

abgetrockneten Phosphors, zünde diesen an, und stürze eine vollkommen trockene Glasglocke über den Teller. Der Phosphor verbrennt durch den in der Luft enthaltenen Sauerstoff und schon während der Verbrennung sieht man die Phosphorsäure: das Verbrennungsproduct, sich in Gestalt von weissen, schneeähnlichen Flokken an den Wänden der Glocke absetzen und auf den Teller herabfallen. Ist die Verbrennung beendigt und man nimmt die Glocke ab, so findet man den Teller mit einer weissen, schneeähnlichen Masse, der Phosphorsäure, bedeckt, die wegen ihrer grossen Neigung, aus der Luft Wasser anzuziehen, rasch zerfliesst. Fig. 16 zeigt die ganze Vorrichtung.

Fig. 16.



haltenen Sauerstoff und schon während der Verbrennung sieht man die Phosphorsäure: das Verbrennungsproduct, sich in Gestalt von weissen, schneeähnlichen Flokken an den Wänden der Glocke absetzen und auf den Teller herabfallen. Ist die Verbrennung beendigt und man nimmt die Glocke ab, so findet man den Teller mit einer weissen, schneeähnlichen Masse, der Phosphorsäure, bedeckt, die wegen ihrer grossen Neigung, aus der Luft Wasser anzuziehen, rasch zerfliesst. Fig. 16 zeigt die ganze Vorrichtung.

### Wasserstoff. *Hydrogenium.*

Symbol H. Aequivalentgewicht 1. Atomgewicht H = 1. Molekulargewicht HH = 2. Volumgewicht (specif. Gew. Wasserstoff = 1) 1. Specif. Gew. (atmosph. Luft = 1) 0,0693. Absolutes Gewicht: 1000 C. C. bei 0° und 760 Mm. Barometerstand wägen: 0,0896 Grm. (= 1 Krith: von  $\rho\epsilon\alpha\theta\eta$  Gerstenkorn oder kleines Gewicht).

Der Wasserstoff ist ein permanentes, farbloses und im reinen Zustande geruchloses Gas, welches, obgleich in diesen Eigenschaften mit der uns umgebenden atmosphärischen Luft übereinstimmend, von dieser so wie von anderen Gasen sehr leicht durch sein sonstiges Verhalten unterschieden werden kann. Eine seiner hervorragendsten Eigenthümlichkeiten ist sein specifisches Gewicht. Der Wasserstoff ist der leichteste aller bekannten Körper und natürlich auch das leichteste aller Gase. Wir benutzen ihn zweckmässig als Einheit für die Aequivalente, ebenso aber auch für die specifischen Gewichte der Gase. Setzen wir das Gewicht der atmosphärischen Luft = 1, so ist das des Wasserstoffs = 0,0693, der Wasserstoff ist daher  $14\frac{1}{2}$ mal leichter, als die atmosphärische Luft, und 16mal leichter als Sauerstoffgas, er ist endlich 241573mal leichter als Platin. In Folge dieses geringen specifischen Gewichts steigt ein mit Wasserstoffgas gefüllter Ballon von Seidenzeug oder Goldschlägerhäutchen in die Höhe, wenn der in dem Ballon eingeschlossene Wasserstoff und der Ballon selbst zusammengenommen nicht so viel wägen wie ein gleiches Volumen atmosphärischer Luft. Der Ballon steigt um so besser, je grösser er ist, indem, jemeher das in dem Ballon eingeschlossene Wasserstoffgas beträgt, desto mehr sich die Schwere des Zeuges im Verhältniss zu dem eingeschlossenen Gase vermindert.

Das Wasserstoffgas hat ein sehr bedeutendes Lichtbrechungsvermögen, es bricht die Lichtstrahlen  $6\frac{1}{2}$  mal stärker als die atmosphärische Luft. Eine der wesentlichsten Eigenschaften des Wasserstoffgases ist ferner seine leichte Entzündlichkeit. Es ist brennbar, d. h. es vermag sich

Eigenschaft.

Farbloses, geruchloses permanentes Gas,  $14\frac{1}{2}$  mal leichter als atmosphärische Luft. Der leichteste aller Körper.

Es bricht das Licht sehr stark und ist brennbar.

mit Sauerstoff unter Licht- und Wärmeentwicklung zu verbinden; es muss aber zu diesem Behufe bis zu einem gewissen Grade erhitzt, d. h. angezündet werden. Dies geschieht, indem man dem Gase, welches natürlich mit dem Sauerstoff in Berührung sein muss, einen brennenden Körper nähert. Die Flamme des brennenden Wasserstoffgases ist blassgelb und wenig leuchtend, die durch die Verbrennung des Wasserstoffs erzeugte Hitze ist aber ausserordentlich gross und am bedeutendsten, wenn das Gas nicht in atmosphärischer Luft, sondern in reinem Sauerstoffgas verbrennt. Das Verbrennungsproduct des Wasserstoffs ist jene Sauerstoffverbindung desselben, die wir Wasser nennen. Wenn man das Wasserstoffgas aus einer Röhre mit feiner offener Spitze ausströmen lässt und man nähert der Oeffnung einen brennenden Körper, so entzündet sich das Gas und brennt mit Flamme, nähert man einer mit Wasserstoffgas gefüllten Flasche einen brennenden Spahn z. B., so brennt es sehr langsam aus der Mündung heraus, nämlich nur da, wo es mit dem Sauerstoffe der aussen befindlichen atmosphärischen Luft in Berührung kommt. Man kann die Verbrennung beschleunigen, wenn man das Gas an der Mündung der Flasche anzündet und hierauf langsam Wasser in die Flasche giesst. Das Gas wird dadurch aus der Flasche verdrängt und brennt neben dem Wasser an der Mündung fort, bis die Flasche mit Wasser gefüllt ist. Der Grund, warum das aus einer feinen Oeffnung ausströmende Gas nur an dieser brennt, wenn es angezündet wird und sich die Verbrennung nicht in das Entwicklungsgefäss fortpflanzt, ist sogleich einleuchtend, wenn man das Wesen des Verbrennungsprocesses ins Auge fasst. Da die Verbrennung des Wasserstoffs darin besteht, dass er sich, wenn er bis zu einem gewissen Grade erhitzt, d. h. angezündet wird, mit dem Sauerstoffe der atmosphärischen Luft unter Licht- und Wärmeentwicklung verbindet, so ist es klar, dass er nur da brennen kann, wo die Berührung mit dem Sauerstoffe stattfindet und das ist natürlich nur an der Mündung der Röhre, wo das Gas in die Luft austritt, der Fall, da der Raum im Entwicklungsgefässe und der Gasleitungsröhre nur mit Wasserstoff gefüllt ist. Aus demselben Grunde brennt auch eine mit Wasserstoffgas gefüllte Flasche, wenn sie geöffnet und ein brennender Körper genähert wird, nur an der Mündung fort, da nur hier das Gas mit der atmosphärischen Luft in Berührung kommt.

Das Verbrennungsproduct des Wasserstoffs ist Wasser.

Knallgas

ist ein Gemenge von 2 Vol. Wasserstoff- und 1 Vol. Sauerstoffgas;

