Physikalische Eigenschaften der Gase.

Wir haben oben gesehen, wie man leicht berechnen kann, wie viel Sauerstoff oder Wasserstoff dem Gewicht nach man aus einer gegebenen Menge von Kaliumchlorat oder Zink erhalten kann, oder wie viel von diesen Verbindungen erforderlich ist, um eine gewisse Gewichtsmenge eines jener Gase darzustellen. Gase werden aber selten dem Gewichte, sondern fast immer dem Volum nach bestimmt, und ehe wir daher zu den Verbindungen von Sauerstoff und Wasserstoff übergehen, müssen wir erst die Methoden kennen lernen, wie diese Bestimmung geschieht, und haben zu diesem Zwecke erst einige physikalische Eigenschaften der Gase, deren Kenntniss erforderlich ist, näher zu betrachten.

Ausdehnung der Gase durch Wärme.

Alle Körper dehnen sich beim Erwärmen aus; diese Ausdehnung ist bei gleicher Temperaturerhöhung am geringsten bei festen Körpern, grösser bei Flüssigkeiten, aber für verschiedene Substanzen sehr verschieden; gasförmige Körper dagegen dehnen sich nicht nur am stärksten aus, sondern alle dehnen sich ganz gleichmässig aus. Durch sorgfältige Versuche hat man festgestellt, dass bei einem jeden Gas die Zunahme des Volumens bei der Temperaturerhöhung von 1^0 des 100theiligen Thermometers $\frac{1}{273}$ des Rauminhaltes bei 0^0 ist.

Nimmt also ein Gas bei 0^0	273	Raumtheile	ein,
so nimmt es bei 1^0	274	„	„
bei 2^0	275	„	„
bei 3^0	276	„	„
und bei t^0	$273 + t$	„	„

oder ein Raumtheil bei 0^0 wird zu $1^1/_{273}$ oder 1,003665 bei 1^0. Den Bruch $^1/_{273}$ = 0,003665 nennt man den Ausdehnungscoefficienten der Gase.

Will man also wissen, welchen Raum 1000 CC. Wasserstoff gemessen bei 0^0 einnehmen, wenn die Temperatur auf 20^0 steigt,

so hat man sich zu erinnern, dass 273 Raumtheile bei 0^0 zu $273 + 20 = 293$ Raumtheilen bei 20^0 werden, also 1000 CC. bei 0^0 werden bei $20^0 = \frac{1000 . 293}{273} = 1073{,}2$ . . Wünscht man dagegen zu finden, welches Volum ein Gas bei 0^0 einnimmt, das bei 20^0 1000 CC. einnahm, so hat man sich zu erinnern, dass wenn ein Gas von 20^0 auf 0^0 abgekühlt wird, das Volumen sich im Verhältniss von 293 : 273 verkleinert oder 1000^0 bei 20^0 werden bei $0^0 = \frac{1000 \times 273}{293}$. Hat man das Volum eines Gases bei 20^0 gemessen und will wissen, was es bei 50^0 ist, so hat man dieses Volum mit $\frac{273 + 50}{273 + 20} = \frac{323}{293}$ zu multipliciren.

Verhalten der Gase zum Druck.

Alle Körper vermindern unter Druck ihr Volum; feste und flüssige Körper thun dies nur in geringem Maasse; Gase lassen sich sehr stark zusammendrücken, und wird der Druck aufgehoben, so nehmen sie ihr ursprüngliches Volum wieder an. Alle Gase vermindern ihr Volum unter demselben Drucke ganz gleichmässig, und die Beziehungen zwischen Druck und Volum werden durch ein sehr einfaches Gesetz ausgedrückt, das nach den Entdeckern das Boyle'sche oder Mariotte'sche Gesetz genannt wird. Es heisst: das Volum der Gase verhält sich umgekehrt wie der Druck, dem sie ausgesetzt sind.

Hat man also 1 Volum eines Gases und vermindert den Druck, dem es ausgesetzt ist, auf die Hälfte, so wird es 2 Volumina einnehmen, ist der Druck nur $1/3$, so wird es sich zu 3 Volumina ausdehnen, wird dagegen der Druck verdoppelt, so wird es nur halb so viel Raum einnehmen, bei 3fachem Druck nur $1/3$ u. s. w.

Der Druck, welchen die Atmosphäre auf die Erdoberfläche ausübt, wird durch das Barometer gemessen; derselbe ist im Mittel gleich einer Quecksilberschichte von 760 Millimeter Höhe. Der Luftdruck ist aber fortwährenden Schwankungen unterworfen; wird derselbe grösser, so steigt das Quecksilber im Barometer, vermindert er sich, so sinkt die Quecksilbersäule. Alle Gase, welche auf unserm Planeten existiren, sind diesem Drucke unterworfen, und ihre Volumina vergrössern oder ver-

kleinern sich, dem oben erwähnten Gesetze folgend, im Verhältniss wie der Luftdruck sich vermindert oder vermehrt. Es folgt hieraus, dass wenn man berechnen will, welches Volum Wasserstoff eine bestimmte Menge von Zink liefern kann, man nicht nur die Temperatur, bei der das Gas aufgefangen wird, wissen muss, sondern auch den Luftdruck, bei dem es gemessen wird. Um die Volumina verschiedener Gase vergleichen zu können, muss man dieselben für denselben Druck und dieselbe Temperatur berechnen. Man ist übereingekommen, als Normaltemperatur 0^0 und als Normaldruck den Druck einer Quecksilbersäule von 760 Millimeter anzunehmen.

Nehmen wir nun an, wir wollten einen Gasometer, welcher 10 Liter hält, mit Sauerstoff füllen bei einer Temperatur von 15^0 und einem Barometerstande von 752 Mm., so können wir leicht berechnen, wie viel Kaliumchlorat dazu erforderlich ist; denn wir wissen, dass 122,6 Gewichtstheile Kaliumchlorat 48 Gewichtstheile Sauerstoff liefern, und dass 1 Liter Sauerstoff bei Normaltemperatur und Druck 1,4298 Gramme wiegt. Was ist also das Gewicht von 10 Liter Sauerstoff, bei 15^0 und unter 752 Mm. Druck?

