



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

Stöckhardt, Julius Adolph

Braunschweig, 1881

Nichtmetalle oder Metalloide

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

Nichtmetalle oder Metalloide.

Erste Gruppe: Organogene.

Sauerstoff oder Oxygen (O).

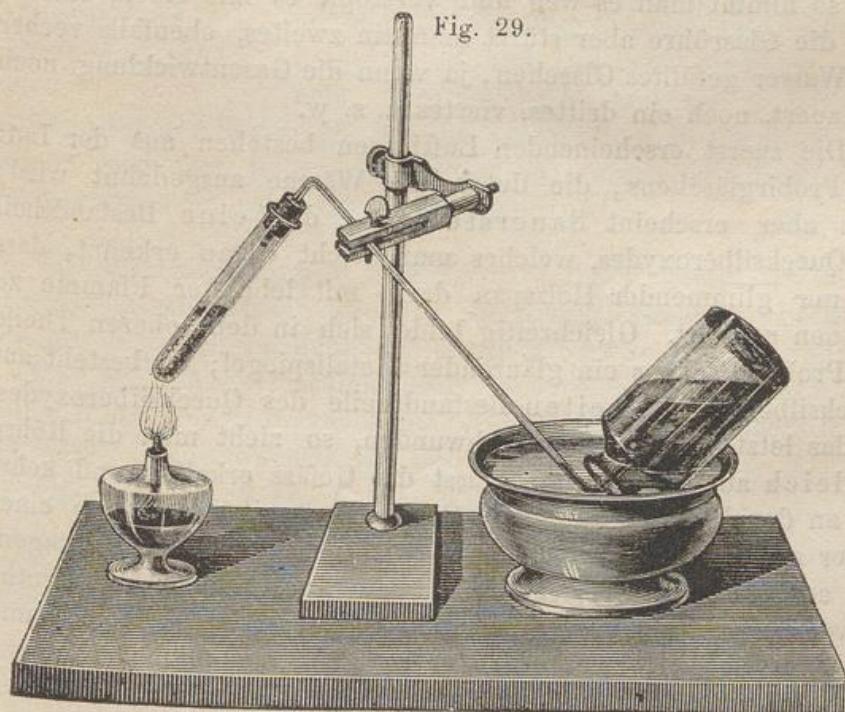
(Aeq.-Gew. = 8. — Specif. Gew. = 1,1.) *)

— 1774 fast gleichzeitig von Priestley und Scheele entdeckt. —

57. Sauerstoff aus Quecksilberoxyd. Aus dem Wasser lässt sich der Sauerstoff in grösserer Menge nur durch sehr starke galvanische Apparate darstellen; auf eine einfachere Weise gewinnt man ihn folgendermaassen:

Versuch. In ein etwas langes, aber nicht zu dünnes Probirgläschen schütte man 5,4 Grm. rothes Quecksilberoxyd (unpräparirtes) und verschliesse die Oeffnung mit einem Korke,

Fig. 29.



*) Die Atom- und Molekulargewichte der Elemente siehe §. 539.

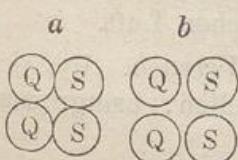
durch welchen eine σ -förmig gebogene Glasröhre geht, deren anderes Ende in eine mit Wasser gefüllte Schüssel eintaucht. Man hängt die Glasröhre entweder mittelst eines Bindfadens oder Drahtes auf, oder spannt sie in einen Retortenhalter. Der Retortenhalter ist ein mit einer verschiebbaren Klemme versehenes Holzgestell, durch welches sich Glasgefässe auf die bequemste Weise festhalten lassen, wie dies Fig. 29 (a. v. S.) zeigt. Hierauf erhitzt man das Gläschen so lange, bis alles Quecksilberoxyd verschwunden ist. Das rothe Pulver wird bei steigender Hitze schwarz, während aus der Glasröhre Luftblasen aufsteigen, die man in einem darüber gehaltenen Gläschen auffängt. Dieses Gläschen wird zuvor mit Wasser gefüllt und dann umgedreht, nachdem man die Oeffnung mit dem Finger oder mit einer kleinen Glasscheibe verschlossen hat. Entfernt man den Finger erst, wenn das Gläschen in das Wasser der Schüssel eintaucht, so läuft nichts heraus; dies geschieht vielmehr erst dann, wenn Luftblasen in dasselbe treten, die ihrer grösseren Leichtigkeit wegen in die Höhe steigen und das Wasser herausdrängen. Ist das Gläschen leer, so nimmt man es weg und verstopft es mit einem Korke; über die Glasröhre aber stürzt man ein zweites, ebenfalls vorher mit Wasser gefülltes Gläschen, ja wenn die Gasentwicklung noch fortdauert, noch ein drittes, vierthes u. s. w.

Die zuerst erscheinenden Luftblasen bestehen aus der Luft des Probergläschens, die durch die Wärme ausgedehnt wird; dann aber erscheint Sauerstoffgas, der eine Bestandtheil des Quecksilberoxydes, welches man leicht daran erkennt, dass ein nur glimmender Holzspan darin mit lebhafter Flamme zu brennen anfängt. Gleichzeitig bildet sich in dem oberen Theile des Probergläschens ein glänzender Metallspiegel; er besteht aus Quecksilber, dem zweiten Bestandtheile des Quecksilberoxydes. Ist das letztere gänzlich verschwunden, so zieht man die Röhre sogleich aus dem Wasser, lässt das Gefäss erkalten und kehrt das an den Wänden hängende Quecksilber mit der Fahne einer Feder zusammen: es wird dem Gewichte nach 5 Grm. betragen; was an 5,4 Grm. fehlt, (0,4 Grm.) ist Sauerstoff gewesen. Das rothe Pulver bestand also aus einem glänzenden, schweren Metalle und aus einer Luftart, zwei einander so ganz unähnlichen Körpern. Vereinigt man beide auf geeignete Weise chemisch mit einander, so treten sie, und zwar genau in dem angegebenen Gewichtsver-

hältnisse, wieder zu rothem Oxyd zusammen, einem Körper, in dem die Eigenschaften des Quecksilbers, wie die des Sauerstoffs, aufs Vollständigste verschwunden sind.

58. Zerlegungskraft der Wärme. Dieser Versuch zeigt ferner, wie die Kraft der Wärme allein im Stande ist, eine chemische Verbindung, oder was dasselbe ist, die Verwandtschaft zweier Körper zu einander aufzuheben. Man kann sich dies so erklären: Die Kraft der chemischen Verwandtschaft wirkt nur in der grössten Nähe, also nur dann, wenn die Körper sich aufs Innigste berühren; die Wärme wirkt dieser Kraft entgegen, denn sie dehnt die Körper aus und entfernt die Theilchen derselben, die man sich als mit einer Wärmehülle oder Wärmesphäre umkleidet vorzustellen hat, von einander. In der Kälte oder bei gewöhnlicher Temperatur liegen die einzelnen Quecksilber- und

Fig. 30.



Sauerstofftheilchen einander so nahe, dass die chemische Kraft sie zusammenzuhalten vermag (a); in der Hitze aber werden sie so weit aus einander gerückt (b), dass sie aus dem Gebiete der chemischen Anziehung heraustreten und sich von einander trennen. Dies geschieht hier um so leichter, weil sowohl der Sauerstoff wie das Quecksilber in der Hitze ein grosses Bestreben haben, luftförmig zu werden, ein Bestreben, welches der chemischen Kraft entgegenwirkt.

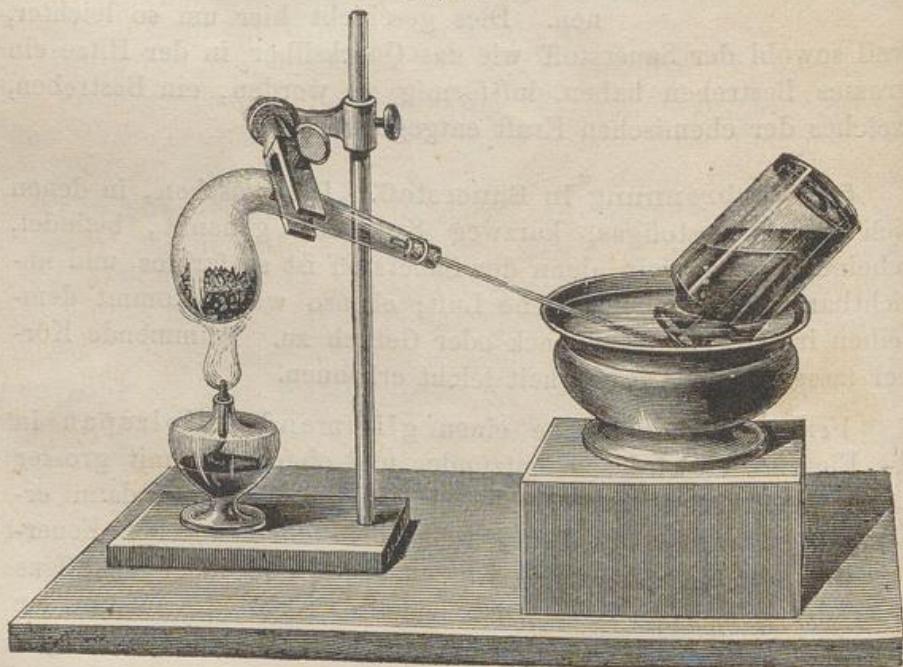
59. Verbrennung in Sauerstoff. Die Gläschchen, in denen sich das Sauerstoffgas, kurzweg Sauerstoff genannt, befindet, scheinen leer zu sein, denn der Sauerstoff ist so farblos und unsichtbar wie die gewöhnliche Luft; ebenso wenig kommt demselben irgend ein Geschmack oder Geruch zu. Glimmende Körper lassen seine Anwesenheit leicht erkennen.

Versuch. Man tauche einen glimmenden Holzspan in die Flasche: er wird sich entzünden und einige Zeit mit grosser Lebhaftigkeit und sehr blendender Flamme brennen, dann erloschen. Dasselbe geschieht, wenn man ein Stückchen Feuerschwamm an einen Draht steckt, anzündet und in Sauerstoffgas hält: der Schwamm brennt mit lebhafter Flamme, während er bekanntlich in gewöhnlicher Luft nur glimmt. Das Sauerstoffgas

besitzt zu den Bestandtheilen des Holzes und Schwammes in höherer Temperatur eine sehr starke Verwandtschaft, d. h. es verbindet sich mit grosser Energie mit denselben, und dabei entwickelt sich, in Folge dieser Verbindung, Wärme und Licht. Ist die Vereinigung erfolgt und der Sauerstoff verzehrt, so hört das Brennen auf. Das Product der Verbrennung, das verbrannte, d. h. mit Sauerstoff verbundene Holz, ist auch luftförmig, in dieser Luftart erloschen aber brennende Körper. Schwenkt man das Glas einige Male schnell durch die Luft, so gehen die durch die Verbrennung gebildeten Luftarten heraus und atmosphärische Luft tritt dafür ein; in dieser befindet sich freier Sauerstoff und ein brennender Holzspan kann jetzt wieder einige Zeit darin brennen. Er brennt, aber ungleich langsamer und weniger hell als in reinem Sauerstoff, weil die gewöhnliche Luft nur zum fünften Theile aus Sauerstoff besteht. Diesemnach müssen die Verbrennungen in reinem Sauerstoff ungefähr fünfmal schneller und heftiger stattfinden als in der atmosphärischen Luft.

60. Sauerstoff aus chlorsaurem Kali. *Versuch.* Um sich eine grössere Menge von Sauerstoffgas darzustellen, bringe man

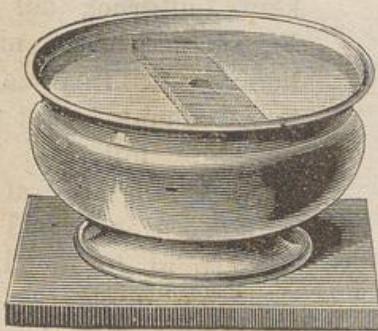
Fig. 31.



10 Grm. chlorsaures Kali in eine kleine Glasretorte, welche, wie in Fig. 29, mit einer nicht zu engen Glasröhre verbunden und in einen Retortenhalter geklemmt wird. Die Retorte ist von der Grösse zu wählen, dass ihr kugliger Theil nur bis zu $\frac{1}{3}$ von dem Salze angefüllt wird. Beim Erhitzen geräth das Salz zuerst ins Schmelzen, später ins Kochen; das Kochen wird durch Entbindung von Sauerstoffgas bewirkt, welches man, wie bei 57, in $\frac{1}{2}$ Literflaschen so auffängt, dass etwa ein Paar Theelöffel Wasser in jeder Flasche zurückbleiben. Sowie das Kochen beginnt, wird die Flamme etwas kleiner gemacht, damit die Masse nicht zu hoch aufschäume. Ist die Gasentwicklung zu Ende, so zieht man die Glasröhre schnell aus dem Wasser. Vermengt man das chlorsaure Kali, durch blosses Zusammenreiben mit den Fingern auf einem Blatt Papier, mit seinem gleichen Gewicht Braunstein, so wird die Gasentwicklung ausserordentlich beschleunigt.

61. Pneumatische Wanne. Beim Auffangen von Gasarten würde es beschwerlich sein, die zur Aufnahme derselben bestimmten Gläser immer mit den Händen festzuhalten; diese Unbequemlichkeit wird durch folgende Vorrichtung vermieden. Man schlage

Fig. 32.



sich aus einem Dachziegel eine Platte, einige Zoll breit und so lang, dass sie, wenn man sie in eine Schüssel legt, auf den schrägen Wänden derselben ungefähr in der Mitte fest aufliegt; in der Mitte der Platte bohrt man ein Loch ein, was sich mit der Spitze eines gewöhnlichen Maurerhammers sehr leicht bewerkstelligen lässt.

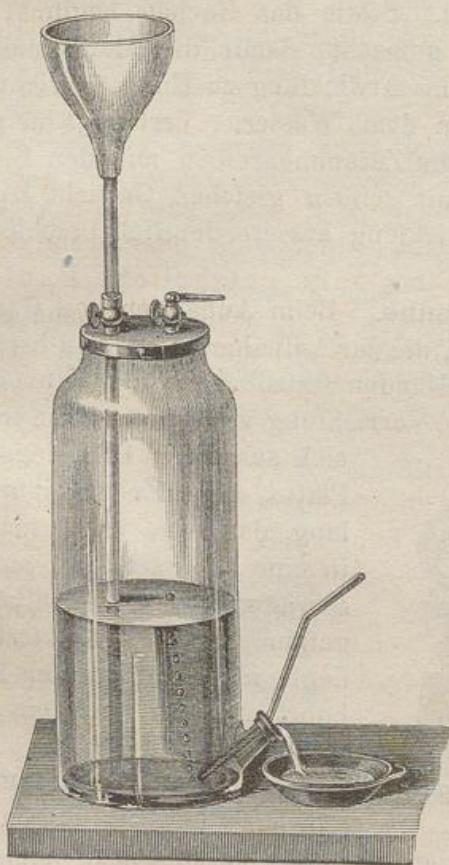
Statt des Ziegelstücks kann auch ein Blechstreif angewendet werden, in welchem ein kleines kreisförmiges Loch eingeschnitten ist. Beim Gebrauche legt man diese Platte (die Brücke) in die Schüssel, giesst so viel Wasser in die letztere, dass es einen Querfinger hoch über der Brücke steht, und stellt dann auf diese das zum Auffangen des Gases bestimmte Glas verkehrt auf, so dass dessen Mündung gerade auf die Oeffnung passt. Die Glasröhre, aus welcher das Gas kommt, muss sich gerade darunter

Stöckhardt, die Schule der Chemie.

befinden, damit das Gas, wie durch einen Trichter, ins Glas treten kann. Eine solche Vorrichtung heisst eine pneumatische Wanne.

62. Gasometer. Um grössere Mengen von Gasarten aufzusammeln und aufzubewahren, und um bequem damit zu experimentiren, hat man in den chemischen Laboratorien besondere Gefässe, die Gasometer genannt werden.

Fig. 33.



In der beistehenden Figur ist ein solcher Apparat abgebildet, wie er eben mit Gas angefüllt wird. Zu dem Ende füllt man ihn erst mit Wasser, schliesst dann die beiden Hähne und öffnet den unteren Ansatz, aus dem natürlich, da oben kein Luftdruck auf das Wasser stattfindet, nichts herausläuft. In diese untere Oeffnung bringt man nun die mit dem Gasentwickelungsapparat verbundene Röhre und das Gas steigt in die Höhe und drängt das Wasser unten heraus. Ist der Gasometer auf diese Weise mit Gas gefüllt, so verschliesst man die untere Oeffnung gleichfalls. Zum Herauslassen des Gases dient der kleine obere Röhrenansatz. Oeffnet man den hier befindlichen Hahn, und gleichzeitig den an dem Trichter vorhandenen, so fliesst, wenn der letztere mit Wasser gefüllt ist, das Wasser bis zu dem Boden des Gefässes und drängt das Gas als einen Strahl oben zu der kurzen Röhre heraus. Statt von Glas, wie hier, stellt man sich grössere Gasometer auch aus

schliesst man die untere Oeffnung gleichfalls. Zum Herauslassen des Gases dient der kleine obere Röhrenansatz. Oeffnet man den hier befindlichen Hahn, und gleichzeitig den an dem Trichter vorhandenen, so fliesst, wenn der letztere mit Wasser gefüllt ist, das Wasser bis zu dem Boden des Gefässes und drängt das Gas als einen Strahl oben zu der kurzen Röhre heraus. Statt von Glas, wie hier, stellt man sich grössere Gasometer auch aus

Blech, am besten aus Kupferblech dar, die eine ähnliche Einrichtung haben.

63. Menge des gewonnenen Sauerstoffs. Das chlor-saure Kali enthält in 10 Grm. gegen 4 Grm. Sauerstoff chemisch gebunden; diese werden durch Erhitzung frei und entweichen. Im Quecksilberoxyd sind nur etwa 8 Proc. Sauerstoff enthalten; man wird also aus dem ersteren Salze fünfmal mehr Sauerstoff bekommen als aus dem Quecksilberoxyd. Wählt man $\frac{1}{2}$ -Literflaschen zum Auffangen des Gases, so wird man deren beim Versuch 60 etwa 5 Stück füllen können und in jeder gegen 8 Decigr. (0,8 Grm.) Sauerstoff haben.

Das chlorsaure Kali kann beim Reiben, zumal mit verbrennlichen Stoffen, z. B. Schwefel, Kohle etc., oder wenn es mit Schwefelsäure zusammenkommt, sehr gefährliche Explosio-nen veranlassen; bei dem eben angegebenen Gebrauche desselben ist aber irgend eine Gefahr nicht zu befürchten. Welche weitere Veränderung dieses Salz durch die Erhitzung erfährt, zeigt der folgende Versuch.

64. Veränderung des chlorsauren Kalis. Versuch. Auf die nach der Austreibung des Sauerstoffs in dem Probirgläschen gebliebene Salzmasse wird warmes Wasser gegossen und das Gläschen an einen warmen Ort gestellt, bis sich Alles aufgelöst hat; lässt man diese Auflösung auf einem Ofen allmälig verdunsten, so werden sich aus derselben kleine würfelförmige Kry-stalle absetzen (Chlorkalium). Das chlorsaure Kali krystallisiert in dünnen Tafeln oder Blättchen, das geglühte in Würfeln; diese Verschiedenheit der Krystallform allein zeigt schon an, dass durch die Erhitzung des ersteren ein ganz anderes, neues Salz entstanden ist, und zwar ein Salz, welches keinen Sauerstoff mehr enthält. Das nachstehende Schema wird diese Zersetzung verdeutlichen.

Das chlorsaure Kali besteht in 100 Gewthln. aus:

Chlorsäure 61,5	{ Sauerstoff 32,5	Sauerstoff 39
und	{ Chlor 29	(entweicht).
Kali 38,5	{ Sauerstoff . 6,5	Chlorkalium 61
	{ Kalium . . 32	(bleibt zurück).

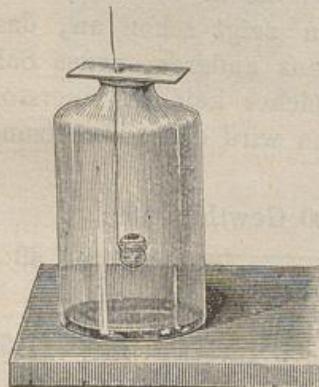
Versuche mit Sauerstoffgas.

65. Kohle und Sauerstoff. *Versuch a.* Man stecke ein Stückchen Holzkohle an einen Draht, halte es in ein Licht, bis es glüht, und tauche es dann in das Glas ein; die Kohle wird sehr lebhaft und mit Flamme verbrennen. Ein Stückchen angefeuchtetes blaues Lackmuspapier (49), nach dem Verbrennen in die Flasche gehalten, wird roth; es hat sich also aus Kohle und Sauerstoff eine saure Luftart gebildet; sie heisst Kohlensäure. Man verstopft die Flasche, schüttelt sie einige Male um und stellt sie bei Seite.

66. Schwefel und Sauerstoff. *Versuch b.* An einem längeren Drahtstücke werden einige Schwefelfäden befestigt, angezündet und in das zweite Glas gehalten: sie verbrennen mit einer schön blauen Flamme. Die Luftart, welche sich aus Schwefel und Sauerstoff bildet, hat einen sehr stechenden Geruch, sie röthet gleichfalls Lackmuspapier, ist also auch saurer Natur; man nennt sie schweflige Säure. Auch dieses Glas wird verstopt und zu weiteren Versuchen aufgehoben.



67. Phosphor und Sauerstoff. *Versuch c.* Ein erbsengrosses Stückchen Phosphor, welches seiner Leichtentzündlichkeit wegen unter Wasser von einer Phosphorstange abgeschnitten wird, legt man, nachdem es zuvor durch aufgedrücktes Löschpapier gut abgetrocknet worden ist, in ein ausgehöhltes Stück Kreide, befestigt um letzteres einen Draht und senkt es in die dritte Flasche von Sauerstoff ein. Den Draht klemmt man oben so in ein Querholz, dass der Kreidelöffel ein wenig unter der Hälfte der Flasche



zu hängen kommt. Wird der Phosphor nun mit einem in einer Lichtflamme erhitzten Drahte berührt, so entzündet er sich und verbrennt mit einem ausserordentlichen Lichtglanze, während die Flasche sich mit einem dichten, weissen Rauche anfüllt. Dieser Rauch besteht aus mit Sauerstoff chemisch verbundenem Phosphor; er macht blaues Probirpapier roth, ist also auch eine Säure; sie heisst Phosphorsäure. Lässt man das Glas einige Zeit ruhig stehen, so setzt sich der Rauch zu Boden, d. h. er löst sich in dem im Glase hängen gebliebenen Wasser auf, und dieses erlangt dadurch einen sauren Geschmack.

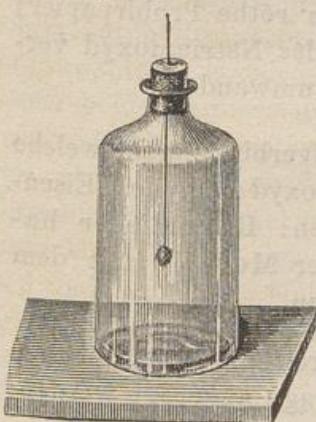
68. Säuren. Aehnlich wie die geschmacklose Kohle und der geschmacklose Schwefel und Phosphor durch ihre Vereinigung mit dem Sauerstoff saure Eigenschaften erhalten, werden noch viele andere einfache Körper durch den Sauerstoff zu Säuren; dies der Grund, warum man ihm den Namen „Sauerstoff“ gegeben hat. Häufig benennt man ihn auch mit dem griechischen Namen Oxygen (Säureerzeuger). Hiervon sind die zwei so häufig vorkommenden Worte Oxydiren und Oxyd gebildet. Oxydiren heisst: mit Sauerstoff verbinden, verbrennen; Oxyd ist das Product der Verbindung und bedeutet einen verbrannten, d. h. einen mit Sauerstoff verbundenen Körper. Die eben gedachten Säuren können daher auch saure Oxyde genannt werden.

69. Natrium und Sauerstoff. *Versuch d.* Man drücke ein Stück Natriummetall an einem Drahte breit und lasse es, so befestigt, einige Stunden in einem mit Sauerstoff gefüllten Glase hängen: es verwandelt sich in eine weisse Masse, welche leicht im Wasser zergeht.

Die entstandene Auflösung schmeckt laugenhaft oder alkalisch, ähnlich wie das Kalkwasser; blaues Probirpapier ändert seine Farbe darin nicht, wohl aber wird rothes Papier dadurch blau; es ist eine Verbindung entstanden, welche man als den Gegensatz von Säure anzusehen hat; sie wird Natriumoxyd genannt. Man bewahrt sie auch zu weiterem Gebrauche auf.

Das Natriummetall hat eine so ausser-

Fig. 36.



ordentliche Begierde, sich mit Sauerstoff zu verbinden, dass es ihn, wenn es an der Luft liegt, schnell aus der letzteren anzieht; man bewahrt es daher, um es unverändert zu erhalten, in einer Flüssigkeit auf, in welcher sich kein Sauerstoff befindet. Eine solche Flüssigkeit ist das bekannte Steinöl oder Petroleum.

70. Eisen und Sauerstoff. *Versuch e.* Ein dünner Eisendraht wird so um einen Schieferstift oder ein Holzstäbchen gewickelt, dass er nach dem Herausziehen des Stiftes einen hohlen Schraubengang bildet. Das obere Stück dieser Spirale klemmt man, wie bei Versuch c, in ein Querholz, an das untere Ende desselben aber steckt man ein kleines Stückchen Feuerschwamm.

Fig. 37.



Ist der Schwamm angezündet, so taucht man den Draht in den Sauerstoff ein: die durch das Verbrennen des Schwamms entwickelte Hitze macht den Draht glühend und derselbe verbrennt nun

unter lebhaftem Funkensprühen, weil das Eisen in der Glühhitze im Stande ist, sich mit dem Sauerstoff zu verbinden. Das verbrannte oder oxydierte Eisen (Hammerschlag) schmilzt, und die herabfallenden Kugeln davon sind so heiss, dass sie durch das am Boden des Gefässes befindliche Wasser hindurch noch in das Glas einschmelzen; diese Hitze ist, wie in den vorhergehenden Fällen, eine Folge der eingetretenen chemischen Verbindung. Das Eisenoxyd ist unlöslich in Wasser, und aus diesem Grunde wirkt es weder auf das blaue noch auf das rothe Probirpapier; wäre es auflöslich, so würde es sich wie das Natriumoxyd verhalten, nämlich das rothe Papier in blaues umwandeln.

71. Basen. Man nennt solche Sauerstoffverbindungen, welche nicht sauer sind, sondern mit dem Natriumoxyd oder dem Eisenoxyd in ihren Eigenschaften übereinstimmen: Basen oder basische Oxyde. Von den Verbindungen der Metalle mit dem Sauerstoff gehören die meisten zu den Basen.

72. Quantitative Verhältnisse. Durch die beschriebenen Oxydations-Versuche wird leicht die Frage angeregt werden:

wie viel haben die in jedem Glase befindlichen 8 Decigrm. Sauerstoff von der Kohle, dem Schwefel u. s. w. aufgenommen? Die Antwort darauf ist: sie haben sehr verschiedene Mengen aufgenommen.

Es haben sich nämlich verbunden:

8 Decigr. Sauerstoff mit 3 Decigr. Kohle	zu 11 Decigr. Kohlensäure,
8 " " " 8 "	Schwefel " 16 " schwefl. Säure,
8 " " " 6 $\frac{1}{5}$ "	Phosphor " 14 $\frac{1}{5}$ " Phosphorsäure,
8 " " " 23 "	Natrium " 31 " Natriumoxyd,
8 " " " 21 "	Eisen " 29 " Eisenoxydul oxyd.

8 Decigr. Sauerstoff sind im Wasser verbunden mit 1 Decigr. Wasserstoff zu 9 Decigr. Wasserstoffoxyd (Wasser).

Man kann sich Kohlensäure auf ganz anderen und sehr verschiedenen Wegen darstellen, immer aber ist sie so zusammengesetzt, dass darin auf 8 Gewichtstheile Sauerstoff 3 Gewichtstheile Kohle kommen, und dieselbe Regelmässigkeit finden wir bei den übrigen genannten, ja bei allen chemischen Verbindungen. Es ist ein Naturgesetz: Die chemischen Verbindungen erfolgen immer nach ganz bestimmtem, unveränderlichem Maass und Gewicht. Die Lehre von dieser Gesetzmässigkeit heisst Stöchiometrie (von *stöchion* — Element, und *metrie* — Messkunst.)

73. Neutralisiren. Versuch. Die Flüssigkeit in dem Gefässe *c* machte blaues Probirpapier roth und schmeckte sauer, die Flüssigkeit im Glase *d* dagegen bläute rothes Papier und schmeckte laugenhaft. Man giesse die letztere nach und nach, zuletzt nur tropfenweise, zur ersteren und probire das Gemisch öfters durch Eintauchen eines Streifens von blauem und rothem Probirpapier: es wird ein Zeitpunkt eintreten, wo die Farben dieser beiden Papiere nicht mehr verändert werden. Kostet man jetzt die Flüssigkeit, so bemerkt man nichts mehr von dem sauren, nichts mehr von dem laugenhaften Geschmacke, sondern das Gemisch schmeckt schwach salzig; man nennt es neutral. Die Phosphorsäure hat sich mit dem Natriumoxyd chemisch verbunden und dabei ist ein neuer Körper entstanden, der mit den Körpern, aus denen er zusammengesetzt wurde, keine Aehnlichkeit mehr hat. Um ihn genauer zu erkennen, braucht man nur die Flasche an einem warmen Orte so lange stehen zu lassen, bis

das Wasser verdampft ist: er bleibt dann in kleinen Krystallen zurück. Man nennt eine solche Verbindung, die aus einer Säure und einer Basis besteht, ein Salz. Das hier erhaltene Salz, phosphorsaures Natriumoxyd, heisst ein lösliches, weil es in hinzugegossenem Wasser wieder zu einer durchsichtigen Flüssigkeit zergeht.

74. Unlösliches Salz. *Versuch.* In das Glas, welches das bei dem Versuche 65 gebildete kohlensaure Gas enthält, giesse man etwas Kalkwasser (47) und schüttle um: die Flüssigkeit wird milchig werden und bei ruhigem Stehen ein weisses Pulver fallen lassen. Der Kalk in dem Kalkwasser ist eine Basis, wie das Natriumoxyd; er verbindet sich mit der Kohlensäure, und zwar ebenfalls unter Neutralisation der sauren und basischen Eigenschaften; das gebildete Salz (kohlensaurer Kalk oder künstliche Kreide) ist aber unlöslich im Wasser und sondert sich daher aus. Dass hierbei die kohlensaure Luft verschwindet und zu einem festen Körper verdichtet wird, zeigt das Angezogenwerden des Fingers, mit dem man die Oeffnung des Glases während des Schüttelns verschliesst, sowie das Einströmen von Luft nach dem Entfernen des Fingers.

75. Schwerlösliches Salz. *Versuch.* Ganz ähnliche Erscheinungen treten auf, wenn man Kalkwasser in die Flasche vom Versuche 66 giesst; der stechende Geruch der darin enthaltenen schwefligen Säure verschwindet, weil die letztere sich mit dem Kalk verbindet. Das gebildete Salz (schwefigsaurer Kalk) ist sehr schwerlöslich in Wasser.

76. Eisensalz. *Versuch.* In das Glas vom Versuche 70 giesse man nach und nach 4 Grm. von der allgemein bekannten Schwefelsäure: sie wird sich unter Erwärmung mit dem Wasser mischen und bei längerem Stehen und öfterem Umschütteln sowohl das an den Wänden hängende braune Eisenoxyd als das am Boden befindliche schwarze Eisenoxydul oxyd auflösen. Auch hierbei entsteht ein Salz, indem sich die Basen (Eisenoxyd und Eisenoxydul) mit der Säure chemisch vereinigen; die gelbliche Flüssigkeit hält Eisensalze aufgelöst.

77. Oxydationsstufen. Der Sauerstoff ist eine Universalspeise für alle Elemente; er wird von allen verzehrt, und zwar, wie schon

erwähnt, in bestimmten Rationen oder Mengen. Der Appetit eines Elementes zum Sauerstoff ist aber oft verschieden nach den Umständen, unter welchen man ihm den letzteren darbietet; in der Hitze z. B. grösser als in der Kälte, grösser bei Ueberfluss an Sauerstoff als wenn sich nur wenig davon vorfindet etc. Viele Elemente verzehren in hoher Temperatur eine grössere Menge von Sauerstoff als bei niedrigen Wärmegraden, und bei reichlich vorhandenem Sauerstoff mehr als bei Mangel daran. Dieses Mehr oder Weniger ist aber keineswegs beliebig, sondern gleichfalls durch bestimmte Gesetze vorgeschrieben. Man nennt diese verschiedenen Verbindungs-Verhältnisse eines Körpers mit dem Sauerstoff seine Oxydationsstufen.

78. Oxydationsstufen der Säuren. Schwefel verbindet sich mit Sauerstoff zu schwefliger Säure, wenn er im Sauerstoffgase oder an der Luft verbrennt, er lässt sich aber auch noch mit $\frac{1}{2}$ mal mehr Sauerstoff verbinden und liefert dann die bekannte Schwefelsäure.

Phosphor bildet mit Sauerstoff Phosphorsäure, wenn er mit Flamme verbrennt; lässt man ihn aber ohne Erwärmung an der Luft liegen, oder bei sehr geringem Zutritt von Luft langsam verbrennen, so bildet sich daraus vorzugsweise phosphorige Säure, welche nur $\frac{3}{5}$ so viel Sauerstoff enthält, als die Phosphorsäure.

Unter Schwefelsäure und Phosphorsäure versteht man sonach Verbindungen mit mehr Sauerstoff, unter schwefliger und phosphoriger Säure dagegen Verbindungen mit weniger Sauerstoff. Giebt ein Element mehr als zwei Säuren mit dem Sauerstoff, so setzt man aus den Namen der Säuren und den Sylben „Ueber“ und „Unter“ neue Namen zusammen, z. B. Ueberchlorsäure, Unterschwefelsäure, unterschweflige Säure etc.

79. Oxydationsstufen der Basen. Ausser dem rothen Quecksilberoxyd (57) giebt es noch eine Verbindung von Quecksilber mit Sauerstoff, welche schwarz aussieht und nur halb so viel Sauerstoff enthält als das Oxyd; sie wird Quecksilberoxydul genannt. Ebenso giebt das Eisen mit Sauerstoff zwei Verbindungen: eine braunrothe mit mehr Sauerstoff (Eisenoxyd), und eine schwarze mit $\frac{2}{3}$ so viel Sauerstoff (Eisenoxydul).

Oxyd nennt man hiernach die Verbindung eines Metalles

mit einer grösseren Menge Sauerstoff, Oxydul die Verbindung mit einer geringeren Menge Sauerstoff. Manche Metalle haben die Fähigkeit, sich in mehr als zwei Verhältnissen mit dem Sauerstoff zu verbinden; man nennt in diesem Falle die Verbindung mit noch weniger Sauerstoff als im Oxydul, Suboxyd, die aber mit noch mehr Sauerstoff als im Oxyd, Super- oder Ueberoxyd. Beide verhalten sich nicht als Basen, d. h. sie können sich nicht direct mit Säuren zu Salzen verbinden; wohl aber ist dies dann möglich, wenn die Suboxyde soviel Sauerstoff aufnehmen, die Superoxyde aber soviel davon abgeben, dass daraus in dem einen wie in dem anderen Falle Oxyde oder Oxydul entstehen. Von einigen Metallen besitzen die höchsten Oxydationsstufen nicht mehr basische, sondern im Gegentheil saure Eigenschaften (Metallsäuren).

80. Sauerstoffmenge in den Oxyden. Vergleicht man die verschiedenen Mengen von Sauerstoff, die ein und derselbe Körper aufnehmen kann, mit einander, so findet man zwischen ihnen immer ein sehr einfaches Verhältniss, z. B.:

bei schwefliger Säure und Schwefelsäure	wie 2 zu 3;
„ phosphoriger Säure und Phosphorsäure	„ 3 zu 5;
„ Quecksilberoxydul und Oxyd	„ 1 zu 2;
„ Eiseinoxidul und Oxyd	„ 2 zu 3.

Eine ähnliche Einfachheit und Gesetzmässigkeit kommt bei allen übrigen chemischen Verbindungen vor.

81. Sauerstoff aus Braunstein. Die Ueberoxyde geben leicht einen Theil ihres Sauerstoffs ab, wenn man sie allein oder mit gewissen Säuren erhitzt, man kann sie daher zur Gewinnung von Sauerstoff benutzen. Das bekannteste und in der Natur häufig vorkommende Ueberoxyd ist der zum Braufärben der Töpferglasur allgemein gebräuchliche Braunstein, eine Verbindung des Metalles Mangan mit Sauerstoff. Aus diesem stellt man sich das Sauerstoffgas gewöhnlich im Grossen dar, indem man ihn in eine eiserne Flasche bringt und bis zum Glühen erhitzt. Glüht man den Braunstein allein, so erhält man $\frac{1}{3}$ des darin enthaltenen Sauerstoffs, und Mangan-Oxydul-Oxyd bleibt zurück; glüht man ihn aber unter Zusatz von Schwefelsäure, so gewinnt man die Hälfte des in ihm gebundenen Sauerstoffs, und

der Rückstand in der Flasche wird zu Manganoxydul, welches sich mit der Schwefelsäure zu einem Salze verbindet.

82. Nomenclatur. Der Sauerstoff ist auch eine Universal-speise für alle lebenden Geschöpfe. Jede Luft, die wir einath-men, muss freien Sauerstoff enthalten; fehlt dieser darin, so tritt Erstickung ein. Die Chemiker, welche ihn vor 90 Jahren ent-deckten und zuerst rein darstellten, gaben ihm aus diesem Grunde den Namen Lebensluft. Späterhin nannte man ihn auch Feuerluft, weil man fand, dass jede im gewöhnlichen Leben vorkommende Verbrennung ein Oxydationsprocess ist, bei dem sich der Sauerstoff der Luft mit den Bestandtheilen des Brennmaterials verbindet. Das Abkürzungszeichen für Sauerstoff ist O, der erste Buchstabe von Oxygen. Man ist nämlich übereingekommen, die einfachen Körper durch Buchstaben aus-zudrücken, und zwar durch den ersten Buchstaben ihrer latei-nischen Namen, dem, wenn es nöthig, noch der nächste charak-teristische Buchstabe beigefügt wird.

83. Ozon. Eine sehr merkwürdige Veränderung erfährt der Sauerstoff, indem sich 3 Vol. desselben zu 2 Vol. verdichten, wenn starke elektrische Ströme oder Funken hindurchgeleitet werden. Er nimmt zunächst einen eigenthümlichen phosphor-ähnlichen Geruch an, denselben, welchen man in der Umg-ebung einer thätigen Elektrisirmaschine wahrnimmt, oder in Räu-men, durch die ein Blitzstrahl geschlagen hat. Weiter aber er-langt er durch diese Behandlung eine solche chemische Stärke, dass er viele Körper bei gewöhnlicher Temperatur oxydirt, mit denen er sich sonst erst unter Zuhülfenahme von Erhitzung oder gar nicht direct verbindet. So oxydirt er blankes Blei zu brau-nem Superoxyd, so blankes Silber zu schwarzem Superoxyd, so bleicht er, dem Chlor ähnlich, nur langsamer, Pflanzenfarben u. a. m. Seines Geruches wegen hat man demselben den Namen „Ozon“, seiner energischen Wirkung wegen den Namen „acti-ver Sauerstoff“ gegeben. Durch Erhitzung oder Berührung mit Kohle, Jodkalium und manchen anderen oxydirbaren Kör-pern verliert das Ozon seine charakteristischen Eigenschaften und wird wieder zu gewöhnlichem Sauerstoff.

Da man auch bei vielen Oxydationen Ozonbildung wahr-genommen hat, so gewinnt es den Anschein, als ob die oxydir-

baren Körper im Stande wären, durch ihre Berührung mit dem gewöhnlichen inactiven Sauerstoff der Luft diesen in den Zustand des activen zu versetzen, der sich dann zum Theil mit ihnen verbindet, zum Theil aber in der atmosphärischen Luft ausbreitet, welcher letzteren, ausser durch die Gewitter, ferner noch durch die lebenden Pflanzen Ozon zugeführt werden soll. Man schreibt daher auch der atmosphärischen Luft einen wechselnden kleinen Ozongehalt zu und hat sich schon vielfach bemüht, das Schwanken desselben durch fortgesetzte ozonometrische Beobachtungen zu bestimmen. Bei dem durch seine leichte Oxydirbarkeit ausgezeichneten Phosphor ist ein Versuch, ozonhaltige Luft zu erzeugen, angegeben (160).

84. Allotropie. Man nennt die Fähigkeit mancher Elemente, ganz verschiedene Zustände mit ganz veränderten physikalischen Eigenschaften anzunehmen, Allotropie (*allo* — ungleiche, *tropie* — Beschaffenheit). Der Sauerstoff kann in zwei allotropischen Zuständen oder Modificationen auftreten: a) als gewöhnlicher Sauerstoff, b) als Ozon-Sauerstoff. Mit dem Namen Antozon hat man eine dritte Sauerstoff-Modification bezeichnet, deren Existenz jedoch noch nicht zweifellos erwiesen ist.

Wasserstoff oder Hydrogen (H).

(Aeq.-Gew. = 1. — Specif. Gew. = 0,069.)

— 1766 von Cavendish als eigenthümliche Gasart unterschieden. —

85. Wasserzersetzung durch Natrium. *Versuch.* Man kocht Wasser $\frac{1}{4}$ Stunde lang, damit alle darin enthaltene Luft ausgetrieben wird, lässt es kalt werden und füllt dann mit ihm eine Schüssel und ein Probirgläschen an; das letztere wird mit dem Finger verschlossen, umgedreht und erst unter der Oberfläche des Wassers wieder geöffnet. Bringt man jetzt ein linsengrosses Stück Natriummetall, welches man fest an einen Draht angedrückt hat, schnell unter die Oeffnung des Probirgläschens, so löst sich das Metall vom Drahte und steigt, da es leichter ist als Wasser, in dem Gläschen in die Höhe, fährt in kochender Bewegung auf demselben herum und entwickelt dabei aus dem Wasser eine Luftart, welche in wenigen Augenblicken

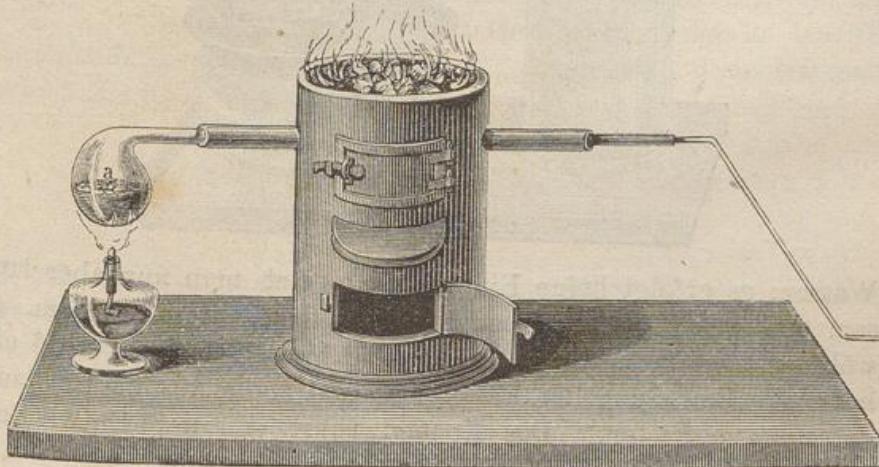
das Wasser aus dem Gläschen heruntertreibt. Diese Luftart ist der zweite Bestandtheil des Wassers und heisst Wasserstoffgas.

Aus dem Versuche 69 ist bekannt, dass das Natrium eine sehr grosse Verwandtschaft zum Sauerstoff hat; diese ist so stark, dass das Natrium im Stande ist, dem Wasser seinen Sauerstoff wegzunehmen, wodurch der Wasserstoff desselben in Freiheit gesetzt wird. Man verschliesse das Gläschen wieder mit dem Finger, nehme es aus dem Gefässen und halte ein brennendes Licht darüber: es wird sich an der Oeffnung eine Flamme zeigen; das Wasserstoffgas ist eine brennbare Luftart.

Drückt man an die feuchte innere Glaswand einen Streifen von rothem Probirpapier, so nimmt es eine blaue Farbe an; es hat sich hierbei dieselbe Basis, Natriumoxyd, gebildet, wie beim Liegen des Natriums im Sauerstoff oder an der Luft; sie befindet sich in dem Wasser aufgelöst.

86. Wasserzersetzung durch Eisen. Was das Natrium schon bei gewöhnlicher Temperatur vermag, das vermag das

Fig. 39.

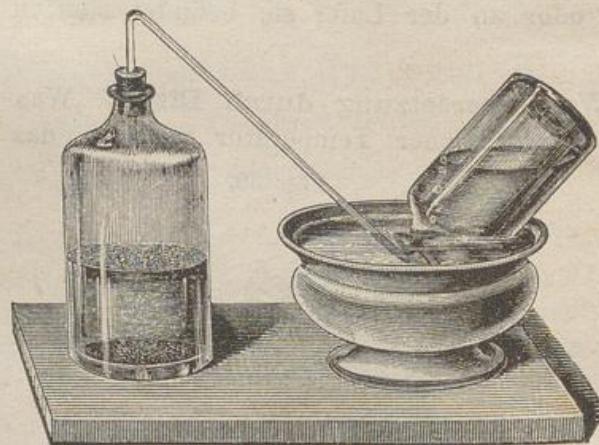


Eisen erst dann, wenn es weissglühend ist. Lässt man durch ein glühendes, eisernes, mit spiralförmig gewundenem Eisendraht angefülltes Rohr, z. B. einen Flintenlauf, Wasserdampf streichen, indem man das in der Retorte *a* befindliche Wasser durch eine Lampe zum Sieden bringt, so verbindet sich das Eisen in dieser hohen Hitze mit dem Sauerstoff des Wassers zu Eisenoxyduloxyd (Hammerschlag), und der Wasserstoff wird frei und kann aufgefangen werden. Dies war die Methode, durch welche La-voisier vor einigen 80 Jahren die zuerst von Cavendish gemachte Entdeckung bestätigte, dass das Wasser kein einfacher Körper sei, sondern aus zwei Luftarten, Sauerstoff und Wasserstoff, bestehe.

87. Wasserzersetzung durch Eisen und Schwefelsäure.
Die Zerlegung des Wassers durch Eisen erfolgt leichter, wenn man dem Eisen einen Alliirten zugesellt, der es in seinem Bestreben, dem Wasser den Sauerstoff zu entreissen, unterstützt. Ein solcher Bundesgenosse ist die Schwefelsäure.

Versuch. Man schütte 10 Grm. Eisenfeilspäne von Schmiedeeisen in eine Flasche und übergiesse sie mit 100 Grm.

Fig. 40.



Wasser: es erfolgt keine Einwirkung; setzt man nun aber langsam und unter stetem Umschwenken der Flasche 20 Grm. gewöhnliche englische Schwefelsäure hinzu, so wird bald eine kochende Bewegung der Flüssigkeit und zugleich eine Erhitzung derselben eintreten. Das Kochen röhrt von der Entwicklung

einer Luftart her; diese Luftart ist Wasserstoffgas. Nachdem man die Oeffnung der Flasche mit einem durchbohrten Korke, in dem sich eine gebogene Glasröhre befindet, verstopft und die Gasentwicklung 5 Minuten gedauert hat, wird das Gas, wie beim Sauerstoff angegeben, in mit Wasser gefüllten Flaschen mit Hülfe der pneumatischen Wanne aufgefangen.

Es ist eine unerlässliche Vorsicht beim Experimentiren mit Wasserstoff, das Gas nicht eher aufzufangen, bevor nicht die vorher im Glase befindliche Luft vollständig ausgetrieben ist, weil ausserdem leicht Explosionen eintreten können.

88. Mischen von Schwefelsäure und Wasser. Versuch. Wenn Schwefelsäure in Wasser gegossen wird, so entsteht immer eine beträchtliche Erhitzung, eine noch viel stärkere, wenn man umgekehrt verfährt, nämlich das Wasser in die

Fig. 41.



Schwefelsäure giesst. Am besten nimmt man dieses Mischen auf folgende Weise vor: 100 Grm. Wasser werden in ein Gefäss gegossen, das man in eine mit Wasser gefüllte Schüssel stellt; nun wägt man 20 Grm. englische Schwefelsäure ab, schüttet diese in einem dünnen Strahle zu dem Wasser, während man das letztere mit einem Glas- oder Porzellanstäbchen ununterbrochen umröhrt, und lässt das Gemisch so lange in der Was-

serschüssel, bis es völlig erkaltet ist: Man nennt diese Mischung verdünnte Schwefelsäure.

Versuche mit Wasserstoffgas.

89. Eigenschaften. Der Wasserstoff stellt ein farbloses Gas dar, in reinem Zustande ohne Geruch und Geschmack, ausgezeichnet durch seine Brennbarkeit und grosse Leichtigkeit.

Versuch a. Man zünde das in einer Flasche enthaltene Wasserstoffgas an und giesse schnell Wasser in die Flasche: das

Wasser löscht die Flamme keineswegs aus, sondern macht sie

Fig. 42.



vielmehr grösser, weil es das Gas schnell aus der Flasche herausdrängt. Im Innern des Gefässes brennt das Gas nicht, sondern nur ausserhalb desselben, da wo es von der atmosphärischen Luft umgeben ist.

Versuch b. Man lasse ein Glas mit Wasserstoffgas einige Minuten offen stehen und halte während dieser Zeit ein leeres Trinkglas darüber; dreht man das letztere sodann

schnell um und hält es an ein brennendes Licht, so wird aus demselben eine Flamme mit pfeifendem Geräusche heraus-schlagen. Das Gas ist, wie man sieht, aus dem unteren Glase in das obere gestiegen, es ist also leichter als gewöhnliche Luft. Das untere Glas darf bei diesem Versuche nicht so gleich mit einem Lichte in Berührung kommen, weil, wenn noch nicht alles Wasserstoffgas heraus ist, eine Explosion erfolgen kann, die das Glas zerschmettert; hält man aber nach 10 Minuten ein Licht darüber oder hinein, so wird man keine brennbare Luft mehr darin finden; sie ist vollständig verflogen.

Das Wasserstoffgas ist die leichteste unter allen Luftarten; $14\frac{1}{2}$ Maass davon wiegen nur so viel als 1 Maass atmosphärische Luft. Wegen dieser Leichtigkeit kann das Wasserstoffgas zum Füllen von Luftballons angewendet werden (Charlieren).

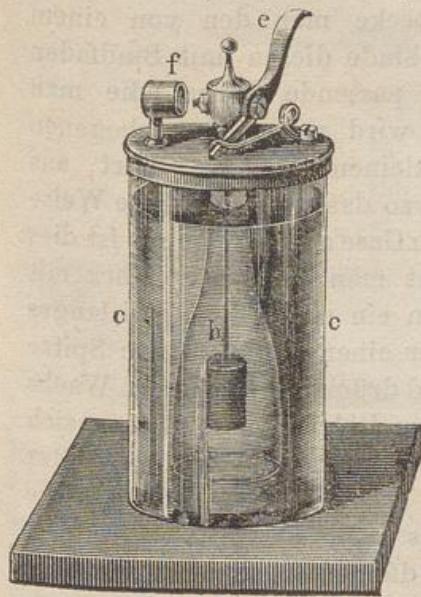
90. Wasserstoff und Platinschwamm. *Versuch c.* Wird auf das Glas, aus dem man sich das Wasserstoffgas rasch entwickeln lässt, statt der gebogenen Glasröhre ein Stück einer Röhre von einer thönernen Tabackspfeife in den Kork gesteckt und das Gas angezündet, so brennt dasselbe in Gestalt einer Kerzenflamme. Zum Anzünden des Gases lässt sich auch, statt eines brennenden Körpers, sehr fein zertheiltes Platinmetall anwenden. Man kann sich dieses in wenigen Minuten darstellen,

wenn man einige Tropfen Platinlösung auf Fliesspapier tröpfelt, dieses an einen Draht steckt und über einer Weingeistlampe so lange

Fig. 43.



Fig. 44.



erhitzt, bis nur noch eine graue, zusammenhängende Asche übrig geblieben ist. In der Asche ist das Platin ausserordentlich fein zertheilt und porös, und in diesem Zustande zeigt es die merkwürdige Eigenschaft, im Wasserstoffgase glühend zu werden und dasselbe zu entzünden. Man nennt solches poröses Platin Platin-schwamm oder oxyphores Platin und wendet es als Zünder bei den bekannten Döbereiner'schen Wasserstoff- oder Platinfeuerzeugen an.

91. Wasserstoff-Feuerzeug. Die hier dargestellte Zündmaschine besteht aus einem Glascylinder *b*, Fig. 44, (oder einer Flasche, deren Boden abgesprengt ist), der an der mit dem Hahn *e* versehenen Deckplatte luftdicht festgekittet wird. An einem Draht hängt darin ein Zinkkolben herunter. Wird nun verdünnte Schwefelsäure in das Gefäss *c* gegossen und der Deckel mit dem daran befestigten Cylinder aufgesetzt, indem man zugleich den Hahn öffnet, um die in letzterem enthaltene Luft durch die von unten eintrende Säure verdrängen zu können, so entwickelt sich alsbald durch die Berührung des Zinks mit der Säure Wasserstoffgas, welches sich nach dem Schliessen des Hahnes in dem Cylinder ansammeln und da-

Stöckhardt, die Schule der Chemie.

durch die Säure in das äussere Gefäss drängen muss, bis sie das Zink nicht mehr berührt. Beim Oeffnen des Hahns *e* strömt das Gas aus der feinen Spitze auf den Platinschwamm *f*, statt des entwichenen Gases aber tritt wieder Schwefelsäure aus dem äusseren Gefäss in das innere und erzeugt von Neuem Wasserstoffgas, so wie sie wieder an das Zink gelangt. Das poröse Platin hat in hohem Grade die Fähigkeit, Sauerstoff einzusaugen und in sich zu verdichten; kommt nun Wasserstoffgas hinzu, so werden diese beiden Gase in den Poren des Platins durch die mächtige Anziehungskraft desselben einander so genähert, dass sie sich chemisch verbinden können; es bildet sich Wasser, und die dabei freiwerdende Wärme reicht hin, um den Platinschwamm oder die Platinasche bis zum Glühen zu erhitzen und das nachfolgende Gas zu entflammen. Durch poröses Platin kann man viele luftförmige Körper zu einer Verbindung zwingen, die sich von freien Stücken durchaus nicht mit einander vereinigen.

92. Hitze beim Verbrennen des Wasserstoffs. Knallgas.
Versuch. Wie ausserordentlich die Hitze ist, welche sich bei der chemischen Vereinigung von Sauerstoff und Wasserstoff entwickelt, wird der folgende Versuch zeigen. In die Oeffnung einer grossen Schweinsblase, die man, um sie geschmeidig zu machen, etwas angefeuchtet hat, stecke man den von einem Fläschchen abgeschlagenen Glashals, binde diesen mit Bindfaden recht fest und suche sich zwei dazu passende Korke, die man nachher durchbohrt. Der eine Kork wird mit einer gebogenen Glasröhre verbunden, die zu einem kleinen Apparate führt, aus dem man Sauerstoffgas entwickelt (60), so dass man auf diese Weise

Fig. 45.

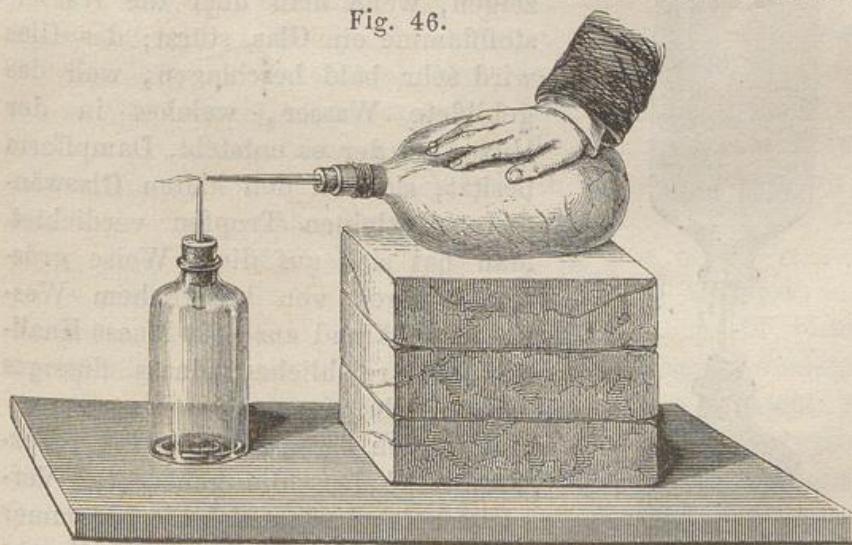


die Blase leicht mit diesem Gase anfüllen kann. Ist dies geschehen, so vertauscht man den ersten Kork mit dem zweiten, in welchem ein nur einige Zoll langes Glasröhrenchen, das an der einen Seite in eine Spitze ausgeht, eingepasst ist, und drückt ein Stückchen Wachs auf die Oeffnung. Solche Röhren bereitet man sich leicht durch Erhitzen einer längeren Glasröhre unter stetem Drehen in einer Weingeistflamme, bis diese so weich geworden, dass man sie in zwei Hälften ausziehen kann. Den dünnen in einem Glasfaden endenden Theil bricht man ab und hält ihn noch einige Augenblicke ins Feuer, damit die scharfen Kanten der

entstandenen feinen Oeffnung durch angehendes Schmelzen abgestumpft werden. Bequemer, aber freilich etwas theurer ist's, wenn man statt der angegebenen Vorrichtung einen kleinen, mit einer angeschraubten Spitze versehenen Messinghahn in die Mündung der Blase einbindet.

Die so vorgerichtete und mit Sauerstoff gefüllte Blase legt man nun auf Ziegelsteine, in der Höhe, dass die Spitze der Glasröhre gerade bis zu der Wasserstoffflamme reicht, die man auf die im vorigen Versuche angegebene Weise erzeugt. Drückt man die Blase mit der Hand, so muss das Sauerstoffgas ausströmen; es bläst in die Wasserstoffflamme, welche dadurch zur Seite getrieben wird. Diese Flamme leuchtet nur schwach, schwächer sogar als vorher; dessenungeachtet steckt in ihr die grösste Hitze, welche man bis jetzt kennt. Man halte einen feinen Draht von Platin, einem Metalle, welches in dem heftigsten Ofenfeuer nicht flüssig wird, in die Flamme: er schmilzt wie Wachs; man halte ein oben zu einem dünnen Stäbchen geschabtes Stück

Fig. 46.



Kreide in dieselbe: es wird so glühend, dass es das blendendste Licht ausstrahlt (Siderallicht). Eine feine Uhrfeder oder ein dünner Eisendraht verbrennt darin mit glänzendem Funkensprühen, wie im Sauerstoffgase (70). Woher kommt aber diese gewaltige Hitze? Sie ist eine Folge der heftigen, energischen, chemischen Verbindung zweier Stoffe mit einander. Bei jeder chemischen Vereinigung wird Wärme frei.

6*

Wollte man Wasserstoff und Sauerstoff vorher mit einander mengen und nachher anzünden, so würde das ganze Gemenge sich auf einmal verbinden, und zwar unter dem heftigsten Knall und gewaltsamer Zertrümmerung des Gefäßes. Man nennt deswegen ein solches Gemenge Knallgas. Der eben beschriebene Apparat, bei dem eine Gefahr nicht zu befürchten ist, weil das Knallgas erst an dem Punkte, wo der Sauerstoff in die Wasserstoffflamme strömt, und auch hier nur in sehr kleinen Mengen auf einmal gebildet wird, ist ein Knallgasgebläse im Kleinen. Knallgas kann hiernach angesehen werden als chemisch zersetzes Wasser, Wasser aber als chemisch verbundenes Knallgas.

93. Bildung und Zusammensetzung des Wassers. Versuch. Dass wirklich Wasser gebildet wird, wenn Wasserstoff

Fig. 47.



verbrennt oder, was dasselbe ist, wenn sich Wasserstoff mit Sauerstoff chemisch verbindet, lässt sich leicht zeigen, wenn man über die Wasserstoffflamme ein Glas stürzt; das Glas wird sehr bald beschlagen, weil das gebildete Wasser, welches in der Hitze, bei der es entsteht, Dampfform besitzt, sich an den kalten Glaswänden zu kleinen Tropfen verdichtet. Man hat sich auf diese Weise grössere Mengen von künstlichem Wasser erzeugt und aus 3000 Maass Knallgas ein reichliches Maass flüssiges Wasser erhalten.

Bezüglich der quantitativen Verhältnisse haben die genauesten Versuche gelehrt, dass sich hierbei immer 2 Maass Wasserstoff mit 1 Maass Sauerstoff vereinigen, also gerade dieselben Quantitäten, welche bei der Zerlegung des Wassers durch Galvanismus (56) erhalten werden. Aus 2 Maass Wasserstoff und 1 Maass Sauerstoff entstehen aber nicht 3 Maass

Wasserdampf, sondern nur 2 Maass; die beiden Gasarten verdichten sich also bei ihrer chemischen Verbindung um $\frac{1}{3}$.

Das Wasser oder Wasserstoffoxyd (HO^*) besteht also, wie die Zersetzung (Analyse) und Wiederzusammensetzung (Synthese) desselben unwiderleglich bewiesen hat,

dem Volumen nach: dem Gewichte nach:

aus 1 MSS. Sauerstoff und 2 MSS. Wasserstoff; aus 8 Theilen Sauerstoff und 1 Theil Wasserstoff;

diese geben 2 MSS. Wasserdampf; diese geben 9 Gewthle. Wasser.

Die grosse Verschiedenheit der Zahlen für Maasse und der Gewichtszahlen erklärt sich dadurch, dass 1 Maass Wasserstoff 16mal weniger wiegt als 1 Maass Sauerstoff.

Wegen der Eigenschaft des Wasserstoffs, mit Sauerstoff vereinigt Wasser zu bilden, hat man ihm den Namen Hydrogen (Wasser-erzeuger) gegeben; sein chemisches Zeichen ist hiernach = H.

94. Wasserstoffüberoxyd (HO_2). Das Wasser lässt sich auf Umwegen noch mit 1 Aeq. Sauerstoff verbinden. Die Verbindung enthält also dem Gewichte nach auf 1 Thl. Wasserstoff 16 Thle. Sauerstoff und stellt eine dickliche, in keiner Kälte gefrierende Flüssigkeit von eigenthümlichem Geruch und Geschmack dar. Das zweite Aequivalent Sauerstoff ist darin weit weniger fest gebunden als das erste, daher zerfällt das Wasserstoffüberoxyd äusserst leicht, schon durch blosses Erhitzen, in Wasser und freien, ozonähnlichen Sauerstoff. Vermöge des letzteren wirkt es kräftig oxydirend, bleicht es die Pflanzenfarben u. a. m. Sehr auffällig ist es, dass manche feinpulverige Metalle und Metalloxyde jenes Zerfallen bewirken, ohne dass sie sich mit dem entweichenden Sauerstoff verbinden oder sonst eine Veränderung erleiden.

Man bezeichnet diese eigenthümliche, noch nicht zu erklärende Wirkungsweise, bei der gewisse Körper Zersetzung hervorrufen, ohne dass sie selbst dabei eine Verbindung eingehen oder eine Zersetzung erfahren, mit dem Namen: Wirkung durch Contact (Berührung), oder Wirkung durch Katalyse (Umwandlungskraft).

95. Chemische Zeichen und Formeln. Die chemischen Zeichen, die, wie schon erwähnt, aus den Anfangsbuchstaben

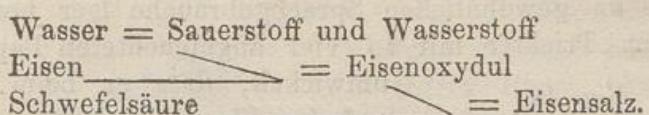
*) Die Molecularformeln ($H_2\Theta$ etc.) siehe §. 541.

der lateinischen Namen der Elemente gebildet werden, bieten nicht nur eine sehr bequeme und einfache Bezeichnungsweise der Elemente dar, sondern drücken zugleich auch eine fest bestimmte Gewichtsmenge der letzteren aus, nämlich diejenige, welche bei der Ueberschrift jedes Abschnittes unter der Benennung *Aequivalent-Gewicht* aufgeführt ist. O bedeutet demnach nicht bloss Sauerstoff, sondern immer 8 Gewichtstheile (Pfunde, Gramme etc.) davon; H nicht bloss Wasserstoff, sondern 1 Gewichtstheil davon etc. Sind zwei Elemente mit einander vereinigt, so deutet man dies durch Nebeneinandersetzung ihrer Zeichen an; HO z. B. ist die Formel für Wasser; aus dieser ersehen wir nicht nur, dass das Wasser aus Wasserstoff und Sauerstoff besteht, sondern auch, dass in ihm immer 1 Gewichtstheil Wasserstoff (1 Aeq. H) mit 8 Gewichtstheilen Sauerstoff (1 Aeq. O) verbunden ist. Bei den zusammengesetzteren Verbindungen trennt man die einzelnen Glieder durch ein Komma oder aber durch das + Zeichen von einander, wie dies in den folgenden Abschnitten von selbst klar werden wird. Die bei den Formeln unterhalb der Buchstaben vorkommenden kleineren Zahlen beziehen sich immer nur auf das chemische Zeichen, an dessen Fusse sie stehen, die grösseren vor den letzteren stehenden aber auf alle Buchstaben bis zum nächsten Komma oder + Zeichen. H_2 bedeutet demnach 2 Aeq. Wasserstoff; H_3 3 Aeq.; 2 HO dagegen bedeutet 2 Aeq. Wasser, also 2 Aeq. Wasserstoff und 2 Aeq. Sauerstoff u. s. w. Es ist jedem Anfänger aufs Dringendste anzurathen, sich mit dieser so überaus fasslichen und anschaulichen Zeichensprache recht vertraut zu machen.

96. Chemischer Vorgang bei Versuch 87. Es ist nun noch übrig, die Veränderung zu betrachten, welche das Eisen erfahren hat, während es mit Hülfe der Schwefelsäure das Wasser zerlegte und Wasserstoff aus ihm frei machte.

Versuch. Man schüttet den Inhalt des Glases (von Versuch 87.) in eine Porzellanschale, erhitzt ihn darin bis zum Kochen und filtrirt: in dem Filtrum wird ein schwarzer Rückstand bleiben, der hauptsächlich aus Kohle besteht, welche in dem Eisen enthalten war; das Eisen selbst ist verschwunden, es ist aufgelöst worden, und befindet sich in der durchgelaufenen Flüssigkeit, aber nicht mehr als Eisen, sondern als Eisensalz, wel-

ches sich beim Erkalten in grünen, durchsichtigen Krystallen ausscheidet. Die Bildung desselben erklärt sich aus folgendem Schema:



Das Eisensalz erhält sonach den Namen schwefelsaures Eisenoxydul (mit Krystallwasser); im gewöhnlichen Leben ist es unter der Benennung Eisenvitriol oder Kupferwasser bekannt. Eisen und Schwefelsäure können sich nicht mit einander verbinden, denn es gilt in der unorganischen Chemie als eine Regel, gegen die nur wenige Ausnahmen vorkommen, dass sich einfache Körper gewöhnlich nur mit einfachen, zusammengesetzten nur mit zusammengesetzten verbinden; wohl aber kann eine Verbindung erfolgen, wenn das Eisen sich oxydirt und dadurch zu einem zusammengesetzten Körper wird. Den zur Oxydation erforderlichen Sauerstoff findet es hier im Wasser, allein es ist nicht stark genug, um dem Wasser den Sauerstoff zu entreissen; hilft aber die Schwefelsäure mit, welche starke Lust (Verwandtschaft) hat, sich mit einer Basis zu vereinigen, so sind beide zusammen im Stande, das Wasser zu überwältigen, und es entsteht eine Basis (Eisenoxydul), die sogleich an die Schwefelsäure tritt. Der abgeschiedene Wasserstoff nimmt Luftform an und entweicht. Man nennt diese Art von Verwandtschaft eine prädisponirende.