Wenn das Wasserstoffgas aber vor dem Anzünden mit so viel atmosphärischer Luft gemengt wird, dass der Sauerstoff der letzteren zur vollständigen Verbrennung des Wasserstoffs hinreicht, so verbrennt derselbe nach dem Anzünden plötzlich durch die ganze Masse hindurch mit sehr heftigem Knall, unter Explosion, wie man sich ausdrückt. Noch viel heftiger ist der Knall, wenn man das Wasserstoffgas, statt mit atmosphärischer Luft, mit reinem Sauerstoffgas und zwar genau in jenem Verhältniss mengt, in welchem sich diese beiden Gase miteinander zu Wasser, dem Verbrennungsproducte des Wasserstoffs, vereinigen. Dieses Verhältniss ist gegeben, wenn man genau 2 Volumina oder Maass-

theil  
Ein s  
wenn  
Zertrü  
Fall u  
diesel  
geschl  
schaft.  
Wasse  
Namen  
aber  
und  
ist sto  
im An  
der E  
misch  
stoffs  
dersel  
explos  
letzter  
bare  
mend  
dass  
ist.  
ström  
die st  
lässig  
fälle e  
I  
des W  
Bei d  
suchen  
Wasse  
entste  
des W  
die g  
zubri  
die in  
ändere  
zur Er  
heissen  
werden  
I  
atmosph  
nicht

theile Wasserstoff mit einem Volumen Sauerstoffgas mengt. Ein solches Gemenge explodirt angezündet mit furchtbarem Knall und wenn der Versuch in nicht zu kleinem Maassstabe angestellt wird, mit Zertrümmerung der Gefässe. Dies ist namentlich bei Glasgefässen der Fall und man muss daher, wenn man letztere zu dem Versuche anwendet, dieselben vorher mit einem Tuche umwickeln, um nicht durch die umhergeschleuderten Glasscherben verwundet zu werden. Wegen seiner Eigenschaft, mit so grosser Heftigkeit zu explodiren, hat das aus zwei Volumina Wasserstoff und einem Volumen Sauerstoff bestehende Gasgemisch den Namen Knallgas oder Knallluft erhalten. Im weiteren Sinne aber versteht man unter Knallluft jedes aus Wasserstoffgas und atmosphärischer Luft befindliche Gasgemenge. Letzteres ist stets in den Apparaten, aus welchen Wasserstoffgas entwickelt wird, im Anfange der Gasentwicklung enthalten, denn da diese Apparate vor der Entwicklung zum Theil mit atmosphärischer Luft gefüllt sind, so mischt sich, so lange durch die fortdauernde Entwicklung des Wasserstoffs diese Luft nicht vollständig aus dem Apparate ausgetrieben ist, derselben das sich entwickelnde Wasserstoffgas bei und erzeugt so ein explosives Gasgemisch. Bei Experimenten mit Wasserstoffgas, wobei letzteres angezündet werden soll, ist es daher erste und unabweisable Regel, mit dem Anzünden des aus einer Röhre ausströmenden Gases so lange zu warten bis man voraussetzen kann, dass alle atmosphärische Luft aus dem Apparate ausgetrieben ist. Thut man dies nicht, so pflanzt sich die Entzündung von der Auströmungsöffnung aus in das Innere des Apparates fort, der sofort durch die stattfindende Explosion zerschmettert wird. Durch die Vernachlässigung dieser Vorsichtsmaassregel haben sich schon manche Unglücksfälle ereignet.

Bereits weiter oben wurde erwähnt, dass die bei der Verbrennung des Wasserstoffs stattfindende Wärmeentwicklung sehr bedeutend ist. Bei der Verbrennung desselben entwickelt sich nach angestellten Versuchen so viel Wärme, als nöthig wäre, um das 315,2fache Gewicht des Wasserstoffs von Eis zu schmelzen. Eine noch viel grössere Hitze aber entsteht bei der Verbrennung des Knallgases oder bei der Verbrennung des Wasserstoffs in Sauerstoffgas. Die dabei auftretende Hitze ist die grösste, die man auf chemischem Wege überhaupt hervorzubringen im Stande ist und bewirkt das Schmelzen von Körpern, die in den höchsten Hitzegraden unserer Oefen nicht die geringste Veränderung erleiden. Die Apparate, welche dazu dienen, um Knallgas zur Erzeugung der gedachten Hitze in gefahrloser Weise zu verbrennen, heissen Knallgasgebläse und werden weiter unten näher beschrieben werden.

Die Entzündung des Knallgases, oder eines aus Wasserstoff und atmosphärischer Luft bestehenden explosiven Gasgemisches erfolgt aber nicht bloss durch einen brennenden Körper, sondern auch durch den

ein solches Gemenge explodirt angezündet mit furchtbarem Knall.

Vorsicht beim Anzünden des Wasserstoffgases.

Grosse Hitze bei der Verbrennung des Wasserstoffs.

Die Entzündung des Knallgases erfolgt auch durch die bloße Berührung mit gewissen festen Körpern, vorzugsweise mit Platinschwamm.

Katalytische oder Contactwirkungen.

Der Wasserstoff kann das Verbrennen der Körper nicht unterhalten,

ebenso wenig das Athmen, wirkt aber nicht positiv schädlich auf den Organismus ein.  
Vorkommen.

Darstellung.

elektrischen Funken und sehr merkwürdigerweise auch durch die bloße Gegenwart gewisser fester Körper, ohne dass dabei Erwärmung nöthig wäre. Im höchsten Grade besitzt diese Eigenschaft der sogenannte Platinschwamm, metallisches Platin in sehr feinvertheiltem, schwammig-lockerem Zustande, wie man es durch die Zersetzungen gewisser Platinverbindungen erhält. Senkt man in eine mit Knallgas gefüllte Flasche ein Stück Platinschwamm, so findet beinahe momentan die Explosion statt, gerade so, wie wenn man einen brennenden Körper hineingehalten hätte. Hält man über die feine Oeffnung einer Röhre, aus der Wasserstoffgas auströmt, in geringer Entfernung ein Stückchen Platinschwamm, so wird letzterer glühend und das Gas entzündet sich. Hierauf beruht die sogenannte Döbereiner'sche Wasserstoffgaszündmaschine. Die Wirkung des Platins in diesen Fällen ist noch nicht genügend aufgeklärt und überhaupt nicht mehr als eine dem Platin eigenthümliche anzusehen, seitdem man weiss, dass ausser Platin auch andere Metalle und nicht metallische Körper, wie z. B. Glaspulver, die Vereinigung des Wasserstoffs mit dem Sauerstoff, wenngleich erst allmählich und ohne Explosion, bewirken. Dergleichen Wirkungen, die unter dem Einflusse eines Körpers erfolgen, der selbst dabei nicht verändert wird, sondern durch seine bloße Gegenwart, durch seinen blossen Contact zu wirken scheint, pflegt man katalytische oder Contactwirkungen zu nennen. Vergl. Einleitung S. 38.

Der Wasserstoff ist brennbar oder verbrennlich, er kann aber das Brennen anderer Körper nicht unterhalten. Brennende Körper verlöschen in dem Gase. Er ist ferner bis zu einem gewissen Grade athembar, d. h. er kann mit atmosphärischer Luft gemischt eine Zeitlang ohne Nachtheil eingeathmet werden; er übt keine positiv schädliche Einwirkung aus, allein er kann im reinen Zustande das Athmen der Thiere und der Menschen ebenso wenig unterhalten, wie die Verbrennung der Körper.

In Wasser ist das Wasserstoffgas kaum löslich und kann deshalb über Wasser aufgefangen werden.

Vorkommen. Der Wasserstoff findet sich im reinen unverbundenen Zustande in der Natur nicht, ist aber, an andere Elemente chemisch gebunden, einer der verbreitetsten Körper unserer Erdkugel. Er ist nämlich ein Bestandtheil des Wassers, welches 11 Proc. seines Gewichtes davon enthält und ausserdem enthalten alle organischen Stoffe, thierische sowohl als pflanzliche, Wasserstoff als wesentlichen Bestandtheil. Von seinem Vorkommen im Wasser ist ebensowohl sein deutscher Name Wasserstoff, als auch die Bezeichnung Hydrogenium (von ὑδρωγ und γεννάω) abgeleitet. Mit anderen Gasarten gemengt, finden sich geringe Mengen von Wasserstoff in dem verknisterten Steinsalze von Wieliczka; ausserdem ist Wasserstoff ein Bestandtheil der Expirationsluft der Thiere und der Darmgase.

Darstellung. Das Wasserstoffgas stellt man am einfachsten durch Abscheidung desselben aus Wasser dar. Die Mittel, deren man sich zu diesem Behufe bedient, sind folgende:

a. Der Strom. Leitet man durch Wasser einen galvanischen Strom, so zerfällt es in seine beiden Bestandtheile, welche beide gasförmig ab- geschieden werden. Der Wasserstoff, der elektro-positive Bestandtheil, sammelt sich am negativen, der Sauerstoff, als der elektro- negative Bestandtheil, am positiven Pole an.

durch elek- trolytische Zersetzung des Wassers

b. Kalium oder Natrium. Kalium und Natrium sind Metalle, welche eine so grosse Verwandtschaft zum Sauerstoff besitzen, dass sie dem Wasser schon bei gewöhnlicher Temperatur den Sauerstoff entziehen, um sich mit demselben zu verbinden und dadurch den Wasserstoff in Freiheit setzen. Bringt man eines dieser beiden Metalle mit Was- ser zusammen, so verschwindet es allmählich, indem es sich mit dem Sauerstoff des Wassers verbindet, das gebildete Oxyd löst sich im überschüssigen Wasser auf und der Wasserstoff, der sich mit grosser Heftigkeit entwickelt, wird frei. Der Vorgang wird durch folgende Formelgleichung ausgedrückt:

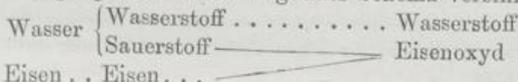
durch Ein- wirkung von Kalium oder Natrium auf Wasser.



Der Vorgang bietet daher ein Beispiel der einfachen Wahlver- wandtschaft dar.

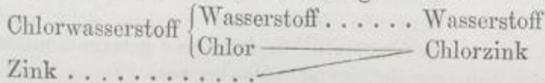
c. Durch glühendes Eisen. Die Verwandtschaft des Eisens zum Sauer- stoff ist nicht so gross, dass dieses Metall dem Wasser den Sauerstoff ohne Anwendung von Wärme entziehen könnte. Leitet man aber über glühendes Eisen Wasserdampf, so verbindet sich der Sauer- stoff mit dem Eisen und der Wasserstoff wird in Freiheit gesetzt. Der Vorgang wird durch folgendes Schema versinnlicht:

Darstellung durch Leite von Wasserdampf über glühendes Eisen,



d. Indem man metallisches Zink oder Eisen mit Chlorwasserstoff oder Schwefelsäure behandelt. Der Vorgang wird bei Anwendung von Chlorwasserstoff und Zink durch folgendes Schema versinnlicht:

durch Ein- wirkung von Chlorwas- serstoff oder Schwefel- säure auf Zink oder Eisen.



oder durch die Formelgleichung



Wenn das Zink nicht vollkommen rein ist, besitzt das bei dieser Darstellungsweise sich abscheidende Wasserstoffgas einen unangenehmen Geruch, der von einer geringen Menge dem Wasserstoffe beigemengter fremder Gase herrührt. Auch das durch Behandlung von Eisen mit Wasser und Schwefelsäure dargestellte Wasserstoffgas besitzt einen ähnli- chen Geruch und ist nicht vollkommen rein.

Der Wasserstoff hat eine viel geringere Affinität zu anderen Elemen- ten als der Sauerstoff und man kennt daher auch nicht so viele Verbin- dungen des Wasserstoffs, als vom Sauerstoff bekannt sind. Die grösste Affinität zeigt der Wasserstoff zum Sauerstoff, zum Chlor und einigen,

Affinitäts- verhältnisse des Wasser- stoffs.

Der Wasserstoff wirkt reducirend.

letzterem ähnlichen Elementen, mit denen er sich unter Licht- und Wärmeentwicklung verbindet. Zu den meisten Metallen hat der Wasserstoff nur sehr geringe Verwandtschaft. Vermöge seiner Affinität zum Sauerstoff ist er ein gutes Reductionsmittel, er besitzt kräftig reducirende Eigenschaften, d. h. wenn er mit Sauerstoffverbindungen unter geeigneten Bedingungen zusammengebracht wird, so entzieht er letzteren den Sauerstoff, indem er mit diesem sich vereinigend Wasser bildet. Vorzugsweise Metalloxyde werden durch Wasserstoff in der Wärme leicht reducirt. Auch Chlor- und Schwefelmetalle zersetzt er häufig in ähnlicher Weise, indem er sich mit dem Chlor und Schwefel dieser Verbindungen vereinigt und so die Metalle frei macht. Durch Compression des Wasserstoffgases scheinen die reducirenden Wirkungen desselben gesteigert zu werden.

Geschichtliches.

Geschichtliches. Das Wasserstoffgas war unter dem Namen brennbare Luft als eine durch Behandlung gewisser Metalle mit verdünnten Säuren sich entwickelnde Gasart schon im 16ten Jahrhundert von Paracelsus gekannt. Cavendish und Watt zeigten 1781, dass das Verbrennungsproduct des Wasserstoffs Wasser sei. Lavoisier dagegen lehrte zuerst das Wasser in seine beiden Bestandtheile, Wasserstoff und Sauerstoff, scheiden.

#### Chemische Technik und Experimente.

Die Methode der Darstellung des Wasserstoffgases durch Zersetzung des Wassers mittelst Kalium oder Natrium ist nicht vortheilhaft, aber um die Zersetzung des Wassers zu veranschaulichen, für einen Collegienversuch sehr geeignet. Man verfährt dabei wie folgt:

Darstellung des Wasserstoffs durch Zersetzung des Wassers mittelst Natrium.

Man füllt in einer Quecksilberwanne einen Glaszylinder mit Quecksilber und lässt in den oberen Theil desselben etwas Wasser aufsteigen. Sodann bringt man

Fig. 17.



aus Wasserdampf und glühendem Eisen.

ein Stückchen Natrium, welches man in Fließpapier einwickelt, damit es sich nicht mit dem Quecksilber legire, unter die Glocke; das Natrium steigt rasch in dem Quecksilber in die Höhe und gelangt zum Wasser, dessen Zersetzung sofort beginnt.

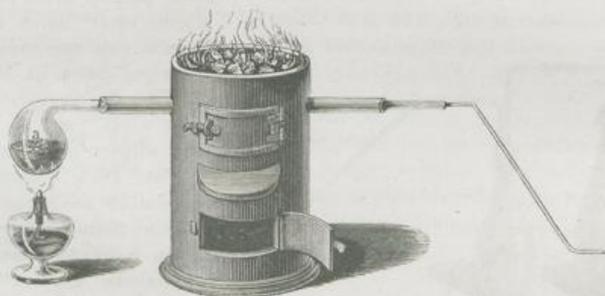
Den Versuch in einer mit Wasser ganz gefüllten Glocke anzustellen, ist nicht gerathen, denn es treten dabei nicht selten, namentlich bei Anwendung von altem, lange unter Steinöl aufbewahrtem Natrium aus noch nicht genügend aufgeklärten Ursachen Explosionen ein, durch welche die Glocke zerschmettert werden kann.

Um Wasserstoffgas durch die Einwirkung von glühendem Eisen auf Wasserdampf darzustellen, füllt man einen an beiden Enden offenen Flintenlauf mit Spiralen rostfreien Eisendrahts, oder auch wohl mit kleinen eisernen Stiften, die aber oxydfrei sein müssen und steckt den Flintenlauf durch einen Ofen, so dass die beiden Enden desselben aus dem Ofen hervorragen. An das

eine Ende befestigt man hierauf mittelst eines durchbohrten Korkes eine kleine,

zur Hälfte mit Wasser gefüllte Retorte, an das andere Ende in gleicher Weise ein Gasleitungsrohr, welches in das Wasser der pneumatischen Wanne taucht. Der Flintenlauf, so weit er im Ofen liegt, wird durch Kohlen allmählich bis zum Rothglühen erhitzt und nun das Wasser in der Retorte durch eine untergestellte Weingeistlampe zum Kochen gebracht. Der sich entwickelnde Wasserdampf streicht durch das glühende Eisen, wird hier zum Theil zersetzt und das Wasserstoffgas entweicht durch die Gasleitungsröhre und kann in geeigneten Gefäßen über Wasser aufgefangen werden. Fig. 18 versinnlicht den Apparat.

Fig. 18.



Die gewöhnlichste und ausgiebigste Methode der Darstellung des Wasserstoffgases ist die aus Zink, Wasser und Schwefelsäure. Wenn es nicht auf absolute Reinheit des Gases ankommt, so verfährt man einfach wie folgt: Gewalztes und in kleine Stückchen zerschnittenes Zinkblech, oder sogenanntes gekörntes Zink (letzteres erhalten durch Eingießen des geschmolzenen Metalls in bewegtes Wasser) bringt man in eine Gasentwicklungsfiasche, füllt dieselbe hierauf zur Hälfte mit Wasser und fügt einen doppelt durchbohrten Kork luftdicht an, durch dessen eine Bohrung eine sogenannte Trichterröhre bis nahe auf den Boden der Flasche geht, während in die andere Bohrung eine Gasleitungsröhre eingefügt ist, die in die pneumatische Wanne führt. Fig. 19 zeigt den einfachen Apparat.

Darstellung aus Zink, Wasser und Schwefelsäure.

Fig. 19.

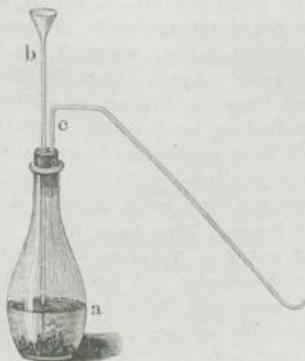
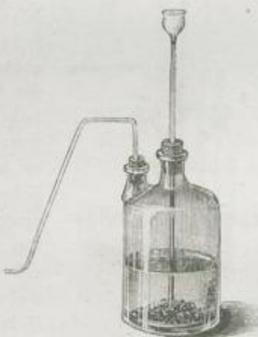


Fig. 20.



Ist Alles so vorgekehrt, so giesst man durch den Trichter der Trichterröhre nach und nach in kleinen Antheilen reine concentrirte Schwefelsäure ein, worauf sogleich die Gasentwicklung beginnt. Soll das Gas aufgefangen werden, so muss dies erst dann geschehen, wenn die Gasentwicklung bereits einige Zeit im Gange war, indem früher dem Gase die vorher im Apparate befindliche atmosphärische Luft beigemischt ist und dasselbe daher ein explosives Gasgemenge darstellt. Statt des Apparates Fig. 19 kann auch der Fig. 20 (a. v. S.) abgebildete dienen. Die zweifach tubulirte Entwicklungsflasche macht eine doppelte Korkbo-

Fig. 21.

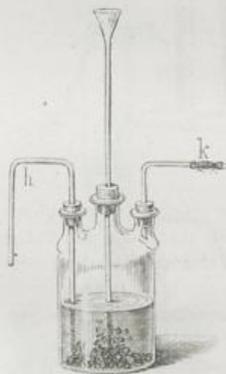


rung überflüssig. Will man das Gas reiner haben, so lässt man es, bevor man es in die pneumatische Wanne leitet, durch eine zweite Flasche, eine sogenannte Waschflasche, gehen (d. h. eine Flasche, wo das Gas gereinigt, gewaschen wird), welche zur Hälfte mit Kalilauge oder Kalkmilch gefüllt ist. Diese Flüssigkeiten halten nämlich mechanisch mit übergerissene Schwefelsäure und ausserdem Schwefelwasserstoff, eine gewöhnliche Verunreinigung des auf diesem Wege erzeugten Gases, zurück. Siehe Fig. 21.

Wenn grössere Quantitäten von Wasserstoffgas darzustellen sind, so ist bei den obigen Apparaten der Umstand unangenehm, dass, wenn die Zinkvitriollösung, welche bei der Zersetzung entsteht, eine gewisse Concentration erreicht hat, die Gasentwicklung nur noch sehr träge von Statten geht, auch wenn neue Schwefelsäure nachgegossen wird. Eine sehr zweckmässige Vorrichtung zur Beseitigung dieses Uebelstandes ist nachstehende (s. Fig. 22).

Das Gasentwicklungsgemisch befindet sich in der geräumigen dreihalsigen Flasche (solche mehrhalsige Flaschen heissen Woulf'sche Flaschen); durch den einen Hals oder Tubulus der Flasche geht das Gasleitungsrohr, welches bei *k* eine Cautchoukverbindung hat, durch den mittleren Tubulus die Trichterröhre, und durch den dritten eine zweimal unter rechtem Winkel gebogene Schenkelröhre *h*, deren längerer Schenkel in die Entwicklungsflasche und unter das Niveau der Flüssigkeit reicht, während der kürzere Schenkel nach aussen mündet. Geht die Gasentwicklung nur noch träge von Statten, so schliesst man die Cautchoukverbindung bei *k* mittelst eines Quetschhahns, oder auch wohl mittelst der Finger; indem dadurch der Austritt des Gases verhindert wird, drückt es auf die Flüssigkeit und treibt dieselbe durch die Schenkelröhre *h* heraus. Man kann daher die concentrirte Lösung aus dem Apparate entfernen, ohne ihn auseinander zu nehmen und durch die Trichterröhre wieder Wasser und Schwefelsäure eintragen, wobei man nur dafür zu sorgen hat, dass Zink im Ueberschuss vorhanden ist.

Fig. 22.



Bereits weiter oben wurde erwähnt, dass man nur bei Anwendung von voll-

kommen  
künstlich  
dem Gas  
werden  
Holzkoh  
An  
das auf  
lich feu  
entwick  
welches  
aufgefan  
allen Te  
serstoffg  
über Qu  
enthalten  
Chlorcal  
Glasroh  
apparate  
Stat  
eine Sub  
aufnimmt  
in klein  
hierauf  
in eine  
welche  
einschalt  
böhmisch

Bein  
so, wie  
Preises d  
Gusseisen  
Um  
verfährt  
Eine  
erst dure  
rischen L  
sie an ei

kommen reinem Zink und reiner Schwefelsäure ein reines Gas erhält; nimmt man käufliches Zink, so ist das Gas durch mehrere Beimengungen verunreinigt, welche dem Gase einen unangenehmen Geruch ertheilen, die jedoch dadurch beseitigt werden können, dass man das Gas durch Röhren leitet, welche grob gepulverte Holzkohle enthalten.

Auch bei Anwendung von reinem Zink und reiner Schwefelsäure enthält aber das auf obige Weise dargestellte Wasserstoffgas noch eine Beimengung; es ist nämlich feucht, d. h. es enthält Wasserdampf beigemischt. Indem nämlich das Gasentwicklungsgemisch sich von selbst erwärmt, wird daraus Wasser dampfförmig, welches sich dem entweichenden Gase beimischt. Wird letzteres dann über Wasser aufgefangen, so nimmt es auch von diesem Wasserdampf auf, da das Wasser bei allen Temperaturen über 0° zum Theil dampfförmig wird. Wenn man daher Wasserstoffgas trocken anwenden will, so muss man es nicht über Wasser, sondern über Quecksilber auffangen und vorher durch Röhren leiten, welche Substanzen enthalten, die das Wasser begierig zurückhalten. Eine solche Substanz ist das Chlorcalcium. Man giebt dieses in groben Stücken in ein langes und weiteres Glasrohr, welches man zwischen der Gasleitungsröhre und dem Gasentwicklungsapparate einfügt. Siehe Fig. 23.

Trocknen  
von Gasen.

Statt des Chlorcalciums kann man auch concentrirte Schwefelsäure anwenden, eine Substanz, welche wo möglich noch begieriger als Chlorcalcium Feuchtigkeit aufnimmt. Die einfachste Art der Anwendung besteht darin, dass man Bimsstein in kleinen Stücken mit Schwefelsäure befeuchtet in einem Thontiegel ausglüht, hierauf abermals mit concentrirter Schwefelsäure trinkt und den Bimsstein hierauf in eine der Raumersparniss wegen U-förmig gebogene Röhre, Fig. 24, giebt, welche man zwischen den Gasentwicklungsapparat und der Gasleitungsröhre einschaltet. Statt des Bimssteins kann man endlich mit Schwefelsäure befeuchtete böhmische Glasperlen in die Trockenröhre bringen.

Fig. 23.

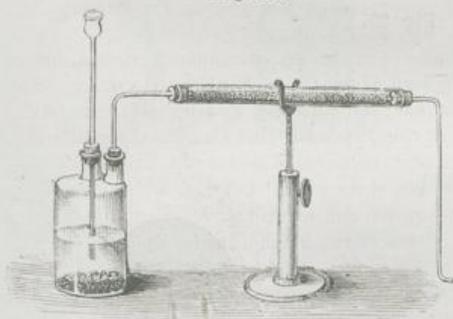
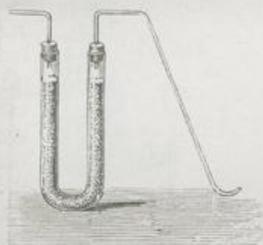


Fig. 24.



Beim Auffangen des Wasserstoffgases über Quecksilber verfährt man genau so, wie beim Auffangen der Gase über Wasser. Die Wannen sind aber des hohen Preises des Quecksilbers wegen kleiner und entweder aus Marmor, Porzellan oder Gusseisen verfertigt.

Um das geringe specifische Gewicht des Wasserstoffs anschaulich zu machen, verfährt man am einfachsten auf folgende Weise:

Eine mit einer Metallfassung und Hahnstellung versehene Rindsblase wird zuerst durch Zusammendrücken und Ausaugen von der darin enthaltenen atmosphärischen Luft möglichst entleert und hierauf mit Wasserstoffgas gefüllt, indem man sie an einen mit Wasserstoff gefüllten Gasometer, oder auch wohl an den Gas-

Experimentelle  
Be-  
weise:

dass Was-  
serstoff sehr  
leicht,

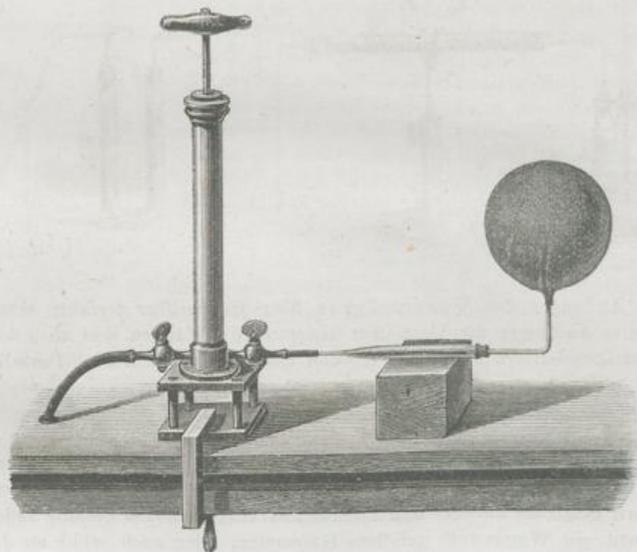
entwickelungsapparat, Fig. 23, anfügt und so lange Wasserstoffgas einleitet, bis sie damit gefüllt ist. Man schliesst hierauf den Hahn, schraubt an die Fassung eine enge Röhre und taucht das Ende derselben in concentrirtes Seifenwasser dergestalt, dass ein Tropfen davon an der Mündung hängen bleibt. Oeffnet man nun den Hahn und drückt sehr behutsam die Blase zusammen, so bilden sich an der Mündung mit Wasserstoff gefüllte Seifenblasen, die sich ablösen und in die Höhe steigen, wenn sie eine gewisse Grösse erlangt haben und nicht durch zu starkes Drücken platzen. Man kann sie in der Luft anzünden und dadurch zugleich die Verbrennlichkeit des Wasserstoffs zeigen. Fig. 26 zeigt die gefüllte Blase mit der daran geschraubten engen Röhre.

Die gute Ablösung der Seifenblasen wird erleichtert, wenn man in die Mündung der dann nicht zu engen Glasröhre einen Strohhalm steckt, den man an seinem freien Ende sternförmig ausgefaltet hat, so dass er gewissermaassen ein Schälchen bildet, in welchem die Seifenblasen ruhen.

Um durch das Steigen eines Luftballons im Kleinen das geringe specif. Gew. des Wasserstoffgases zu zeigen, füllt man einen mindestens 6 Zoll im Durchmesser haltenden Ballon von Goldschlägerhäutehen oder Collodium, wie man selbe im Handel bekommt, nachdem man ihn sorgfältig von aller Luft entleert hat, mit vollkommen trockenem Wasserstoffgase, indem man ihn gut zusammengedrückt mit seiner Oeffnung an den Gasentwickelungsapparat, Fig. 23, oder auch wohl an einen mit Wasserstoffgas gefüllten Gasometer anfügt, nachdem man in letzterem Falle zwischen dem Gasometer und dem Ballon, zum Trocknen des Gases eine Chlorcalciumröhre angebracht hat. Ist der Ballon gefüllt, so unterbinde man ihn mit einem seidenen Bändchen und streife ihn ab. Er steigt, sich selbst überlassen, bis an die Zimmerdecke und erhält sich dort so lange, bis durch seine Poren Wasserstoff aus- und atmosphärische Luft eintritt.

Wenn man Ballons von Cautchouk, wie sie gegenwärtig in den Handel kommen, mit Wasserstoffgas füllen will, so muss dies unter stärkerem Drucke ge-

Fig. 25.



scheide  
halten  
durch  
Ballon  
Fig. 2  
D  
telst d  
ren B  
netff  
lung  
alle  
ausstr  
rung d  
ströme  
wickel

schräg  
dadurch  
durch  
verstop  
vorschü  
des Ga  
Hä  
lungsap  
kleinen  
stehend  
ders ei  
Ton, d  
ten wir  
Phänom  
dingung  
einem  
nicht z  
v. G.

schehen. Zu diesem Behufe schaltet man zwischen den das Wasserstoffgas enthaltenden Gasbehälter und den zu füllenden Ballon eine einfache Druckpumpe ein, durch welche das durch Chlorcalcium getrocknete Wasserstoffgas so lange in den Ballon eingepresst wird, bis er sich genügend gefüllt hat und prall geworden ist. Fig. 25 versinnlicht die Vorrichtung.

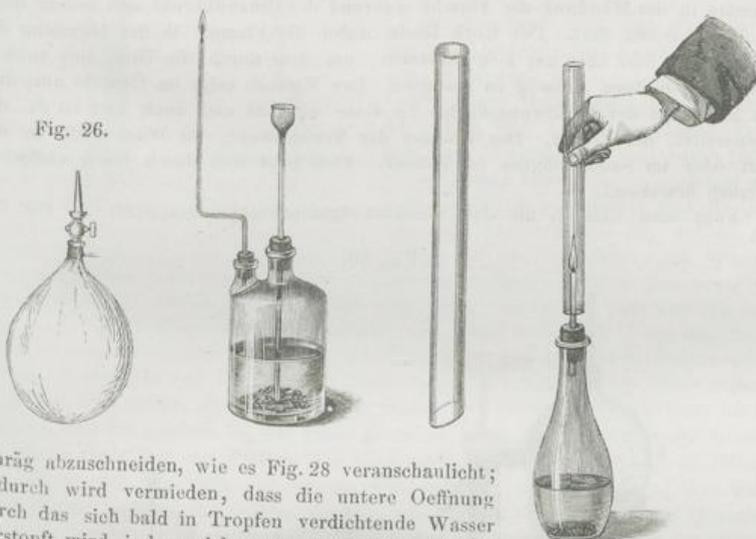
Dass der Wasserstoff ein brennbares Gas ist, lässt sich am einfachsten mittelst des beistehenden Apparates, Fig. 27, zeigen, dessen Einrichtung keiner näheren Beschreibung bedarf. Man zündet das aus der Mündung der bayonnettformigen Röhre ausströmende Gas an, wenn die Gasentwicklung bereits einige Zeit im Gange war und man sicher ist, dass alle atmosphärische Luft bereits ausgetrieben ist. Zündet man das ausströmende Gas vorher an, so erfolgt unausweichlich Explosion und Zertrümmerung des Apparates. Bei diesem, so wie bei allen derartigen Versuchen, wo ausströmende Gase angezündet werden sollen, ist es zweckmässig, das in die Entwicklungsf flasche reichende Ende der Glasröhre, durch welche das Gas ausströmt,

dass er brennbar.

Fig. 27.

Fig. 28.

Fig. 29.



schräg abzuschneiden, wie es Fig. 28 veranschaulicht; dadurch wird vermieden, dass die untere Oeffnung durch das sich bald in Tropfen verdichtende Wasser verstopft wird, indem sich stets ein Tropfen Wasser vorschiebt und dadurch die regelmässige Ausströmung des Gases unterbricht.

Hält man über den obigen, oder einen noch einfacheren Wasserstoffentwicklungsapparat, wie ihn Fig. 29 zeigt, nachdem man das Gas angezündet hat, einen kleinen vollkommen trockenen, nicht zu engen Glascylinder, wie es in der vorstehenden Figur ebenfalls versinnlicht ist, oder in Ermangelung eines solchen Cylinders eine enge lange Flasche, so entsteht ein eigenthümlicher, durchdringender Ton, der höher oder tiefer ist, je nachdem der Cylinder höher oder tiefer gehalten wird und ebenso nach der Weite des Cylinders, den man anwendet. Dieses Phänomen hat man die chemische Harmonika genannt. Nothwendige Bedingungen zum Gelingen des Versuches sind, dass die Gasentwicklung bis zu einem gewissen Grade schwach, die Oeffnung der Röhre eng und der Cylinder nicht zu kurz sei.

Chemische Harmonika.

Diese Erscheinung ist übrigens der Wasserstoffflamme nicht eigenthümlich, denn nach neueren Untersuchungen kann sie durch jede Flamme hervorgerufen werden und ist auf die Theorie der Zungenpfeife zurückzuführen. Die Flamme stellt die vibrirende Zunge, die Klangröhre die Pfeife dar.

Die Verbrennlichkeit des Wasserstoffgases kann man auch in der Art zeigen, dass man eine mit Wasserstoffgas gefüllte Flasche öffnet und der Mündung derselben einen brennenden Spahn nähert. Giesst man hierauf Wasser in die Flasche, so brennt das Gas neben dem Wasser heraus. Diese beiden Versuche zeigen auch, dass die Verbrennung des Wasserstoffs nur da erfolgt, wo er mit dem Sauerstoffe der Luft in Berührung kommt; dasselbe lehrt der Versuch, durch welchen man scheinbar Sauerstoff in Wasserstoffgas brennen lässt.

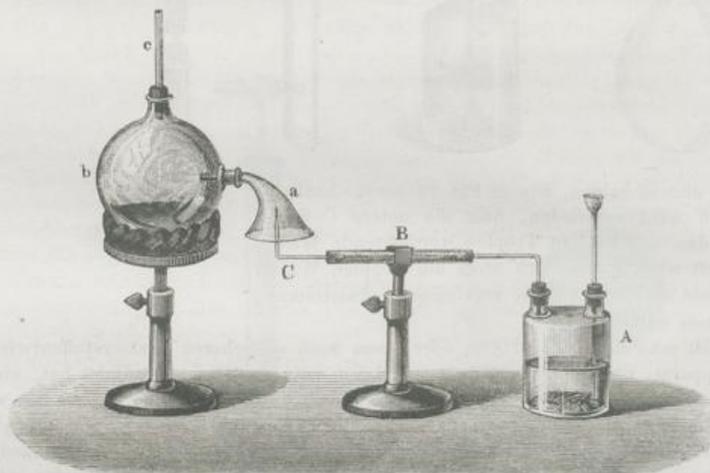
Experimentelle Beweise, dass die Verbrennung nur an der Berührungsstelle der Gase stattfindet,

dass das Product der Verbrennung Wasser ist,

Um diesen Versuch anzustellen, füllt man eine ziemlich grosse Flasche mit Wasserstoffgas, hebt sie aus der pneumatischen Wanne mit nach unten gerichteter Oeffnung heraus und zündet das Gas an. Man führt hierauf eine Gasleitungsröhre in die Flasche, aus deren Mündung ein schwacher Strom von Sauerstoffgas auströmt und welche an passender Stelle einen die Mündung der Flasche lose verschliessenden Kork trägt. Der Sauerstoff fängt dann gleichsam Feuer von der Flamme in der Mündung der Flasche während des Hinaufführens und brennt dann scheinbar weiter fort. Der Kork löscht dabei die Flamme in der Mündung der Flasche aus, darf aber nur lose schliessen, um dem durch die Hitze sich ausdehnenden Gase einen Ausweg zu gestatten. Der Versuch zeigt im Grunde nur, dass das Feuer an der Berührungsfläche der Gase entsteht und auch hier ist es der Wasserstoff, der brennt. Das Product der Verbrennung des Wasserstoffs in der Luft oder im Sauerstoffgase ist Wasser. Dies lässt sich durch einen einfachen Versuch beweisen.

Fügt man nämlich an den Wasserstoffgasentwicklungsapparat A, Fig. 30,

Fig. 30.



eine unter rechtem Winkel nach aufwärts gebogene und in eine feine Oeffnung endigende Glasröhre C, zündet das durch Chlorcalcium getrocknete sich entwickelnde Wasserstoffgas an der Ausströmungsöffnung an und stülpt nun über die Flamme des Gases den Trichter a, dessen kürzer rechtwinklig gebogener Schnabel

in die  
die Wä  
samme  
serdam  
Damit  
calcium  
weil so  
der En  
De  
Körper  
pneum  
sogleich

wöhnlic  
stoffgas  
eintrete  
man an  
Hahn r  
und dur  
die Häh  
wodurel  
befindlic  
füllt die  
abermal  
des Gas  
schraubt  
letztere  
eine ni  
auf den  
so erhel  
Knallgas  
menden  
Man mu  
wasser l  
nicht in  
Wil  
man sie  
werden

in die seitliche Tubulatur des Ballons *b* luftdicht eingefügt ist, so beschlagen sich die Wände des Ballons sehr bald mit Feuchtigkeit, welche zu grösseren Tropfen zusammenfliesst. Die Röhre *c* dient dazu, dem überschüssigen nicht verdichteten Wasserdampf, so wie der atmosphärischen erwärmten Luft den Ausweg zu gestatten. Damit aber der Versuch beweisend sei, ist es nöthig, das Gas vorher durch Chlorcalcium zu trocknen, wie es in Fig. 30 auch durch die Röhre *B* angedeutet ist, weil sonst der Einwand gemacht werden könnte, das Wasser stamme von der aus der Entwicklungsflasche mit übergerissenen Feuchtigkeit.

Das Wasserstoffgas ist zwar brennbar, unterhält aber das Verbrennen anderer Körper nicht. Füllt man einen Cylinder mit Wasserstoffgas, hebt ihn aus der pneumatischen Wanne mit der Mündung nach unten gekehrt heraus und führt sogleich, wie Fig. 31 es zeigt, ein an einem umgebogenen Drahte befestigtes

Fig. 31.

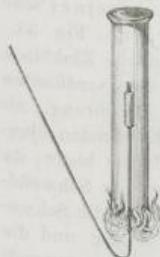


Fig. 32.



Wachskerzen angezündet in den Cylinder hinauf, so wird das Gas an der Mündung dadurch entzündet, aber die Kerze verlöscht oberhalb der brennenden Gasschicht.

Die bequemste Art, um die Entzündung und Explosion des Knallgases zu zeigen, ist folgende, die sich auch durch ihre vollkommene Gefährlosigkeit empfiehlt:

Man füllt eine an ihrem oberen Ende mit einer Metallfassung und einem Hahn *rs* versehene Glasglocke *c*, nachdem der Hahn natürlich geschlossen und die Glocke mit Wasser gefüllt ist, auf die ge-

dass der Wasserstoff das Verbrennen anderer Körper nicht unterhält.

Entzündung des Knallgases auf gefahrlose Weise.

wöhnliche Weise in der pneumatischen Wanne zu zwei Drittheilen mit Wasserstoffgas und lässt dann in selbe noch so viel Sauerstoffgas aus einem Gasometer etc. eintreten, bis sie mit dem Gasmische vollständig gefüllt ist. Hierauf schraubt man an das obere Ende der Glocke, ohne den Hahn zu öffnen, eine mit einem Hahn *r* versehene Metallfassung, an die eine vorher gut in Wasser aufgeweichte und durch Drücken von Luft befreite Blase *v* luftdicht angefügt ist, öffnet sodann die Hähne und drückt die Glocke in das Wasser der pneumatischen Wanne herab, wodurch das Gasmisch in die Blase getrieben wird. Reicht die in der Glocke befindliche Gasmenge zur Füllung der Blase nicht hin, so schliesst man die Hähne, füllt die Glocke wie oben ein zweites Mal mit dem Gasmisch und lässt nach abermaligem Oeffnen der Hähne auf die beschriebene Weise eine neue Quantität des Gasmisches in die Blase treten. Hierauf schliesst man wieder die Hähne, schraubt die Blase sammt der dazu gehörigen Metallfassung ab und schraubt an letztere nun eine enge Glasröhre. Bringt man nun die Mündung der letzteren in eine mit concentrirtem Seifenwasser gefüllte grosse Porzellanschüssel, öffnet hierauf den Hahn und treibt durch Drücken der Blase das Gas in das Seifenwasser, so erheben sich in letzterem, einen grossblasigen Schaum bildend, zahlreiche mit Knallgas gefüllte Seifenblasen, die, nach der Entfernung der Blase mit einem glimmenden Spahn berührt, mit Feuererscheinung und furchtbarem Knalle verbrennen. Man muss die an die Blase gefügte Glasröhre vor dem Anzünden aus dem Seifenwasser herausziehen und den Hahn wieder schliessen, damit sich die Entzündung nicht in das Innere der Blase fortpflanzt.

Will man mit Knallgas gefüllte kleine Glasflaschen explodiren lassen, so muss man sie vorher mit einem Tuche umwickeln; wählt man sie ziemlich gross, so werden sie meist zerschmettert.

durch  
Platin-  
schwamm.

Um die Entzündung des Knallgases durch Platinschwamm zu zeigen, füllt man ebenfalls kleine Glasflaschen mit Knallgas, indem man sie zu zwei Dritttheilen mit

Fig. 33.



Döber-  
einer's  
Zünd-  
maschine.

Wasserstoff und zu einem Drittel mit Sauerstoff füllt, umwickelt sie sorgfältig mit einem Tuche und führt den an einem ziemlich langen, an einem Ende nach abwärts gebogenen Stabe befestigten Platinschwamm in das Gas.

Um das Erglühen des Platinschwammes, wenn auf selben Wasserstoffgas strömt, anschaulich zu machen, genügt es, nahe an die Mündung eines Wasserstoffgasentwicklungsapparates, am zweckmässigsten des in Fig. 27 abgebildeten, ein Stückchen Platinschwamm zu halten. Am anschaulichsten wird aber dieses Factum durch die Döbereiner'sche Wasserstoffgas-Zündmaschine, Fig. 33.

Der in der Glocke *b* befindliche Zinkblock kommt so lange nicht mit der verdünnten Schwefelsäure im Glase *c* in Berührung, als der Hahn *e* der das Glas *c* schliessenden übergreifenden Metallfassung geschlossen bleibt, da

die Glocke *b* atmosphärische Luft enthält, welche das Eindringen der Schwefelsäure hindert. Wird aber der Hahn *e* geöffnet, so entweicht die Luft, die Schwefelsäure tritt in die Glocke *b*, kommt mit dem Zinkblock in Berührung und die Wasserstoffentwicklung beginnt. Wird der Hahn wieder geschlossen, so sammelt sich das Wasserstoffgas in der Glocke an. Lässt man nun dieses Wasserstoffgas durch Oeffnen des Hahns auf den Platinschwamm bei *f* strömen, so wird er sogleich glühend und das Gas entzündet sich.

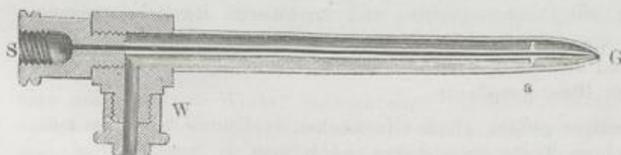
Die Entzündung des Knallgases durch den elektrischen Funken bewerkstelligt man am besten mittelst der elektrischen Pistole.

Knallgasge-  
bläse.

Die bequemste Methode, um die durch die Verbrennung des Knallgases entwickelte intensive Hitze und ihre Wirkungen zur Anschauung zu bringen, besteht in der Anwendung des Knallgasgebläses, von welchem es verschiedene Constructionen giebt, unter denen aber nachstehende wegen ihrer Einfachheit den Vorzug verdienen dürfte.

Bei allen Knallgasgebläsen kommt es darauf an, das Gasgemenge nicht aus einem gemeinschaftlichen Behälter ausströmen zu lassen, da sich sonst beim Anzünden die Verbrennung in das Innere dieser Behälter fortpflanzen und höchst gefährliche Explosionen veranlassen würde, sondern die einzelnen Gase aus verschiedenen Gasbehältern in eine Ausströmungsröhre zu leiten, in der sie sich erst nahe an der Mündung mit einander vermischen. Dies wird sehr zweckmässig durch das Ansatzrohr von Maugham bewerkstelligt, Fig. 34.

Fig. 34.



Dieses aus Metall verfertigte Ansatzrohr hat einen engen, bei der Schraube *S* beginnenden und bis zur Mündung *G* führenden und einen weiteren bei *W* seitlich in das Rohr

führen  
rohre  
sich zu  
stehen  
M  
Ansatz

lange i  
A  
durch  
lich in  
verbrei  
lich ist  
ist das  
vom L  
mond  
den so  
Ei  
b gelar  
rohrspi  
sich hi  
werden  
den Pf

führenden und den ersteren umgebenden Canal; bei *a* ist an dem inneren Blase-  
rohre ein Ring angebracht, der verhütet, dass das vorn ausströmende Gasgemenge  
sich zu weit nach hinten verbreitet. Der Gebrauch dieses Rohres wird durch bei-  
stehende Fig. 35 versinnlicht.

Mittelt der am Ansatzrohr bei *S* befindlichen Schraube schraubt man das  
Ansatzrohr an ein mit Sauerstoffgas gefülltes Gasometer und verbindet die seit-

Fig. 35.



liche Oeffnung des Ansatz-  
rohres bei *W* mittelst eines  
Cautchoukrohres mit einem  
zweiten mit Wasserstoff ge-  
füllten Gasometer. Man lässt  
zuerst durch die Cautchouk-  
röhre Wasserstoff einströmen,  
zündet dies nach einiger Zeit  
an der Mündung des Ansatz-  
rohres bei *G* an und leitet  
hierauf durch Regulirung  
des Hahnes aus dem Sauer-  
stoffgasometer Sauerstoff zu.  
Die anfangs grosse Wasser-  
stoffflamme zieht sich nach  
dem Zuleiten des Sauerstoffs  
sehr zusammen, weil dann  
die Verbrennung in einem  
viel kleineren Raume vor  
sich geht. Man stellt den  
Hahn so, dass nicht mehr  
Sauerstoff zuströmt, als eben  
erforderlich ist, um die Was-  
serstoffgasflamme möglichst  
klein zu machen. Hält man  
in diese Flamme nun einen  
Platindraht, so schmilzt er  
wie Wachs ab; ebenso schmilzt  
Pfeifenthon, Quarz, Kalk. Hält  
man den Platindraht ziemlich

lange in die Flamme, so verdampft er sogar unter Funkensprühen.

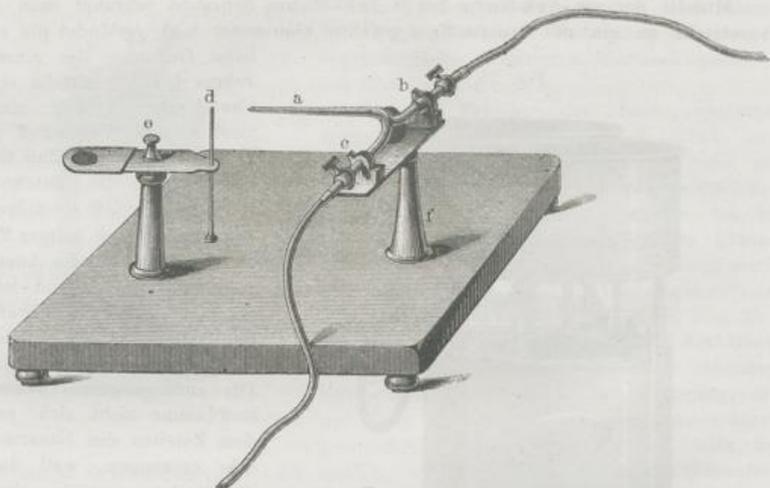
Ausser diesen durch die intensive Hitze bewirkten Erscheinungen kann man  
durch die Knallgasflamme auch ein sehr intensives Licht erzeugen. Hält man näm-  
lich in dieselbe eine fein zugespitzte Kreide, so wird dieselbe weissglühend und  
verbreitet einen Lichtglanz, der dem Auge unerträglich und dem der Sonne ähn-  
lich ist. Wenn der Versuch in nicht zu kleinem Maassstabe angestellt wird, so  
ist das Licht so intensiv, dass die Flamme einer Kerze als Schatten an einer hellen  
vom Lichte beleuchteten Wand sichtbar wird. Man hat dieses Licht auf Drum-  
mond's Vorschlag zum Signallichte auf Leuchthürmen und neuerlichst auch zu  
den sogenannten *dissolving views* oder Nebelbildern und anderweitig benutzt.  
Einen anderen ebenso bequemen Knallgasapparat zeigt Fig. 36 (a. f. S.). Durch  
*b* gelangt aus einem Gasometer Sauerstoffgas, durch *c* Wasserstoffgas in die Löh-  
rohrspitze *a*, in der die beiden Gase bis zur Ausmündung getrennt strömen und  
sich hier erst vermischen; *d* ist ein Metallhorn, der nach auf- und abwärts bewegt  
werden kann und dazu bestimmt ist, die Kreide zum Drummond'schen Licht,  
den Pfeifenstiel mit dem Quarzsplitter etc. zu tragen. Derselbe lässt sich mittelst

Drum-  
mond's  
Licht.

Dissolving  
views.

einer Vorrichtung bei *e* auch nach vor- und rückwärts schieben, auch die Vorrichtung *abc* ist auf dem Stativ *f* um ihre Axe und nach auf- und rückwärts beweglich.

Fig. 36.

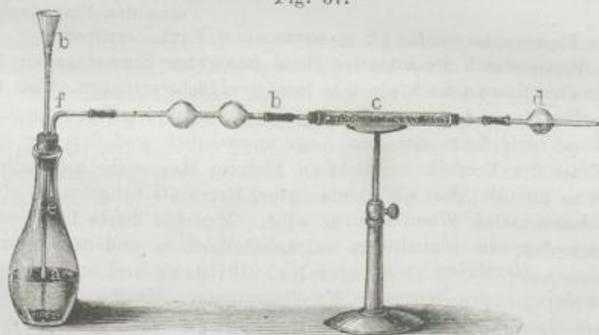


Für die Fälle, wo man nicht im Besitze der nöthigen Gasometer u. dergl. zur Anstellung der Knallgasgebläseversuche wäre, bemerke ich, dass mittelst der in Fig. 13 abgebildeten Mitscherlich'schen Schmelzlampe nahezu dieselben Wirkungen erzielt werden können. Da der Weingeist eine sehr wasserstoffreiche Substanz ist, so wird, wenn wir in die Flamme desselben Sauerstoffgas einleiten, eben auch eine Knallgasflamme erzeugt.

Reduction  
von Kupfer-  
oxyd durch  
Wasserstoff.

Die kräftig reducirenden Wirkungen des Wasserstoffs lassen sich am besten dadurch zeigen, dass man über Metalloxyde, die erhitzt werden, Wasserstoffgas leitet. Einen hierzu dienenden Apparat zeigt Fig. 37.

Fig. 37.



Ein Wasserstoffentwicklungsapparat ist mit einer Chlorecalcfumröhre *c* und diese mit einer Kuglröhre *d* luftdicht verbunden, in welcher sich Kupferoxyd be-

findet. Man erhitzt die Kugel der Kugelhöhre und lässt das in c getrocknete Wasserstoffgas darüber strömen. Es wird alsbald reducirt und nimmt die bekannte rothe Farbe des Kupfers an.

### Verbindungen des Wasserstoffs mit Sauerstoff.

Der Wasserstoff bildet mit Sauerstoff zwei Verbindungen. Die eine Verbindung: das Wasser, entsteht, wie wir soeben ausgeführt haben, durch Vereinigung von 2 Volumina Wasserstoffgas und 1 Volumen Sauerstoffgas. Da aber das Volumgewicht des Wasserstoffs = 1, jenes des Sauerstoffs = 16 gesetzt wird, d. h. da die Gewichte gleicher Volumina von Wasserstoff und Sauerstoff in dem Verhältnisse von 1 : 16 stehen, so vereinigen sich dem Gewichte nach 2 Gewichtstheile Wasserstoff = 2 Vol. mit 16 Gewichtstheilen Sauerstoff = 1 Vol. zu 18 Gewichtstheilen Wasser, oder es enthält das Wasser auf je 1 Gewichtstheil Wasserstoff 8 Gewichtstheile Sauerstoff. Die andere Verbindung: das Wasserstoffsperoxyd, enthält auf 1 Gewichtstheil Wasserstoff 16 Gewichtstheile Sauerstoff.

Verbindungen des Wasserstoffs mit Sauerstoff.

### Wasserstoffoxyd. — Wasser.



Äquivalentgewichtsformel.



Atomistische Molekularformel.

Äquivalentgewicht = 9. Molekulargewicht = 18. Volumgewicht des Wassergases (specif. Gewicht Wasserstoff = 1) 9. Specif. Gewicht (atmosphär. Luft = 1) 0,623. Specif. Gewicht des flüssigen: 1. 1000 C.C. Wasserdampf wägen bei 0° und 760 Mm. Luftdruck 0,8064 Grm. (9 Krith = 9,00896). Proc. Zusammensetzung: Sauerstoff 88,89, Wasserstoff 11,11. Absol. Gewicht: 1 C.C. bei + 4° C. und 760 Mm. Druck = 1 Grm.

Das Wasser stellt bei mittleren Temperaturen eine farblose, geruchlose und geschmacklose Flüssigkeit dar, nimmt aber schon bei diesen Temperaturen Gasgestalt an, es verdunstet. Dieser Uebergang des Wassers in den gasförmigen Zustand erfolgt um so rascher, je höher die Temperatur ist, oder je geringer der Druck, der auf der Oberfläche des Wassers lastet. Bei einer Temperatur von 100° C. oder 80° R. und einem Luftdrucke von 760<sup>mm</sup> beginnt es zu sieden, d. h. sich unter Erscheinung des sogenannten Kochens vollständig in Dampf zu verwandeln. Bei einem geringeren Luftdrucke beginnt das Wasser schon bei einer Temperatur zu sieden, die unter 100° C. liegt und zwar erniedrigt sich der Siedepunkt mit Abnahme des Luftdrucks in einem bestimmten Verhältnisse. Da nun der Luftdruck mit der Erhebung über die Meeresfläche abnimmt, so sinkt auch mit letzterer der Siedepunkt des Wassers. Auf

Eigenschaften.

einem Berge von etwa 3400 Fuss Höhe siedet das Wasser bei etwa 98°C.; auf dem Montblanc bei einem Luftdruck von 423,7<sup>mm</sup> bei 84,4°C. Das Wasser gehört zu den Körpern, die alle drei Aggregatzustände annehmen können; denn bei 0° wird es fest, es wird zu Eis, es gefriert <sup>1)</sup>).

Das Wasser hat bei + 4° C. seine grösste Dichtigkeit.

Eine sehr merkwürdige Eigenschaft des Wassers ist die Ausnahme, die es von dem allgemeinen Gesetze macht, wonach die Körper, je mehr sie abgekühlt werden, desto mehr sich zusammenziehen, d. h. ihr Volumen vermindern. So wie alle Körper, dehnt sich das Wasser durch Erwärmung aus; wird bis auf 100° C. erwärmtes Wasser allmählich abgekühlt, so zieht es sich immer mehr zusammen, bis seine Temperatur bis auf + 4° C. gesunken ist; wird es nun noch weiter abgekühlt, so fängt es an sich wieder auszudehnen, bis es 0° erreicht hat und gefriert. Das Wasser hat sonach bei + 4° C. seine grösste Dichtigkeit, d. h. es nimmt bei gleichem Gewichte bei dieser Temperatur den kleinsten Raum ein. Diese Anomalie erklärt, warum Eis einen grösseren Raum einnimmt als Wasser und warum verschlossene, mit Wasser vollkommene gefüllte Gefässe springen, wenn die Temperatur so sehr sinkt, dass das in ihnen enthaltene Wasser gefriert. Die Ausdehnung des Wassers beim Gefrieren erfolgt mit unwiderstehlicher Gewalt und zersprengt die festesten Bausteine, die dicksten Bomben. Diese Anomalie erklärt ferner, warum Eis leichter als Wasser ist. In der That, setzen wir das specifische Gewicht des Wassers = 1, so ist das des Eises = 0,94. Wird Wasser von 0° C. erwärmt, so zieht es sich zusammen, bis es die Temperatur von 4° C., seine grösste Dichtigkeit, erreicht hat; dann aber dehnt es sich aus, und fährt fort sich auszudehnen, bis es in Dampf verwandelt ist.

Wichtige Konsequenzen dieser Anomalie.

Wasserdampf, Dunst, Nebel, Wolken.

Der Wasserdampf oder das Wassergas, aus Wasser bei 100° C. entstanden, nimmt einen 1689mal grösseren Raum ein, als das tropfbar flüssige Wasser; unter 100° C. abgekühlt, wird der Wasserdampf wieder flüssig. Im gewöhnlichen Zustande ist der Wasserdampf vollkommen durchsichtig und unsichtbar. Der sichtbare sogenannte Wasserdampf, der sich über der Oberfläche heissen Wassers zeigt, ist theilweise bereits verdichtetes Wasser, unendlich kleine Bläschen bildend. Dasselbe sind Nebel und Wolken.

Schnee- und Eiskrystalle.

Das Festwerden des Wassers, das Gefrieren desselben ist eine wahre Krystallisation. