliffen wäre; ja diese Regelmässigkeit findet sich auch im Innern desselben, wie man zuweilen bemerken kann, wenn man einen durchsichtigen Krystall gegen das Licht hält und langsam umdreht, oder wenn man ihn zerschlägt, wobei die einzelnen kleinen Bruchstücke oft wieder dieselbe regelmässige Gestalt zeigen, welche der ganze Krystall hatte. Wir finden also auch in der leblosen

Natur eine geheimnissvolle Gewalt — ähnlich der, welche die Biene nöthigt, sich eine sechseckige Wohnung zu erbauen, oder die Kartoffel, immer eine fünfeckige Blume und fünf Staubfäden zu erzeugen —, durch welche die kleinsten Theilchen der Körper, die man Molecule nennt, gezwungen werden, sich nach einer bestimmten Richtung und Ordnung an einander zu legen und sich auf diese Weise zu einer regelmässigen Form zu gestalten. Dies kann aber nur geschehen, wenn ein Körper flüssig oder luftförmig ist, weil nur in diesem Zustande eine freie Bewegung der Molecule möglich ist. Dies kann ferner nur geschehen, wenn man den letzteren Zeit lässt zu dieser Bewegung; es werden daher die Krystalle immer um so regelmässiger ausfallen, je langsamer sie entstehen. Von den prachtvollen Krystallen, die wir aus der Tiefe der Erde herausgraben, mögen viele wohl Tausende von Jahren zu ihrer Ausbildung gebraucht haben.

**52. Gestörte Krystallisation. Versuch.** Die über den beim vorigen Versuche gewonnenen Salpeterkrystallen stehende Flüssigkeit dampfe man bei gelindem Feuer so weit ein, bis sich auf ihrer Oberfläche ein Salzhäutchen zeigt, dann entferne man das Feuer und lasse die Auflösung unter stetem Umrühren mit einem Holzstäbchen erkalten. Man wird auf diese Weise keine ganzen Salpeterkrystalle, sondern Salpeterpulver erhalten.

Die erwähnte Flüssigkeit ist als eine kalt gesättigte Salpeter-



auflösung anzusehen und enthält ungefähr noch 10 Grm. Salpeter aufgelöst. Wird von ihr durch Verdampfen so viel Wasser entfernt, dass die noch übrige Menge des letzteren nur eben noch hinreicht, um den Salpeter in der Hitze aufgelöst zu erhalten, so fangen sich auf der kühleren Oberfläche Krystallchen an auszuscheiden, und zwar in der Gestalt eines dünnen Häutchens (Salzhäutchen), welches also anzeigt, dass die Flüssigkeit wieder heiss gesättigt ist. Würde man die letztere jetzt ruhig erkalten lassen, so erhielte man abermals feste Krystalle (zweiter Anschuss); rührt man aber fortwährend um, so werden dieselben in dem Augenblicke, wo sie sich bilden, zerbrochen, und das Product ist bei langsamer Bewegung ein grobes, bei schneller Bewegung ein sehr feines Pulver. Man nennt dies eine gestörte Krystallisation. Ein anderes recht deutliches Beispiel dieser Art kommt beim Zucker vor; dieselbe Zuckerlösung, welche bei ruhigem Erkalten den Kandiszucker liefert, giebt durch gestörte Krystallisation den gewöhnlichen Hutzucker.

**53. Krystallisiren durch Abdampfung.** *Versuch.* Man schütte zu kochendem Wasser so viel Kochsalz, als sich darin auflöst, und lasse die Auflösung erkalten: es bilden sich keine Krystalle, weil das Kochsalz sich ebenso leicht und in ebenso grosser Menge in kaltem Wasser löst als in heissem. Die Hälfte des Salzwassers dampfe man nun über einer Spirituslampe ein; die andere Hälfte aber stelle man an einen warmen Ort: man wird in dem ersten Falle unregelmässige Salzkörner, in letzterem, aber erst nach einigen Tagen, regelmässige kleine Salzwürfel erhalten.

**54. Trennung von Körpern durch Krystallisation.** *Versuch.* Man löse einen Löffel voll Kochsalz und Salpeter in lauem Wasser auf und stelle die Auflösung an einen warmen Ort, damit das Wasser allmähig verdunste: die beiden Salze, welche in der Auflösung aufs Innigste mit einander vermischt sind, werden beim Krystallisiren sich wieder aufs Vollständigste von einander trennen. Der Salpeter scheidet sich in langen Säulen aus, und enthält keine Spur von Kochsalz; dieses krystallisirt in Würfeln, die ganz frei sind von Salpetertheilchen. Es fand also irgend eine Anziehung zwischen den Salz- und Salpetertheilchen nicht statt, sondern es lagerten sich bei ihrer Abscheidung aus der



Lösung durch das Verdunsten des Wassers nur die gleichartigen Salztheilchen in regelmässiger Form an einander, gerade so als wenn nur eins dieser beiden Salze allein in dem Wasser gelöst gewesen wäre.

**55. Chemisch gebundenes Wasser. Krystallwasser.** Das Wasser nimmt in unserem Himmelsstriche nur in der kalten Jahreszeit feste Gestalt an, und es ist bekannt genug, dass es im Schnee wie im Eise oft die regelmässigsten Krystalle bildet. Wir finden es aber auch noch in fester Form in sehr vielen Körpern, in denen man es nicht vermuthen sollte; 100 Grm. Eisenrost z. B. enthalten 15 Grm., 100 Grm. gelöschter Kalk 24 Grm. Wasser, und doch erscheinen beide ganz trocken. Dieses Wasser heisst chemisch gebunden; es ist innig vereinigt mit anderen festen Stoffen, zu denen es Verwandtschaft hat. Solche Verbindungen fester Körper mit Wasser werden Hydrate genannt. Auch in Salzen wird es häufig angetroffen, wie man an dem bekannten Glaubersalze auf eine einfache Weise sehen kann.

*Versuch.* Man lege 20 Grm. krystallisirtes Glaubersalz an einen warmen Ort: es wird bald seine Durchsichtigkeit verlieren und endlich zu einem weissen Pulver zerfallen (verwittern), welches kaum noch 10 Grm. wiegt. Was verloren gegangen, war Wasser, und man bemerkt deutlich, dass dieses Wasser es zugleich war, welches dem Glaubersalze seine Krystallform und seine Durchsichtigkeit erteilte; es entweicht und die Form verschwindet, und mit dieser zugleich die Durchsichtigkeit. Man nennt aus diesem Grunde das Wasser, welches die Krystallform vieler Salze bedingt, Krystallwasser. Salpeter und Kochsalz, auf gleiche Weise behandelt, verlieren nichts von ihrem Gewichte und werden auch nicht undurchsichtig oder pulverig; sie enthalten kein chemisch gebundenes Wasser.

#### Bestandtheile des Wassers.

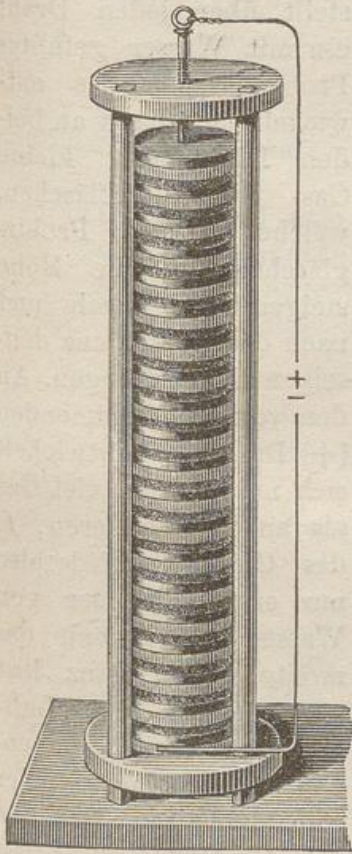
— 1783 zuerst von Lavoisier nachgewiesen. —

**56. Wasserzerlegung.** Ausser der Elektricität, die wir im Grossen in der majestätischen Erscheinung des Blitzes bewundern, im Kleinen aber durch Reiben verschiedenartiger Körper an einander



erzeugen, unterscheidet man noch eine zweite Art von Elektrizität, welche man galvanische Kraft oder Galvanismus nennt. Diese ist für die Chemie von hoher Wichtigkeit geworden, weil man durch sie in den Stand gesetzt wurde, alle chemischen Verbindungen,

Fig. 27.

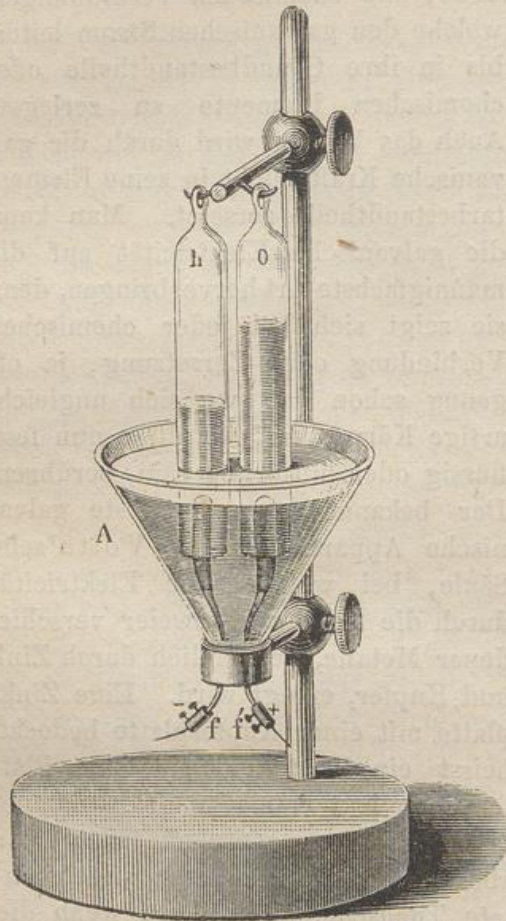


welche den galvanischen Strom leiten, bis in ihre Grundbestandtheile oder chemischen Elemente zu zerlegen. Auch das Wasser wird durch die galvanische Kraft leicht in seine Elementarbestandtheile zersetzt. Man kann die galvanische Elektrizität auf die mannigfachste Art hervorbringen, denn sie zeigt sich bei jeder chemischen Verbindung oder Zersetzung, ja oft genug schon da, wo sich ungleichartige Körper, mögen diese nun fest, flüssig oder luftförmig sein, berühren. Der bekannteste und älteste galvanische Apparat ist die Volta'sche Säule, bei welcher die Elektrizität durch die Berührung zweier verschiedener Metalle, gewöhnlich durch Zink und Kupfer, erregt wird. Eine Zinkplatte mit einer Kupferplatte bedeckt, heisst ein Plattenpaar; solcher Plattenpaare legt man eine grosse Menge über einander, zwischen jedes Paar aber eine mit Salzwasser angefeuchtete Tuchscheibe, so dass, wenn die Säule unten mit Zink anfängt, sie oben mit einer Kupferplatte schliesst. Diese beiden Endplatten heissen die Pole (Zink- oder + Pol und Kupfer- oder - Pol); sie werden mit Metalldrähten versehen, um den elektrischen oder galvanischen Strom, welcher in der Säule entsteht, an beliebige Orte leiten zu können. Wenn die beiden Drähte einander bis auf eine sehr kleine Entfernung genähert werden, so sieht man Funken von dem einen Drahte zum anderen überspringen; dies ist ein Zeichen des galvanischen Stromes, der sich durch ähnliche Lichterscheinungen zu erkennen giebt, wie der elektrische Strom in einer Elektrisirmaschine.



Um mit dieser Säule Wasser zu zersetzen, leitet man die beiden Drähte, an deren Enden man zu diesem Versuche

Fig 28.



Platin-Drähte oder -Blättchen befestigt hat, in ein Gefäß mit Wasser und stellt über jeden Draht ein mit Wasser gefülltes Probirgläschen; es entwickeln sich dann an beiden Drahtenden kleine Gas- oder Luftbläschen, welche in den Probirgläschen in die Höhe steigen und nach und nach das Wasser aus denselben herausdrängen. An dem vom Zink kommenden (+) Drahte  $f'$  entwickelt sich nur halb so viel Gas als an dem anderen,  $f$ ; das Gläschen wird also nur erst halb leer von Wasser sein, wenn das zweite schon ganz leer geworden ist. Diese Luftart bringt einen glimmenden Holzpahn wieder zum lebhaften Brennen mit Flamme: sie heisst Sauerstoffgas (O). Die

vom Kupferende (—) ausgehende Luft löscht einen eingetauchten glimmenden Span aus, sie brennt aber selbst, wenn man eine Lichtflamme darüber hält: sie heisst Wasserstoffgas (H). Dies sind die Bestandtheile des Wassers. Wir sagen: das Wasser besteht aus 1 Maass (Volumen) Sauerstoffgas und aus 2 Maass Wasserstoffgas. Aus einem Maass flüssigen Wassers würde man mehre Tausend Maasse von diesen zwei Luftarten erhalten, wenn man dasselbe in seine Bestandtheile zerlegte.