Statt des Eisens wird auch häufig Zink zur Darstellung von Wasserstoff angewendet.

Atmosphärische Luft.

97. Unsere Erdkugel ist ringsum, wie mit einem Mantel, von Luft umgeben; man nennt diesen Mantel Atmosphäre oder Dunstkugel und glaubt, dass er ungefähr 10 Meilen über die feste Erde hinausrage. Die atmosphärische Luft besitzt keine Farbe und ist durchsichtig, wir können sie daher mit unseren Augen nicht sehen; ihre Theilchen sind ferner so leicht gegen

einander verschiebbar, dass wir sie nicht mit den Händen zu greifen oder festzuhalten vermögen. Man kann indess sehr leicht wahrnehmen, dass sie etwas Körperliches ist und jeden Raum ausfüllt, den man im gewöhnlichen Sprachgebrauche leer nennt, wenn man einen Trichter mit so viel angefeuchteten Papierstreifen

Fig. 48.



umwickelt, dass er beim Aufsetzen auf eine Flasche den Hals der letzteren recht genau verschliesst. Füllt man jetzt den Trichter mit Wasser an, so läuft dieses nicht in die Flasche, denn die in der letzteren enthaltene Luft lässt es nicht hinein; hebt man aber den Trichter etwas in die Höhe, so stürzt das schwerere Wasser sogleich in die Flasche, da nun die leichtere Luft aus ihr entweichen kann. Auch durch Wägen kann man finden, dass ein scheinbar leeres, d. i. nur Luft enthaltendes Gefäss mehr wiegt als ein wirklich leeres, aus dem man die Luft herausgepumpt hat. Sie ist aber so leicht, dass 800 Maass Luft nur so viel wiegen als 1 Maass Wasser; dessenungeachtet aber drückt sie mit sehr grosser Gewalt auf die Erde und Alles was auf ihr ist. Diesen Druck bemerken wir jedoch nur dann, wenn die Luft an einer Stelle weggenommen wird und dadurch ein einseitiger Druck (ohne Gegendruck) entsteht.

Druck der Luft.

98. Einseitiger Luftdruck. *Versuch.* Man umwickle einen Holzstab an dem einen Ende mit Werg, das man mit Talg bestrichen hat, so dass ein Stempel entsteht, der etwas streng in ein starkwandiges Probergläschen passt. In dem Probergläschen bringt man etwas Wasser zum Kochen und setzt, wenn die Luft durch den gebildeten Wasserdampf aus demselben herausgetrieben, mithin durch diese Austreibung ein luftleerer Raum entstanden ist, den Stempel auf: er wird beim Erkalten des Gefässes bis auf die Oberfläche des Wassers herabgedrückt werden.

Durch Erhitzen wird er von dem sich neu erzeugenden Wasserdampf in die Höhe getrieben, durch Eintauchen in kaltes Wasser wieder heruntergeschoben.

Fig. 49.



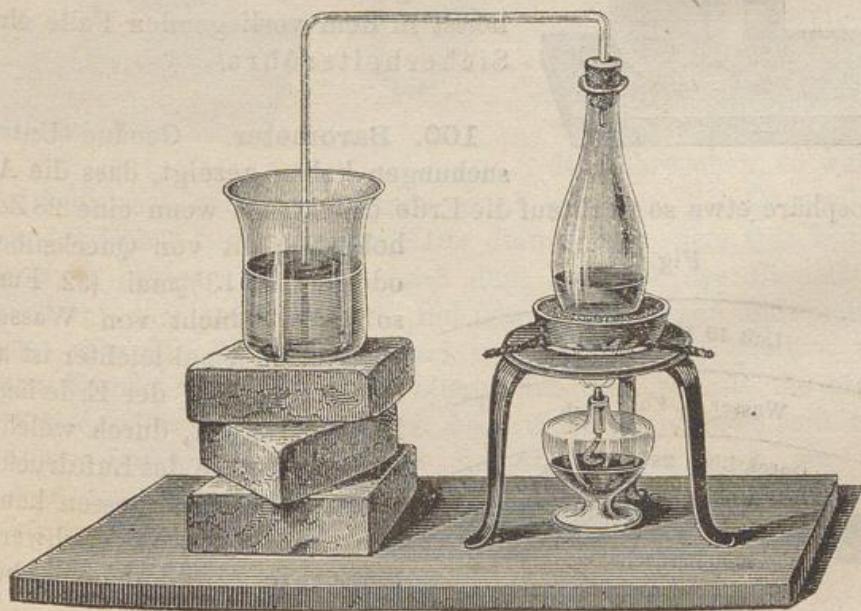
In Folge der Abkühlung entsteht nämlich ein leerer Raum, indem sich der das ganze Rohr erfüllende Dampf wieder zu Wasser verdichtet, wodurch natürlich der Gegendruck gegen das Gewicht der äusseren Luft aufgehoben wird; die letztere drückt demnach den Stempel nieder. Auf ganz gleiche Weise

wird bei manchen Dampfmaschinen der Kolben im Cylinder auf- und abbewegt.

99. Zurücksteigen von Flüssigkeiten. Der einseitige Luftdruck kann bei vielen chemischen Operationen ein Auf- und Zurücksteigen von Flüssigkeiten in Röhren veranlassen.

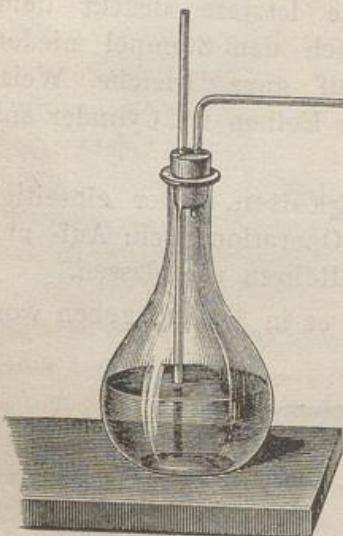
Versuch. Bringt man Wasser, wie es in 36. angegeben wor-

Fig. 50.



den ist, durch Dampf zum Kochen und entfernt während des Kochens die Lampe, so wird der auf die Oberfläche des Wassers im Becherglase wirkende Druck der Luft das darin befindliche Wasser sehr bald durch die Glasröhre bis in das Kochfläschchen drücken, welches sich in kurzer Zeit ganz mit Wasser anfüllt. Der Gegendruck des Dampfes muss natürlich abnehmen, so wie der Dampf sich abkühlen und wieder zu tropfbarem Wasser verdichten kann. So lange die Lampe unter dem Fläschchen steht, ist der Dampfdruck stärker als der Luftdruck, und der sich immer neu bildende Dampf drängt den schon in der Röhre enthaltenen vorwärts in das Wasser des Becherglases. Dieses Zu-

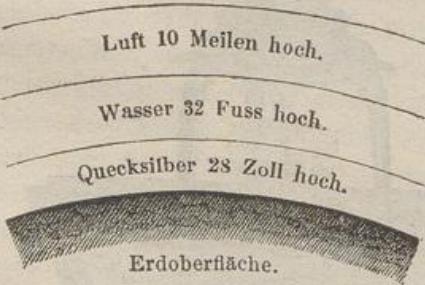
Fig. 51.



rücksteigen von Flüssigkeiten ist besonders dann zu befürchten, wenn man Gasarten in Wasser leitet, welche leicht und in grosser Menge von demselben verschluckt werden. Man verhindert es, wenn man durch den Kork eine zweite lange oben und unten offene Glasröhre bis auf den Boden des Kochfläschchens gehen lässt, durch welche beim Nachlassen des Dampfdruckes Luft in das Fläschchen eindringen kann. Eine solche Röhre heisst in dem vorliegenden Falle eine Sicherheitsröhre.

100. Barometer. Genaue Untersuchungen haben gezeigt, dass die Atmosphäre etwa so stark auf die Erde drückt, als wenn eine 28 Zoll

Fig. 52.



hohe Schicht von Quecksilber, oder eine $13\frac{1}{2}$ mal (32 Fuss) so hohe Schicht von Wasser, welches $13\frac{1}{2}$ mal leichter ist als Quecksilber, auf der Erde läge. Das Instrument, durch welches man die Stärke des Luftdruckes beobachten und messen kann, heisst Barometer (Schwere-messer), im gewöhnlichen Leben

Wetterglas. Füllt man eine 30 Zoll lange, an dem einen Ende zugeschmolzene Glasröhre mit Quecksilber und taucht sie dann, indem man sie mit dem Finger zuhält und umdreht, in ein Gefäß mit Quecksilber, so läuft das Quecksilber, wenn man den Finger wegzieht, nicht heraus, sondern es fällt nur um einige Zoll, ungefähr bis *s* (Fig. 53). Die Höhe der Quecksilbersäule von *ab* bis *s* beträgt ungefähr 28 Zoll. Der Grund, warum das Queck-

Fig. 53.

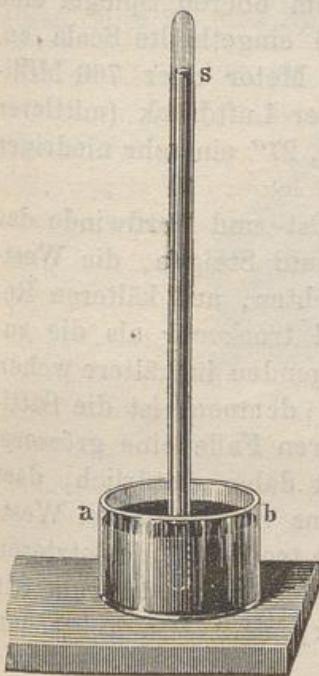
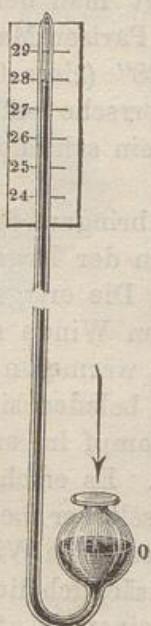


Fig. 54.



silber nicht herabsinkt, liegt in dem einseitigen Luftdruck; die äussere Luft (die Atmosphäre) drückt nämlich nur auf das Quecksilber bei *ab*, nicht aber bei *s*, da die Röhre oben verschlossen ist. Die in der Röhre befindliche Quecksilbersäule ist als ein Gegengewicht gegen den atmosphärischen Luftdruck zu betrachten, und wir schliessen daraus, dass der letztere gerade so stark auf der Erde lastet, als eine 28 Zoll hohe Schicht von Quecksilber lasten würde. Oeffnete man die Röhre oben, so würde

der Luftdruck auf beiden Seiten gleich sein und das Quecksilber aus der Röhre herausfliessen. Der Raum über dem Quecksilber bei *s* ist luftleer; er heisst nach dem Erfinder des Barometers die Toricelli'sche Leere. Bei den gewöhnlichen Barometern biegt man die Röhre unten um und versieht sie daselbst mit einer Kugel. Diese Kugel ist oben offen und vertritt die Stelle des Quecksilbergefäßes in Fig. 53. Auch hier findet ein einseitiger Luftdruck statt, denn die Atmosphäre kann nur auf das in der Kugel befindliche Quecksilber drücken. Die Höhe von 0 bis zu dem oberen Stande des Quecksilbers beträgt gleichfalls ungefähr 28 Zoll.

Legen wir bei einer Wage auf die eine Schale Gewichte zu, so wird die andere Schale steigen; nehmen wir Gewichte von der ersten weg, so wird die zweite sinken. Genau dasselbe geschieht beim Barometer. Wird die Luft dichter oder schwerer, so drückt sie das Quecksilber höher hinauf und das Barometer steigt; wird sie dagegen dünner und leichter, so drückt sie schwächer auf die offene Kugel und das Quecksilber fällt oben, während es unten steigt. Um dieses Steigen und Fallen genau zu beobachten, bringt man bei dem oberen Spiegel eine in Zolle und Linien (altes Pariser Maass) eingetheilte Scala an. Steht das Quecksilber auf 28" (circa 0,76 Meter oder 760 Millimeter), so sagt man, es herrsche mittlerer Luftdruck (mittlerer Barometerstand); 29" wird ein sehr hoher, 27" ein sehr niedriger Barometerstand genannt.

In unseren Gegenden bringen die Ost- und Nordwinde das Quecksilber im Barometer in der Regel zum Steigen, die West- und Südwinde zum Fallen. Die erstgedachten, aus kälteren Regionen in wärmere gehenden Winde sind trockener als die zuletzt erwähnten, welche aus wärmeren Gegenden in kältere wehen und mit mehr Feuchtigkeit beladen sind; demnach ist die Sättigungscapacität für Wasserdampf im ersten Falle eine grössere, im letzteren eine geringere. Es erscheint daher natürlich, dass es bei Ost- und Nordwind seltener bei uns regnet als bei West- und Südwind, und dass die ersten Winde trocknen, die letzteren nass machen. Hierin hauptsächlich liegt der Grund, warum wir das Barometer auch als einen Wetterpropheten anzusehen pflegen.

Es wird jetzt kaum noch einer näheren Erklärung bedürfen: warum das Wasser aus einem verkehrt in die pneumatische Wanne gestellten Glase nicht ausläuft; warum es in einem Heber steigt, wenn man die Luft daraus aussaugt (verdünnt); warum die Flüssigkeit aus einem Fasse unten nur dann abfliesst, wenn man den oberen Spund gelüftet hat; warum das Wasser in einer Saugpumpe aufsteigt, aber nur bis zu einer Höhe von 32 Fuss etc.

101. Verstärkung des Luftdruckes. Spritzglas. Vermehren wir den Druck oder die Spannung einer eingeschlossenen Luftmenge dadurch, dass wir sie entweder stärker zu-

sammendrücken oder mehr Luft hineinbringen, so können wir sie zwingen, mit Schnelligkeit aus einer kleineren Oeffnung herauszuströmen, wie wir es im Kleinen an jedem Blasebalge, im Grossen an den Gebläsen sehen. Befindet sich Wasser vor dieser Oeffnung, so wird die gespannte Luft auf dieses drücken und es als einen Wasserstrahl herauspressen.

Versuch. Man befestige ein Stück einer engen, an der einen Seite in eine Spitze ausgezogenen Glasröhre (92.) mittelst

Fig. 55.

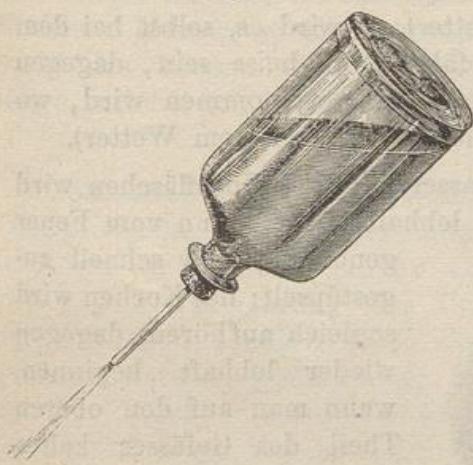


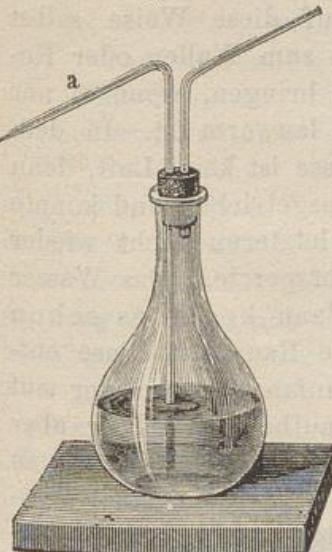
Fig. 55.

eines durchbohrten Korkes auf einer Flasche, fülle die letztere halb voll Wasser und blase durch die Spitze mit dem Munde Luft hinein: sie wird, wenn man mit Blasen nachlässt, als ein Luftstrom durch die Spitze wieder entweichen. Kehrt man aber das Glas, so wie die Luft eingeblasen ist, schnell um, so kommt Wasser vor die Oeffnung der Röhre und wird aus derselben herausgespritzt.

Man wendet ein solches

Spritzglas häufig an, um Niederschläge, die sich auf einem Filtrum befinden, mit Wasser auszuwaschen oder von den Wänden des Filtrums wegzuspülen. Eine ganz ähnliche Vorrichtung hat man unter dem Namen Windkessel an den gewöhnlichen Feuerspritzen, damit dieselben einen zusammenhängenden, ununterbrochenen Wasserstrahl geben.

Um einen continuirlichen Wasserstrahl mit der Spritzflasche hervorzubringen oder um sich leicht heißes Wasser zum Auswaschen zu erzeugen, wendet man ein Kochfläsch-

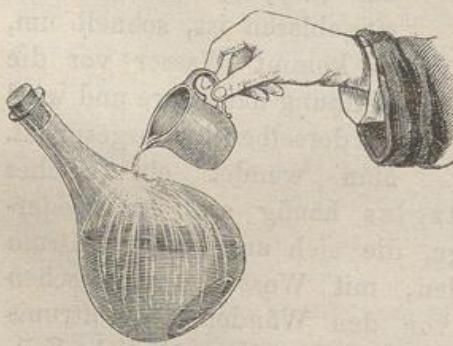


chen an, in dessen Kork zwei enge Glasröhren eingepasst sind. Die kurze Röhre dient zum Einblasen von Luft; die Röhre *a*, die bis zum Boden des Kochfläschchens geht, ist in eine Spitze ausgezogen und aus ihr dringt ein gleichmässiger Wasserstrahl heraus, wenn man in die kurze Röhre bläst und dadurch die Luft in dem Fläschchen comprimirt.

102. Siedepunkt des Wassers bei schwachem Luftdruck. Von sehr grossem Einflusse ist der Luftdruck auf das Kochen von Wasser und anderen Flüssigkeiten. Bringt man Wasser zum Sieden, während das Quecksilber im Barometer sehr niedrig steht (bei schlechtem Wetter), so wird es, selbst bei dem lebhaftesten Aufwallen, nur ungefähr 99°C . heiss sein, dagegen 101°C ., wenn das Kochen zu einer Zeit vorgenommen wird, wo der Barometerstand ein sehr hoher ist (bei heiterem Wetter).

Versuch. Ein halb mit Wasser gefülltes Kochfläschchen wird so lange erhitzt, bis das Wasser lebhaft kocht, dann vom Feuer

Fig. 57.



genommen und schnell zugestöpselt: das Kochen wird sogleich aufhören, dagegen wieder lebhaft beginnen, wenn man auf den oberen Theil des Gefässes kaltes Wasser giesst. Man kann es auf diese Weise selbst dann zum Wallen oder Kochen bringen, wenn es nur noch lauwarm ist. In dem Gefäss ist keine Luft, denn diese wurde durch den Wasserdampf herausgetrieben und konnte bei der Abkühlung und Verdichtung des letzteren nicht wieder eindringen, da der Kork ihr den Weg versperrte. Das Wasser hat also über sich keinen Luftdruck und dann kocht es schon bei einer Wärme von 20°C . Der leere Raum im Glase enthält nur Wasserdampf, und dieser lastet anfangs so schwer auf dem flüssigen Wasser, dass das Kochen aufhört; wird er aber durch das aufgegossene kalte Wasser zum Theil verdichtet, so vermindert sich sein Druck so sehr, dass wieder ein Theil Wasser unter kochender Bewegung luftförmig werden kann. In

manchen Fabriken, z. B. in Zuckersiedereien, hat man eigene Apparate (Vacuumpfannen), um den Zuckersaft im luftleeren Raume einzukochen und zu verdampfen etc.

Die Luft ist am dichtesten in der Ebene und am Meere, sie wird dagegen um so dünner, je mehr man sich von der Erde entfernt, weil man dann weniger Luft über sich hat. Es folgt hieraus, dass das Barometer auf einem Berge niedriger stehen und das Wasser leichter kochen muss, als unten im Thale. Auf dem Gipfel des Montblanc steht das Quecksilber nur noch 16 Zoll hoch im Barometer und das Wasser geräth schon bei 84°C . ins Kochen. Man kann daher sowohl das Barometer als den Kochpunkt des Wassers dazu anwenden, um daraus die Höhe der Berge, welche sich besteigen lassen, zu berechnen.

103. Siedepunkt des Wassers bei starkem Luft- oder Dampfdruck. Wie Wasser unter vermindertem Drucke leichter kocht, so kocht es unter vermehrtem Drucke schwerer. Eine Vermehrung des Druckes kann aber nicht bloss durch die Luft, sondern durch den Wasserdampf selbst hervorgebracht werden, wenn immer neuer erzeugt wird, ohne dass der bereits gebildete abziehen kann. Dies geschieht, wenn man das Gefäss, worin Wasser erhitzt wird, fest verschliesst, am einfachsten durch einen fest eingeschraubten Deckel. Man nennt ein solches Gefäss, wenn es klein ist, einen Papinianischen Topf, wenn es gross ist, einen Dampfkessel, und ist im Stande, darin Wasser bis zu 200°C ., ja noch weit höher zu erhitzen, während es unmöglich ist, es in unbedeckten Gefässen heißer als 100° zu machen. Ist noch einmal so viel Dampf darin, als für gewöhnlich Platz hat, wenn das Gefäss offen ist, so sagt man, der Druck betrage 2 Atmosphären; bei der 3-, 4-, 5-, 10-, 20-fachen Menge nennt man in gleicher Weise den Druck oder die Spannung des Dampfes 3, 4, 5, 10, 20 Atmosphären stark. Die Temperatur steigt bei 2 Atm. auf $121,4^{\circ}\text{C}$., bei 3 Atm. auf 135° , bei 4 Atm. auf $145,4^{\circ}$, bei 8 Atm. auf 172° , bei 16 Atm. auf $203,6^{\circ}$ u. s. f. Man wendet Gefässer solcher Art oft an, um ein vollständiges Eindringen des Wassers in feste und harte Körper zu bewirken; so löst z. B. das Wasser von 100° aus Knochen nur oberflächlich ein wenig Leim auf, während Wasser von 110° bis

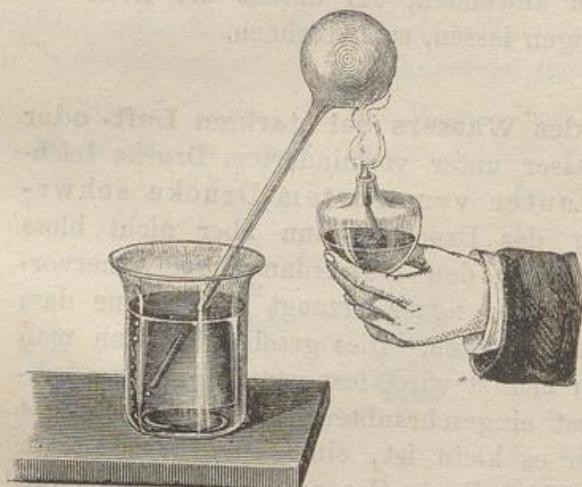
120° die Knochen vollständig durchdringt und auch den im Innern enthaltenen Leim auszieht.

Luft und Wärme.

104. Ausdehnung durch Wärme. Die Wärme dehnt die Luft aus, ganz auf dieselbe Weise, wie es bei den festen und flüssigen Körpern der Fall ist, nur in viel höherem Grade.

Versuch. Man tauche eine mit einer Kugel versehene Glasröhre in Wasser und erwärme die Kugel gelinde: ein Theil der

Fig. 58.



in der Kugel gebliebene Luft sich beim Erkalten wieder zusammenziehen, und an der Stelle der ausgetriebenen Luft Wasser in die Höhe gedrängt werden. 100 Maass Luft von 0° C. geben gegen 137 Maass Luft von 100° C.

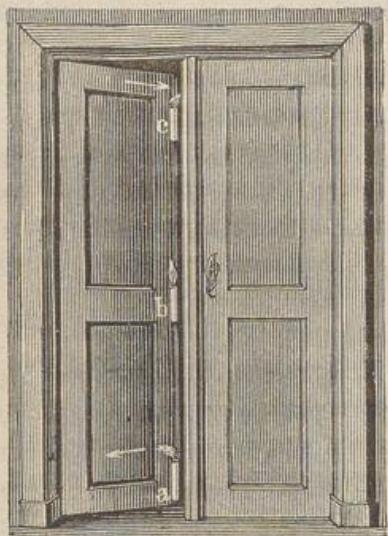
105. Luftzug. Durch die verschiedene Leichtigkeit der warmen und kalten Luft werden eine grosse Menge alltäglicher Erscheinungen erklärlich. Bei unseren Zimmerheizungen erwärmt sich zuerst die den Ofen berührende Luft, und steigt, da sie durch die Erwärmung leichter wird, in die Höhe; dafür strömt von unten kältere Luft hinzu, die sich gleichfalls erwärmt und aufsteigt; es findet daher eine stete Luftcirculation statt.

Luft wird ausgetrieben und entweicht in Blasen durch das Wasser; die erwärmte Luft hat also in der Kugel nicht mehr Platz, sondern braucht einen grösseren Raum, als sie in kaltem Zustande nöthig hatte. Hieraus folgt auch, dass die warme Luft leichter sein muss als kalte. Entfernt man die Lampe, so wird die

Durch eine ähnliche Circulation wird die gesammte Atmosphäre in einer fortwährenden Bewegung erhalten. Unter dem Aequator steigt nämlich die stark erwärmte Luft in die Höhe und bewegt sich in den oberen Luftregionen nach den Polen zu; in den unteren Regionen dagegen strömt die kalte Luft von den Polargegenden nach dem Aequator, um hier das Gleichgewicht wieder herzustellen, welches durch das Aufsteigen der warmen Luft in jedem Augenblicke gestört wird. Man nennt die hierdurch entstehenden regelmässigen Luftströmungen, deren Richtung aber durch den bei der Umdrehung der Erde um ihre Axe entstehenden Luftzug etwas verändert wird, Passatwinde.

In jeder geheizten Stube kann man leicht durch das blosse Gefühl wahrnehmen, dass die Luft an der Decke wärmer ist als am Fussboden. Oeffnet man eine Thür oder ein Fenster in einem solchen Zimmer, so entsteht ein Luftzug, dessen Richtung man deutlich wahrnehmen kann, wenn man ein Licht in die Oeffnung hält: die Lichtflamme wird oben bei *c* hinaus-, unten bei *a* hereinge- weht, während sie in der Mitte aufrecht bleibt; es strömt also oben die leichte, warme Luft aus dem Zimmer hinaus und dafür zieht unten die schwerere und kältere von aussen herein. Tritt man aus der Sonne in den Schatten, so bemerkt man ebenfalls einen Luftzug; da wo die

Fig. 59.



Sonne scheint, strömt nämlich die wärmere Luft aufwärts, und kältere aus dem Schatten tritt an ihre Stelle. Aus demselben Grunde muss überall, wo ein Feuer brennt, in jedem Ofen, um jedes Licht, jede Lampe herum, eine Luftströmung entstehen. Wie ausserordentlich leicht die Luft durch Erwärmung werden kann, das zeigen unter Anderem die Luftballons recht deutlich, die man Montgolfieren nennt; diese werden bloss dadurch zum Steigen gebracht, dass man sie mit Luft anfüllt, welche

Stöckhardt, die Schule der Chemie.

durch ein unten angebrachtes Feuer fortwährend heiss erhalten wird.

106. Gase und Dämpfe. Sonst kannte man nur eine Luftart, die atmosphärische Luft, die Chemie hat aber gezeigt, dass es sehr viele Arten von Luft giebt: leichte und schwere, giftige und unschädliche; Luftarten, welche brennen, andere, die zwar nicht selbst brennen, aber doch ein brennendes Licht fortbrennen lassen, noch andere, die es auslöschen etc. Sie hat auch gezeigt, dass in vielen festen und flüssigen Körpern Luftarten versteckt oder chemisch gebunden sind, in denen man dem äusseren Ansehen nach keine vermuten sollte; im Quecksilberoxyd z. B. Sauerstoff, im Wasser Sauerstoff und Wasserstoff etc. Man benennt diese Luftarten gewöhnlich mit dem Namen Gase; ihr natürlicher Zustand ist der luftförmige, und diesen vertauschen sie nur dann mit dem festen oder flüssigen, wenn sie gezwungen werden.

Dämpfe. Viele andere Körper werden erst luftförmig, wenn man sie erwärmt, manche leichter, z. B. Weingeist und Wasser, andere schwerer, z. B. Schwefel und Quecksilber; sie verlieren aber die Luftform wieder, sie werden wieder tropfbar oder fest, wenn man sie abkühlt. Solche Luftarten heissen Dämpfe; sie sind nur gezwungen luftförmig, ihr natürlicher Zustand ist der flüssige oder feste.

107. Specifisches Gewicht oder Volumgewicht der Gase und Dämpfe. Die verschiedene Dichtigkeit der Gase und Dämpfe wird, ebenso wie bei den festen und flüssigen Körpern (14), durch specifische Gewichtszahlen ausgedrückt, man nimmt hierbei aber nicht das Wasser, sondern die atmosphärische Luft als Einheit an. Da die gasförmigen Körper durch Temperaturerhöhung sich sehr stark ausdehnen, ferner auch bei Veränderungen des Druckes ihr Volumen erheblich ändern, so hat man bei ihnen die Bestimmung des specifischen Gewichts immer bei gleicher Temperatur (gewöhnlich 0° C.) und gleichem Barometerstande (gewöhnlich 0,76m) vorzunehmen oder auf diese zu berechnen.

Für chemische Zwecke empfiehlt es sich, das Gewicht von 1 Liter des leichtesten Gases, des Wasserstoffs, als Einheit anzu-

nehmen. Man hat dieses Einheitsgewicht 1 Krith genannt. Es stellen sich dann für je 1 Liter nachstehender Gase und Dämpfe bei 0° C. und 0,76^m Bar. folgende einfache Zahlen heraus: für Stickstoff 14, für Sauerstoff 16, für Schwefelgas (Dampf) 32, für Chlorgas 35,5, für Jodgas (Dampf) 127 Krith u. a. m.

108. Specifische Wärme der Gase und Dämpfe. Nimmt man, wie bei 42, das Wasser als Einheit an, so beträgt für gleiche Gewichte die specifische Wärme des Wasserstoffs 3,4, die des Wassergases (Dampfes) etwa 0,48, des Stickstoffs 0,24, des Sauerstoffs 0,22, der atmosphärischen Luft 0,23. Für gleiche Volume sind die specifischen Wärmezahlen bei Sauerstoff, Wasserstoff, Stickstoff und einigen anderen permanenten Gasen fast gleich. Die specifische Wärme der Dämpfe ist in der Regel geringer als die derselben Körper in flüssigem Zustande.

Bestandtheile der atmosphärischen Luft.

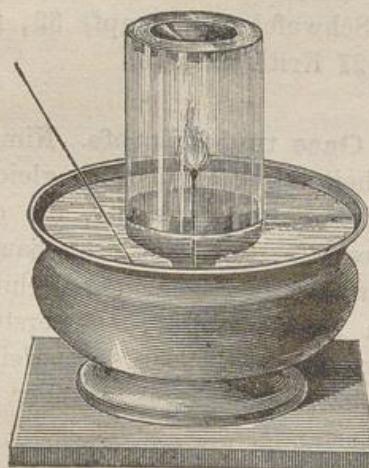
— 1777 von Scheele und Lavoisier, 1801 genauer von Gay-Lussac und Humboldt nachgewiesen. —

109. Hauptbestandtheile der Luft. Die letzte Frage, welche wir an die Luft zu richten haben, ist: Welches sind ihre Bestandtheile? denn dass sie kein einfacher Stoff, kein Element sei, wurde schon oben angeführt.

Versuch. Man binde ein Stückchen Schwamm an einen Draht, giesse einige Tropfen Weingeist darauf und halte den Draht so in eine Schüssel, in der sich Wasser befindet, dass der Schwamm einige Zoll über das Wasser zu stehen kommt; dann zünde man den Weingeist an und stürze schnell ein leeres Glas so tief darüber, dass die Oeffnung desselben etwas ins Wasser eintaucht: die Flamme wird sehr bald verlöschen, von dem Wasser aber etwas in das Glas steigen, nämlich gerade so viel, als Luft beim Verbrennen verschwunden ist. Die verschwundene Luft war Sauerstoffgas, die sich mit den Bestandtheilen des Weingeistes verbunden hat. Die Flasche wird mit dem Finger verschlossen, tüchtig geschüttelt und unter dem Wasser wieder

geöffnet, wobei ein wenig Wasser eintreten wird. Die Luft,

Fig. 60.



welche noch in der Flasche ist, heisst Stickstoff, weil lebende Thiere in ihr ersticken, brennende Körper aber auslöschen. Sie bildet den Hauptbestandtheil unserer atmosphärischen Luft; in 5 Maass der letzteren sind 4 Maass Stickstoff enthalten, von Sauerstoff aber nur 1 Maass. Diese zwei Grundbestandtheile sind jedoch in der Luft nicht chemisch mit einander verbunden, sondern nur mechanisch gemengt, wie, abgesehen von anderen Gründen, daraus geschlossen

werden muss, dass sie bei ihrer Zusammenmengung keine Verdichtung und Aenderung ihrer Eigenschaften erfahren und schon durch Wasser allein in ihrem Mengeverhältnisse verändert werden, da dieses, mit Luft geschüttelt, mehr Sauerstoff und weniger Stickstoff daraus aufnimmt, als der Zusammensetzung der letzteren entspricht.

110. Nebenbestandtheile der Luft. Ausser dem Stick- und Sauerstoff enthält die Luft immer noch Wasserdunst und Kohlensäure. Die Gegenwart des ersten wird deutlich genug aus dem Regen, Schnee, Thau etc. klar, die aus der Luft herabfallen; von der steten Anwesenheit der Kohlensäure aber kann man sich leicht überzeugen, wenn man, wie in Nro. 47 angegeben, Kalkwasser an der Luft stehen lässt oder in einer Flasche mit Luft schüttelt. Der Kalk hat die Fähigkeit, die Kohlensäure an sich zu ziehen und mit ihr ein unlösliches Salz (kohlensauren Kalk oder Kreide) zu bilden; die entstehende Trübung ist die Folge davon; sie ist das „Ja“ auf die durch das Kalkwasser an die Luft gerichtete Frage. Fragt man, woher diese Kohlensäure komme? so dient zur Antwort: sie bildet sich überall, wo Körper verbrennen, wo Menschen und Thiere atmen und wo Thier- und Pflanzenstoffe verwesen oder verfaulen.

In Wohnstuben, Schlafstuben und anderen abgeschlossenen Localen, in denen Menschen sich aufhalten, wird die Luft immer verschlechtert, d. h. ärmer an Sauerstoff und dafür reicher an Kohlensäure; zur Erhaltung der Gesundheit ist demnach eine öftere Lufterneuerung (Ventilation) nöthig.

In 100 Maassen Luft, wie sie im Freien vorkommen, sind ungefähr enthalten:

79 M. Stickstoff (N), 21 M. Sauerstoff (O), $\frac{1}{30}$ bis $\frac{1}{15}$ M. Kohlensäure (CO_2) und sehr veränderliche Mengen von Wasserdunst (HO). Ein sehr kleines und schwankendes Quantum des Sauerstoffs ist darin als Ozon zugegen.

Dass die Luft auch noch andere Beimengungen enthalten müsse, kann nicht befremden, wenn man bedenkt, dass Alles, was auf unserer Erde sich verflüchtigt oder verstäubt, von ihr aufgenommen wird. Die von den Gewürzinseln kommende Luft riecht noch in einer Entfernung von 8 bis 10 Meilen nach Zimmt und Nelken; den in der Luft enthaltenen Staub sieht man deutlich an den Stellen, wo ein Sonnenstrahl durch sie hindurchgeht etc. Diese Beimengungen sind jedoch gewöhnlich so gering, dass sie sich dem Gewichte oder Maasse nach nicht bestimmen lassen. Für die Vegetation sind insbesondere noch die in der Luft immer enthaltenen kleinen Mengen von Ammoniak, salpetriger und Salpetersäure und Kochsalz wichtig, da sie, sei es indem sie durch Regen und Thau auf die Erde herabgespült oder durch die grünen Theile der Pflanzen direct aus der Luft angezogen werden, zum Wachsthum der letzteren wesentlich beitragen.

Stickstoff oder Nitrogen (N).

(Aeq.-Gew. = 14. Specif. Gew. = 0,97.)

— 1772 von Rutherford nachgewiesen; 1775 von Scheele und Lavoisier näher bestimmt. —

111. Eigenschaften des Stickstoffs. Das Stickstoffgas, dessen Bereitung oben schon angegeben wurde, lässt sich aus der atmosphärischen Luft auch durch andere, den Sauerstoff leicht anziehende Körper, z. B. durch brennenden Phosphor oder glühendes Eisen oder Kupfer abscheiden. Es führt seinen Na-

men mit Unrecht, wie sich schon daraus abnehmen lässt, dass wir es unausgesetzt in der Luft einathmen und wieder ausathmen, ohne irgend einen Nachtheil zu bemerken; es wirkt nur erstickend, wenn es keinen Sauerstoff enthält und weil es keinen enthält. Der menschliche Körper ist so eingerichtet, dass er die zu seinem Gedeihen dienenden Stoffe nicht in der reinsten Gestalt vertragen kann; der starke Weingeist wirkt giftig, belebend dagegen, wenn er mit 6- bis 8mal so viel Wasser verdünnt ist, wie z. B. in dem Wein. Ebenso würde auch der reine Sauerstoff das menschliche Leben bald aufreiben; wir finden ihn daher mit 4mal so viel Stickstoff verdünnt und unserem Bedürfnisse angepasst in der atmosphärischen Luft.

Das Stickstoffgas hat weder Farbe noch Geruch oder Geschmack und ist ein wenig leichter als die atmosphärische Luft. In chemischer Beziehung verhält es sich als ein sehr träger oder indifferenter Stoff, denn es verbindet sich durch directes Zusammenbringen nur mit einigen wenigen Körpern. In den meisten Fällen muss man Umwege einschlagen, um es mit anderen Elementen, z. B. mit Sauerstoff zu Salpetersäure, mit Wasserstoff zu Ammoniak, mit Kohlenstoff zu Cyan u. a. m. zu verbinden. Es ist aber sehr verbreitet in der Natur, besonders im organischen Naturreiche, denn wir finden es in allen Pflanzen und allen Thieren, in den letzteren besonders in überwiegender Menge. Auch in dem Salpeter oder Nitrum ist es enthalten, und dies hat Veranlassung gegeben, ihm den Namen Nitrogen (Salpetererzeuger) und das Zeichen N beizulegen. Früher führte es den Namen Azot.

Kohle und Feuer.

Kohlenstoff oder Carbon (C).

(Aeq. Gew. = 6.)

— Kohlenstoff der organischen Körper lange bekannt; im Graphit 1779, im Diamant 1773 nachgewiesen. —

112. Kohlenstoff der organischen Körper. Ein Stück Holz, auf eine heisse Ofenplatte gelegt, wird braun, endlich schwarz: es verkohlt; ein brennender Span, mit Wasser be-

gossen, löscht aus: er zeigt sich auch verkohlt; ein Stück Leinwand wird zu Zunder, wenn wir es anbrennen und das Feuer nachher wieder ausdrücken. Zunder ist verkohlte Leinwand. Im ersten Falle war die Hitze nicht stark genug, um das Holz ganz zu verbrennen, im zweiten wurde das vollständige Verbrennen durch Abkühlung verhindert, in dem dritten durch Abschluss der Luft. Alle Pflanzen- und Thierstoffe werden, wenn man sie nur unvollständig verbrennen lässt, in Kohle verwandelt. Da die Kohle bei Abschluss der Luft auch in der stärksten Hitze unschmelzbar ist, so ist das Aeussere derselben, je nach der Beschaffenheit und Structur der Substanzen, aus denen sie dargestellt wurde, sehr verschieden; ja diese Verschiedenheit erstreckt sich oft auch auf die inneren Eigenschaften der Kohle (Holzkohle, Russ, Coaks, Knochenkohle etc.). Bei der Verkohlung organischer Körper wird die Kohle nicht erst erzeugt, sondern sie war vorher schon in diesen Körpern, aber in einer chemischen Verbindung mit anderen Stoffen, welche beim Erhitzen grösstentheils fortgehen, was man leicht daran erkennt, dass der verkohlte Körper viel weniger wiegt als er vorher wog. Alle Pflanzen und Thiere bestehen demnach zum Theil aus Kohle, oder, wie man in der Chemie sagt, aus Kohlenstoff oder Carbon (= C).

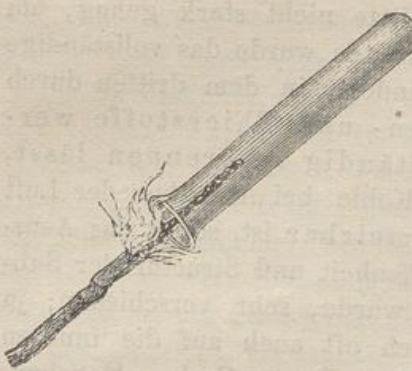
Kohlenstoff im Mineralreiche. Ausserdem finden wir den Kohlenstoff auch im Mineralreiche; so macht er den Hauptbestandtheil der Steinkohlen, Braunkohlen etc. aus, die jedenfalls aus den Pflanzen einer früheren Zeit gebildet worden sind; so findet er sich fast rein im Diamant und Graphit; so ist er, mit Sauerstoff chemisch verbunden, in dem Kalkstein, Marmor, der Kreide und anderen Steinarten enthalten.

Versuche mit Holzkohle.

113. Darstellung der Holzkohle (C mit wechselnden, geringen Mengen von Wasserstoff, Sauerstoff und Asche). *Versuch.* Man bedecke einen brennenden Holzspan nach und nach mit einem Probirgläschen (Fig. 61): er wird nur ausserhalb desselben mit Flamme brennen, im Innern dagegen, weil die Luft abgehalten ist, nur verkohlen. Auf eine ähnliche Weise bereitet man sich im Grossen Holzkohle, indem man Holzstösse (Meiler) errichtet,

diese mit Rasen und nasser Erde bedeckt und nachher durch hinzugeschüttete glühende Kohlen im Innern anbrennt. Diese

Fig. 61.



würden aber aus Mangel an Luft wieder auslöschen, wenn man nicht an verschiedenen Punkten des Meilers mit Holzstangen (Schürbäumen) Löcher durch die Erdecke stiesse, durch welche frische Luft eindringen und die verbrannte Luft entweichen kann. Es darf aber nur so viel Luft hinzugelassen werden, als zur Verkohlung oder halben Verbrennung des Holzes gerade nöthig ist. Ist

dieses in der Gegend, wo eine

Öffnung sich befindet, geschehen, so verschliesst man die letztere und stösst eine neue an einer anderen Stelle ein, wodurch sich das Feuer im Innern des Holzstosses nach diesem Punkte hinzieht. Zuletzt verstopft man alle Öffnungen sorgfältig, damit das Feuer ersticke. Nach dem Erkalten findet man das Holz durch und durch schwarz und verkohlt, man kann aber das Gefüge und die Jahresringe daran noch deutlich erkennen. 1 Kilogr. Holz giebt ungefähr $\frac{1}{4}$ Kilogr. Holzkohle.

114. Saugkraft der Holzkohle. Die Holzkohle besitzt in hohem Grade die Fähigkeit, Gase und Dämpfe einzusaugen und in sich zu verdichten, wie auch feste Stoffe aus ihren Lösungen anzuziehen und festzuhalten, wie die folgenden Versuche deutlicher darthun werden.

Einsaugung von Gasen und Dämpfen. *Versuch a.* Man wäge ein Stück frisch ausgeglühter Kohle und lasse es einen Tag an einem feuchten Orte liegen: es wiegt jetzt mehr als vorher, weil die Kohle im Stande ist, Luft und Wasserdunst einzusaugen und in sich zu verdichten. Taucht man die Kohle nun in heißes Wasser, so wird die Luft in unzähligen Bläschen wieder aus der Kohle entweichen; das schwerere Wasser treibt sie aus und dringt an der Stelle der Luft in die kleinen Zwischenräume oder Poren der Kohle ein. Das Platzen und Herumspringen solcher Kohlen, wenn sie ins Feuer geworfen werden, erklärt sich hier-

durch leicht; die schnelle Hitze dehnt die in der vollgesogenen Kohle enthaltenen Luftarten und Wasserdünste so stark aus, dass die letzteren, um entweichen zu können, die Kohle zersprengen. Blanke Stahlwaaren packt man oft in Kohlenpulver ein, damit die Luft im Innern der Packete trocken erhalten und der Stahl vor dem Rosten geschützt werde. Ebenso kann die zerkleinerte Kohle wegen ihrer Saugkraft benutzt werden, um Krankenzimmer und andere mit ungesunden Ausdünstungen und Luftarten angefüllte Räume zu reinigen.

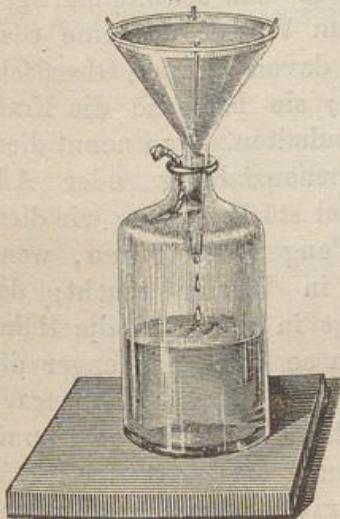
Anziehung von gelösten Stoffen. *Versuch b.* Frisch gebrühte Holzkohle wird zu einem groben Pulver zerrieben und auf ein Papierfiltrum geschüttet. Auf

diese Kohle giesse man nun Rothwein, oder Wasser, welches man durch einige Tropfen Tinte schwarz gefärbt hat: die Flüssigkeit wird farblos oder wenigstens viel blasser aus dem Trichter ablaufen, weil die Kohle den Farbstoff absorbirt und zurückhält. In den Zuckersiedereien benutzt man diese Eigenschaft der Kohle, um den braunen Zuckersyrup farblos zu machen. — Ordinärer Branntwein wird durch Kohle angenehmer von Geruch und Geschmack, weil das sogenannte Fuselöl desselben in den Poren der Kohle zurückgehalten wird;

Bier verliert durch Kohle seine Bitterkeit, weil ihm seine Hopfenbestandtheile von der letzteren entzogen werden.

Anziehung von fauligen Stoffen. *Versuch c.* Filtrirt man fauliges und schmutziges Wasser durch Kohle, so verliert das Wasser seinen fauligen Geschmack und wird hell und farblos. In grossen Städten, wo Mangel an Trinkwasser ist, pflegt man nicht selten das unappetitlichste Flusswasser durch blosse Filtration durch Kohle wieder trinkbar zu machen. Auf ähnliche Weise lässt sich dumpfig gewordenes Getreide reinigen, wenn man dasselbe mit Kohlenpulver genau vermengt und einige Wochen damit in Berührung lässt. Die Kohle ver-

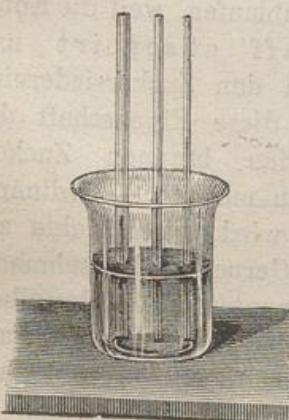
Fig. 62.



mag auch das Eintreten der Fäulniss bei Pflanzen- oder Thierstoffen auf längere Zeit zu verhindern; so bleibt Wasser in Fässern, die man inwendig etwas verkohlt, Jahre lang trinkbar; so halten sich die Kartoffeln zur Frühjahrszeit in den Kellern länger ohne zu keimen und zu faulen, wenn man die Zwischenräume mit Kohlenpulver ausfüllt; selbst Fleisch geht langsamer in Fäulniss über, entwickelt wenigstens keinen fauligen Geruch, wenn man es in Kohlenpulver einpackt, da dieses die sich erzeugenden stinkenden Gasarten einsaugt.

115. Porosität der Holzkohle. Adhäsion. Die Ursache dieser merkwürdigen Kraft der Kohle, so verschiedenartige Stoffe an sich zu ziehen und in sich festzuhalten, liegt in dem schwammartigen, porösen Zustande derselben. Giesst man Wasser auf eine Glasscheibe, so bleibt eine dünne Schicht davon an der Oberfläche hängen und die Scheibe wird benetzt; sie hat also die Kraft,

Fig. 63.



Löschpapier, im Zucker, in den Mauern etc. bewirkt. Auf ganz ähnliche Weise ziehen alle festen Körper, welche viele Poren, also auch viele Zwischenwände haben, Flüssigkeiten und Luftarten an. In einem wallnussgrossen Stücke von Holzkohle befinden sich viele Hunderte von Scheidewänden, die, wenn man sie neben einander legen könnte, eine mehr als 1000mal so grosse Fläche bedecken würden, als das Stück Kohle allein bedeckt. Die Anziehungskraft dieser grossen Fläche ist so gewaltig, dass die Kohle von manchen Luftarten 80- bis 90-

Wasser festzuhalten. Man nennt diese Kraft Flächenanziehung oder Adhäsion. Viel stärker sehen wir diese Adhäsion in engen Glasröhren, wenn man diese in Wasser taucht; das Wasser steigt in ihnen in die Höhe, und zwar um so höher, je enger die Röhren sind und je mehr die concave Oberfläche der Flüssigkeit gekrümmmt ist. Man nennt diese Art der Adhäsion Capillarität oder Haarröhrchenanziehung. Sie ist es, die das Aufsteigen des Oeles in den Lampendochten, wie das des Wassers in dem

mal so viel einsaugen kann, als sie selbst Raum einnimmt. Es ist sehr wahrscheinlich, dass diese Luftarten bei einer solchen Zusammendrängung in einen 80- bis 90mal kleineren Raum in dem Innern der Kohle fest oder flüssig werden.

Bei dem Platinschwamm (90); einem noch poröseren Körper als die Kohle, entsteht in Folge der Aufsaugung von Sauerstoff und Wasserstoff eine bis zum Glühen des Platins gehende Erhitzung. In geringerem Grade tritt auch bei der Holzkohle Erwärmung ein, wenn sie Gasarten verschluckt, ja diese kann ebenfalls, namentlich bei Aufhäufung grosser Massen von pulverisirter Kohle, bis zum Erglühen, bis zur Selbstentzündung derselben gehen, wie manche, besonders in Pulverfabriken vorgekommene Unglücksfälle gezeigt haben.

Wasserstoffgas und Sauerstoffgas vereinigen sich nicht chemisch mit einander, wenn man sie auch noch so lange zusammenstehen lässt, sie vereinigen sich aber augenblicklich zu Wasser, wenn man Platinschwamm mit dem Gemenge in Berührung (Contact) bringt. Diese Wirkungsweise wird jetzt leicht zu begreifen sein, wenn man sich erinnert, dass die chemische Kraft nur in der grössten Nähe, also bei der innigsten Berührung der Körper, wirkt. Im Platinschwamm, wie in anderen porösen Körpern, können Gasarten bis auf den 80sten, ja in ersterem bis auf den 800sten Theil ihres Volumens verdichtet werden; sie müssen sich also darin 80- bis 800mal näher und inniger berühren.

116. Andere Arten von Kohle. Ausser der Holzkohle finden vorzugsweise noch folgende Arten von Kohle mannigfache Anwendung:

Russ oder Kienruss (C mit anhängenden brenzlichen Stoffen) ist höchst feiner Kohlenstaub, der sich aus gasförmigen Kohlenstoffverbindungen, gewöhnlich aus Leuchtgas, z. B. aus der Flamme von Steinkohle, Holz, Oel, Harz etc., dann absetzt, wenn während des Verbrennens nicht genug Luft hinzutreten kann. Eine besonders feine Sorte davon heisst Lampenschwarz (128). Von den beigemengten brenzlichen Stoffen befreit man den Russ entweder durch Ausglühen in gut bedeckten Gefässen

oder durch Ausziehen desselben mit starkem Weingeist. Der Russ ist bekanntlich unsere wichtigste schwarze Farbe (Tusche, Druckerschwärze).

Coaks oder verkohlte Steinkohlen (C mit wechselnden, oft bedeutenden Mengen von Asche oder Schlacke) sind grau, mehr oder weniger porös, sehr hart und metallisch glänzend; sie verbrennen ohne Russ und geben dabei eine sehr starke Hitze und werden daher als ein treffliches Brennmaterial, z. B. beim Eisen-schmelzen und bei Dampfwagen, benutzt. Bei der Bereitung von Leuchtgas aus Steinkohlen gewinnt man sie als Neben-product (130).

Knochenkohle (C innig gemengt mit Knochenerde, meist auch etwas Stickstoff enthaltend) wird durch Erhitzung der Knochen in verschlossenen Gefässen gewonnen. Ihr Gehalt an Kohle beträgt zwar nur ungefähr $\frac{1}{10}$ (die übrigen $\frac{9}{10}$ sind Knochenerde), dessenungeachtet aber ist ihre entfärbende Kraft so stark, dass sie allen anderen Kohlenarten als Entfärbungsmittel von braunem Zuckersyrup oder anderen dunklen Flüssigkeiten vorgezogen wird.

Ganz abweichende, merkwürdige Eigenschaften zeigen zwei im Mineralreiche vorkommende Arten von Kohlenstoff: der Graphit und der Diamant.

Graphit oder Wasserblei (krystallisirter schwarzer Kohlenstoff), eine graue, metallisch glänzende Masse, ist so abfärbend, dass wir unsere Bleistifte daraus darstellen und eisernen Gegenständen damit einen metallisch glänzenden Anstrich geben (Eisen-schwärze); er ist so weich und schlüpfrig, dass wir ihn zur Verhinderung der Reibung der Wagenschmiere, Maschinen-schmiere etc. zusetzen; er ist endlich so äusserst schwer ver-brennlich im Feuer, dass man Schmelziegel daraus macht, welche die stärkste Hitze aushalten, ohne zu verbrennen (Passauer Schmelziegel).

Diamant (krystallisirter farbloser Kohlenstoff) ist der härteste aller Körper. Er hat zwar äusserlich nicht die entfernteste Aehnlichkeit mit der gewöhnlichen Kohle, man kann ihn aber in Sauerstoffgas vollständig verbrennen und erhält dabei

nur Kohlensäure, und zwar genau so viel, als ob man ein eben so schweres Stück reiner Holzkohle oder Coaks verbrannt hätte. Soll ein Körper krystallisiren, so muss er vorher flüssig oder luftförmig gemacht werden; dies geschieht entweder durch Schmelzung oder Auflösung. Wir können weder das eine noch das andere mit der Kohle; sie schmilzt in der stärksten Hitze nicht, noch weniger verdampft sie, sie löst sich ferner in keiner uns bis jetzt bekannten Flüssigkeit auf. Sollte es einst gelingen, ein Mittel aufzufinden, um sie flüssig oder gasförmig zu machen, so würden sich die Diamanten unfehlbar auch künstlich nachbilden lassen.

117. Dimorphie und Polymorphie. Der Kohlenstoff zeigt auf eine recht anschauliche Weise, wie ein und derselbe Körper in ganz verschiedenen allotropischen Zuständen (84) und mit ganz verschiedenen Eigenschaften auftreten kann. In der Holzkohle, dem Russ, Coak und der Thierkohle ist er schwarz ohne eine bestimmte Gestalt (amorph), und leicht verbrennlich; im Graphit ist er schwarz, blätterig krystallisiert und äusserst schwer verbrennlich; im Diamant farblos, wie eine vierseitige Doppelpyramide krystallisiert und ebenfalls schwer zu verbrennen. Kann ein Körper zwei oder noch mehr verschiedene Gestalten annehmen, so heisst er im ersten Falle dimorph (zweigestaltig), im letzteren polymorph (vielgestaltig).

Die Ursache dieser Verschiedenheit liegt jedenfalls in der Art und Weise, wie die kleinsten Theilchen oder die Molecule des Kohlenstoffs mit einander verbunden sind. Dieselben Fasern der Baumwolle, welche nach dem Kämmen parallel neben einander liegen, geben verworren durch einander geschlungen Papier oder Pappe, locker verschlungen Watte, gewunden Garn, regelmässig gekreuzt Kattun, bei veränderter Verkettung Strumpfwaaren, Sammet, Velpel u. s. w. Was der Mensch hier künstlich vermag, das vermag auch die Natur durch physikalische und chemische Kräfte, nur auf eine ungleich feinere, künstlichere und mannigfaltigere Weise. Wir sehen die Zusammenfügung der Molecule zwar nicht mit unseren Augen, auch nicht durch das stärkste Vergrösserungsglas, wissen daher auch nicht genau, ob diese Vorstellungsweise richtig ist; wir halten die letztere aber doch für gerechtfertigt und für sehr nützlich, weil wir

durch sie in den Stand gesetzt werden, uns die gedachten Verschiedenheiten auf eine einfache und ungezwungene Art zu erklären.

Verbindungen des Kohlenstoffs.

118. Kohlenstoff und Sauerstoff als Kohlensäure, CO_2 .

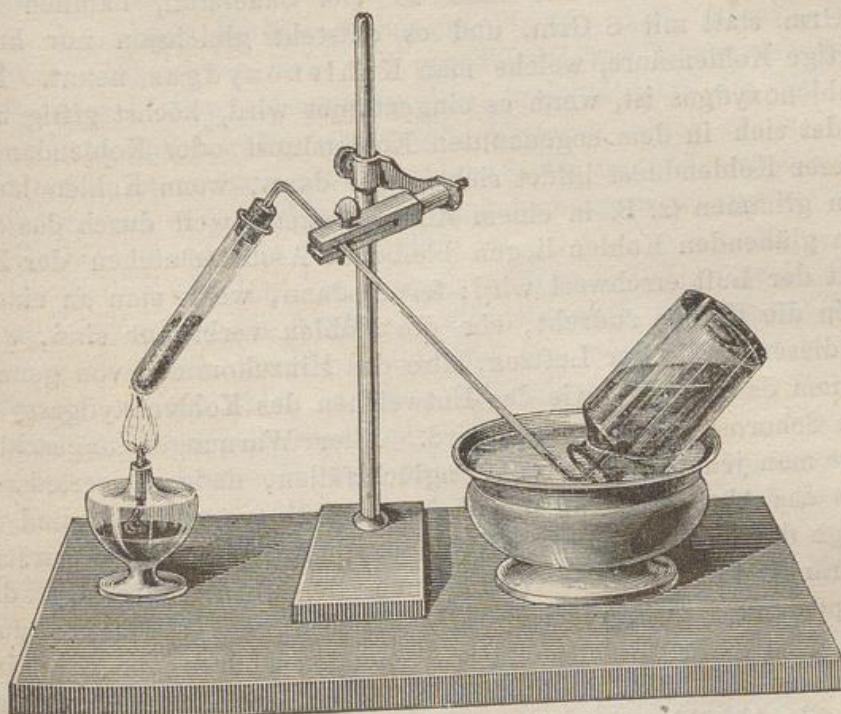
Lässt man Kohle an der Luft oder in der Erde liegen, so verändert sie sich nicht: sie ist unverweslich und unzerstörbar bei gewöhnlicher Temperatur, d. h. sie geht keine Verbindung mit dem Sauerstoff der Luft oder des Wassers ein. Dies geschieht aber sehr leicht und schnell, wenn man sie bis zum Glühen erhitzt, wie allgemein bekannt ist; sie verbrennt und verschwindet darin bis auf einen unbedeutenden Rückstand von Asche. Die Hitze, welche dabei entwickelt wird, ist eine Folge ihrer chemischen Verbindung mit dem Sauerstoff der Luft. Die dadurch gebildete Luftart heisst Kohlensäure; sie giebt mit Kalkwasser einen weissen Niederschlag (kohlensauren Kalk), wie dies schon mehrmals erwähnt worden ist. Die Kohlensäure besteht aus 1 Aeq. Kohlenstoff und 2 Aeq. Sauerstoff, hat also die Formel $= \text{CO}_2$. Man erhält sie auch auf folgende Weise:

Versuch. 5,4 Grm. Quecksilberoxyd werden mit 0,2 Grm. Kohle gemengt und in einem Probingläschen erhitzt (Fig. 64). In dem hierbei gewonnenen Gase löscht ein brennender Holzspan aus, es ist also kein Sauerstoff (57). Schüttelt man Kalkwasser mit demselben, so entsteht eine Trübung und der Finger wird beim Umschütteln des Gefäßes angezogen oder vielmehr durch die atmosphärische Luft in den Glashals gedrückt, ein Beweis, dass die Luftart vom Kalkwasser verschluckt wurde und ein luftleerer Raum im Innern des Glases entstand. Wurde nach 57. Quecksilberoxyd für sich erhitzt, so zerfiel es in Quecksilber und Sauerstoff; dies geschieht auch hier, allein der Sauerstoff entweicht nicht als solcher, sondern verbindet sich zuvor mit einem Theile der vorhandenen Kohle, das entweichende Gas ist demnach Kohlensäure. Das Quecksilber findet sich als ein Metallspiegel an dem oberen, kälteren Theile des Probingläschens.

Nach Beendigung des Versuches findet man noch etwas Kohle am Boden, denn es haben sich nur 0,15 Grm. Kohlenstoff mit

den im Quecksilberoxyd enthaltenen 0,4 Grm. Sauerstoff, oder duplirt 3 Decigr. des ersten mit 8 Decigr. des letzteren verbun-

Fig. 64.



den, also genau so viel als bei der Verbrennung der Kohle in reinem Sauerstoff (65. 72). Man sieht: 3 Gewichtstheile Kohlenstoff können ebenso viel Sauerstoff festhalten als 100 Gewichtstheile Quecksilber, oder (nach 72) ebenso viel als 8 Gewichtstheile Schwefel, $6\frac{1}{5}$ Gewichtstheile Phosphor, 23 Gewichtstheile Natrium oder 21 Gewichtstheile Eisen. Man nennt diese Zahlen Äquivalente; sie geben uns an, dass 3 Gewichtstheile Kohle chemisch so viel werth sind, so viel leisten, als 100 Gewichtstheile Quecksilber, oder als 8 Gewichtstheile Schwefel etc. Wir sagen in demselben Sinne, wenn wir sehen, dass eine Dampfmaschine in einem Tage dieselbe Arbeit verrichtet, wozu 4 Pferde oder statt derselben 24 Menschen nothwendig sein würden: die Kraft der Dampfmaschine ist äquivalent (gleich stark) der Kraft von 4 Pferden oder von 24 Menschen (Weiteres über die Kohlensäure s. 196 ff.).

119. Kohlenstoff und Sauerstoff als Kohlenoxydgas, CO.

Bei jeder Verbrennung, wo die Kohle genug Luft antrifft, entsteht Kohlensäure; fehlt es aber an Luft, so verbinden sich 3 Grm. Kohle nur mit halb so viel Sauerstoff, nämlich mit 4 Grm. statt mit 8 Grm. und es entsteht gleichsam nur halbfertige Kohlensäure, welche man Kohlenoxydgas nennt. Das Kohlenoxydgas ist, wenn es eingeathmet wird, höchst giftig und findet sich in dem sogenannten Kohlendunst oder Kohlendampf. Dieser Kohlendunst bildet sich immer dann, wenn Kohlen langsam glimmen (z. B. in einem Kohlenbecken), weil durch das auf den glühenden Kohlen liegen bleibende Aschenhäutchen der Zutritt der Luft erschwert wird; ferner dann, wenn man an einem Ofen die Klappe zudreht, ehe die Kohlen verbrannt sind, weil in diesem Falle der Luftzug, also das Hinzukommen von genugsamem Sauerstoff, sowie das Entweichen des Kohlenoxydgases in den Schornstein verhindert wird. Aller Warnungen ungeachtet hört man jeden Winter von Unglücksfällen, dadurch veranlasst, dass das Abzugsrohr an den Oefen zu früh verschlossen und in Folge davon das gebildete Kohlenoxydgas in die Stube zurückgedrängt wurde. Zur Vermeidung derselben sollte man die Klappen in dem Abzugsrohre des Rauches ganz abschaffen und den Ofen dafür mit luftdicht schliessenden Thüren vor der Einfeuerung und dem Aschenfalle versehen, welche ebenfalls das schnelle Abkühlen des Ofens und Zimmers verhindern.

Das Kohlenoxydgas brennt beim Anzünden mit blauer Flamme und nimmt dabei noch die Menge von Sauerstoff auf, die es bei seiner Entstehung wegen Mangels an Luft nicht erlangen konnte, nämlich noch einmal so viel als es schon besitzt; es geht dabei in Kohlensäure über: aus CO wird CO₂. Die blaue Flamme, die man immer bemerkt, wenn frische Kohlen bei einem Feuer aufgeschüttet werden, oder wenn grosse Mengen glühender Kohlen über einander liegen, ist brennendes Kohlenoxydgas.

120. Kohlenstoff und Wasserstoff. Der Kohlenstoff verbindet sich zwar auf directem Wege nicht mit dem Wasserstoff, dennoch aber giebt es sehr viele Verbindungen dieser beiden Elemente, welche theils in den lebenden Pflanzen natürlich gebildet, theils durch Veränderung der Pflanzen- und Thierstoffe künstlich erzeugt werden. Feste Kohlenwasserstoffe sind z. B.

das Kautschuck, flüssige das Terpentinöl und Steinöl, luftförmige das Sumpfgas und Leuchtgas. Die zwei letzteren bilden hauptsächlich die Flamme unserer Beleuchtungsmittel und sind daher etwas näher zu betrachten.

a. Leichtes Kohlenwasserstoffgas, C_2H_4 (specif. Gewicht = 0,56), ist ein farb- und geruchloses, mit blauer, schwach leuchtender Flamme brennendes Gas, welches auch die Namen Sumpfgas und Grubengas trägt. Ersteren erhielt es, weil es sich immer da erzeugt, wo organische Stoffe unter Wasser faulen; letzteren, weil es aus manchen Steinkohlenlagern ausströmt und die Grubenluft explosiv macht (125).

b. Schweres Kohlenwasserstoffgas, C_4H_4 (specif. Gewicht = 0,97), ist ein farbloses, eigenthümlich riechendes Gas, welches auch die Namen ölbildendes Gas oder Elaylgas (s. d.) führt, weil es mit Chlor zu einer ölförmigen, in Wasser untersinkenden Flüssigkeit zusammengeht. Wegen seines grösseren Gehaltes an Kohlenstoff ist es schwerer als das Grubengas und mit stark leuchtender Flamme brennbar. Unser Kerzen-, Lampen- und Gaslicht verdankt dieser Verbindung seine Leuchtkraft.

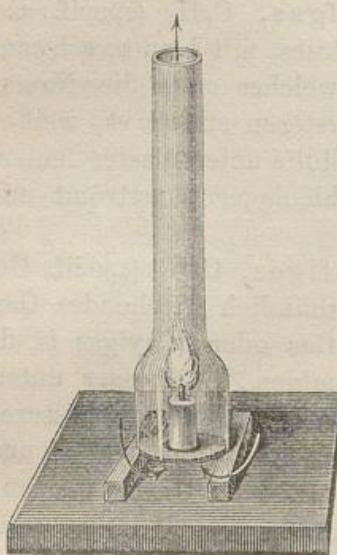
Verbrennung.

— Bis 1780 einem besonderen Brennstoff (Phlogiston) zugeschrieben; von Lavoisier zuerst als ein Oxydationsprozess erkannt. —

121. Bedingungen der Verbrennung. Alle im gewöhnlichen Leben vorkommenden Verbrennungen entstehen durch eine schnelle chemische Verbindung der brennbaren Körper mit dem Sauerstoff der Luft, und können demnach als Oxydationsprozesse betrachtet werden. Die verbrannten oder oxydierten, d. h. mit Sauerstoff verbundenen Brennmaterialien sind meist luftförmig, wir nennen sie Rauch; in ihnen kann eine weitere Verbrennung nicht mehr stattfinden. Es folgt hieraus: dass man, um eine Verbrennung zu unterhalten, zu dem Feuer immer frische Luft hinzuführen, von demselben aber die verbrannten Luftarten, den Rauch, hinwegleiten muss. Dies geschieht durch den Luftzug. Ferner muss der Hitzgrad erreicht und erhalten werden, bei dem der betreffende Körper an- und fortbrennen kann.

122. **Luftzug.** *Versuch.* Ein Stückchen Talglicht wird angezündet und darüber ein gewöhnlicher Lampencylinder gestellt: es verlöscht sehr bald, weil

Fig. 65.



keine frische Luft von unten hinzutreten kann. Ebenso löscht das Licht aus, wenn man den Cylinder oben mit einem Brettchen bedeckt, ob man ihn auch unten so hält, dass Luft einströmen kann: es verlöscht in diesem Falle, weil das Entweichen der verbrannten Luftarten verhindert wird. Stellt man den Cylinder aber unbedeckt auf ein Paar Holzstäbchen, so brennt das Licht ruhig fort und man kann an dem Rauche eines eben ausgeblasenen Wachsstockes, den man in die Nähe der unteren Oeffnung hält, leicht sehen, dass unten die Luft hineinströmt, oben aber wie-

der entweicht, nachdem sie zum Verbrennen gedient hat und dabei heiss und leichter geworden ist.

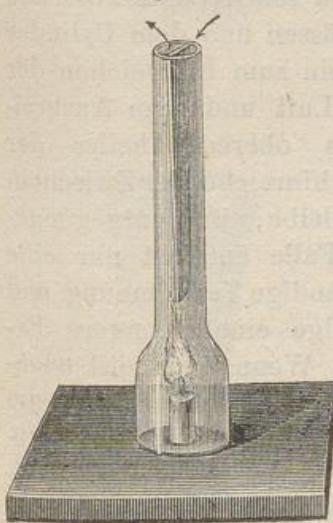
Einer freien Lichtflamme kann man die Hand von oben ziemlich nahe bringen, ohne sie zu verbrennen; ist das Licht aber mit dem Cylinder umgeben, so wird man mit der Hand ein sehr grosses Stück in die Höhe rücken müssen, ehe man die Hitze der Flamme ertragen kann. In dem ersten Falle breitet sich die heisse Luft nach allen Seiten aus, in dem letzteren wird sie durch den Cylinder zusammengehalten. Eine Folge hiervon ist, dass die heisse Luft oben schneller ausströmen und dafür unten schneller kalte hinzutreten muss. Durch diesen vermehrten Luftzug bewirken die Cylinder eine raschere und vollständigere Verbrennung und eine hellere und stärker leuchtende Flamme.

Was die Cylinder für die Lampen sind, das sind die Schornsteine für die Ofen. Es ist bekannt, dass enge, sogenannte russische Essen besser ziehen als weite; aus ersteren entweicht die Luft heisser und schneller, es strömt daher auch durch den Aschenherd eine grössere Menge kalter Luft zu

dem Feuer und verursacht eine grössere Lebhaftigkeit der Verbrennung.

Versuch. Theilt man den oberen Theil des Cylinders durch

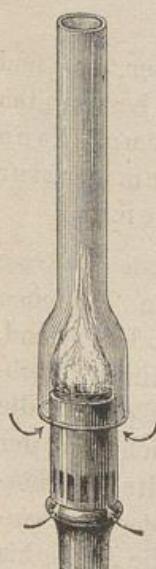
Fig. 66.



einen eingeschobenen Holzspan in zwei Hälften, so brennt das Licht fort, auch wenn von unten nicht Luft zu demselben dringen kann. Der Rauch eines glimmenden Wachsstockes wird auf der einen Seite, wie es die Pfeile andeuten, hereingezogen, auf der anderen herausgetrieben; es entsteht also ein Luftzug von oben nach unten, wodurch das Licht den zum Verbrennen erforderlichen Sauerstoff erhält, wie dies auch an der zitternden Bewegung der Flamme zu sehen ist.

123. Doppelter Luftzug. Bei der gewöhnlichen Lampen- und Kerzenflamme kann die Luft nur von

Fig. 67.

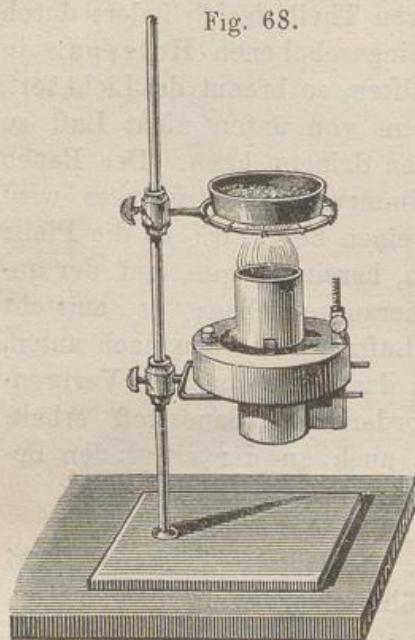


aussen hinzutreten, es findet daher nur in dem äusseren Kreise derselben eine Verbrennung statt, nicht aber zugleich im Innern, wie der dunkle Kern anzeigt. Lässt man aber auch von Innen Luft zu der Flamme treten, so verschwindet dieser dunkle Kern und es entsteht ein blendenderes Licht und eine vollständigere Verbrennung. Am einfachsten geschieht dies durch einen hohlen oder cylindrischen Docht, wodurch ein Flammenkranz gebildet wird, zu welchem sowohl inwendig von unten her, als auch auswendig von der Seite her Luft hinzuströmen kann. Man nennt Lampen solcher Art nach ihrem Erfinder Argand'sche, oder Lampen mit doppeltem Luftzuge. Eine gleiche Einrichtung hat die sogenannte Berzelius'sche Weingeistlampe, die man bei chemischen Arbeiten allgemein anwendet, wenn man höhere

Hitzgrade braucht, als sich durch eine einfache Weingeistlampe hervorbringen lassen. Sie besteht aus Messingblech und ist auf

einem messingenen Stativ befestigt, an dem sich mehre grössere und kleinere Ringe befinden, auf welche man Schalen, Tiegel

Fig. 68.



und andere Kochgeshirre stellen kann. Bei ihrem Gebrauche ist darauf zu sehen, dass zwischen den Gefässen und dem Cylinder immer ein zum Entweichen der heissen Luft und zum Ausbreiten des oberen Theiles der Flamme hinreichender Zwischenraum bleibe; im entgegengesetzten Falle entsteht nur eine unvollständige Verbrennung und demzufolge eine geringere Erhitzung. Wenn Weingeist nachgefüllt werden soll, so muss die Lampe vorher ausgelöscht werden, weil ausserdem der Weingeist während des Eingiessens leicht mit anbrennen oder beim Ueberlaufen der Lampe eine

Feuerüberfluthung veranlassen kann.

124. Entzündungstemperatur. Soll ein Körper an- und fortbrennen, so muss er ferner erst bis auf einen bestimmten

Punkt erwärmt und dann auf dieser Temperatur erhalten werden.

Fig. 69.

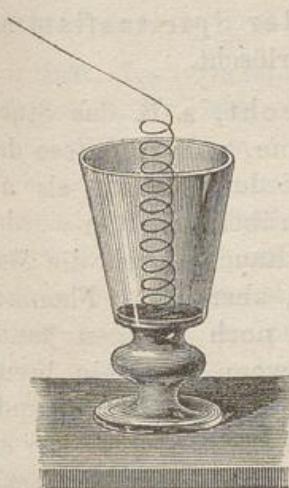


Versuch a. Man erwärme in einem kleinen Töpfchen etwas Asche oder Sand, worauf man einige Reibzündhölzchen gelegt hat: die letzteren, oder richtiger der in ihnen enthaltene Phosphor, werden erst dann anbrennen, wenn die Asche bis auf ungefähr 65° bis 70° C. erwärmt worden ist, was

durch ein in dieselbe gehaltenes Thermometer leicht wahrgenommen werden kann.

Versuch b. Ein dünner Platindraht wird so um einen schwachen Bleistift gewickelt, dass er, von letzterem abgezogen, eine hohle Spirale bildet. Hält

Fig. 70.



man diese, nachdem sie in einer Wein-geistflamme weissglühend geworden, schnell in ein gelind angewärmtes Glas, in welches man einen Theelöffel voll starken Weingeistes gegossen hat, so glüht sie in dem Weingeistdampfe fort, während sie in der Luft bald zu glühen aufhört.

Wiederholt man diesen Versuch mit Aether, statt mit Weingeist, so entzündet sich der Aether und brennt mit Flamme, sobald der Draht weissglühend geworden; glüht der letztere nur roth, so entsteht keine Entflammung. Man sieht, die Temperatur des rothglühenden

Drahtes reicht noch nicht hin zur Entzündung des Aethers; diese tritt erst ein bei noch stärkerer Erhitzung, beim Weissglühen des Drahtes. Der Weingeist wurde hierdurch noch nicht zum Anbrennen gebracht. Wie der Phosphor des Zündhölzchens erst anbrennen konnte, wenn er bis 70°C . erhitzt wurde, der Aether aber erst bei einer noch viel höheren Temperatur, so brauchen alle verbrennlichen Stoffe einen bestimmten Wärme-grad, um lebhaft verbrennen zu können, manche einen höheren, andere einen weniger hohen.

125. Auslöschen durch Abkühlung. Werden brennende Körper bis unter die zum Fortbrennen nöthige Temperatur abgekühlt, so löschen sie aus. Glühendes Eisen brennt in Sauerstoff fort, in gewöhnlicher Luft nicht; bei der lebhaften Verbrennung in Sauerstoff bleibt es heiss genug, um weiter zu brennen, bei der fünfmal langsameren in der Luft aber wird nicht so viel Hitze entwickelt, als zum Fortbrennen nöthig ist. Steinkohlen brauchen zum Fortbrennen eine höhere Temperatur als Holz, sie müssen daher in dem Ofen nahe zusammen und über einander

liegen, sonst kühlen sie sich leicht zu stark ab und löschen aus; Holz kann fortbrennen, auch wenn es zerstreut im Ofen liegt. Eine glühende Kohle löscht viel schneller aus, wenn sie auf Eisen gelegt wird, als auf Holz, denn das Eisen, ein guter Wärmeleiter, entzieht ihr die Wärme viel schneller als das schlechtleitende Holz.

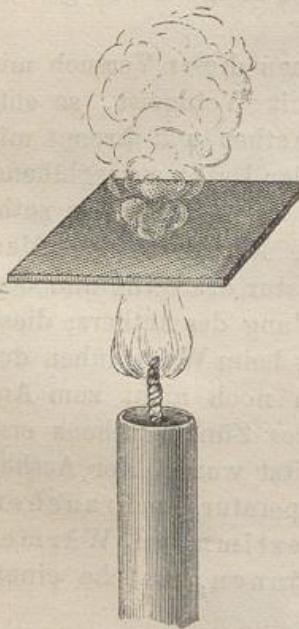
Man kann selbst eine Talglicht- oder Spiritusflamme durch Eisen so stark abkühlen, dass sie verlöscht.

Versuch. Senkt man ein Drahtgeflecht, z. B. das Stück eines feinen Siebbodens, in eine Lichtflamme, so wird diese da-

durch eben so niedergedrückt, als ob ein Stück Blech darüber gehalten würde, und es geht nur Rauch durch die Maschen des Siebes, aber keine Flamme. Dass dieser Rauch noch brennen kann, sieht man leicht, wenn man ein brennendes Papier hineinhält. Der Grund, warum er dennoch nicht brennt, ist: es wird ihm während des Durchgehens durch das Drahtgewebe so viel Wärme weggenommen, dass er oben bis unter die Temperatur abgekühlt austritt, die er zum Fortbrennen braucht; giebt man ihm diese durch einen hineingehaltenen brennenden Körper wieder, so entflammt er sich von Neuem. Dasselbe geschieht auch von selbst, wenn das Drahtnetz weissglühend geworden ist, weil dann natürlich die Abkühlung aufhören muss.

Sicherheitslampe. Der berühmte englische Chemiker Davy hat hiervon eine höchst nützliche Anwendung gemacht, um die so oft in Steinkohlengruben vorkommenden Explosionen zu verhindern. In manchen Bergwerken strömt aus den Spalten der Steinkohlen eine brennbare Luft (Grubengas oder leichtes Kohlenwasserstoffgas) aus, welche, wenn sie sich in der atmosphärischen Luft ausbreitet, mit dieser eine Art Knallgas (schlagende Wetter) bildet, das den Bergmann zerschmettern und verbrennen kann, der mit einem brennenden Lichte in einen mit solcher Luft er-

Fig. 71.



füllten Gang kommt. Umgiebt man das Licht aber ringsum mit einem Drahtnetze, so brennt das Knallgas nur inwendig in der Drahthülle, ohne dass die Flamme durch den Draht hindurch das äussere Gas anzünden kann; der Bergmann hat also Zeit, sich aus dieser Gegend, aus der man nachher durch geeignete Mittel die gefährliche Luftart herausschafft, zu entfernen (Davy'sche Sicherheitslampe).

126. Langsame und rasche Verbrennung. Bei dem Versuch b, Nr. 124, erfahren die Weingeistdämpfe durch die in ihnen fortglühende Platinspirale eine langsame Verbrennung, d. h. sie verbinden sich unter der Verbrennungshitze mit Sauerstoff, und dann immer mit einer geringeren Menge. Die dabei frei werdende Wärme reicht hin, den Draht glühend zu erhalten (Glüh- oder Räucherlämpchen). Riecht man in das Glas, so bemerkt man einen unangenehmen, säuerlichen Geruch; dieser röhrt von den aus Weingeist und Sauerstoff bei der langsamen Verbrennung entstandenen neuen Verbindungen her, welche man als halbverbrannten Weingeist ansehen kann. Zündet man den Weingeist an, so verbrennt er rasch und vollständig und die dabei gebildeten Producte besitzen keinen Geruch; es bilden sich also andere Verbindungen bei der raschen Verbrennung als bei der langsamen.

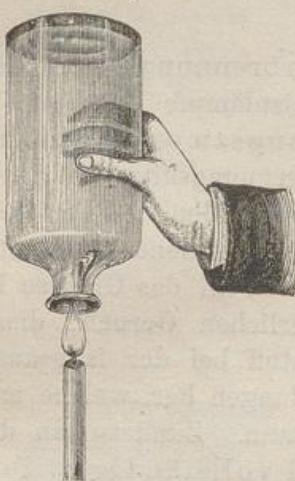
Denselben unangenehmen Geruch nimmt man auch wahr, wenn man den Versuch 125 mit einer Weingeistflamme anstellt und in die durch das Drahtnetz aufsteigenden Dämpfe riecht. Unterhalb des Netzes brennen die Weingeistdämpfe rasch, oberhalb desselben langsam, weil sie durch den die Wärme schnell aufnehmenden Eisendraht bis unter die zur raschen Verbrennung erforderliche Temperatur abgekühlt wurden. Unterliegt Phosphor der langsamen Verbrennung bei niedriger Temperatur, so nimmt 1 Aeq. desselben nur 3 Aeq. Sauerstoff auf, während bei der raschen Verbindung in hoher Temperatur 5 Aeq. Sauerstoff gebunden werden.

127. Vollständige Verbrennung. Beim Verbrennen von Wasserstoff wird Wasser gebildet (93), beim Verbrennen von Kohlenstoff Kohlensäure (65, 118). Diese beiden Producte entstehen auch bei der Verbrennung fast aller anderen im gewöhnlichen Leben vorkommenden Brennstoffe, denn die meisten

Brennmaterialien enthalten Wasserstoff und Kohlenstoff und erlangen eben dadurch die Fähigkeit, zu verbrennen.

Versuch. Man halte eine leere Flasche über ein brennendes Talglicht, so dass die sich bildenden heissen Luftarten in die-

Fig. 72.



selbe steigen: sie wird inwendig beschlagen; der Beschlag besteht aus Wassertröpfchen, die sich aus dem Rauche verdichten, wenn er an die kalten Glaswände trifft. Im Rauche ist also Wasserdampf. Hierdurch wird es erklärlich, warum sich an jedem Gefässen beim Erwärmen durch eine Lampe Wassertropfen an der Aussenseite absetzen, so lange es noch kalt ist. Nun giesse man Kalkwasser in die Flasche und schüttle es darin um: es wird trübe werden, wie Milch, und beim Stehen ein weisses Pulver (kohlensauren Kalk) fallen lassen. Im

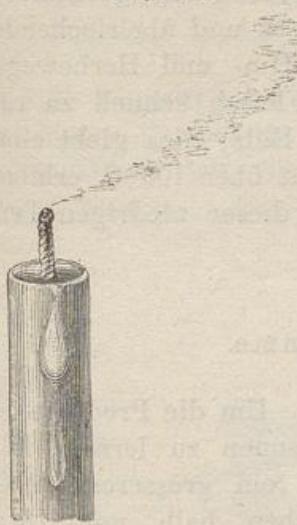
Rauche ist also auch Kohlensäure. Ausserdem muss in dem Rauche natürlich auch noch Stickstoff vorhanden sein aus der atmosphärischen Luft, deren Sauerstoff zur Unterhaltung des Feuers verbraucht wurde.

Dieselben Bestandtheile finden sich auch in dem aus den Schornsteinen unserer Häuser emporsteigenden Rauche, mag dieser nun durch Verbrennung von Holz, Steinkohlen oder Braunkohlen gebildet worden sein; ferner auch in dem obgleich unsichtbaren Luftstrom, der von einer brennenden Weingeist- oder Oellampe in die Höhe steigt. Bei der vollständigen Verbrennung erzeugen sich nur diese zwei Producte; der gesammte Kohlenstoff des Brennmaterials wird zu Kohlensäure, der gesammte Wasserstoff zu Wasserdampf verbrannt.

128. Unvollständige Verbrennung. *Versuch.* Bläst man ein Licht aus, welches eine lange Schnuppe hatte, so kann man den von dem Dochte aufsteigenden Rauch in einiger Entfernung wieder anzünden; dieser Rauch besteht aus den brennbaren Luftarten, in welche der Talg beim Erhitzen verwandelt wird: er ist halbverbrannter Talg und hat einen unangenehmen Ge-

ruch. Nach dem Auslöschen reicht die Hitze nicht mehr hin zu seiner vollständigen Verbrennung; diese tritt aber wieder ein, wenn man den Rauch durch einen brennenden Span erhitzt und anzündet. Vollständig verbrannter, d. h. in Kohlensäure und Wasser verwandelter Talg besitzt keinen Geruch. Der üble Geruch beim Versengen der Haare oder Kleidungsstücke, beim Ueberlaufen von kochender Milch, beim Glimmen von Löschenpapier u. a. m., er ist ebenfalls die Folge einer unvollständigen Verbrennung.

Fig. 73.



Russ. *Versuch.* Umwickelt man die Zuglöcher einer brennenden Astral- oder Argand'schen Lampe (123) mit einem Papierstreifen, so wird die Flamme sogleich düster und roth und stösst einen dicken schwarzen Rauch aus, der sehr unangenehm riecht und eine darüber gehaltene Kerze mit Russ überzieht. Hier entsteht eine unvollständige Verbrennung des Oeles durch Abschliessung der Luft; ein Theil des im Oele enthaltenen Kohlenstoffes bleibt dabei unverbrannt und entweicht als Russ.

Lampenruss. *Versuch.* Dasselbe geschieht durch Abkühlung, z. B. wenn man über die Flamme einer gewöhnlichen

Fig. 74.



Oellampe einen Blechspatula so hält, dass die Flamme zum Theil niedergedrückt wird. Das Eisen kühlt die Flamme nicht nur ab, weil es als guter Wärmeleiter die Wärme schnell fortführt, sondern es hemmt auch den Luftzug; ein

Theil des Kohlenstoffes bleibt deshalb unverbrannt und setzt sich

in dem Löffel als Russ ab. Auf diese Weise bereiten sich die Uhrmacher das Lampenschwarz zum Bemalen der Zifferblätter. Ein Talglicht giebt einen unsichtbaren und geruchlosen Rauch, wenn es ruhig brennt, einen russigen und übelriechenden dagegen, wenn man durch Blasen oder Hin- und Herbewegen des Lichtes die Flamme abkühlt. Um Fleisch schnell zu räuchern, verbrennt man grünes oder nasses Holz; dies giebt einen dicken schwarzen Rauch, weil es sich nicht über 100° C. erhitzen lässt, so lange es Wasser enthält, und bei dieser niedrigen Temperatur nur unvollständig verbrennt.

Leuchtgas und Flamme.

129. Leuchtgas aus Holz. *Versuch.* Um die Producte der unvollständigen Verbrennung näher kennen zu lernen, fülle

Fig. 75.



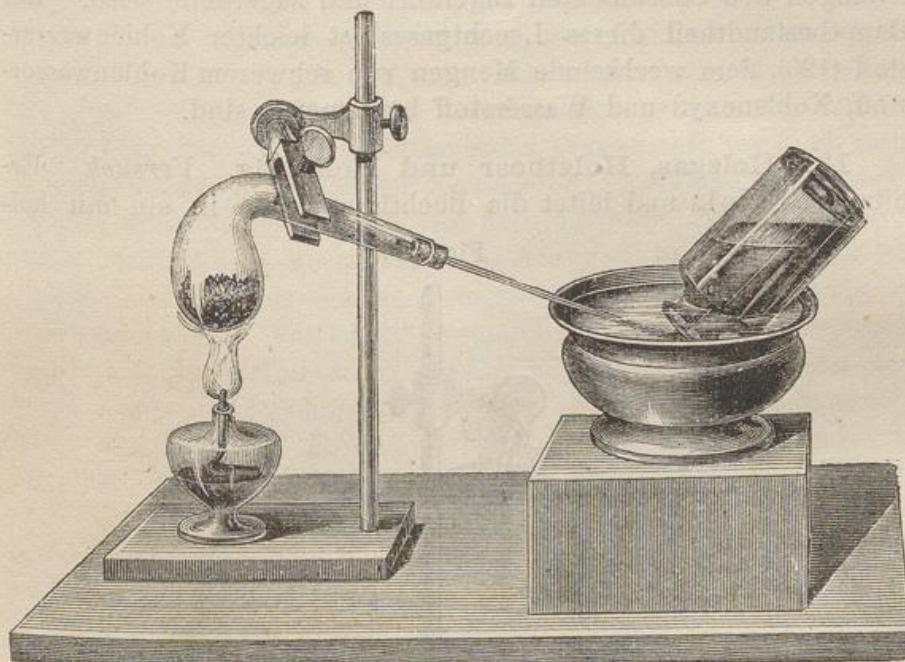
steht also durch verbrennende Gase oder Luftarten. Körper, welche beim Verbrennen nicht gasförmig werden, können nur glühen, nicht aber mit Flamme brennen. In dem Probirgläschen bleibt zuletzt Holzkohle zurück, welche wegen Mangels an Luft nicht mit verbrennen konnte. Auf ähnliche Weise bereitet

man ein grösseres Probirgläschen halb mit Holzspänen an und erhitze es, nachdem man die Oeffnung mit einem Korke verschlossen hat, in dem eine Glassröhre oder ein Stück irdeenes Pfeifenrohr steckt. Die sich bildenden luftförmigen Stoffe müssen durch die Röhre entweichen; sie entzünden sich an einem Lichte und brennen mit leuchtender Flamme. Unangezündet riechen sie sauer, rauchartig und brenzlich, beim Verbrennen dagegen verschwindet dieser Geruch vollkommen. Die Flamme ent-

man sich im Grossen das Leuchtgas durch Erhitzen von Holz, Steinkohlen, Harz u. s. w. in verschlossenen eisernen Cylindern oder Gasretorten. Jedes Talglicht, jede Oellampe ist ein Gasbereitungsapparat im Kleinen.

130. Leuchtgas aus Steinkohlen. *Versuch.* Man wiederhole diesen Versuch in einer kleinen Retorte mit zerkleinerten Steinkohlen, leite das Gas aber durch eine gebogene Glasröhre in eine pneumatische Wanne, und fange es auf die bekannte

Fig. 76.

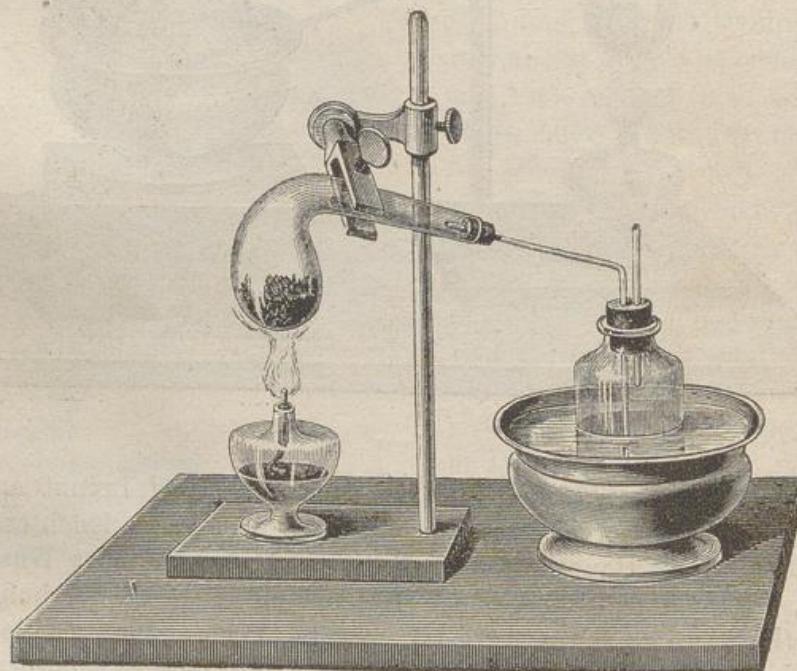


Weise in Flaschen auf. Das Gas ist farblos und brennt angezündet wie Wasserstoffgas, nur mit einer viel heller leuchtenden Flamme. Sein Hauptbestandtheil ist auch in der That Wasserstoff, mit dem sich aber noch Kohlenstoff chemisch verbunden hat (Kohlenwasserstoffgas). Beim Verbrennen verbinden sich beide Bestandtheile des Leuchtgases mit dem Sauerstoff der Luft und wandeln sich dabei in Kohlensäure und Wasser um. In der Retorte bleibt Kohlenstoff in der Form von Coak zurück.

Das im Grossen aus Steinkohlen gewonnene Leuchtgas muss erst einer Reinigungsoperation unterworfen werden, ehe es zum Brennen tauglich ist. Die Steinkohlen enthalten Sauerstoff, Stickstoff und Schwefelkies, woraus sich Kohlensäure, Ammoniak und Schwefelwasserstoff erzeugen, welche sich, da sie flüchtig sind, dem Leuchtgase beimengen. Man leitet das rohe Gas daher nach einander durch Wasser, Kalkmilch, Eisenlösung, oder durch ein trocknes Gemenge von Aetzkalk und Eisensalz, wobei eine Bindung dieser Nebenproducte eintritt. Das gereinigte Gas gelangt dann in den Gasbehälter (Gasometer), aus dem es durch Röhrenleitungen den Consumenten zugeführt und zugetheilt wird. Der Hauptbestandtheil dieses Leuchtgases ist leichter Kohlenwasserstoff (120), dem wechselnde Mengen von schwerem Kohlenwasserstoff, Kohlenoxyd und Wasserstoff beigemengt sind.

181. Holzgas, Holztheer und Holzessig. Versuch. Erhitzt man Holz und leitet die flüchtigen Stoffe in ein mit kal-

Fig. 77.



tem Wasser umgebenes Gläschen, welches in dem doppelt durchbohrten Korke eine kleine unten und oben offene Glasröhre ent-

hält, durch welche das Gas entweichen kann, so verdichten sich, während das Leuchtgas oben entweicht, am Boden zwei dunkelbraune, rauchähnlich und brenzlich riechende Flüssigkeiten: eine sehr dickflüssige, klebrige zu unterst, und darüber eine wässerige, dünnere. Die erstere heisst Holztheer; sie ist harzartig, d. h. sie löst sich in Wasser nicht auf. Die andere wird Holzessig genannt; ihr Geschmack und ihre Wirkung (Reaction) auf blaues Probirpapier lassen sie leicht als eine Säure erkennen. Leuchtgas, Holztheer und Holzessig waren aber vorher nicht im Holze enthalten, sondern sind erst aus seinen Bestandtheilen (Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff) während des Erhitzens gebildet worden. Man nennt solche neu gebildete Stoffe: Producte, und zwar in dem vorliegenden Falle Producte der unvollständigen Verbrennung (trocknen Destillation) des Holzes. Im Leuchtgase herrscht Wasserstoff vor, im Holzessig Sauerstoff, im Holztheer Kohlenstoff; alle drei sind wegen Luftmangels gleichsam nur erst halb verbrannt, sie lassen sich daher an der Luft noch weiter verbrennen und werden dabei, gerade wie das Holz, aus dem sie entstanden sind, vollständig zu Kohlensäure und Wasser umgewandelt. In unseren Oefen wird immer ein Theil Holz unvollständig verbrannt, darum setzt sich in den Zügen und Schornsteinen Russ ab; den zugleich mitgebildeten Holztheer und Essig finden wir in dem sogenannten Glanzruss, der die unteren Essenwände im Innern überzieht.

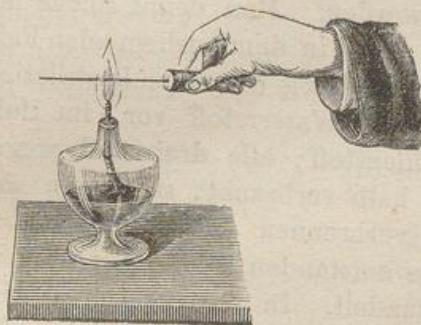
Trockne Destillation. Eine Operation, bei welcher, wie hier, aus einem festen Körper durch Erhitzung und Wiederverdichtung flüssige Producte gebildet werden, heisst eine trockne Destillation: die hierbei gebildeten Flüssigkeiten haben meistens eine braune Farbe und einen eigenthümlichen, unangenehmen, brenzlichen (empyreumatischen) Geruch und Geschmack.

132. Reihenfolge beim Verbrennen. Aus dem Vorhergehenden ist bekannt, dass der Wasserstoff sehr leicht und mit Flamme verbrennt, der Kohlenstoff aber schwerer und ohne Flamme; hieraus erklärt sich auf eine einfache Weise, warum unsere Brennmaterialien nur im Anfange der Verbrennung eine Flamme geben, zuletzt dagegen nur glühen: der Wasserstoff ist es, welcher zuerst und zwar flammend verbrennt, nach ihm erst erfolgt die glühende Verbrennung des Kohlenstoffes. Diese

Reihenfolge kommt bei allen Brennmaterialien vor, welche gemeinschaftlich Wasserstoff und Kohlenstoff enthalten. Jeder brennende Holzspan zeigt dies aufs Ueberzeugendste.

133. Weingeistflamme. Die Flamme von Weingeist besteht aus zwei Theilen: der innere dunkle Kern ist Weingeistdampf; der brennende Mantel rund herum ist Weingeistdampf, welcher sich eben mit dem Sauerstoff der Luft chemisch verbindet. Die spitzige Form der Flamme entsteht durch das Aufsteigen der heissen Luftarten und durch das Zuströmen von kalter Luft von unten. Der Weingeist wird aus dem Gefäss durch die Capillarität des Dochtes (115) in die Höhe gezogen; er brennt nur blass, seine Flamme leuchtet aber sogleich stark, wenn man ein gewundenes Stückchen Draht hineinhält oder irgend einen anderen festen Körper darin zum Glühen bringt. Legt man

Fig. 78.



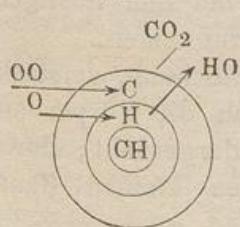
einen dünnen Draht quer durch die Flamme, so bemerkt man, dass er in dem Kerne dunkel bleibt und nur an den beiden Stellen glüht, wo er durch den Mantel geht; die Flamme ist also äusserlich viel heisser als in der Mitte. Die stärkste Hitze findet sich ungefähr in der auf der Zeichnung durch den Draht angedeuteten Höhe; tiefer in die Flamme hinein dürfen Gefässer beim Gebrauche einer Weingeistlampe nie gestellt werden. Auf eine recht augenscheinliche Weise kann man sich noch hiervon überzeugen, wenn man ein Zündhölzchen in die Flamme hält; es entzündet sich sogleich am Rande, in der Mitte dagegen nicht, oder doch erst viel später.

134. Talg- oder Oelflamme. Bei einer Talg- oder Oelflamme (Fig. 79) lassen sich drei Theile unterscheiden: in der Mitte (a) der dunkle Kern von Leuchtgas (zersetzter Talg), um diesen (b) der hellleuchtende Lichtkegel, bestehend aus verbrennendem Wasserstoff, welcher innig mit weissglühender Kohle gemengt ist, und zu äusserst (c) eine dünne, kaum bemerkliche

Hölle, in welcher die Kohle verbrennt. Denkt man sich die Flamme in der Mitte abgeschnitten (Fig. 80), so lässt sich der

Fig. 79. darin stattfindende Vorgang ungefähr auf beistehende Weise bildlich darstellen. Der mittelste Kreis ist Kohlenwasserstoff oder Leuchtgas; von diesem verbrennt der Wasserstoff zuerst, und die dabei entstehende Hitze macht den Kohlenstoff glühend (dies wird durch den zweiten Kreis angedeutet); in dem äusseren Kreise endlich verbrennt der Kohlenstoff. Der in dem zweiten Ringe glühende Kohlenstoff ertheilt der Flamme die Fähigkeit zu leuchten, gerade wie der glühende Draht die Weingeistflamme leuchtend machte. Hält man ein kaltes Messer ins Licht, so wird ein Theil des glühenden Kohlenstoffes soweit abgekühlt, dass er nicht verbrennen kann, und das Messer wird berusst. Ein quer durch die Flamme gehaltener Draht glüht am Rande am stärksten, ohne berusst zu werden, während er in der Mitte nicht zum Glühen kommt, wohl aber mit Russ überzogen wird.

Fig. 80.



Das Leuchten einer Flamme röhrt, wie die vorstehenden Versuche zeigen, von einem festen Körper, gewöhnlich von Russ her, der in der Flamme glüht; glüht dieser nur roth, so hat die Flamme ein trübes, röthliches Licht, ein blendendes, weisses dagegen, wenn der Russ durch eine voll-

ständigere Verbrennung bis zur Weissglühhitze gebracht wird. Durch Zusatz gewisser, in der Glühhitze flüchtiger Substanzen kann man der Flamme eine verschiedene Färbung ertheilen.

Die vier bisher abgehandelten einfachen Stoffe bilden die Hauptbestandtheile aller Pflanzen und Thiere, sie können aus diesem Grunde Organogene (Erzeuger der organischen Körper) genannt werden.

Rückblick auf die Organogene.

(Sauerstoff, Wasserstoff, Stickstoff und Kohlenstoff.)

- 1) Wie wir im Kleinen an uns selbst Körper und Geist unterscheiden, so unterscheidet man auch im Grossen in der Natur: Körper (Materie, Masse) und Kräfte (Geist).
- 2) Alle Körper sind wägbar. Durch das absolute Gewicht erfahren wir, wie viel ein Körper in der Luft wiegt; durch das specifische Gewicht, wie viel Mal er schwerer oder leichter ist als ein gleichgrosses Volumen eines anderen Körpers.
- 3) Die Körper kommen in drei Aggregatzuständen vor: sie sind entweder fest, flüssig oder gasförmig.
- 4) Sinnbildlich kann die Erde als Repräsentant für die festen Körper, das Wasser für die flüssigen, und die Luft für die gasförmigen angesehen werden. Das Feuer (Licht und Wärme) kann als Sinnbild für die Naturkräfte gelten.
- 5) Die einzelnen Theilchen der Körper werden durch eine Kraft zusammengehalten, die das Auseinanderfallen derselben verhindert; man nennt sie Cohäsionskraft. Sie ist am stärksten bei den festen Körpern, viel schwächer bei den flüssigen, und an den luftförmigen gar nicht mehr wahrzunehmen.
- 6) Diese Kraft wird geschwächt durch Erwärmung, verstärkt durch Abkühlung; durch Wärme dehnen sich die Körper aus und die einzelnen Theilchen werden auseinandergerückt; durch Abkühlung ziehen sie sich wieder in einen kleinen Raum zusammen.
- 7) Die Wärme vermag auch den Aggregatzustand der Körper ganz zu ändern: sie macht feste Körper flüssig (Schmelzen) und flüssige gasförmig (Verdunsten, Verdampfen, Kochen).
- 8) Durch Abkühlung werden gasförmige Körper flüssig (Destillation, Regen), flüssige fest (Erstarren, Gefrieren).
- 9) Beim Schmelzen und Verdunsten fester und flüssiger Körper wird Wärme gebunden oder latent (Kälteerzeugung); beim Erstarren flüssiger und bei der Verdichtung gasförmiger Körper wird Wärme frei (Wärmeerzeugung).
- 10) Alle Körper enthalten sonach verborgene oder gebundene Wärme, und zwar die festen Körper weniger als die flüssigen und diese wieder weniger als die gasförmigen.

11) Specifische Wärme nennt man die Wärmemengen, welche gleiche Gewichtstheile der Körper brauchen, um 1°C . wärmer zu werden.

12) Feste Körper werden auch flüssig durch Auflösung in einer Flüssigkeit. Sondern sie sich aus solchen Lösungen in regelmässiger Gestalt wieder aus, so heissen sie krystallisirt. Zur Krystallbildung gehören Beweglichkeit und Zeit.

13) Luftförmige Körper, welche durch Abkühlung leicht flüssig werden, heissen Dämpfe; solche, die schwer oder gar nicht zu Flüssigkeiten werden, Gase (beständige und unbeständige).

14) Die Cohäsion der Körper kann auch durch Zerschneiden, Zerstossen etc. aufgehoben werden; dabei ändert sich nur die Form derselben, ihrer inneren Natur, ihren Bestandtheilen nach bleiben sie dieselben, wie vorher. Dies sind äussere oder mechanische Veränderungen.

15) Es giebt aber auch Veränderungen, wobei die Körper in ihren Eigenschaften und Bestandtheilen so ganz umgewandelt werden, dass sie als die alten nicht wieder zu erkennen sind, sondern als neue gelten müssen. Dies sind innere oder chemische Veränderungen.

16) Als die Ursache der chemischen Veränderungen sieht man eine Kraft an, mit der alle Körper, manche reich, andere weniger reich begabt sind; sie heisst Affinität oder Verwandtschaft. In den leblosen oder unorganischen Körpern herrscht diese Kraft frei und unbeschränkt, in den lebenden oder organischen Körpern aber wird sie durch die Lebensthätigkeit der Pflanzen und Thiere regulirt.

17) Die Verwandtschaft wirkt nur in der grössten Nähe, wenn die Körper sich aufs Innigste berühren.

18) Sie ist, entgegengesetzt der Verwandtschaft unter den Menschen, um so stärker, je unähnlicher sich ein Paar Körper sind, um so schwächer, je mehr sie sich gleichen.

19) Die chemischen Veränderungen können auf eine doppelte Weise erfolgen, entweder durch Vereinigung einfacher Stoffe zu zusammengesetzten (Verbinden, Mischen), oder durch Trennung der zusammengesetzten in ihre Bestandtheile (Scheiden, Zerlegen, Analysiren).

20) Bei der Zerlegung gelangt man endlich zu Körpern, die sich nicht weiter zersetzen lassen; diese heissen einfache Körper oder chemische Elemente. Man kennt ihrer bis jetzt dreißig.

21) Ein Element lässt sich nicht in ein anderes verwandeln; wohl aber können manche Elemente ganz verschiedene Zustände mit ganz veränderten Eigenschaften annehmen (Allotropie).

22) Der elektrische oder galvanische Strom ist im Stande, alle chemischen Verbindungen zu zerlegen, welche diesen Strom leiten.

23) Durch Wärme wird die Verwandtschaft der Körper zu einander bald verstärkt, bald geschwächt; die Wärme hilft Körper verbinden, sie hilft aber auch Verbindungen zerlegen.

24) Alle chemischen Verbindungen erfolgen nach fest bestimmtem Maass und Gewicht. Diese Gesetzmässigkeit findet auch dann statt, wenn ein Körper sich in mehreren Verhältnissen mit einem anderen verbindet (Oxydationsstufen etc.).

25) Bei jeder chemischen Vereinigung wird Wärme frei; diese steigert sich nicht selten bis zur Erscheinung von Feuer (Verbrennung).

26) Was wir im gewöhnlichen Leben Verbrennung nennen, ist ein Vereinigen von Kohlenstoff oder Wasserstoff mit dem Sauerstoff der Luft, eine Oxydation.

27) Oxydiren heisst: einen Körper mit Sauerstoff verbinden; der mit Sauerstoff verbundene Körper wird Oxyd (im weiteren Sinne) genannt.

28) Es giebt zweierlei sich ganz entgegengesetzte Arten von Oxyden: saure und basische; die Nichtmetalle geben mit Sauerstoff vorzugsweise Säuren, die Metalle vorzugsweise Basen (Oxyde im engeren Sinne).

29) Säuren und Basen haben eine sehr grosse Verwandtschaft zu einander; wenn sie sich mit einander vereinigen, so verschwinden in vielen Fällen die sauren Eigenschaften der ersten und die basischen der letzteren aufs Vollständigste (Neutralisation). Der neugebildete Körper wird ein Salz genannt.

30) Die chemischen Elemente werden mit den Anfangsbuchstaben ihrer lateinischen Namen bezeichnet (chemische Zeichen);

aus letzteren bildet man die chemischen Formeln, welche uns die Bestandtheile der zusammengesetzten Körper auf eine übersichtliche Weise angeben.

Zweite Gruppe der Nichtmetalle: Pyogene.

Schwefel, Sulphur (S).

(Aeq.-Gew. = 16. — Specif. Gew. = 2,0.)

— Seit den ältesten Zeiten bekannt. —

135. Schmecken und Riechen. Der allbekannte gelbe Schwefel, den wir, seiner leichten Brennbarkeit wegen, als das gewöhnlichste Mittel zum Anzünden von Feuer benutzen, hat weder Geschmack noch Geruch. Er hat keinen Geschmack, weil er im Wasser nicht auflöslich ist. Werfen wir etwas Schwefelpulver in kaltes oder auch heißes Wasser, es zergeht nicht darin, es löst sich nicht auf. Wir bemerken immer nur an solchen Körpern Geschmack, welche im Stande sind, sich im Wasser, sonach auch in dem wässerigen Speichel des Mundes aufzulösen, z. B. an Kochsalz und Zucker, nicht aber an unlöslichen Körpern, wie an den Steinen, der Kohle, Stärke etc. Der Schwefel riecht nicht, weil er bei gewöhnlicher Temperatur nicht verdampft. Wir können nur Geruch an einem Körper wahrnehmen, wenn flüchtige, also gas- oder dampfförmige Theilchen von ihm ausgehen und bis ins Innere unserer Nase gelangen.

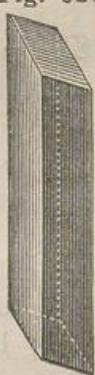
136. Schwefel schmilzt durch Wärme. Versuch. Man erhitze in einem kleinen Töpfchen von braunem Steingut 50 bis 60 Grm. Schwefelpulver durch eine Weingeistlampe: es zergeht, wenn es ein wenig heißer geworden ist als kochendes Wasser (bei 111° C.) zu einer bräunlichen, dünnen Flüssigkeit. Giesst man etwas davon in kaltes Wasser, so erhält man wieder festen Schwefel. Dieser sinkt, wenn er nach vorherigem Abtrocknen in das Töpfchen zurückgegeben wird, in der flüssigen Masse unter; fester Schwefel ist also schwerer als geschmolzener, und ebenso verhalten sich fast alle anderen Körper. Eis bildet in dieser Beziehung eine Ausnahme, es schwimmt auf dem Wasser.

137. Krystallisiren geschmolzener Körper. *Versuch.* Der Schwefel ist krystallisirbar. Man lasse das Gefäss mit dem geschmolzenen Schwefel so lange stehen, bis auf der Oberfläche

Fig. 81. eine Rinde entstanden ist; diese durchstosse man schnell und kehre dann das Gefäss um, damit der in der Mitte noch vorhandene flüssige Schwefel herauslaufe. Nach dem Zerschlagen des erkalteten Töpfchens findet man den mittleren hohen Raum ganz mit langen, säulenförmigen Krystallen durchzogen, welche die beistehende Gestalt haben und schiefe rhombische Säulen heissen. Dies ist die zweite Methode, um Körper krystallisiert zu erhalten; sie unterscheidet sich von der Krystallisation des Salpeters oder Kochsalzes (51, 53) dadurch, dass in dem einen Falle der Körper durch ein Auflösungsmittel, in dem anderen durch Hitze flüssig gemacht wurde.

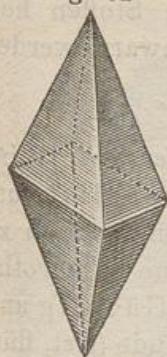
Krystallinisches Gefüge. Lässt man den Schwefel ruhig erkalten, ohne von ihm, wenn er halb erstarrt ist, den noch flüssigen Theil abzugiessen, so wird dieser auch noch fest, und es bilden sich so viele Krystalle, und so dicht an einander, dass zwischen ihnen kein Platz leer bleibt. Die zerschlagene dichte Schwefelmasse hat dann ein schimmerndes Ansehen, weil das Licht da, wo es auf die Flächen der kleinen Krystalle trifft, mehr zurückgeworfen wird als an den anderen Stellen, wodurch diese Flächen einen stärkeren Glanz erhalten. Man sagt von solchen Körpern, sie sind krystallinisch oder sie haben ein krystallinisches Gefüge.

138. Dimorphie des Schwefels. *Versuch.* In ein Kochfläschchen bringe man 1 Thl. Schwefelblumen mit 4 Thln. Schwefelkohlenstoff (152) und lasse die Mischung verstopft unter bisweiligen Umschütteln einen Tag lang stehen. Hat sich die Flüssigkeit durch Absetzen geklärt, so giesse man dieselbe langsam in ein Schälchen ab und überlasse sie der freiwilligen Verdunstung; es scheiden sich hierbei kleine Schwefelkrystalle von hellerer Farbe und anderer Krystallform ab als die durch Schmelzung dargestellten. Dieselben sehen aus wie zwei spitze, vierseitige, an einander gefügte Pyramiden; man nennt eine solche Form ein spitzes (rhombisches) Octaëder. Im Innern der Erde, beson-



ders in Gegenden, wo Vulcane sind oder in der Vorzeit waren

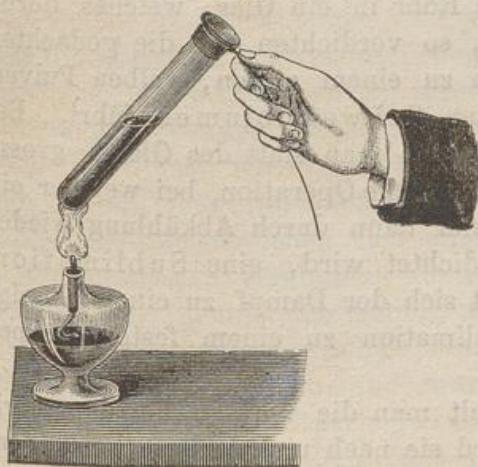
Fig. 82.



(Sicilien u. a.), finden sich zuweilen grosse Lager von Schwefel (natürlicher Schwefel) und darin Spalten und Höhlungen, überzogen mit den schönsten Krystallen, die die Natur in geheimnissvoller Tiefe vielleicht im Laufe von Jahrtausenden bildete. Diese natürlichen Schwefelkrystalle haben immer auch dieselbe (octaëdrische) Gestalt wie die aus einer Lösung gewonnenen. Der Schwefel kann also, ähnlich wie die Kohle im Diamant und Graphit, zweierlei Gestalt annehmen: er ist dimorph.

139. Amorpher Schwefel. Versuch. Wir können sogar die Mannigfaltigkeit, mit welcher die göttliche Kraft, deren Wirken in der Natur wir gewöhnlich selbst mit dem Namen Natur bezeichnen, manche Körper begabt hat, beim Schwefel noch weiter verfolgen. Man fülle ein Probergläschen, das man mittelst eines umgelegten Drahtes über einer Weingeistlampe befestigt

Fig. 83.



hat, voll Schwefelpulver; dieses sinkt beim Schmelzen so zusammen, dass das Gläschen nur noch halb voll bleibt. Der Schwefel schmilzt erst dünn, wie Wasser, bei weiterem Erhitzen aber wird er braun und so dick und zähe, dass er beim Umkehren des Gefäßes kaum noch aus demselben herausfliesst. Giesst man jetzt etwas davon in kaltes Wasser, so erhält man eine durchsichtige, weiche, elastische

Masse, welche sich erst nach einigen Tagen wieder in festen Schwefel umwandelt. Man nennt diesen, dem geschmolzenen Glase ähnlichen Schwefel, wie alle anderen glasartigen Körper überhaupt, amorph oder gestaltlos, weil sich an ihnen irgend eine bestimmte Gestalt nicht unterscheiden lässt. Gummi, Pech, Leim etc. sind glasartig-amorphe Substanzen.

Die graue, grünliche oder röthliche Farbe, welche der umgeschmolzene Schwefel häufig zeigt, röhrt von Spuren von Fett, Staub, Fingerschweiss oder anderen organischen Stoffen her, durch welche er selbst dunkelroth, ja ganz schwarz werden kann.

140. Schwefelgas und Schwefelblumen. *Versuch.* Wird der Schwefel in dem Probirgläschen noch stärker erhitzt, ungefähr $4\frac{1}{2}$ mal stärker als kochendes Wasser, so fängt er an zu sieden (bei 440° C.) und verwandelt sich dabei in eine braunrothe Luftart, in Schwefelgas (Schwefeldampf); er ist also flüchtig und kann, gerade wie das Wasser, alle drei Aggregatzustände (fest, flüssig und luftförmig) annehmen. Der feste Schwefel ist noch einmal so schwer als Wasser, das Schwefelgas $6\frac{1}{2}$ mal schwerer als gewöhnliche Luft. Im Innern des Gläschens ist das Schwefelgas durchsichtig und braunroth, ausserhalb desselben dagegen erscheint es als ein gelblicher Dampf oder Rauch, weil es sich in der kalten Luft wieder zu Stäubchen von festem Schwefel verdichtet. Leitet man den Schwefeldampf durch ein auf das Probirgläschen aufgesetztes weites und kurzes Rohr in ein Glas, welches durch kaltes Wasser abgekühlt wird, so verdichten sich die gedachten Stäubchen von Schwefel darin zu einem zarten, gelben Pulver, welches im Handel den Namen Schwefelblumen führt. Bei der Darstellung im Grossen wendet man statt des Glases grosse Kammern an. Man nennt eine solche Operation, bei welcher ein flüchtiger Körper verdampft und dann durch Abkühlung wieder zu einem festen Körper verdichtet wird, eine Sublimation. Bei der Destillation verdichtet sich der Dampf zu einer Flüssigkeit (Destillat), bei der Sublimation zu einem festen Körper (Sublimat).

Stangenschwefel. Kühlt man die Vorlage bei dem vorigen Versuche nicht ab, so wird sie nach und nach so heiss, dass der Schwefel als Flüssigkeit übergeht (destillirt). Dies ist der Weg, auf welchem man im Grossen den natürlichen Schwefel reinigt; die beigemengten erdigen Theile sind nicht flüchtig, sie bleiben daher zurück, während aller Schwefel verdampft und wieder verdichtet wird. Man giesst den geschmolzenen Schwefel gewöhnlich in nasse Holzformen und nennt ihn dann Stangenschwefel.

141. Präcipitirter Schwefel. *Versuch.* Man fülle ein eisernes Schälchen halb voll Natronlösung (Seifensiederlauge), setze eine

Fig. 84.



Messerspitze Schwefelblumen hinzu und kochte das Gemisch unter Umrühren einige Zeit: ein Theil des Schwefels löst sich auf und färbt die Flüssigkeit braungelb. Die Flüssigkeit wird nun klar abgegossen, mit Wasser verdünnt und mit Essig vermischt: sie wird sofort ein milchähnliches Ansehen bekommen, weil der Schwefel sich in Gestalt

eines überaus feinen Pulvers aus der Lösung ausscheidet, welches so leicht ist, dass es sich einige Zeit in der Flüssigkeit schwabend erhält und erst nach längerem Stehen zu Boden setzt. Man bringt es auf ein Filtrum, wäscht es mit Wasser aus und trocknet es in gelinder Wärme. Es heisst Schwefelmilch oder präcipitirter Schwefel und ist Schwefel in der feinsten Zerkleinerung oder Zertheilung, zu welcher er dadurch gelangte, dass die einzelnen Schwefeltheilchen durch die vielen dazwischen liegenden Wassertheilchen bei ihrer Trennung von den letzteren auseinander gehalten wurden. Der Schwefel hat in diesem Zustande eine fast weisse Farbe, er wird aber wieder deutlich gelb, wenn man ihn schmilzt, weil beim Schmelzen die einzelnen Schwefelstäubchen sich einander wieder nähern und zu grösseren Massen vereinigen können. Man benutzt diese Methode in der Chemie sehr häufig, um feste Körper in das feinste Pulver zu verwandeln. Solche staubartige Körper werden nicht selten ebenfalls amorph, und zwar zur Unterscheidung von den glasartig-amorphen Körpern pulverig-amorph genannt.

Die Auflösung des Schwefels in Lauge geht keineswegs so einfach vor sich, wie etwa die des Zuckers oder eines Salzes in Wasser, es bilden sich vielmehr unter Zuhilfenahme der Bestandtheile des Wassers, verschiedene eigenthümliche Schwefelverbindungen; die eine davon, Schwefelwasserstoff (HS), ist luftförmig und verursacht den unangenehmen Geruch, der sich beim Zusatz des Essigs zur Schwefellösung entwickelt. Der Essig selbst verbindet sich mit dem Natron der Lauge und

diese verliert dann die Fähigkeit, den Schwefel aufgelöst zu erhalten.

Verbindungen des Schwefels.

Der Schwefel ist nach dem Sauerstoff der stärkste chemische Körper, er kann sich, wie dieser, mit allen anderen Elementen verbinden und thut dies mit grosser Lust und Liebe, insbesondere mit den Metallen.

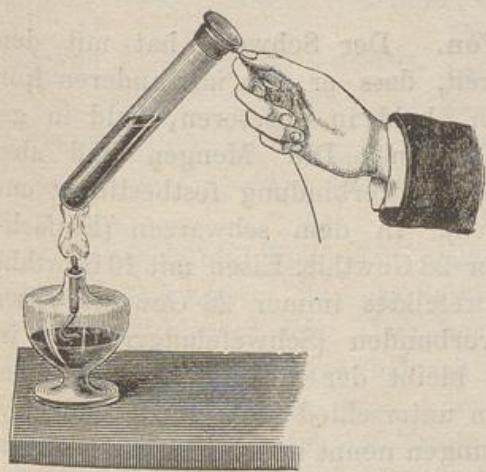
142. Sauerstoff und Schwefel. *Versuch.* Erhitzt man den Schwefel in einem Gefässe, welches die Luft frei zutreten lässt, z. B. in einem Blechlöffel, oder berührt man ihn mit einem glühenden Körper, so brennt er mit blauer Flamme, d. h. er verbindet sich mit dem Sauerstoff der Luft unter Feuererscheinung und bildet damit, wie dies schon früher (66) gezeigt worden ist, eine stechend riechende Luftart, die schweflige Säure (SO_2). Tritt zu dieser noch ein Atom Sauerstoff, so entsteht daraus die bekannte, höchst wichtige Schwefelsäure (SO_3).

Die Eigenschaft des Schwefels, schon bei geringer Erhitzung an- und fortzubrennen, hat ihn zu dem gewöhnlichsten Zündmittel gemacht, durch das wir andere schwerer brennbare Körper bis zu der Temperatur erhitzten, bei welcher sie fortbrennen können (Schwefelfaden, Schwefelhölzchen, Schiesspulver, Feuerwerke etc.). Das Anzünden eines einfachen Steinkohlenfeuers zeigt recht deutlich, wie man durch stufenweisen Uebergang von leicht entzündlichen Brennmaterialien zu schwer entzündlichen nach und nach dahin gelangt, die letzteren bis zu dem Wärme-grade zu erhitzten, bei dem sie an- und fortbrennen können. Die durch Reibung glühend gewordenen Stahlstückchen des Feuerstahls z. B. bringen die feinzertheilte Kohle des Zunders zum Glimmen, diese erhitzt den Schwefelfaden bis zur Entzündung, und durch dessen Hitze kommen nach und nach erst Stroh, dann Holz und endlich die schwer brennabaren Steinkohlen bis zu der Temperatur, welche sie zum Brennen nöthig haben. Man erhält hier folgende Verbrennlichkeitsscala: feinzertheilte Kohle, — Schwefel, — Stroh, — Holz, — Steinkohlen.

143. Kupfer und Schwefel. *Versuch.* In einem Probirgläschen bringe man etwas Schwefel zum Kochen und halte einen Streifen von ganz dünnem Kupferblech in das braunrothe Gas: das Ku-

pfer gerath für einige Augenblicke in lebhaftes Glühen und verliert dabei seine rothe Farbe und seine Biegsamkeit, es wird grau und spröde und wiegt etwa $\frac{1}{4}$ mehr als vorher. Der neu entstandene,

Fig. 85.



graue, strahlig-krystallini-
sche Körper heisst Schwei-
felkupfer. Beide Elemente
haben sich, und zwar in ganz
bestimmter Menge, aufs In-
nigste mit einander ver-
einigt; sowohl die Eigen-
schaften des Schwefels als
die des Kupfers sind dabei
aufs Vollständigste ver-
schwunden. Die Hitze, wel-
che bis zum Glühen stieg,
ist eine Folge der chemi-
schen Verbindung, da einem
Naturgesetze zufolge überall,

wo sich Körper chemisch mit einander verbinden, auch Wärme entsteht; in den meisten Fällen geht aber die Erhitzung nicht bis zum Glühen oder Verbrennen.

Auf ähnliche Weise kann man fast alle übrigen Metalle in Schwefelmetalle verwandeln. Wir finden aber von diesen auch viele schon fertig gebildet in der Erde, und die Bergleute nennen sie: Glanze, Blenden oder Kiese. Der fast in allen Stein-
kohlen anzutreffende, wie Messing glänzende Schwefelkies ist Schwefeleisen, der rothe Zinnober ist Schwefelquecksilber etc. Auch das oben künstlich dargestellte Schwefelkupfer trifft man als Erz an; es heisst dann Kupferglanz.

144. Eisen und Schwefel. Versuch. 30 Grm. Eisenfeile und 20 Grm. Schwefelblumen werden in einem kleinen Töpfchen mit 20 Grm. Wasser zusammengerührt und an einen warmen Ort gestellt: die Masse erhitzt sich, das Wasser verdampft, und man hat nach $\frac{1}{2}$ Stunde ein staubiges, schwarzes Pulver, in dem sich nichts mehr von einzelnen Eisen- oder Schwefeltheilchen wahr-
nehmen lässt; es ist eine chemische Verbindung, Schwefel-
eisen, entstanden. Mengt man die beiden Stoffe ohne Wasser zusammen, so entsteht keine Vereinigung, ausser wenn man sie

bis zum Glühen erhitzt; das Wasser bewirkt die Verbindung, weil es die Schwefel- und Eisentheilchen so nahe zusammenbringt, dass sie sich chemisch anziehen können; es ist gleichsam die Brücke, die den Uebergang des einen Körpers zu dem andern vermittelt.

145. Schwefelungsstufen. Der Schwefel hat mit dem Sauerstoff noch die Aehnlichkeit, dass er sich mit anderen Körpern, je nach den Umständen, bald in grösseren, bald in geringeren Mengen verbinden kann. Die Mengen sind aber auch hier immer für jede einzelne Verbindung festbestimmt und unveränderlich (stöchiometrisch). In dem schwarzen (Einfach-) Schwefeleisen sind z. B. immer 28 Gewthle. Eisen mit 16 Gewthln. Schwefel, in dem gelben Schwefelkies immer 28 Gewthle. Eisen mit 32 Gewthln. Schwefel verbunden (Schwefelungsstufen); ist mehr Schwefel vorhanden, so bleibt der Ueberschuss unverbunden. Bei den Oxydationsstufen unterschied man Oxyde und Oxydile, bei den Schwefelverbindungen nennt man die mit der grössten Menge Schwefel: Sulfide, die mit der geringeren: Sulfure.

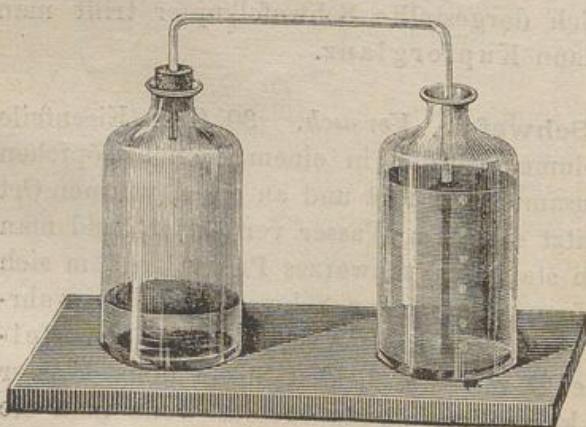
Das chemische Zeichen für Schwefel ist = S. FeS heisst hiernach Eisensulfür; FeS_2 Eisensulfid. Fe, der Anfang des Namens Ferrum, ist das Zeichen für Eisen.

Schwefelwasserstoff oder Hydrothionsäure (HS).

(Aeq.-Gew. = 17.)

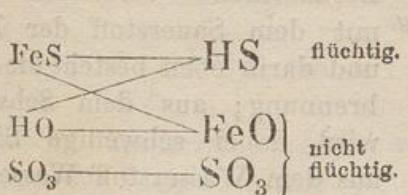
— Zusammensetzung 1796 von Berthollet nachgewiesen. —

146. Darstellung von Schwefelwasserstoff. *Versuch.* In Fig. 86.



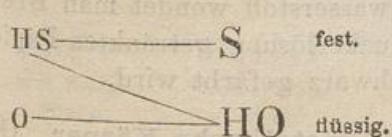
ein Glas von 150 C.C. schütte man 10 Grm. schwarzes Schwefeleisen und 20 Grm. verdünnte Schwefelsäure (88) und verstopfe das Glas schnell mit einem Korken, der mit einer Glaskügelchen verbunden ist. Diese taucht mit dem längeren Schenkel in

ein mit kaltem Wasser angefülltes Glas. Zuerst entweicht die in dem ersten Gefäss und der Glasröhre enthaltene atmosphärische Luft, dann aber kommt eine sehr übel riechende Luftart, welche sich im Wasser auflöst und ihm einen Geruch nach faulen Eiern mittheilt. Dieses Gas heisst Schwefelwasserstoff. Der



Vorgang hierbei ist ganz so wie bei der Wasserstoffbereitung aus Eisen (87). Es wird Wasser zerlegt; der Sauerstoff desselben oxydirt das Eisen zu Eiseoxydul, welches mit der Schwefelsäure Eisenvitriol bildet; der Wasserstoff des Wassers dagegen entweicht und nimmt den im Schwefeleisen enthaltenen Schwefel als Gesellschafter mit. Das leichte, unter allen Umständen luftförmige Wasserstoffgas hat im hohen Grade die Fähigkeit, auch andere nicht- oder doch schwerflüchtige Körper, wenn es sich mit ihnen verbindet, luftförmig zu machen, ähnlich wie ein begeisterter Sprecher auch tragen und gleichgültigen Zuhörern seinen Enthusiasmus mitzutheilen vermag. Selbst der noch nie zum Schmelzen, viel weniger zum Verdampfen gebrachte Kohlenstoff wird zum leichten Gas, wenn er sich, wie im Leucht- und Sumpfgase, mit Wasserstoff verbindet.

Schwefelwasserstoffwasser. Hört die Gasentwickelung auf, so giesst man abermals etwas verdünnte Schwefelsäure zu, damit sich von Neuem Gas erzeuge. Das Wasser ist mit dem Gase gesättigt, wenn beim Umschütteln der die Oeffnung des Gefäßes verschliessende Finger nicht mehr angezogen oder, richtiger, angedrückt wird; 1 Maass Wasser enthält dann $2\frac{1}{2}$ Maass davon aufgelöst. Es wird in kleinen, gut verstöpselten Gläsern

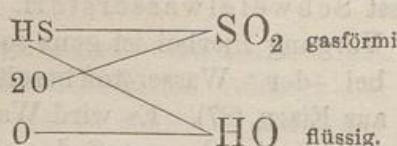


unter dem Namen Schwefelwasserstoffwasser aufgehoben. Beim Zutritt der Luft wird es trübe, weil der Sauerstoff der Luft sich mit dem Wasserstoff des

Schwefelwasserstoffs zu Wasser vereinigt und der Schwefel dann als feines, weisses Pulver (Schwefelmilch) niederfällt.

147. Eigenschaften des Schwefelwasserstoffs. Entfernt man während der Gasentwickelung das Wasserfläschchen, so kann

man das Gas durch einen brennenden Fidibus entzünden; es brennt mit blauer Flamme, und dabei verschwindet der stinkende Geruch gänzlich, dafür aber tritt der bekannte Geruch des brennenden Schwefels auf. Beide



Bestandtheile verbinden sich mit dem Sauerstoff der Luft und darin eben besteht die Verbrennung; aus dem Schwefel wird dabei schweflige Säure aus dem Wasserstoff Wasser.

Das Schwefelwasserstoffgas ist schädlich für die Gesundheit, man muss sich daher vor dem Einathmen desselben hüten; am einfachsten geschieht dies, wenn man bei Versuchen mit demselben einen Ort auswählt, wo ein Luftzug stattfindet, durch welchen es weggeweht wird. Ein vor Mund und Nase gehaltenes mit etwas Weingeist befeuchtetes Tuch ist gleichfalls ein gutes Schutzmittel.

Schwefelwasserstoffgas macht blaues Lackmuspapier roth, auch kann es sich mit vielen Basen verbinden, es gehört daher zu den Säuren. Man nennt es deshalb auch, nach den zweigriechischen Namen für Wasser (*hydor*-) und Schwefel (*thion*-): Hydrothionsäure. Die Eigenschaft, andere Körper sauer zu machen, kommt demnach nicht dem Sauerstoff allein zu, sondern auch dem Wasserstoff; der letztere vermag dies aber nur bei einigen wenigen Elementen, der Sauerstoff bei sehr vielen. Schwefelwasserstoff hat die Formel HS, wodurch angedeutet werden soll, dass es aus 1 Aeq. Wasserstoff und 1 Aeq. Schwefel zusammengesetzt ist. Man wird leicht finden, wie diese Formel der des Wassers (HO) sehr ähnlich ist.

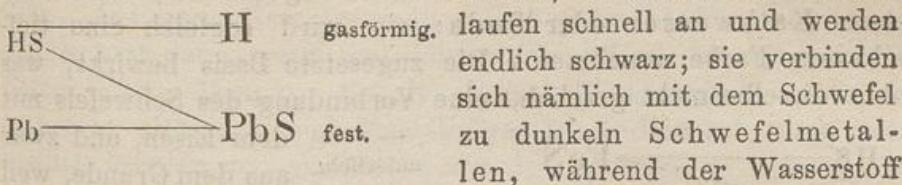
Zur Entdeckung von Schwefelwasserstoff wendet man Bleipapier, d. h. mit schwacher Bleizuckerlösung getränktes Papier an, welches dadurch braun oder schwarz gefärbt wird.

148. Schwefelwasserstoff und metallische Körper. Gegen Metalle, Metalloxyde und Metallsalze zeigt das Schwefelwasserstoffgas ein sehr charakteristisches, für Wissenschaft und Praxis überaus wichtig gewordenes Verhalten, über welches die folgenden vier Versuche nähere Auskunft geben werden.

Metalle und Schwefelwasserstoff. *Versuch a.* Man

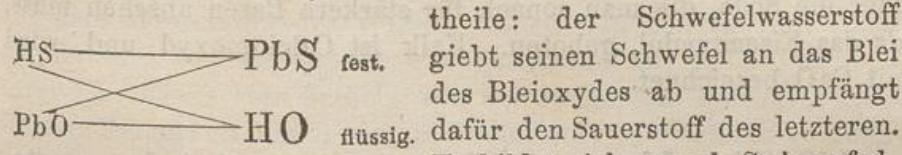
giesse einige Tropfen Schwefelwasserstoffwasser auf eine blanke Silber- oder Kupfermünze, und auf ein Stück Blei und

Eisen; die ersten drei Metalle



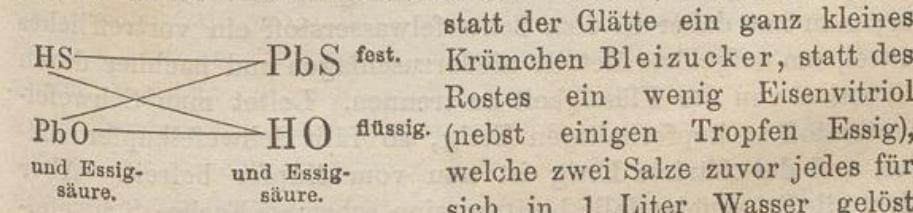
entweicht; das Eisen hingegen wird nicht verändert. Pb ist das Zeichen für Blei, Plumbum.

Metalloxyde und Schwefelwasserstoff. *Versuch b.* Man schütte in ein Probergläschen eine Messerspitze voll Bleiglätte, in ein anderes etwas geglühten Eisenrost und giesse Schwefelwasserstoffwasser darauf: die gelbe Bleiglätte (Bleioxyd) wird sogleich schwarz; es entsteht ein Austausch der Bestand-



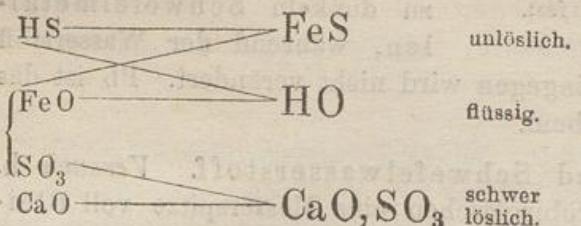
Es bildet sich sonach Schwefel-blei und Wasser und der unangenehme Geruch verschwindet alsbald. In dem Gläschen mit dem geglühten Eisenroste ändert sich weder die Farbe noch der Geruch, ein Beweis, dass in ihm keine chemische Veränderung stattfindet.

Negative Metallsalze und Schwefelwasserstoff. *Versuch c.* Man wiederhole denselben Versuch, nur nehme man



werden; der Erfolg ist derselbe wie bei dem vorigen Versuche. Bleizucker ist essigsäures Bleioxyd; das Bleioxyd wird auch bei dieser grossen Vertheilung im Wasser in Schwefelblei verwandelt und fällt mit der Zeit als schwarzer Schlamm zu Boden. Bei sehr starker Verdünnung wird die Flüssigkeit nur braun gefärbt. Die Essigsäure wird frei und bleibt in der Flüssigkeit.

Positive Metallsalze und Schwefelwasserstoff. *Versuch d.* Zu der Eisenvitriollösung, die im vorigen Versuche nach Zusatz von Schwefelwasserstoff klar geblieben, setze man etwas Kalkwasser oder Soda: sie wird sogleich eine tief-schwarze Farbe annehmen. Die zugesetzte Basis bewirkt, was ohne dieselbe nicht geschah, eine Verbindung des Schwefels mit



dem Eisen, und zwar aus dem Grunde, weil sie selbst an die Schwefelsäure des Eisen-vitriols tritt. Die Schwefelsäure hat eine so grosse Affinität zu

dem Eisenoxydul, dass sie das letztere nur dann loslässt, wenn sie einen Ersatz dafür erhält; dieser Ersatz wird ihr durch den Kalk oder die Soda, die man sonach für stärkere Basen ansehen muss, als das Eisenoxydul, geboten. Kalk ist Calciumoxyd und wird mit CaO bezeichnet.

149. Schwefelwasserstoff als Reagens. Aus den vorstehenden Versuchen ergeben sich folgende Lehren:

a) Der Schwefel hat auch auf nassem Wege, d. h. in Flüssigkeiten gelöst, eine sehr grosse Verwandtschaft zu den Metallen, und verwandelt Metalle, Metalloxyde und Metallsalze in Schwefelmetalle.

b) Die meisten Schwefelmetalle sind ganz unlöslich in Wasser; man hat daher in dem Schwefelwasserstoff ein vortreffliches Mittel, um aufgelöste Metalle niederzuschlagen und nachher durch Filtration von der Flüssigkeit zu trennen. Leitet man Schwefelwasserstoff in kupferhaltigen Essig, so fällt Schwefelkupfer nieder, und der filtrirte Essig ist nun vom Kupfer befreit. Aber nicht alle Schwefelmetalle besitzen eine schwarze Farbe; Schwefelantimon sieht gelbroth, Schwefelarsenik gelb, Schwefelzink weiss aus. Hierauf gründet sich die Anwendung des Schwefelwasserstoffs als Reagens, d. h. als Erkennungsmittel vieler Metalle. Bleihaltiger Wein wird auf Zusatz von Schwefelwasserstoffwasser schwarz oder mindestens braun; wegen dieser Anwendung nannte man das letztere sonst Hahnemann'sche Weinprobe.

c) Manche Metalle werden aus ihren Auflösungen auf Zusatz von Schwefelwasserstoffwasser ohne Weiteres als Schwefelmetalle niedergeschlagen, z. B. Kupfer, Silber, Gold, Blei, Quecksilber, Zinn, Antimon, Arsenik (man nennt diese elektronegativ); andere erst dann, wenn man eine stärkere Basis hinzufügt, z. B. Eisen, Zink, Mangan, Kobalt, Nickel (diese heissen elektro-positiv). Das Schwefelwasserstoffgas kann demnach auch dazu benutzt werden, um ein Metall von dem anderen zu trennen; es ist hierdurch zu einem der wichtigsten Scheidungsmittel für analytische Chemie geworden.

150. Schwefelwasserstoff durch Fäulniss. Es ist bekannt, dass sich da, wo thierische Stoffe, z. B. Fleisch, Blut, Excremente etc., faulen, ein Geruch nach faulen Eiern entwickelt; dieser röhrt gleichfalls von Schwefelwasserstoffgas her, das sich aus dem in den meisten Thierstoffen enthaltenen Schwefel und aus dem Wasserstoff des Wassers bildet. In solcher Luft laufen Kupfer und andere metallene Gegenstände an, indem sich auf ihrer Oberfläche eine Schicht von Schwefelmetall erzeugt. Auch in den Pflanzen findet sich Schwefel vor, in reichlicher Menge insbesondere in den Samen, z. B. den Erbsen, Bohnen etc., und in einigen sehr scharf schmeckenden Gewächsen, z. B. im Senf und Meerrettig. Lässt man diese faulen, so entwickelt sich aus ihnen Schwefelwasserstoffgas.

151. Schwefelwasserstoff in Quellen. Endlich ist noch anzuführen, dass dieses Gas auch zuweilen in Quellwässern vorkommt, was leicht durch Geruch und Geschmack zu entdecken ist. Manche dieser Quellen, z. B. die berühmte heisse Quelle zu Aachen, werden unter dem Namen Schwefelwässer als Heilmittel benutzt. Eine faulende Holzröhre kann oft ein sonst gutes Trinkwasser durch Zersetzung des in letzterem enthaltenen Gypses zu einem stinkenden Schwefelwasser machen; entfernt man die faule Röhre, so wird das Wasser wieder geruchlos und trinkbar.

Schwefelkohlenstoff oder Schwefelalkohol (CS_2).

(Aeq.-Gew. = 38.)

152. Der Schwefelkohlenstoff ist eine wasserhelle, sehr widrig riechende und sehr flüchtige Flüssigkeit. Obwohl schwe-

rer als Wasser (specif. Gew. 1,27), kocht derselbe doch schon bei 48° C. Angezündet verbrennt er mit blauer Flamme zu Kohlensäure und schwefliger Säure. Er löst Schwefel und Phosphor mit Leichtigkeit auf, wie auch Oele und Fette, man wendet ihn daher zum Entfetten der Schafwolle wie zur Oelgewinnung aus Raps- und Leinsamen etc. an. In den Standgefassen bedeckt man ihn zuweilen mit einer Schicht Wasser, welches auf ihm schwimmt und sich nicht mit ihm vermischt, um ihn am Verfliegen zu hindern. Um ihn darzustellen, leitet man Schwefel in Gasform über glühende Holzkohle und verdichtet das Product in eiskaltem Wasser.

Selen (Se) und Tellur (Te).

— Ersteres 1817 von Berzelius, letzteres 1782 von Müller v. Reichenstein entdeckt. —

153. Diese zwei Elemente haben in ihren Verbindungen die grösste Aehnlichkeit mit dem Schwefel, kommen aber nur sehr selten in der Natur vor. Das Selen ist unter Anderem in dem rothen Schlamme enthalten, der sich aus mancher Schwefelsäure, insbesondere nach deren Verdünnung mit Wasser, absetzt.

Phosphor (P).

(Aeq.-Gew. = 31. — Specif. Gew. = 1,84.)

— 1669 von Brandt und Kunkel im Urin, 1769 von Gahn und Scheele in den Knochen entdeckt. —

154. Vorsicht bei Versuchen mit Phosphor. Bei den Versuchen mit Phosphor ist allen Ernstes darauf zu achten, dass er sich nicht zur Unzeit entzünde, da er mit der grössten Heftigkeit fortbrennt und gefährliche Brandwunden veranlassen kann. Er ist im Stande, besonders zur Sommerzeit, sich schon beim ruhigen Daliegen auf Löschpapier oder durch die Wärme der Finger zu entzünden; man muss ihn daher unter Wasser aufbewahren und zerschneiden. Wird er aus dem Wasser herausgenommen, so hält man ihn mit einer kleinen Zange, oder spiesst ihn an die Spitze eines Federmessers; auch ist es der Vorsicht gemäss, zu den Versuchen nur kleine Quantitäten



Phosphor auf einmal anzuwenden und ein Wassergefäß parat zu halten, um ihn, wenn er Feuer fangen sollte, in dasselbe einzutauen zu können.

155. Eigenschaften des Phosphors. Der Phosphor ist in seinen Eigenschaften dem Schwefel sehr nahe verwandt, nur besitzt er eine ungleich hitziger Gemüthsart. Man könnte den Schwefel für einen phlegmatischen Bruder des Phosphors ansehen. Phosphor schmilzt, kocht, verdampft und verbrennt wie der Schwefel, nur ungleich leichter und schneller; im Winter ist er spröde, im Sommer biegsam wie Wachs. Im reinen und frischen Zustande ist er farblos, bei längerer Aufbewahrung aber wird er gelblich und überzieht sich mit einer etwas Wasser enthaltenden weissen Rinde. Der Phosphor ist ferner in Wasser unlöslich, aber löslich in Aether, Schwefelkohlenstoff und Oelen. Eingenommen ist der Phosphor ein überaus heftiges Gift; man benutzt ihn deshalb häufig zur Vertilgung der Ratten und Mäuse. Die sogenannte Rattenlatwerge (Phosphorteig) wird aus 1 Thl. Phosphor, 36 Thln. kochendheissem Wasser und 32 Thln. Roggengemehl zusammengemischt. Zu den Phosphorpillen kommt noch etwas mehr Mehl.

156. Allotropie des Phosphors. Rother Phosphor. Wird farbloser Phosphor längere Zeit dem Lichte oder einer Hitze von 250°C . ausgesetzt, so erfährt er eine bemerkenswerthe Veränderung, indem er in einen allotropischen Zustand übergeht. Er nimmt dann eine röthlichschwarze, als Pulver eine scharlachrothe, zinnoberähnliche Farbe an und hat nun seine leichte Entzündlichkeit und Löslichkeit wie seine Leuchtkraft verloren, kann aber durch noch stärkeres Erhitzen vollkommen wieder in gewöhnlichen Phosphor übergeführt werden.

Versuche mit Phosphor.

157. Phosphorlösung. Versuch. In ein kleines Gläschen bringe man zuerst 10 C. C. Aether, dann ein linsengrosses Stück Phosphor, verstopfe das Gefäß und lasse es unter öfterem Umschütteln einige Tage stehen. Die Flüssigkeit wird abgegossen; sie enthält ungefähr $\frac{1}{2}$ Decigr. Phosphor aufgelöst und dient zu folgenden Versuchen:

Stöckhardt, die Schule der Chemie.

Langsame Verbrennung. Leuchten. *Versuch a.* Einige Tropfen der Phosphorlösung werden auf die Hand gegossen und schnell auf ihr verrieben: in einigen Augenblicken ist der Aether verdunstet, der Phosphor aber bleibt in der feinsten Vertheilung auf der Hand zurück. Je feiner derselbe vertheilt ist, um desto leichter verbindet er sich mit dem Sauerstoff der Luft; während dieser Verbindung verbreitet er einen weissen Rauch und ein starkes Licht (er phosphorescirt), daher leuchten die Hände an einem dunkeln Orte. Von dieser Eigenschaft ist der Name Phosphor herzuleiten: *phos* — heisst Licht, *phor* — Träger. Durch Reiben der Hände wird dieses Leuchten stärker, weil der Phosphor dadurch immer wieder eine frische Oberfläche erhält, die begierig von Neuem Sauerstoff anzieht. Die Wärme, die dabei entwickelt wird, ist zu unbedeutend, um eine Entzündung zu veranlassen. Man nennt diese bei niedriger Temperatur stattfindende Oxydation eine langsame Verbrennung. Während des Leuchtens riechen die Hände nach Knoblauch und erlangen zugleich einen sauren Geschmack, weil die gebildete Sauerstoffverbindung des Phosphors eine Säure ist; sie heisst phosphorige Säure und besteht aus 1 Aeq. Phosphor und 3 Aeq. Sauerstoff. Will man dieselbe in grösserer Quantität darstellen, so legt man ein Stückchen Phosphor in ein Glas und lässt dieses im Keller so lange stehen, bis der Phosphor sich in eine farblose, saure Flüssigkeit verwandelt hat. Hierbei nimmt jedoch auch ein Theil der erzeugten phosphorigen Säure noch mehr Sauerstoff auf und wird zu Phosphorsäure; die gewonnene saure Flüssigkeit ist demnach ein Gemenge von diesen beiden Säuren.

Lebhafte Verbrennung. *Versuch b.* Man befeuchte ein Stück Zucker mit der Phosphorlösung und werfe es in kochend-heisses Wasser: durch die Wärme des letzteren wird der Aether sammt dem gelösten Phosphor luftförmig; beide steigen auf die Oberfläche des Wassers und entzünden sich gewöhnlich dasselbst, indem sie sich mit dem Sauerstoff der Luft verbinden. Die Verbrennung erfolgt hier rasch und vollständig, und dabei nimmt der Phosphor eine grössere Menge Sauerstoff auf, nämlich 5 Aeq. Sauerstoff auf 1 Aeq. Phosphor; es bildet sich Phosphorsäure, die überall entsteht, wo Phosphor vollständig, d. h.

mit Flamme verbrennt, wie dies schon gezeigt worden ist (67. 72).

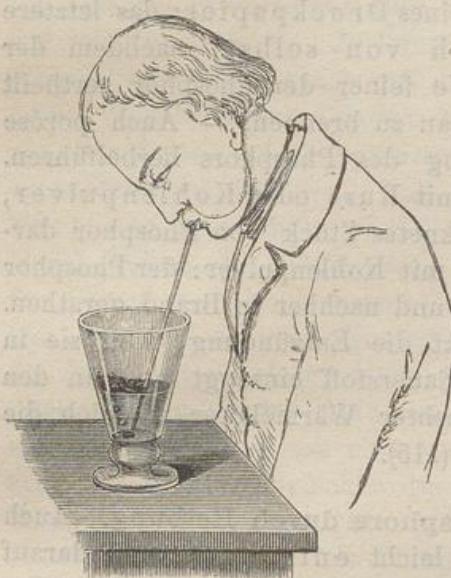
Selbstentzündung. *Versuch c.* Man giesse etwas von der Phosphor-Aetherlösung auf feines Druckpapier: das letztere erglimmt oder entzündet sich von selbst, nachdem der Aether sich verflüchtigt hat. Je feiner der Phosphor zertheilt ist, um desto leichter fängt er an zu brennen. — Auch poröse Körper können eine Entzündung des Phosphors herbeiführen. Man bestreue einen Ziegelstein mit Russ oder Kohlenpulver, lege ein erbsengrosses, abgetrocknetes Stück von Phosphor darauf und überdecke es gleichfalls mit Kohlenpulver: der Phosphor wird nach kurzer Zeit schmelzen und nachher in Brand gerathen. Die fein zertheilte Kohle bewirkt die Entzündung, weil sie in Folge ihrer Porosität begierig Sauerstoff einsaugt und an den Phosphor abgiebt und als schlechter Wärmeleiter zugleich die Abkühlung desselben verhindert (115).

158. Entzündung des Phosphors durch Reibung. Auch durch Reibung wird Phosphor leicht entzündet, und darauf gründet sich die in neuerer Zeit so allgemein gewordene Benutzung dieses Körpers zu Reibzündhölzchen. Die Zündmasse bereitet man aus heissem (70° C.) Gummischleim, wozu man kleine Stückchen Phosphor bringt, die man durch stetes Reiben bis zum Erkalten genau in dem Schleime vertheilt. Da aber die nach dem Trocknen harte Masse keine Luft zu dem in ihr eingeschlossenen Phosphor hinzulässt, so muss dafür gesorgt werden, dass der letztere im Innern einen sauerstoffreichen Körper vorfinde, dem er den zum Anzünden nothwendigen Sauerstoff wegnehmen kann. Man setzt daher Braunstein, Salpeter oder Mennige hinzu. $1\frac{3}{4}$ Thle. Phosphor, 4 Thle. Gummi arabicum, 4 Thle. Wasser, 2 Thle. Salpeter und 2 Thle. Mennige geben eine gute Zündmasse. Zum Anzünden der Streichhölzchen durch Erwärmung war nach 124. eine Temperatur von 65° bis 70° C. erforderlich, diese wird hier durch gleitende Reibung erzeugt. Dabei zerplatzt und verbrennt die Gummirinde, und das Fortbrennen kann nun durch den Sauerstoff der Luft erfolgen.

159. Unvollständige Verbrennung des Phosphors. *Versuch a.* Ein erbsengrosses Stück Phosphor wird in einem Glase

mit so viel heissem Wasser uebergossen, dass das Glas nur halb voll wird: der Phosphor schmilzt, kann aber nicht anbrennen,

Fig. 87.

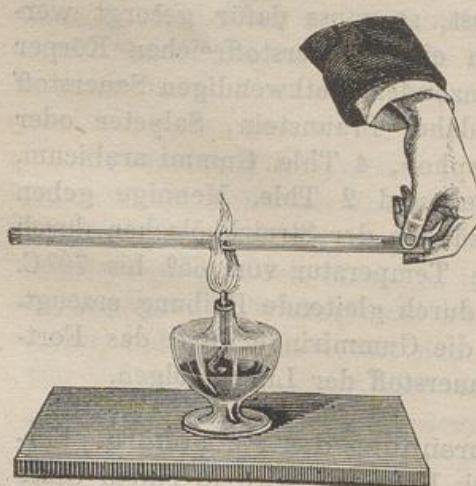


weil das Wasser ueber ihm den Zutritt der Luft verhindert. Bläst man jedoch vorsichtig, damit kein Uebersprudeln stattfinde, mit dem Munde Luft durch eine lange Glasröhre auf den Boden des Gefässes, so entsteht daselbst durch den Sauerstoff jeder Luftblase eine blitzartige Verbrennung, die man im Dunkeln besonders deutlich wahrnimmt. Das sich bildende und in der Flüssigkeit schwimmende, gelbrothe Pulver deutet an, dass sich hiebei ausser den Sauerstoffverbindungen des Phosphors

auch rother allotropischer Phosphor mit erzeugt. Man nannte diese Verbindung bisher Phosphoroxyd, nach neueren Untersuchungen giebt es jedoch keine solche Oxydationsstufe.

Kocht man etwas von dem überstehenden Wasser im Dunkeln,

Fig. 88.



so bemerkt man, dass der aufsteigende Dampf leuchtet. Die kleinsten Spuren von Phosphor verrathen sich auf diese Weise.

Versuch b. Dieselbe gelbrothe Verbindung erhält man, wenn man ein linsengrosses Stückchen Phosphor in der Mitte einer längeren an beiden Seiten offenen Glasröhre gelind bis zur Entzündung erhitzt. Ist dies geschehen, so wird die Lampe entfernt. So lange die Röhre hori-

zontal gehalten wird, ist die Verbrennung schwach und unvollständig, weil der schwere Rauch, der aus Phosphorsäure und phosphoriger Säure besteht, nur langsam abziehen und daher nur wenig frische Luft hinzutreten kann. An dem oberen Theile der Röhre setzt sich eine rothe Phosphormasse in Menge ab. Die Verbrennung wird aber sogleich lebhafter, wenn man die Röhre neigt; sie erfolgt am vollständigsten, wenn die letztere senkrecht gehalten wird, weil dann der Luftzug am stärksten ist. Man hat es auf diese Weise in seiner Gewalt, den Phosphor vorherrschend in Phosphorsäure, phosphorige Säure oder in die rothgelbe Verbindung umzuwandeln. Dieser Versuch ist auch zur Verdeutlichung des in Oefen und Schornsteinen stattfindenden Luftzuges (122) sehr geeignet.

160. Ozon. Versuch. Die langsame Verbrennung des Phosphors bei einer Temperatur von 25 bis 30° C. bietet Gelegenheit dar, einige Eigenschaften des Ozons (83), insbesondere den Geruch und die oxydirende Kraft desselben kennen zu lernen. Man fülle eine Schüssel halb voll mit heissem Wasser und stelle, wenn das Wasser bis zu 35° C. abgekühlt ist, eine mit einer Glasscheibe bedeckte Literflasche hinein, in welche man vorher eine etwa $\frac{1}{2}$ Decimeter lange Stange Phosphor und so viel Wasser gebracht hat, dass der Phosphor halb von Wasser und halb von Luft umgeben ist. Hatte die Phosphorstange in Folge längerer Aufbewahrung sich mit einer weissen Rinde überzogen, so schabt man diese unter kaltem Wasser vorher ab; der Phosphor zeigt dann deutlich weisse Nebel und einen knoblauchartigen Geruch. In dem warmen Wasser tritt eine verstärkte Rauchentwickelung ein, insbesondere wenn man die Flasche öfters bewegt, um immer neue Phosphortheile mit der Luft in Berührung zu bringen. Riecht man nach 4 bis 5 Minuten in die Flasche, so bemerkt man einen anderen, unangenehmen, zum Husten reizenden Geruch; dieser ist dem aus einem kleinen Theile des atmosphärischen Sauerstoffs erzeugten Ozon-Sauerstoff zuzuschreiben. Die heftig oxydirenden Wirkungen des letzteren geben sich an dem Jodstärkepapier und Guajakpapier am deutlichsten zu erkennen; hängt man Streifen davon in die Flasche, so findet man, dass durch Sauerstoffaufnahme die weisse Farbe des ersten bald in Braun und zuletzt in Dunkelblau übergeht, die bräun-

liche Farbe des letzteren aber in Hellblau, während in ozonfreier atmosphärischer Luft eine Sauerstoffaufnahme und Farbenänderung nicht eintritt. Pflanzenfarben werden durch Ozon, ähnlich wie durch Chlor, gebleicht, Metalle in Oxyde, Oxyde in Superoxyde umgewandelt u. a. m. — Sollte der Phosphor bei diesem Versuche sich etwa entzünden, so giesse man rasch so viel kaltes Wasser in die Flasche, dass dieses den Phosphor ganz bedeckt.

Das Jodstärkepapier erhält man, indem man Papierstreifen durch dünnen Stärkekleister (178) zieht, unter den man einige Tropfen Jodkaliumlösung (282) gerührt hat. Durch Ozon (ebenso durch Chlor und salpetrige Säure) wird Jod in Freiheit gesetzt, welches die Stärke tiefblau färbt. Dasselbe Papier benutzt man als Ozonometer, um den wechselnden Gehalt der Luft an Ozon zu bestimmen. Zur Herstellung des Guajakpapiers tränkt man das Papier mit einer Lösung von Guajakharz in Weingeist (Guajaktinctur).

161. Darstellung des Phosphors. Der Phosphor wurde sonst aus Urin gewonnen, jetzt stellt man ihn allgemein aus Knochen dar. Die Knochen bestehen der Hauptsache nach aus Leim (Knorpel), Kalk und Phosphorsäure (PO_5).

Leim wird entfernt durch Glühen der Knochen (er verbrennt).

Kalk wird entfernt durch Schwefelsäure (es entsteht schwefelsaurer Kalk).

Phosphor- Sauerstoff (O_5) wird entfernt durch Glühen mit Kohle (es entsteht Kohlenoxydgas).
Phosphor (P) bleibt übrig.
säure.

Da der Phosphor flüchtig ist und leicht brennt, so wird das Glühen der Phosphorsäure mit Kohle in einem verschlossenen Gefäss, gewöhnlich in einer irdenen Retorte, vorgenommen, deren Hals in ein Wassergefäß taucht, in dem sich die Phosphordämpfe verdichten. Es ist also eine Destillation. Das sich entwickelnde Kohlenoxydgas entweicht, nebst etwas Phosphorwasserstoffgas und Kohlenwasserstoffgas, durch das Wasser.

Desoxydiren durch Kohle. Die Kohle hat die Fähigkeit fast allen Säuren und Basen, wie hier der Phosphorsäure, in der Glühhitze den Sauerstoff wegzunehmen, oder, wie man sagt, sie zu desoxydiren oder reduciren; dabei entsteht aus dem

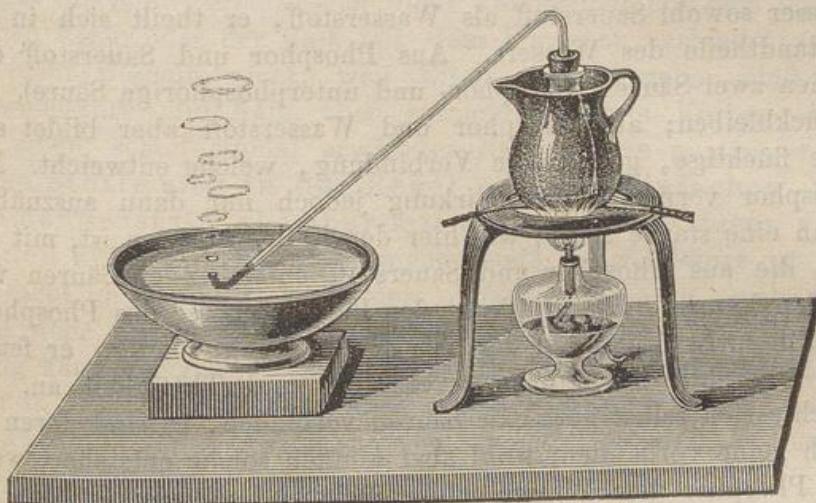
Kohlenstoff und Sauerstoff Kohlenoxydgas (CO), welches entweicht. Wir gewinnen fast alle unsere Metalle aus den in der Erde vorkommenden Metalloxyden oder Erzen durch Erhitzen derselben mit Kohle.

Phosphorwasserstoff (H_3P).

(Aeq.-Gew. = 34.)

162. *Versuch.* In ein kleines Kochfläschchen bringe man 10 Grm. gelöschten Kalk und ein erbsengrosses Stück Phosphor, fülle das Gläschen bis an den Hals voll Wasser und stelle es

Fig. 89.



in ein kleines Töpfchen, in dem sich starkes Salzwasser befindet. Dieses wird aus 1 Thl. Kochsalz und 3 Thln. Wasser bereitet. Nachdem man die Oeffnung des Gläschens mit einer gebogenen Glasröhre, die mit ihrem anderen Ende in ein Wassergefäß taucht, verbunden hat, erhitzt man das Salzwasser bis zum Kochen: es wird sich eine Gasart entwickeln, die sich, so wie sie aus dem Wasser in die Luft tritt, von selbst entzündet. Dieses Gas heisst Phosphorwasserstoffgas und besteht aus mehreren Verbindungen von Phosphor und Wasserstoff, der Hauptsache nach aus H_3P . Fängt man dasselbe in einem mit Wasser gefüllten Probergläschen auf die bekannte Weise auf, so entzündet es sich erst dann, wenn man das Gefäß an der Luft öffnet. Beim Brennen desselben verbinden sich sowohl Phosphor als

Wasserstoff mit dem Sauerstoff der Luft, und es entsteht Phosphorsäure (PO_5) und Wasser (3HO). Die erstere bildet einen weissen Rauch, welcher, wenn das Gas in einzelnen Blasen aus dem Wasser aufsteigt, eine ringförmige Gestalt hat. Unverbrannt riecht das Gas knoblauchartig.

163. Prädisponirende Verwandtschaft. Bei der Bereitung von Schwefelwasserstoff (146) nahm das Eisen dem Wasser seinen Sauerstoff und der Schwefel verband sich nun mit dem freigewordenen Wasserstoff. Was diese beiden Stoffe zusammen vermochten, das vermag der Phosphor allein: er entzieht dem Wasser sowohl Sauerstoff als Wasserstoff, er theilt sich in die Bestandtheile des Wassers. Aus Phosphor und Wasserstoff entstehen zwei Säuren (Phosphor- und unterphosphorige Säure), die zurückbleiben; aus Phosphor und Wasserstoff aber bildet sich eine flüchtige, gasförmige Verbindung, welche entweicht. Der Phosphor vermag diese Wirkung jedoch nur dann auszuüben, wenn eine starke Basis, wie hier der Kalk, zugegen ist, mit der sich die aus Phosphor und Wasserstoff entstehenden Säuren verbinden können. Der Kalk ist der Bundesgenosse des Phosphors, er hilft nicht direct bei der Wasserzersetzung, sondern er feuert den Phosphor nur zu grösserer Kraft und Thätigkeit an. Er möchte sich selbst gern mit Säuren verbinden, es sind deren jedoch keine vorhanden; wohl aber können solche entstehen, wenn der Phosphor dem Wasser seinen Sauerstoff entzieht. Dies geschieht, und man kann sagen: der Kalk treibt den Phosphor an, er disponirt ihn zur Wasserzersetzung, damit er selbst sein Gelüste nach einer Verbindung mit Säuren befriedigen könne. Hieraus wird der Name erklärlich werden, den diese Art von Verwandtschaft erhalten hat; man nennt sie nämlich eine prädisponirende oder antreibende. Durch das Wort *prae*, vorher, soll angedeutet werden, dass es eine Verwandtschaft, ein Verlangen ist nach einem Körper, der noch nicht existirt, der aber aus den vorhandenen Elementen gebildet werden kann, und auch, eben in Folge dieses Verlangens, wirklich gebildet wird.

Betrachtet man jetzt den Vorgang bei der Bereitung des Wasserstoffs (87) und Schwefelwasserstoffs (146), so wird man nicht im Zweifel sein können, dass auch in diesen zwei Fällen eine prädisponirende Verwandtschaft thätig ist. Der an-

treibende Körper ist dort aber eine Säure, die starke Schwefelsäure. Diese hat ein grosses Verlangen nach einer Basis und drängt das Eisen, sich in eine solche umzuwandeln, was leicht geschehen kann, wenn das letztere sich mit dem Sauerstoff des Wassers verbindet. Dadurch wird der andere Bestandtheil des Wassers frei und entweicht in luftförmiger Gestalt, im ersten Falle allein, im zweiten in Gemeinschaft mit dem Schwefel, den das Eisen in dem Augenblicke loslässt, wo es sich mit dem ihm mehr zusagenden Sauerstoff verbindet.

164. Verbindungsgesetz. Es nimmt vielleicht Wunder, warum die Schwefelsäure sich nicht unmittelbar mit dem metallischen Eisen oder der Kalk mit dem Phosphor verbindet; dies geschieht deshalb nicht, weil Eisen und Phosphor einfache, Schwefelsäure und Kalk aber zusammengesetzte Körper sind, und einem schon einmal erwähnten Naturgesetze gemäss, einfache Stoffe sich in der Regel nur mit einfachen, zusammengesetzte aber nur mit zusammengesetzten verbinden können. Die zusammengesetzte Schwefelsäure ist daher nicht im Stande, sich mit dem einfachen Eisen zu vereinigen, wohl aber mit dem zusammengesetzten Eisenoxydul. Ebenso wenig kann der zusammengesetzte Kalk mit dem einfachen Phosphor in Verbindung treten; dies geschieht aber sogleich, wenn der Phosphor durch Anziehung von Sauerstoff ebenfalls zu einem zusammengesetzten Körper geworden ist.

165. Wasserbad. Das Einsetzen des Gläschens bei dem eben beschriebenen Versuche in Salzwasser hat zum Zweck, das Anbrennen des Phosphors beim etwaigen Springen des Gläschens zu verhindern. Salzwasser von der angegebenen Stärke kocht erst bei 109° , es entsteht also durch dasselbe ein lebhafteres Kochen in dem Gläschchen, als wenn man das letztere in blossem Wasser, welches nur 100° heiss werden kann, erhitzt. Man nennt einen Apparat, in dem man Körper durch heisses Wasser oder heisse Salzlösungen erhitzt, ein Wasser- oder Marienbad. Auf ähnliche Weise werden Extracte abgedampft und Stoffe getrocknet, die bei stärkerer Hitze leicht anbrennen oder sonst verändert werden.

Phosphor und Schwefel zeichnen sich besonders durch ihre grosse Brennbarkeit aus; man kann sie aus diesem Grunde Pyogene oder Feuererzeuger nennen.

Rückblick auf die Pyogene

(Schwefel, Selen, Tellur und Phosphor).

- 1) Einfache Körper verbinden sich in der Regel nur mit einfachen, zusammengesetzte nur mit zusammengesetzten.
- 2) Sollen ein Paar Körper chemisch auf einander wirken, ^{so} muss gewöhnlich einer von ihnen tropfbar oder gasförmig sein.
- 3) Wenn Körper plötzlich fest werden, die vorher in einer Flüssigkeit aufgelöst oder als Dampf mit Luft vermengt waren, so erhält man sie als einen zarten, feinen Staub (Schwefelmilch und Schwefelblumen).
- 4) Alle feinzertheilten und porösen Körper saugen begierig Gasarten ein und verdichten sie in sich; bei manchen geschieht dies mit solcher Kraft, dass die Gase sich innerhalb der Poren chemisch mit einander verbinden (Platinschwamm, Holzkohle, Russ).
- 5) Eine unvollständige Verbrennung oder Oxydation findet statt, wenn nicht genug Luft (Sauerstoff) vorhanden ist; eine langsame Verbrennung, wenn ein Körper sich bei niedrigerer Temperatur mit Sauerstoff verbindet; eine vollständige und rasche Verbrennung aber, wenn die Verbindung in höherer Temperatur und bei reichlich vorhandener Luft vor sich geht. In den beiden ersten Fällen entstehen niedrigere Oxydationsstufen, in dem letzteren höhere.
- 6) In der Chemie gilt das Recht des Stärkeren; ein starker chemischer Körper kann einen schwächeren aus seiner Verbindung mit einem anderen austreiben und sich an die Stelle des letzteren setzen. Dies nennt man Zersetzung durch einfache Wahlverwandtschaft.
- 7) Zersetzung durch doppelte Wahlverwandtschaft tritt ein, wenn zwei Verbindungen ihre Bestandtheile gegenseitig austauschen.
- 8) Wird eine einfache oder doppelte Wahlverwandtschaft



erst durch Hülfe eines dritten Körpers, gewöhnlich durch eine starke Säure oder eine starke Basis, rege gemacht, so nennt man dies eine Zersetzung durch prädisponirende Verwandtschaft.

9) Desoxydiren, der Gegensatz von Oxydiren, heisst: den Sauerstoff aus einer Verbindung hinwegnehmen.

10) Um einen chemischen Stoff zu erkennen und von anderen zu trennen, versetzt man die Lösung desselben mit Reagentien, d. h. mit solchen Stoffen, die damit eine unlösliche Verbindung bilden (Niederschlag), oder die Farbe, den Geruch etc. desselben verändern; Veränderungen solcher Art heissen Reactionserscheinungen.

11) Nur an löslichen Körpern bemerkt man Geschmack, nur an flüchtigen Geruch.

Dritte Gruppe der Nichtmetalle: Halogene.

Chlor (Cl).

(Aeq.-Gew. = 35,5. — Specif. Gew. = 2,44.)

— 1774 von Scheele entdeckt und „dephlogistisirte Salzsäure“ genannt;
1810 von Davy für ein Element erklärt. —

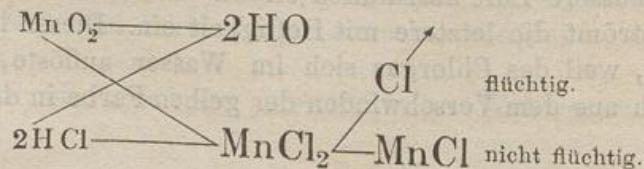
166. Bereitung von Chlor. Versuch. 20 Grm. grob gestossenen Braunsteins werden mit 60 Grm. roher Salzsäure übergossen und in einem mit einer gebogenen Glasröhre verbundenen Kochfläschchen (Fig. 90 a. f. S.) langsam erhitzt: es entweicht ein gelbgrünes Gas, das auf die bekannte Weise aufgefangen wird. Dieses Gas heisst Chlor, weil es eine grünliche Farbe hat (das griechische Wort *chloros* bedeutet gelbgrün). Man füllt mehrere weisse Gläser von etwa 200 C.C. Inhalt damit an und verstöpselt sie. Ausserdem lässt man ein Glas nur zu $\frac{2}{3}$ sich mit Gas füllen und schüttelt es mit dem zurückgebliebenen $\frac{1}{3}$ Wasser: das Glas bleibt an dem die Oeffnung verschliessenden Finger hängen, ein Beweis, dass innen ein luftverdünnter Raum entstanden ist, den die äussere Luft auszufüllen strebt. Entfernt man den Finger, so strömt die letztere mit Heftigkeit ein. Dieser leere Raum entstand, weil das Chlorgas sich im Wasser auflöste, wie man dies auch aus dem Verschwinden der gelben Farbe in dem oberen

Theile des Gläschens schliessen kann. 1 Maass Wasser kann bei 12° C. 2 1/2 Maass Chlor auflösen; die Auflösung heisst Chlorwasser.

Fig. 90.



Vorgang bei der Chlorbereitung. Die Salzsäure, die man sich allgemein aus dem Kochsalze darstellt, ist eine Verbindung von Chlor und Wasserstoff und gehört zu der Reihe der Wasserstoffsäuren; nimmt man ihr den Wasserstoff weg, so muss das Chlor frei werden. Dies geschieht auf folgende Weise. Wenn Salzsäure mit Braunstein (Mangansuperoxyd, MnO_2) zusammengebracht wird, so entzieht der Sauerstoff des Braunsteins der Salzsäure ihren Wasserstoff und es entsteht Wasser, zugleich aber auch aus dem in Freiheit gesetzten Mangan und Chlor **Mangansuperchlorür** ($MnCl_2$). Das Mangansuperchlorür verliert aber schon durch ganz gelindes Erwärmen die Hälfte seines Chlors, ähnlich, nur weit leichter, wie aus dem Mangansuperoxyd (Braunstein) beim Glühen ein Theil des Sauerstoffs entweicht. Aus Mangansuperchlorür entsteht demnach **Manganchlorür** ($MnCl$) und freies Chlor, welches letztere als gelbes Gas entweicht



167. **Status nascens.** Treibt man den Sauerstoff vorher durch Glühen aus dem Braunstein aus und leitet ihn sodann in Salzsäure, so hat er die Kraft nicht mehr, der letzteren ihren Wasserstoff zu entziehen; man erhält kein Chlor. Nur der neu geborene Sauerstoff hat diese Kraft in dem Augenblicke, in welchem er aus einer anderen Verbindung ausgeschieden wird; ist er einmal frei, so hat er viel weniger Neigung, seine Freiheit wieder aufzugeben. Man nennt den ersten: Sauerstoff in *status nascendi*. Diese Eigenthümlichkeit zeigen alle anderen Elemente, und sie wird sehr oft benutzt, um freiheitliebende Körper, d. h. solche, die nur eine schwache Verwandtschaft zu anderen zeigen, zu Verbindungen zu nöthigen, die man auf directem Wege nicht hervorbringen kann.

168. **Chlor aus Kochsalz.** Die Salzsäure erhält ihr Chlor aus dem Kochsalze, welches zur reichlichen Hälfte aus Chlor besteht. Man kann dieses Gas daher auch aus Kochsalz darstellen, wenn man 1 Thl. davon mit 1 Thl. Braunstein, 2 Thln. Schwefelsäure und 2 Thln. Wasser mengt und erwärmt; die Schwefelsäure entwickelt aus dem Kochsalze Salzsäure, und diese wird auf die schon angegebene Weise durch den Braunstein zerlegt. Wie durch Braunstein, so erhält man auch durch alle anderen Körper, welche leicht Sauerstoff abgeben, z. B. durch chromsaures Kali, Mennige, Salpetersäure u. s. w., Chlorgas, wenn man sie mit Salzsäure oder mit Kochsalz und Schwefelsäure erwärmt.

Versuche mit Chlorgas und Chlorwasser.

169. **Eigenschaften des Chlors.** Das Chlor wirkt giftig, wenn man es einathmet; man muss sich daher bei seiner Bereitung und bei den Versuchen mit Chlorgas sehr in Acht nehmen, es einzuschlucken. Zu grösserer Sicherheit giesst man einige Tropfen Weingeist und Salmiakgeist (Ammoniak) auf ein Tuch und wedelt mit diesem öfters durch die Luft; das in der letzteren enthaltene Chlor wird dann so verändert, dass es seine Schädlichkeit verliert.

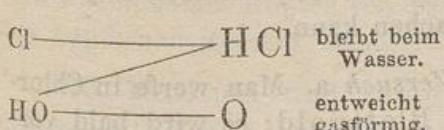
Um den Geruch des Chlors wahrzunehmen, rieche man vorsichtig an dem Chlorwasser (nicht an dem Chlorgas); das Chlor-

wasser kann auch ohne Gefahr gekostet werden. Der Geruch des Chlors ist eigenthümlich stechend und erstickend, sein Geschmack herbe und schrumpfend. Stellt man an einem luftigen Orte ein Gläschen mit Chlorgas offen an die Luft, so bemerkt man kein Verschwinden desselben; kehrt man das Gläschen aber um, so wird es in kurzer Zeit nur noch atmosphärische Luft enthalten. Das Chlorgas ist beinahe $2\frac{1}{2}$ mal schwerer als gewöhnliche Luft.

170. Bleichkraft des Chlors. Versuch. Man werfe ein Stückchen Lackmuspapier in Chlorgas: es wird weiss; man giesse zu etwas Rothwein oder Tinte Chlorwasser: beide Flüssigkeiten verlieren ihre Farbe. Das Chlor bleicht und zerstört alle Farben, die aus dem Pflanzen- oder Thierreiche abstammen. In Folge dieser Eigenschaft ist das Chlor zum wichtigsten Bleichmittel geworden, mit dem man jetzt in wenigen Stunden Leinwand, Baumwolle, Papier u. a. Stoffe zur blendendsten Weisse bringen kann, zu deren Bleichung man Wochen, ja Monate brauchen würde, wenn man sie nach der gewöhnlichen Weise auf Rasen an die Sonne legte. Man nennt diese Bleichmethode Schnell- oder Fixbleiche (die ältere Rasenbleiche). Sie ist ganz vortrefflich und schadet der Haltbarkeit der Zeuge nicht im Mindesten, wenn man nur dafür sorgt, dass alles Chlor nach dem Bleichen vollständig wieder weggeschafft wird, was indess nicht so leicht geht, als manche Bleicher glauben. Beobachtet man diese Vorsicht nicht, oder wendet man zu viel oder zu starkes Chlorwasser an, so wird freilich, nachdem die Farbe zerstört ist, auch die Faser des Garnes oder Gewebes selbst angegriffen und zerstört. Die Schuld ist dann aber nicht sowohl dem Chlor, sondern vielmehr der unverständigen Anwendung desselben zuzuschreiben. In dem unterschwefligen sauren Natron (Antichlor) hat man ein Salz, durch welches sich das in den gebleichten Stoffen etwa noch vorhandene Chlor aufs Vollständigste unschädlich machen lässt. Das Bleichen geschieht jetzt nur noch selten mit Chlorgas selbst oder mit Chlorwasser, wobei die Gesundheit der Arbeiter zu sehr gefährdet ist, sondern mit Chlorkalk, einem Salze, in dem das Chlor chemisch gebunden ist, aus dem es aber sehr leicht, schon durch blosses Stehen an der Luft, wieder frei gemacht werden kann.

171. Desinficirende Kraft des Chlors. *Versuch.* Man setze zu faulenden und stinkenden Stoffen (Wasser aus Blumenvasen, Mistjauche, faulen Eiern etc.) Chlorwasser: der unangenehme Geruch wird sogleich aufs Vollständigste verschwinden. Das Chlor zersetzt, wie die Farben, so auch die flüchtigen Verbindungen, die sich bei der Fäulniss bilden und den bekannten unangenehmen Geruch veranlassen. Ebenso wirkt es auch auf die Krankheitsstoffe (Miasmen und Contagien), die sich bei vielen Krankheiten in der Luft ausbreiten, oder an Kleidern und Betten festhaften und ansteckend auf andere Personen wirken. Man hat daher in dem Chlor ein kräftiges Desinfectionsmittel, um dadurch Krankheits- oder faulige Stoffe, verpestete Luft etc. wieder zu reinigen, und um das Weiterfaulen organischer Körper zu verhindern. Dumpfige Fässer werden wieder rein, wenn man sie mit Chlorwasser und zuletzt mit etwas Kalkmilch ausspült. Moderige Keller und Gewölbe, in denen sich Milch oder Bier nicht mehr hält, ohne umzuschlagen, werden wieder auf lange Zeit brauchbar durch Räucherung mit Chlorgas oder durch Auspinseln mit Chlorkalkauflösung.

172. Chlorwasser im Licht. *Versuch.* Ein kleines, weisses Gläschen wird mit Chlorwasser gefüllt und verkehrt in eine mit Wasser gefüllte Tasse gestellt: es bleibt an einem dunklen Orte unverändert. Stellt man dasselbe aber in die Sonne, so sammelt sich in dem oberen Theile des Gläschens eine farblose Luftart an, in der sich ein glimmender Holzspan entzündet; diese Luftart ist Sauerstoff. Nach einigen Tagen hat das Wasser den Chlorgeruch verloren, es schmeckt sauer und blaues Lackmuspapier wird darin nicht mehr weiss, sondern roth. Es waren nur drei Elemente vorhanden: die Bestandtheile des Wassers und Chlor, es ist klar, das Chlor hat sich mit dem Wasserstoff des Wassers zu Salzsäure verbunden, der Sauerstoff des Wassers aber ist frei geworden. Das Chlor hatte hier die Wahl zwischen dem Wasserstoff und Sauerstoff des Wassers; es wählte den ersten, woraus erhellt, dass es eine grössere Verwandt-



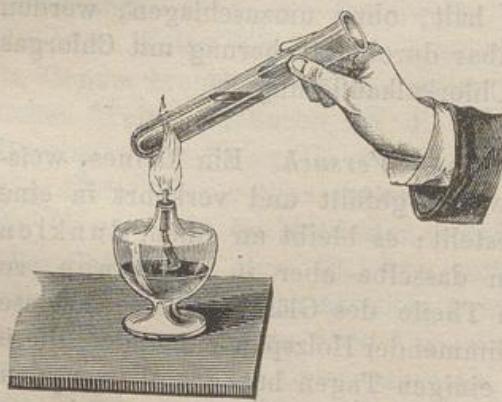
schaft zum Wasserstoff als zum Sauerstoff besitzt. Dieser Vorgang ist wieder ein Beispiel einer einfachen Wahlver-

wandtschaft. Man schützt die Flaschen, in denen Chlorwasser aufbewahrt wird, am einfachsten vor der Zersetzung durch das Licht durch Bekleben mit schwarzem Papier.

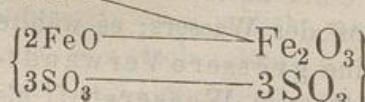
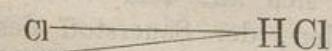
Aus der starken Verwandtschaft des Chlors zum Wasserstoff lassen sich jetzt die bleichenden und desinficirenden Wirkungen desselben leicht erklären. Alle Pflanzen- und Thierstoffe enthalten Wasserstoff, dieser wird ihnen durch das Chlor weggenommen. Fällt aber eine einzige chemische Säule, so stürzt das ganze chemische Gebäude nach. Durch Entziehung des Wasserstoffs entstehen aus gefärbten Stoffen farblose, aus riechenden geruchlose, aus Krankheitsstoffen unschädliche, aus unlöslichen Stoffen sehr häufig lösliche etc.

173. Chlor als Oxydationsmittel. *Versuch.* In einem Probirgläschen löse man ein wenig Eisenvitriol (schwefelsaures

Fig. 91.



stoffs hat, aber noch mehr davon aufnehmen kann, nämlich das Eisenoxydul. Dieses wird höher oxydirt, und die gelbe Flüssig-



keit enthält nun schwefelsaures Oxyd. Man hat also in dem Chlorwasser ein starkes Oxydationsmittel, durch welches man leicht aus Oxydulsalzen Oxydsalze machen kann.

174. Metalle und Chlor. *Versuch a.* Man werfe in Chlorwasser ein Blättchen von echtem Blattgold: es wird bald ver-

schwinden, weil das einfache Chlor sich mit dem einfachen Gold verbindet. Die Verbindung heisst Chlorgold; sie ist im Wasser aufgelöst. Das Chlor hat eine sehr grosse Neigung, sich mit den Metallen zu verbinden. Diese Verbindungen verhalten sich ganz wie Salze; man nennt sie Chlormetalle; die meisten derselben sind in Wasser löslich.

Versuch b. In eine mit Chlorgas gefüllte Flasche schütte man ein wenig zu Pulver zerriebenes Antimonmetall: dasselbe wird während des Herabfallens glühend und bildet einen Feuerregen. Das Feuer entsteht durch die heftige Verbindung des Chlors mit dem Antimon. Der weisse Rauch, der das Fläschchen anfüllt, ist die neu entstandene Verbindung, Chlorantimon.

Versuch c. Man flechte feinen Messingdraht, z. B. eine Claviersaite, zu einem längeren Büschel zusammen, drücke an das untere Ende einige Blätter von unechtem Blattgold (Goldschaum) fest und senke denselben in eine mit Chlorgas gefüllte Flasche: es tritt hier gleichfalls ein lebhaftes Erglühen ein und der Draht verbrennt unter Funkensprühen. Verbrennen heisst in diesem Falle so viel, als: sich mit Chlor verbinden. Messing besteht aus Zink und Kupfer, es bilden sich demnach Chlorzink und Chlorkupfer. Beide lösen sich in hinzugegossenem Wasser auf und das Chlorkupfer ertheilt der Auflösung eine blaugrüne Farbe.

175. Eisen ist stärker als Kupfer. *Versuch.* Man lege in die Flüssigkeit vom vorigen Versuche eine blanke Messerklinge: sie wird sich nach kurzer Zeit mit einer Haut von rothem Kupfermetall überziehen, während die Flüssigkeit ihre Farbe verliert. Das Eisen besitzt eine noch grössere Verwandtschaft zum Chlor als das Kupfer, und da in der Chemie immer das Recht des Stärkeren gilt, so zieht es das Chlor an sich und das Kupfer setzt sich in metallischer Gestalt ab. Man benutzt diese Methode häufig, um ein Metall aus seiner Auflösung durch ein anderes niederzuschlagen. Blankes Eisen ist sonach ein Reagens auf Kupfer, und wir können durch eine blanke Messerklinge sehr einfach und genau ermitteln, ob in sauren Gurken oder Pflaumenmus Kupfer sei, welches bei sorgloser Bereitung aus den kupfernen Kesseln leicht in dieselben gelangen kann.

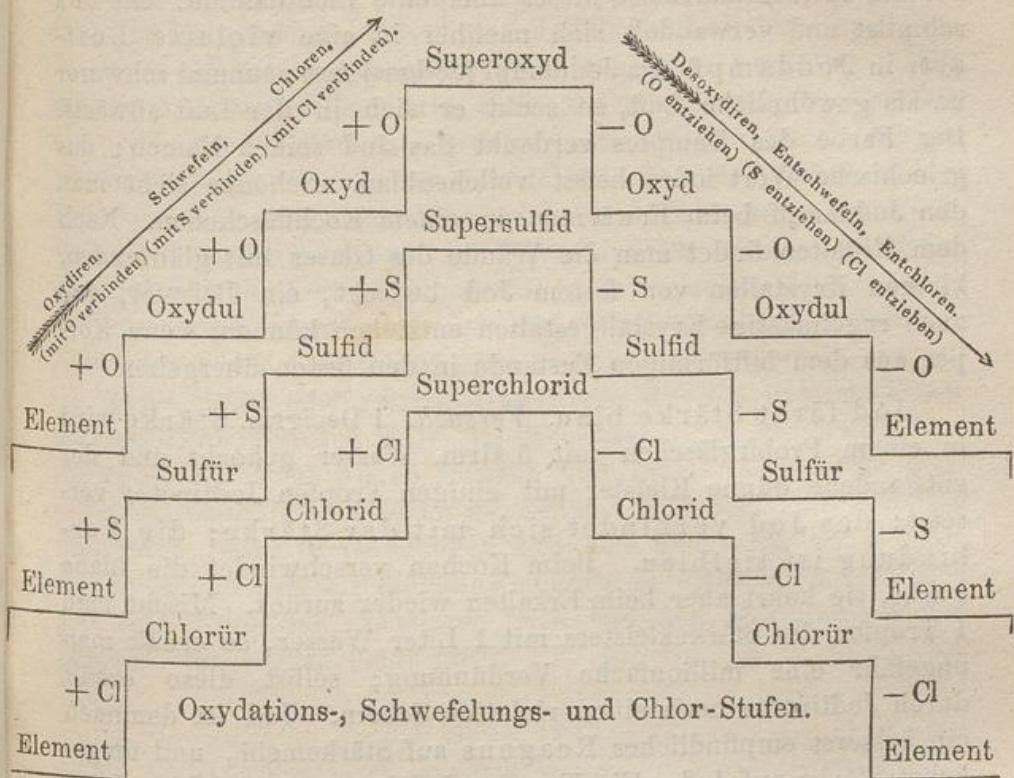
176. Natrium und Chlor. *Versuch.* Wird ein erbsengrosses Stück Natrium in eine Tasse geworfen, in der sich

Stöckhardt, die Schule der Chemie.

Chlorwasser befindet, so fährt es auf letzterem, ähnlich wie auf gewöhnlichem Wasser, mit zischendem Geräusche herum und verschwindet endlich; die Flüssigkeit reagirt aber nachher, vorausgesetzt, dass genug Chlor zugegen war, nicht basisch, wie bei Versuch 85, und schmeckt auch nicht laugenhaft, sondern salzig. Lässt man sie auf einem warmen Ofen allmälig verdunsten, so bleiben kleine würfelförmige Krystalle zurück, deren Bestandtheile Chlor und Natrium sind. Es hat sich also aus diesen beiden Elementen ein Salz gebildet, Chlornatrium, das allgemein bekannte Kochsalz.

177. Chlorstufen. Das Chlor kommt auch noch darin mit dem Sauerstoff und Schwefel überein, dass es sich, wie diese, in verschiedenen Verhältnissen mit anderen Elementen vereinigen kann. Es giebt also auch Chlorstufen, ebenso wie Oxydations- und Schwefelungsstufen. Für jede Sauerstoffverbindung eines Metalls giebt es in der Regel auch eine Schwefel- und eine Chlorverbindung desselben. Die Verbindungen mit der geringeren Menge Chlor heissen Chlorüre und entsprechen den Oxydulen und Sulfuren, die mit der grösseren Menge Chloride und entsprechen den Oxyden und Sulfiden. Noch höhere Chlorverbindungen führen den Namen Superchlorüre und Superchloride. Das folgende Schema wird jetzt von selbst verständlich sein.

Fig. 92.



J o d (J).

(Aeq.-Gew. = 127. Specif. Gew. = 5.)

— 1811 von Courtois in der Asche von Strandpflanzen entdeckt;
von Gay-Lussac als Element erkannt. —

178. Das Jod ist ein dem Reissblei sehr ähnlicher, fester Körper, der chlorartig riecht, scharf schmeckt und die Finger beim Anfassen braun färbt (Vorkommen 179).

Jodtinctur. *Versuch.* 1 Grm. Jod wird in einem Gläschen mit 10 Grm. starkem Weingeist übergossen; war das Jod rein, so löst es sich vollständig auf. Die dunkelbraune Auflösung heisst Jodtinctur. Wasser löst nur eine Spur davon auf, es erlangt aber doch dadurch eine gelbe Farbe und einen schrumpfenden Geschmack.

Joddampf. *Versuch.* Man streue einige Krümchen Jod auf ein Messer und halte dieses über eine Lichtflamme: das Jod schmilzt und verwandelt sich nachher in eine violette Luftart, in **Joddampf**. Da Joddampf (Jodgas) fast neunmal schwerer ist als gewöhnliche Luft, so senkt er sich in der Luft abwärts. Der Farbe des Dampfes verdankt das Jod seinen Namen; das griechische Wort *iodes* heisst veilchenblau. Schöner sieht man den Joddampf beim Erwärmen in einem Kochfläschchen. Nach dem Erkalten findet man die Wände des Glases mit glänzenden, kleinen Krystallen von festem Jod bedeckt, ein Beispiel, wie auch regelmässige Krystallgestalten entstehen können, wenn Körper aus dem luftförmigen Zustande in den festen übergehen.

Jod färbt Stärke blau. *Versuch.* 1 Decigrm. Stärke wird in einem Probergläschen mit 5 Grm. Wasser gekocht und der entstandene dünne Kleister mit einigen Tropfen Jodtinctur versetzt: das Jod verbindet sich mit der Stärke; die Verbindung ist tiefblau. Beim Kochen verschwindet die blaue Farbe, sie kehrt aber beim Erkalten wieder zurück. Mischt man 1 Tropfen des Stärkekleisters mit 1 Liter Wasser, so erhält man ungefähr eine millionfache Verdünnung; selbst diese erhält durch Jodtinctur noch einen violetten Schein. Jod ist demnach ein äusserst empfindliches Reagens auf Stärkemehl, und umgekehrt Stärke auf Jod. Ein Tropfen Jodtinctur, auf Mehl, Brot, Kartoffeln u. s. w. getropft, zeigt uns sofort an, dass sich Stärke in diesen Körpern befindet (Jodstärkepapier 160).

Brom (Br).

(Aeq.-Gew. = 80. — Specif. Gew. = 3.)

— 1826 von Balard im Meerwasser entdeckt. —

179. Das Brom kommt als eine dunkelbraunrothe, schwere, sehr flüchtige Flüssigkeit vor. Bromos bedeutet im Griechischen übler Geruch; diesen Namen erhielt das in Rede stehende Element, weil es sich schon bei gewöhnlicher Temperatur in einen gelbrothen Dampf verwandelt, der durchdringend unangenehm, chlorähnlich riecht. Stärke wird davon gelb gefärbt.

Jod und Brom. Jod und Brom haben in ihrem Verhalten gegen andere Körper die grösste Aehnlichkeit mit dem

Chlor. Sie besitzen wie dieses eine sehr starke Affinität zum Wasserstoff und bilden damit Säuren; sie vereinigen sich auch mit den Metallen zu Jodüren und Jodiden, Bromüren und Bromiden, welche sich gleichfalls ganz wie Salze verhalten. Hält man eine blanke Silberplatte über Jod und Brom, so läuft sie erst gelb, dann violett und blau an; die Dämpfe dieser Körper vereinigen sich nämlich mit dem Silber. Die entstandene dünne Haut von Jod- und Bromsilber wird im Lichte fast augenblicklich, im Schatten langsam, im Dunkeln nicht zersetzt. Hierauf gründet sich die Darstellung der Daguerre'schen oder Lichtbilder. Ausserdem wird Jod und Brom als Arzneimittel zur Vertreibung der Kröpfe und Skropheln etc. angewendet.

Beide Stoffe sind getreue Begleiter des Chlors; wo Kochsalz vorkommt, in der Erde, im Meerwasser, in Mineralquellen, da finden sich auch kleine Mengen von ihnen, aber nicht frei, sondern ebenfalls an Metalle gebunden. Die Seepflanzen haben die Kraft, diese Verbindungen aus dem Seewasser an sich zu ziehen und in sich festzuhalten; aus ihnen stellt man sich das Jod und Brom dar, Letzteres auch aus den Mutterlaugen der Salinen. Sie wirken beide giftig.

Fluor (Fl).

(Aeq.-Gew. = 19.)

180. Die Eigenschaften des Fluors in freiem Zustande sind zwar noch unbekannt, da eine Isolirung desselben bis jetzt noch nicht vollkommen gelungen ist; aus seinen Verbindungen geht jedoch hervor, dass es ein dem Chlor sehr ähnliches Element ist. Mit Wasserstoff verbunden stellt es die starke, Glas ätzende und Kieselerde lösende Flusssäure dar; mit Calcium das bekannte, in Würfeln krystallisirende Mineral Flussspath; mit Aluminium und Natrium den Kryolith u. a.

Cyan (Cy oder C₂N).

(Aeq.-Gew. = 26. — Specif. Gew. = 1,8.)

— 1815 von Gay-Lussac entdeckt und für ein „zusammengesetztes Radical“ erklärt. —

181. In dem als Malerfarbe allgemein bekannten Berlinerblau hat man als Bestandtheile: Eisen, Kohlenstoff und Stick-

stoff aufgefunden. Die beiden letzten Stoffe aber sind so innig mit einander verbunden, dass man sie für eins halten möchte. Das Auffallendste an dieser Verbindung ist: dass sie sich, obgleich zusammengesetzt, doch mit anderen Elementen verbinden kann, gerade so, als ob sie selbst ein Element wäre. Aus diesem Grunde steht sie auch hier unter dem Namen Cyan in der Reihe der Elemente. Im Cyan haben wir also eine Ausnahme von dem früher aufgeführten Gesetze, nach welchem sich einfache Körper nur mit einfachen, zusammengesetzte nur mit zusammengesetzten chemisch vereinigen können. Gegen andere Körper verhält sich das Cyan dem Chlor, Jod, Brom und Fluor überaus ähnlich: es ist gasförmig, es giebt wie diese mit Wasserstoff eine Säure, die schnell tödende Blausäure, und vereinigt sich wie diese mit Metallen zu Cyanüren und Cyaniden. Die Cyanmetalle gleichen ebenfalls den Salzen. Die Verbindung des Cyans mit dem Eisen sieht, wie schon erwähnt, schön blau aus; hieraus erklärt sich der Name Cyan; Kyanos bedeutet im Griechischen blau.

182. Halogene. Die fünf Nichtmetalle: Chlor, Jod, Brom, Fluor und Cyan, zeichnen sich dadurch aus:

- 1) Dass sie zum Wasserstoff eine viel grössere Verwandtschaft haben als zum Sauerstoff. Mit dem letzteren verbinden sie sich nur gezwungen (Sauerstoffsäuren).
- 2) Dass sie durch die Verbindung mit dem Wasserstoff zu Säuren werden (Wasserstoffsäuren).
- 3) Dass ihre Verbindungen mit den Metallen Salze sind. Man nennt diese Salze Haloidsalze, zum Unterschiede von den gewöhnlichen oder Sauerstoffsalzen, die aus einer Sauerstoffsäure und einer Basis bestehen.

Der letztgedachten Eigenschaft wegen hat man diesen fünf Elementen den Namen Halogene oder Salzbilder gegeben.

Rückblick auf die Halogene.

(Chlor, Jod, Brom, Fluor und Cyan.)

- 1) Krystalle können sich bilden: 1. aus einer Auflösung, entweder durch Abkühlung (Salpeter), oder Verdunstung (Koch-

salz); 2. aus einer geschmolzenen Flüssigkeit beim Erstarren (Schwefel), und 3. aus Dämpfen, wenn diese durch Abkühlung sogleich fest werden (Schnee, Jod).

2) Den krystallisirten oder regelmässig gestalteten Körpern gegenüber stehen die amorphen, an denen eine bestimmte Gestalt nicht zu bemerken ist (glasartige und pulverige Körper). Manche Körper können zwei oder noch mehre verschiedene Gestalten annehmen; sie heissen dann dimorph oder polymorph (Kohle, Schwefel).

3) Das Wasser kann nicht nur feste Körper, sondern auch gasförmige, z. B. Chlor, Schwefelwasserstoff etc., auflösen, und zwar löst es um so mehr davon auf, je kälter es ist.

4) Wie die Wärme, so kann auch das Licht chemische Verbindungen bewirken oder aufheben.

5) Ein Körper hat in dem Augenblicke, wo er aus einer Verbindung ausgeschieden wird (*in statu nascenti*), die grösste Neigung zu neuen Verbindungen.

6) Es giebt ausnahmsweise auch zusammengesetzte Körper, die sich mit einfachen gerade so verbinden können, als ob sie chemische Elemente wären (Cyan).

Vierte Gruppe der Nichtmetalle: Hyalogene.

Bor (B).

(Aeq.-Gew. = 11.)

— 1808 von Thénard und Gay-Lussac nachgewiesen. —

Kiesel oder Silicium (Si).

(Aeq.-Gew. = 14.)

— 1824 von Berzelius rein dargestellt. —

183. Bor und Kiesel. Diese beiden Stoffe kommen nur oxydirt in der Natur vor, das Bor selten, z. B. in der Bor- oder Boraxsäure und dem Borax, der Kiesel überaus häufig, z. B. in Sand und Quarz und fast in allen übrigen Gesteinen. Der Kiesel wird auch Silicium, vom lateinischen *Silex* = Kieselstein, genannt, daher sein Zeichen Si. Beide Elemente sind sehr schwierig aus ihren Verbindungen abzuscheiden und können dann so-

wohl in amorphem Zustande, als braune, glanzlose Pulver, als auch in krystallisirtem Zustande, als metallglänzende Blätter oder diamantähnliche Octaëder, auftreten. Mit Sauerstoff verbunden, als Borsäure und Kieselsäure, geben sie mit vielen Basen amorphe, glasähnliche Salze (Glas, Schlacke, Glasur), man kann das Bor und den Kiesel aus diesem Grunde Hyalogene oder Glaserzeuger nennen.

Rückblick auf die Nichtmetalle oder Metalloide.

1) Die bisher besprochenen 14 Stoffe werden Nichtmetalle oder Metalloide genannt, weil ihnen (doch nicht ohne Ausnahme) das metallische Ansehen abgeht.

2) Wärme und Elektricität gehen in ihnen nur äusserst langsam von einem Theilchen auf das andere über; sie sind (das krystallisierte Silicium ausgenommen) schlechte Leiter für Wärme und Elektricität. In den Metallen geschieht das Gegentheil; diese sind sehr gute Leiter.

3) Bei Zersetzungen durch galvanische Elektricität werden die Nichtmetalle immer an dem positiven Pole (an der Zinkseite), die Metalle an dem negativen Pole (an der Kupferseite) abgeschieden. Da nun der positive Pol nur die mit der entgegengesetzten Elektricität, der negativen, begabten Körper anzieht, der negative Pol aber nur die mit positiver Elektricität begabten, so nennt man die Nichtmetalle elektronegative Körper, die Metalle elektropositive.

4) Die Nichtmetalle können sich fast alle mit dem Wasserstoff verbinden, die Metalle in der Regel nicht. Einige dieser Wasserstoffverbindungen haben saure Eigenschaften (Wasserstoffsäuren).

5) In gleicher Weise verbinden die Nichtmetalle sich auch mit dem Sauerstoff, und zwar zu sauren Oxyden oder Sauerstoffsäuren. Die Metalle verbinden sich zwar auch mit dem Sauerstoff, meistens aber zu basischen Oxyden oder Basen.

6) Dem Aggregatzustande nach sind bei gewöhnlicher Temperatur

8 Nichtmetalle fest: C, S, P, Se, Te, J, B, Si.

1 " flüssig: Br.

5 " gasförmig: O, H, N, Cl, (Cy).

7) Nach den Aehnlichkeiten, welche die Nichtmetalle untereinander haben, lassen sich aus ihnen vier Familien oder Gruppen bilden:

1. Gruppe. Organogene, Thier- und Pflanzenerzeuger: O, H, N, C.
2. " Pyrogene, Feuererzeuger: S, P, Se, Te.
3. " Halogene, Salzerzeuger: Cl, J, Br, Fl, (Cy).
4. " Hyalogene, Glaserzeuger: B, Si.

8) Manche Chemiker rechnen noch das Arsen und Antimon zu den Metalloiden, weil sie mannigfache Aehnlichkeit mit diesen, insbesondere mit dem Phosphor, haben: hier werden diese noch den Metallen beigezählt.