10 Liter bei 0^0 und 760 Mm. gemessen werden bei 15^0 und 752 Mm. $= \frac{10 . 760 . (273 + 15)}{752 . 273} = 10{,}661$ Liter.

Da nun 10 Liter bei 0^0 und 760 Mm. 14,298 Gramme wiegen, so wiegen 10 Liter bei 15^0 und 752 Mm. $\frac{14{,}298 . 10}{10{,}661}$ $= 13{,}441$ Gramme. Um aber 13,441 Gramme Sauerstoff darzustellen braucht man $\frac{122{,}6 . 13{,}441}{48} = 34{,}254$ Gramme Kaliumchlorat.

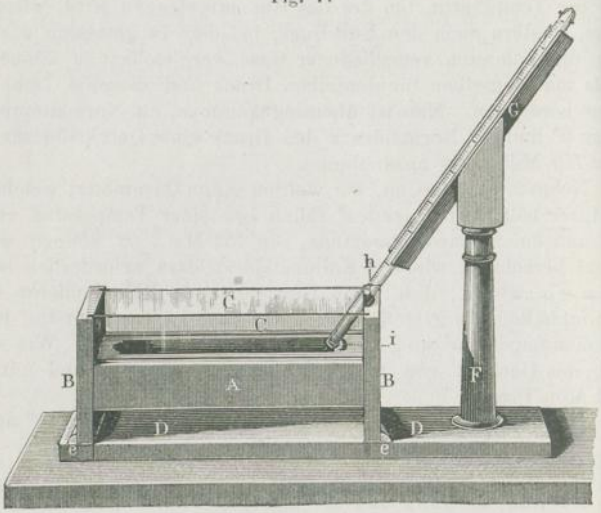
Genau in derselben Weise kann man finden, wie viel Zink und Schwefelsäure erforderlich sind um einen Luftballon, dessen Rauminhalt 150 Cubikmeter beträgt, mit Wasserstoff zu füllen, wenn die Temperatur 11^0 ist und das Barometer auf 763 Mm. steht.

Messen der Gase.

Unter den Apparaten, welche man benutzt, um Gase zu messen und deren Zusammensetzung dem Rauminhalt nach zu ermitteln, ist das Eudiometer der wichtigste. Dasselbe be-

steht aus einer langen Glasröhre, welche an einem Ende zugeschmolzen und mit einer genauen Millimetereintheilung versehen ist (Fig. 7). Der Rauminhalt, welcher einem jeden Theilstriche

Fig. 7.



entspricht, wird durch Versuche genau ermittelt. Am obern verschlossenen Ende des Rohres sind zwei Platindrähte eingeschmolzen, welche dazu dienen, um Gasgemische durch den elektrischen Funken entzünden zu können. Zum Gebrauch wird die Röhre mit Quecksilber gefüllt und in einer mit Quecksilber gefüllten Wanne umgekehrt; dann lässt man das Gas, das analysirt oder gemessen werden soll, vermittelst einer Gasleitungsröhre eintreten. Durch Ablesung an der Scala erfährt man, welches Volum dasselbe einnimmt, und man hat nun den Druck und die Temperatur zu bestimmen, um zu finden, welchen Raum es bei 0^0 und einem Druck von 760 Mm. einnehmen würde. Die Temperatur wird durch ein genaues Thermometer bestimmt, das in der Nähe des Instrumentes aufgehängt ist, und man liest nicht eher ab, bis dasselbe längere Zeit einen constanten Stand eingenommen hat; um den Druck zu bestimmen, unter welchem das Gas sich befindet, ist erforderlich der Barometerstand und die Höhe der Quecksilbersäule im Rohre über dem Quecksilber-

spiegel in der Wanne. Alle Ablesungen geschehen in einiger Entfernung mittelst eines Fernrohres, um den Einfluss der Körperwärme so viel als möglich zu vermeiden. Nimmt z. B. ein Gas im Eudiometer 50 Raumtheile ein und ist die Temperatur 10°, der Barometerstand 750 Mm. und die Höhe der Quecksilbersäule in der Röhre 430 Mm., so ist der Druck, unter dem das Gas sich befindet, 750 — 430 = 320 Mm. Quecksilberhöhe und das Volum bei Normaldruck und Normaltemperatur daher

$$\frac{50 . 320 . 273}{760 . (273 + 10)} = 20{,}31 \text{ Raumtheile.}$$

Nicht bloss Körper, welche bei gewöhnlicher Temperatur gasförmig sind, folgen den oben erwähnten Gesetzen, sondern alle Stoffe, welche sich in Gase oder Dämpfe verwandeln lassen, sind in diesem Zustande diesen Gesetzen unterworfen, so lange Druck und Temperatur nicht zu nahe dem Punkte kommen, wo sie den tropfbarflüssigen Zustand annehmen. Näheres darüber wird bei den betreffenden Körpern erwähnt werden.

Diffusion der Gase.

Bringt man zwei oder mehrere Gase, welche sich nicht chemisch verbinden, zusammen, so mischen sie sich nach kurzer Zeit vollständig mit einander. Leitet man z. B. Kohlendioxid, welches 22 mal schwerer als Wasserstoff ist, auf den Boden eines Gefässes, das mit Wasserstoff gefüllt ist, so wird nach einiger Zeit eine innige Mischung der beiden Gase eingetreten sein und ein bestimmter Raumtheil aus dem obern Theile des Gefässes genau so viel Kohlendioxid enthalten, als ein gleiches Volum am Boden desselben; diese Eigenschaft bezeichnet man mit Diffusion der Gase. Verschiedene Gase diffundiren mit verschiedener Schnelligkeit; so entweichen aus einem Gefässe, welches mit Sauerstoff gefüllt und mit der Oeffnung nach oben gerichtet ist, 94,5 Proc. dieses Gases in derselben Zeit, als aus einem mit Kohlendioxid gefüllten 47 Proc. entweichen.

Zu Untersuchungen über Diffusion benutzt man Glasröhren, deren eines Ende mit einer dünnen Platte verschlossen ist, die aus einem sehr feinporigen Material besteht; am besten eignen sich hierzu Gyps- oder Graphitplatten. Füllt man eine solche Röhre mit Wasserstoff, wobei man auf die Graphitplatte eine genau darauf geschliffene Glasplatte deckt, um das Entweichen

des Gases zu verhindern, bringt dann das offene Ende der Röhre unter Wasser und nimmt dann die Glasplatte weg, so fängt das Wasser in der Röhre an zu steigen, als ob ein luftleerer Raum entstanden wäre, indem der Wasserstoff schneller in die äussere Luft diffundirt, als dieselbe durch die poröse Platte eindringen kann. Untersucht man das in der Röhre befindliche Gas, wenn das Wasser nicht weiter steigt, so findet man, dass es nur aus Luft besteht.

Die Schnelligkeit, mit welcher ein Gas diffundirt, hängt von seinem specifischen Gewichte ab und folgt einem bestimmten Gesetze, welches heisst: die Schnelligkeit der Diffusion verhält sich umgekehrt wie die Quadratwurzeln der Gasdichten.

So entweichen durch die Scheidewand 4 Raumtheile Wasserstoff in derselben Zeit als 1 Raumtheil Sauerstoff, indem das letztere Gas 16 mal schwerer als das erstere ist.

Diese Eigenschaft der Gase ist von der grössten Wichtigkeit, da durch dieselbe hauptsächlich die Luft in grossen Städten und Wohngebäuden immer erneuert und rein gehalten wird.

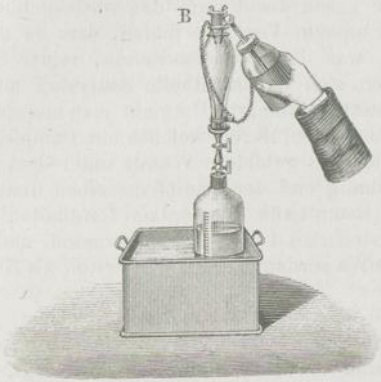
Oxide des Wasserstoffs.

Wasserstoffoxid oder Wasser H_2O. Molekulargewicht 18, Dichte 9.
Wasserstoffdioxid H_2O_2. Molekulargewicht 34.

Wasser oder Wasserstoffoxid, H_2O, bildet sich durch directe Verbindung der beiden Elemente, wenn Wasserstoff in Luft oder Sauerstoff brennt. Die Zusammensetzung des Wassers wurde 1781 von Cavendish entdeckt; derselbe bewies, dass 2 Volumina Wasserstoff sich mit 1 Volum Sauerstoff zu Wasser vereinigen. Den Apparat, den er dazu anwandte, zeigt in etwas vervollkommneter Gestalt Fig. 8. In der mit einer Theilung versehenen Glasglocke brachte er 2 Raumtheile Wasserstoff mit 1 Raumtheil Sauerstoff zusammen und liess dieses Gemisch durch Oeffnen der Hähne in das obere starkwandige Glasgefäss steigen, welches vorher luftleer gepumpt und dann gewogen worden war. Vermittelst zweier in dieses Gefäss eingeschmolzener Platindrähten liess er einen elektrischen Funken durchschlagen, die Gase verbanden sich unter Explosion, und die Wände des Gefässes beschlugen sich mit Thautropfen. Beim Wiederwägen zeigte sich, dass das Gewicht sich nicht geändert hatte, und

wurden die Hähne unter Wasser geöffnet, so füllte sich das Gefäss ganz damit an, zum Zeichen, dass die Gase sich

Fig. 8.



vollständig verbunden hatten. Hiermit war also bewiesen, dass durch Vereinigung von 1 Raumtheil Sauerstoff mit 2 Raumtheilen Wasserstoff ein dem Gewicht der angewandten Gase gleiches Gewicht Wasser gebildet worden war.

Seit dieser Zeit hat man die Zusammensetzung des Wassers durch bessere Methoden vielfach wieder bestimmt und die Resultate Cavendish's bestätigt. Die schärfste Methode ist eine Abänderung der von Cavendish benutzten und beruht auf Anwendung des Eudiometers. Nachdem dasselbe mit Quecksilber gefüllt ist, leitet man Wasserstoff ein und bestimmt dessen Volum genau mit Befolgung aller oben erwähnten Vorsichtsmaassregeln. Nehmen wir an, es seien 100 Raumtheile. Man bringt dann Sauerstoff hinzu und bestimmt dessen Volum; es seien 75 Raumtheile. Die Röhre darf bei diesem Versuche höchstens bis zur Hälfte mit dem Gasgemenge gefüllt sein, da bei der Vereinigung der Gase eine starke Wärmeentwickelung stattfindet und die Gase sich bedeutend ausdehnen. Man presst dann das offene Ende des Eudiometers gegen eine Kautschukplatte, welche sich unter dem Quecksilber in der Wanne befindet, und lässt dann vermittelst der Platindrähte einen elektrischen Funken durch das Gasgemisch schlagen; eine schnelle Verbrennung findet statt, und die kalten Röhrenwände beschlagen sich mit Thau von gebildetem Wasser, welches nur etwa $^1/_{2000}$

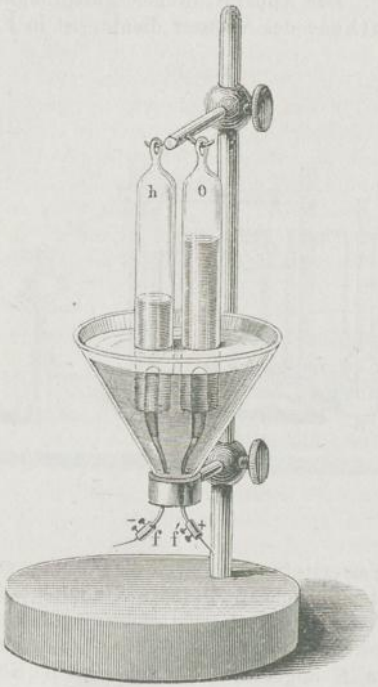
des Raumes einnimmt, welchen die Gase vor der Verbrennung einnahmen. Das Quecksilber im Eudiometer steigt deshalb, sobald die Kautschukplatte von der Oeffnung entfernt wird. Man bestimmt nun genau das Volum des zurückgebliebenen Gases und wird bei unserm Versuche finden, dass es 25 Raumtheile beträgt und, was leicht nachzuweisen, reiner Sauerstoff ist. Folglich haben sich 50 Raumtheile Sauerstoff mit 100 Raumtheilen Wasserstoff vereinigt. Umgiebt man nun das Eudiometer mit einem Glasgefässe, durch welches ein Dampfstrom bläst, so verflüchtigt sich das gebildete Wasser unter dem verminderten Drucke vollständig und der Dampf desselben nimmt 100 Raumtheile ein. 2 Raumtheile Wasserdampf enthalten also 2 Raumtheile Wasserstoff und 1 Raumtheil Sauerstoff, und demnach ist die Dichte des Wasserdampfes auf Wasserstoff als Einheit bezogen

$$\frac{16 + 2}{2} = 9.$$

Leitet man einen starken galvanischen Strom durch Wasser, so wird dasselbe in seine Bestandtheile zerlegt, und es lässt sich hierdurch die Zusammensetzung des Wassers auf analytischem Wege klar demonstriren. Man benutzt zu diesem Zwecke ein Glasgefäss (Fig. 9), welches man mit Wasser füllt, zu dem man etwas Schwefelsäure gefügt hat, um es zu einem bessern Leiter der Elektricität zu machen. Der Boden des Gefässes besteht aus einem Kautschukstopfen, durch welchen zwei Platindrähte gehen, die mit zwei kleinen Platinplatten verbunden sind; über ein jedes dieser Platinbleche stülpt man eine mit Wasser gefüllte Probirröhre von gleichem Durchmesser und Rauminhalt und bringt die Platindrähte mit den Polen einer 4zelligen Bunsen'schen Batterie in Verbindung. Gasentwickelung tritt ein, und zwar entwickelt sich an der mit dem Zink verbundenen Platte doppelt so viel Gas, welches aus reinem Wasserstoff besteht, als an der, welche mit der Kohle in Verbindung steht, wo Sauerstoff frei wird. Lässt man die elektrolytische Zersetzung des Wassers in einem mit einer Gasleitungsröhre versehenen Gefässe vor sich gehen, so kann man das Gemenge der beiden Gase auffangen. Dasselbe explodirt mit einem brennenden Körper in Berührung gebracht mit grosser Heftigkeit; um dies auf ungefährliche Weise zu zeigen, bedient man sich am besten der sogenannten Sodawasserflaschen, welche man mit dem Knallgase, wie dieses Gemisch genannt wird, füllt und dasselbe anzündet, wobei ein Knall wie ein starker Pistolenschuss entsteht, weil der gebildete Wasserdampf

durch die starke, bei der Verbrennung erzeugte Hitze plötzlich und gewaltsam ausgedehnt wird.

Fig. 9.

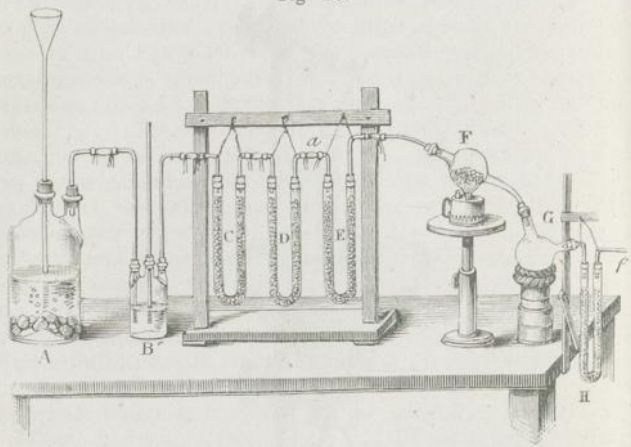


Da Sauerstoff 16 mal schwerer als Wasserstoff ist und beide sich im Raumverhältniss von 1 zu 2 verbinden, so ergiebt sich, dass 16 Gewichtstheile Sauerstoff sich mit 2 Gewichtstheilen Wasserstoff zu Wasser vereinigen.

Diese Verhältnisse sind aber auch direct durch genaue Gewichtsbestimmungen festgestellt worden; man hat dabei von der Eigenschaft des Kupferoxids Gebrauch gemacht, dass dasselbe beim Glühen für sich keinen Sauerstoff abgiebt, aber in Berührung mit Wasserstoff unter Bildung von Wasser zu metallischem Kupfer reducirt wird. Nimmt man nun eine bestimmte Gewichtsmenge dieses Oxids, erhitzt dasselbe und leitet

Wasserstoff darüber, sammelt das erzeugte Wasser auf, wägt dasselbe, so wie das zurückbleibende Kupfer, so hat man alle Daten, um die Zusammensetzung des Wassers dem Gewichte nach zu finden. Der Apparat, welcher ursprünglich zu dieser Gewichtssynthese des Wassers diente, ist in Fig. 10 darge-

Fig. 10.



stellt. Der Wasserstoff wird durch eine Reihe von Uförmigen Röhren geleitet, welche Substanzen enthalten, die jede Spur fremder Gase, so wie alle Feuchtigkeit zurückhalten (*C*, *D*, *E*). Um sicher zu sein, dass das Gas vollkommen trocken ist, ist die Röhre *E* angebracht, welche einen Körper enthält, welcher Wasserdampf begierig absorbirt; diese Röhre wird vor und nach dem Versuche gewogen und, wenn das Gewicht unverändert geblieben, ist man sicher, dass das Gas keine Spur von Feuchtigkeit mehr enthielt. Das vollkommen reine Gas kommt in der Glaskugel *F* mit erhitztem reinem Kupferoxid zusammen und der Wasserdampf, welcher sich bildet, sammelt sich in der Kugel *G* als Wasser an; jede Spur von Feuchtigkeit, welche sich nicht darin verdichten sollte, wird in der Röhre *H*, die mit in Schwefelsäure getränkten Bimsstein gefüllt ist, zurückgehalten.

Jeder einzelne Theil des Apparates wird vor und nach dem Versuche sorgfältig gewogen; der Gewichtsunterschied von *F*

giebt das Gewicht des Sauerstoffs, welcher in dem gebildeten Wasser enthalten ist, dessen Menge man durch die Gewichtszunahme von *G* und *H* erfährt. Eine Reihe von mit grosser Sorgfalt angestellten Versuchen ergab, dass 100 Gewichtstheile Wasser 88,88 Gewichtstheile Sauerstoff und 11,12 Gewichtstheile Wasserstoff enthalten.

Obgleich bei der Vereinigung von Wasserstoff und Sauerstoff eine nur geringe Lichtentwickelung stattfindet, so ist doch die Temperatur der Flamme eine sehr hohe, und noch grössere Hitze wird entwickelt, wenn die Verbrennung in reinem Sauerstoff vor sich geht. In dem sogenannten Knallgasgebläse wird von dieser Eigenschaft Gebrauch gemacht. Die beiden Gase sind getrennt in zwei grossen Kautschuksäcken enthalten und werden erst an dem Punkte, wo die Verbrennung vor sich geht, in Berührung gebracht; die Temperatur der dadurch erzeugten Flamme ist so hoch, dass die am schwersten schmelzbaren Metalle, wie Platin, darin zum Schmelzen gebracht werden; Eisendraht verbrennt darin unter prächtigem Funkensprühen; ein Stück Kreide wird zur stärksten Weissgluth erhitzt und strahlt ein höchst intensives Licht aus, welches man zu Signalen und zu künstlicher Beleuchtung benutzt (Drummond's Kalklicht).

Das Wasser kommt in der Natur in den drei Aggregatzuständen vor, starr als Eis, flüssig als Wasser und gasförmig als Wasserdampf. Die Temperatur, bei der Wasser gefriert, ist eine constante und genau dieselbe, bei der Eis wieder schmilzt; dieselbe ist der 0-Punkt des 100theiligen Thermometers. Ueber 0^0 kann Eis nicht existiren, obwohl man unter gewissen Umständen Wasser unter 0^0 abkühlen kann, ohne dass dasselbe gefriert. Wenn Wasser aus dem starren in den flüssigen Zustand übergeht, findet eine Volumverminderung statt, und wenn Wasser gefriert, eine plötzliche Ausdehnung. 1 Raumtheil Wasser von 0^0 giebt 1,099 Raumtheile Eis von derselben Temperatur. Die fast unwiderstehliche Kraft, welche diese Ausdehnung ausübt, zeigt sich im Winter in dem Zerklüften der Felsen; Wasser dringt in deren Spalten und Zwischenräume ein und erweitert dieselben beim Gefrieren, und durch Wiederholung dieses Vorganges zerfallen grosse Felsmassen nach und nach in kleine Bruchstücke. Bomben, welche man mit Wasser füllt und mit einer genau passenden Schraube verschliesst, bersten, wenn man sie einer Temperatur unter 0^0 aussetzt.

Wenn Wasser aus dem starren in den flüssigen Zustand

übergeht, findet neben Volumverminderung noch eine andere, merkwürdige Erscheinung statt, nämlich ein Verschwinden von Wärme. Dieselbe wird gebunden oder latent, wie der folgende Versuch klar macht. Mischt man 1 Kilo Wasser von 0^0 und 1 Kilo Wasser von 79^0, so erhält man 2 Kilo Wasser von $39,5^0$ oder der mittlern Temperatur; bringt man dagegen 1 Kilo Eis von 0^0 zu 1 Kilo Wasser von 79^0, so schmilzt das Eis und man erhält 2 Kilo Wasser, deren Temperatur genau 0^0 ist. Die Wärmemenge, welche in dem warmen Wasser enthalten war, ist für das Gefühl vollständig verschwunden; sie hat dazu gedient, das Eis zu schmelzen, das Wasser aus dem starren in den flüssigen Zustand überzuführen. Um Eis von 0^0 in Wasser von derselben Temperatur zu verwandeln, ist also eine bestimmte Menge von Wärme erforderlich; eine Menge, die hinreicht, dasselbe Gewicht Wasser von 0^0 auf 79^0 zu erwärmen, wird latent oder gebunden. Man sagt daher, die latente Wärme des Wassers ist gleich 79 Wärmeeinheiten, und versteht unter 1 Wärmeeinheit die Wärmemenge, welche nöthig ist, 1 Gewichtseinheit Wasser um 1^0 zu erwärmen. Wenn Wasser wieder gefriert, so wird die gebundene Wärme wieder frei; setzt man dasselbe einer Temperatur unter 0^0 aus, so bleibt doch die Temperatur, so lange noch flüssiges Wasser vorhanden ist, constant auf 0^0.

Dieses Verschwinden von Wärme beim Schmelzen und Wiederfreiwerden beim Gefrieren findet bei allen Substanzen statt, die aus dem festen in den flüssigen oder aus dem flüssigen wieder in den festen Zustand übergehen und lässt sich leicht durch den Versuch zeigen. Kühlt man eine warmgesättigte Lösung von Glaubersalz an einem ruhigen Platze sehr langsam ab, so bleibt dieselbe lange flüssig; beim Schütteln wird aber dieselbe plötzlich fest, indem das Salz auskrystallisirt, und erwärmt sich dabei bedeutend, was man schon durch das Gefühl wahrnehmen kann, besser durch ein Thermometer, das in die kalte Lösung taucht, und das im Augenblick des Erstarrens plötzlich steigt. Aehnlich kann man unter gewissen Vorsichtsmaassregeln Wasser unter 0^0 abkühlen, ohne dass es gefriert, beim Schütteln verwandelt es sich plötzlich durch die ganze Masse in Eis, wobei die Temperatur auf 0^0 steigt.

Wird Wasser von 0^0 auf $+ 4^0$ erwärmt, so findet eine Volumverminderung statt, und dasselbe dehnt sich wieder aus bei Abkühlung auf 4^0. Wasser hat also ein Maximum der Dichte bei 0^0; d. h. ein bestimmter Raumtheil Wasser wiegt bei 4^0 mehr als bei irgend einer andern Temperatur. Ueber

4° dagegen ist die durch Wärme erzeugte Ausdehnung eine normale. Diese merkwürdige Ausnahme vom Gesetze der Ausdehnung, so gering auch dieselbe ist (1 Raumtheil Wasser von 4° wird 1,00012 Raumtheil bei 0°), übt einen höchst bedeutenden Einfluss auf den Haushalt der Natur aus; ohne diese anscheinend unwichtige Eigenschaft des Wassers würde Europa ein arctisches Klima haben und so unbewohnbar sein wie die Melville-Insel. Um dies deutlicher zu machen und zu zeigen, was der Zustand der Dinge wäre, wenn Wasser sich normal ausdehnte, kann man den folgenden Versuch anstellen. In einem Cylinder mit Wasser, dessen Temperatur etwas über 4° ist, bringt man zwei Thermometer, eines am Boden und das andere etwas unter der Oberfläche des Wassers an, und stellt dieselben an einen Platz, dessen Temperatur unter dem Gefrierpunkte liegt, und beobachtet die beiden Thermometer. Im Anfange zeigt das obere eine höhere Temperatur als das untere, bis sie beide 4° anzeigen, von diesem Augenblicke an bleibt das untere constant auf 4°, das obere aber sinkt allmälig bis zum Gefrierpunkte und eine Eiskruste bildet sich. Ist das angewandte Gefäss nicht zu klein, so wird das untere Thermometer noch auf 4° zeigen, wenn die Oberfläche des Wassers mit einer dicken Schicht von Eis bedeckt ist. Genau dasselbe findet beim Gefrieren der Flüsse und Landseen statt; die Oberfläche derselben wird namentlich durch kalte Winde abgekühlt, und die erkaltete Schicht wird schwerer und sinkt, während wärmeres, leichteres Wasser zur Oberfläche kommt, bis nach und nach die Temperatur der ganzen Wassermasse auf 4° gesunken ist. Von jetzt an wird das Wasser an der Oberfläche bei fernerer Abkühlung leichter und behält seinen Platz; die Eisbildung kann also nur an der Oberfläche vor sich gehen, während wenn die Dichte des Wassers bis 0° fortwährend zunähme, die ganze Wassermasse zum Gefrierpunkt abgekühlt und vollständig in Eis verwandelt würde. Unsere Flüsse und Seen würden bis auf den Boden gefrieren; die Sommerwärme würde nicht hinreichen, diese Eismassen aufzuthauen, und das Klima Europas würde dem der Polarregion ähnlich. Wasser, welches Salze in Lösung hält, gefriert bei einer Temperatur, die unter 0° liegt; und hat es sein Maximum der Dichte bei einer andern Temperatur als 4°, so liegt dieselbe beim Meerwasser unter 0°; aber die grosse Wassermasse des Oceans wird nie bis zum Gefrierpunkte abgekühlt; ebenso frieren die grösseren, tiefen Landseen Europas

nie zu, weil die Temperatur der ganzen Wassermasse niemals unter 4° sinkt.

Bei einer Temperatur über 100° kann Wasser unter dem normalen Druck von 760 Mm. nur in Gasgestalt, als Wasserdampf, existiren. Erhitzt man Wasser, so fängt es an zu kochen, sobald die Temperatur auf 100° gestiegen ist. Das Kochen besteht darin, dass sich Blasen von Wassergas oder Dampf am erhitzten Boden des Gefässes entwickeln; man sieht dies deutlich, wenn man Wasser in einem Glaskolben über einer Gaslampe erhitzt. Wenn Wasser aus dem flüssigen in den gasförmigen Zustand übergeht, so wird eine bedeutende Menge von Wärme latent; die Temperatur des Dampfes ist genau dieselbe als die des kochenden Wassers, indem die zugeführte Wärme nur dazu dient, die Flüssigkeit in Gas zu verwandeln. Die Wärmemenge, welche im Wasserdampf latent enthalten ist, kann annähernd dadurch bestimmt werden, dass man Wasserdampf in ein Gefäss leitet, welches 1 Kilo Wasser von 0° enthält, und sobald das Wasser die Temperatur von 100° erreicht hat, die Gewichtszunahme ermittelt. Das Ganze wird nun 1,187 Kilo wiegen oder 0,187 Kilo Dampf von 100° haben 1 Kilo Wasser von 0° auf 100° erwärmt. 1 Kilo Dampf wird daher 5,36 Kilo eiskaltes Wasser auf 100° erhitzen oder 536 Kilo um 1°. Die latente Wärme des Wasserdampfes ist demnach 536 Wärmeeinheiten.

Wasser und sogar Eis verwandeln sich, der Luft ausgesetzt, bei jeder Temperatur langsam in Wasserdampf; sie verdunsten, und der so gebildete Dampf übt wie ein jedes Gas einen gewissen Druck aus; man bezeichnet denselben mit Spannkraft oder Tension des Wasserdampfes. Um diese Spannkraft zu messen, bringt man einige Tropfen Wasser über die Quecksilbersäule in einem Barometer; dieselbe wird dadurch zum Sinken gebracht und der Unterschied der Quecksilberhöhen in einem so hergerichteten und dem gewöhnlichen Barometer giebt die Tension bei der betreffenden Temperatur. Je höher die Temperatur, je grösser wird die Tension; bei 100° ist dieselbe gleich 760 Mm.; das Quecksilber in der Röhre ist auf gleichem Niveau mit dem in dem weitern Gefässe des Barometers. Der Siedepunkt des Wassers ist folglich die Temperatur, bei der die Tension des Dampfes gleich dem Luftdrucke ist. Je weiter wir uns vom Meeresspiegel erheben, je kleiner also der Druck der Luft wird, um so tiefer liegt der Siedepunkt. In der Hochebene von Quito, die 2914 M. über dem Meeresspiegel liegt und wo der mittlere Barometerstand 523 Mm. beträgt, kocht das Wasser

bei 90,1°, d. h. die Spannkraft des Wasserdampfes bei 90,1° ist gleich der Höhe einer Quecksilbersäule von 523 Mm.; das Thermometer kann also dazu dienen, Berghöhen zu messen, und man hat ein Instrument construirt, vermittelst dessen man den Siedepunkt des Wassers leicht bestimmen kann, um solche Messungen auszuführen. Die Abhängigkeit des Siedepunktes vom Drucke zeigt sich, wenn man Wasser in einem Glaskolben, dessen Hals mit einem Hahn versehen ist, zum Kochen erhitzt, und wenn der Dampf alle Luft verdrängt hat, den Hahn schliesst und das Gefäss vom Feuer entfernt; das Kochen hört auf, aber fängt wieder stürmisch an, wenn man den Kolben in kaltes Wasser taucht; der Wasserdampf, der das Gefäss erfüllt, wird durch die Abkühlung zu Wasser verdichtet und der Druck dadurch vermindert; die Spannkraft des Dampfes ist aber bei der höhern Temperatur des Wassers grösser als der Druck.

Alle Körper, die ohne Zersetzung kochen, verhalten sich ähnlich; aber da die Tension ihrer Dämpfe eine verschiedene ist, so sind auch die Siedepunkte verschiedener Flüssigkeiten sehr verschieden.

Wenn Dampf für sich erhitzt wird, so folgt er dem Gesetz der Ausdehnung wie alle anderen Gase; aber in Gegenwart von Wasser und wenn die Erhitzung in einem verschlossenen Gefässe stattfindet, vergrössert sich die Spannkraft in einem viel stärkern Verhältniss, als die Temperatur. Die folgende Tabelle enthält die Werthe für die Spannkraft des Dampfes bei verschiedenen mit dem Luftthermometer gemessenen Temperaturen.

Tension des Wasserdampfes.

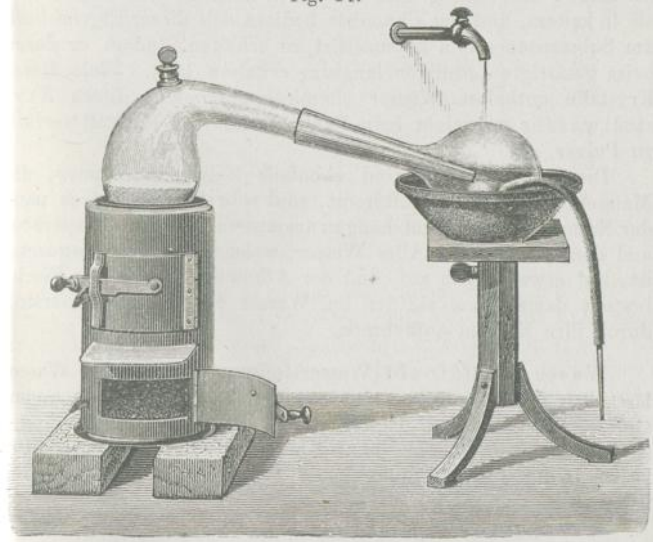
Temperatur.	Tension.	Temperatur.	Tension in Atmosphären. 1 Atm. = 760 Mm. Quecksilberhöhe.
— 20°	0,927	100°	1
— 10	2,093	111,7	1,5
0	4,600	120,6	2
+ 5	6,534	127,8	2,5
10	9,165	133,9	3
15	12,699	144,0	4
20	17,391	159,2	6
30	31,548	170,8	8
40	54,906	180,3	10
50	91,982	213,0	20
60	148,791	—	—
70	233,093	—	—
80	354,280	—	—
90	525,450	—	—
100	760,000	—	—

Bei der Bestimmung des Siedepunktes einer Flüssigkeit muss man immer den Barometerstand beobachten, und wenn derselbe von 760 Mm. abweicht, berechnen, bei welcher Temperatur die Flüssigkeit unter dem Normaldruck sieden würde. Ebenso ist die Höhe des Barometers zu berücksichtigen, wenn man ein Thermometer graduirt; dasselbe geschieht bekanntlich in der Weise, dass man durch Eintauchen in schmelzendes Eis den 0-Punkt der Scala feststellt. Das Instrument wird sodann in kochendes Wasser gebracht; kocht dasselbe unter dem Normaldruck, so zeigt das Quecksilber 100° an; ist aber die Barometerhöhe kleiner oder grösser, so kocht das Wasser bei einer niedern oder höhern Temperatur, und man muss dann eine Correction anbringen, um das Thermometer richtig

zu theilen. Beim Messen von Gasen ist ebenfalls genau Rücksicht darauf zu nehmen, ob dieselben trocken oder feucht sind, und im letzteren Falle die der Temperatur entsprechende Tension des Wasserdampfes vom Drucke, unter dem das Gas sich befindet, abzuziehen.

Wasser und Eis erscheinen in kleineren Mengen farblos; in grösseren Massen jedoch zeigen dieselben eine blaue Farbe, wie die Alpenseen und Gletscher sehr schön zeigen. Die blaue Farbe des Wassers wird häufig verdeckt durch anders gefärbte Körper, welche darin aufgelöst oder aufgeschwemmt enthalten sind. Flusswasser und Quellwasser enthalten immer mehr oder weniger feste Substanzen in Lösung, welche sie aus dem Boden aufnehmen; da diese festen Körper nicht flüchtig mit den Wasserdämpfen sind, so erhält man reines Wasser durch Destillation, d. h. man verwandelt dasselbe durch Kochen in einer Retorte in Dampf und verdichtet denselben in einer kalt gehaltenen Vorlage. Den Apparat, welchen der Chemiker benutzt, um im Laboratorium

Fig. 11.



Destillationen im Kleinen auszuführen, zeigt Fig. 11. Um feste Körper, welche in Wasser aufgeschwemmt enthalten sind, zu

entfernen, filtrirt man dasselbe durch Fliesspapier, Sand etc. Das reinste Wasser, welches in der Natur vorkommt, ist das Regenwasser; aber auch der Regen, namentlich derjenige, welcher zuerst fällt, enthält Verunreinigungen, welche aus dem Staube u. s. w. in der Luft stammen; sobald derselbe die Oberfläche der Erde berührt, nimmt er je nach der Natur des Bodens mehr oder weniger lösliche Bestandtheile auf. Alles auf unserem Planeten enthaltene süsse Wasser stammt aus dem Meere; das Wasser desselben verdunstet, und der wieder verdichtete Wasserdampf fällt in Form von Regen und Schnee nieder; durch die Flüsse wird es wieder dem Meere zugeführt, und dasselbe speist durch einen grossartigen Destillationsprocess wieder deren Quellen.

Eine sehr bedeutende Anzahl von chemischen Verbindungen sind in Wasser löslich, und als Lösungsmittel wird dasselbe daher vom Chemiker täglich angewendet. Durch Eindampfen dieser Lösungen scheiden sich viele der aufgelösten Körper in Krystallen aus; häufig sind Körper in heissem Wasser löslicher als in kaltem, und der Chemiker bedient sich dieser Eigenschaft, um Substanzen schön krystallisirt zu erhalten, indem er deren heiss gesättigte Lösungen langsam erkalten lässt. Viele dieser Krystalle enthalten Wasser chemisch gebunden; dieses Krystallwasser entweicht beim Erhitzen, und der Krystall zerfällt zu Pulver.

Die meisten Gase sind ebenfalls löslich in Wasser; die Mengen, die dasselbe aufnimmt, sind sehr verschieden je nach der Natur des Gases und hängen ausserdem von der Temperatur und dem Drucke ab. Alles Wasser, welches der Luft ausgesetzt ist, löst etwas davon auf, und der Athmungsprocess der Fische besteht darin, dass sie den im Wasser aufgelösten Sauerstoff durch ihre Kiemen aufnehmen.

Wasserstoffdioxid (Wasserstoffsuperoxid), H_2O_2. Wasser lässt sich noch mit einem zweiten Verbindungsgewichte Sauerstoff zur Verbindung H_2O_2 vereinigen. Leitet man Kohlendioxid (Kohlensäure) in Wasser, in welchem Baryumdioxid suspendirt ist, so bilden sich Baryumcarbonat, welches in Wasser unlöslich ist, und Wasserstoffdioxid:

$$BaO_2 + H_2O + CO_2 = BaCO_3 + H_2O_2.$$

Dieselbe Verbindung erhält man, wenn man Baryumdioxid in verdünnte, kalt gehaltene Salzsäure (Wasserstoffchlorid) einträgt,

Kupferoxyd. in Kupferblende gefunden.
Dazu die Schwefelverbindung.
H größte Affinität der Metalle u. Elektricität
zeigt eigenthümliches Magnesium
Legirung von Palladium mit H zu empfehlen
Jod und Schwefel.

$$BaCl_2 = \begin{matrix} Cl \\ Cl \\ Ba \end{matrix}\Big| \begin{matrix} H \\ H \\ O_2 \end{matrix} = H_2O_2,$$

wobei sich Baryumchlorid und Wasserstoffdioxid bilden. Die so erhaltene wässerige Lösung des Wasserstoffdioxid kann man durch vorsichtiges Verdampfen des Wassers (unter der Glocke der Luftpumpe) concentriren, aber nicht vollständig vom Wasser befreien, und erhält so eine dicke, farblose Flüssigkeit, welche sich schon bei 20° langsam in Sauerstoff und Wasser zersetzt; bei stärkerem Erhitzen entweicht der Sauerstoff unter stürmischem Aufbrausen; die wässerige Lösung ist um so beständiger, je verdünnter sie ist. Da diese Verbindung so leicht Sauerstoff abgiebt, so wirkt sie stark oxidirend, zerstört die Haut und bleicht organische Farbstoffe. Eine sehr merkwürdige Zersetzung findet statt, wenn Wasserstoffdioxid mit Ozon zusammengebracht wird; es bildet sich nämlich Wasser und gewöhnlicher Sauerstoff. Silberoxid wird von dieser Verbindung zu metallischem Silber reducirt unter Bildung von Wasser und Freiwerden von Sauerstoff. Die Erklärung für diese eigenthümlichen Reactionen wird später gegeben werden.

Stickstoff oder Nitrogen.

Atomgewicht 14 = N. Dichte = 14.

Farbloses Gas, ohne Geruch und Geschmack, welches das specifische Gewicht 0,972 hat und bis jetzt noch nicht zu einer Flüssigkeit verdichtet werden konnte. Stickstoff ist im freien Zustande in der Luft enthalten, von der er beinahe $^4/_5$ dem Raume nach bildet. In Verbindung findet sich Stickstoff in Thier- und Pflanzenstoffen und in Mineralien, wie Salpeter (Nitrum), woher das Gas den Namen Nitrogen oder Salpetererzeuger erhalten hat. Um reinen Stickstoff darzustellen, entzieht man der Luft den Sauerstoff; z. B. man verbrennt Phosphor unter einer mit Luft gefüllten Glasglocke, welche mit Wasser abgesperrt ist; die Luft erfüllt sich mit weissen Dämpfen von Phosphorpentoxid, welche sich bald in Wasser lösen; das Wasser steigt dabei in der Glocke und nimmt von dem ursprünglich mit Luft gefüllten Raume $^1/_5$ ein, welches aus Sauerstoff bestand. Leitet man Luft über metallisches Kupfer, welches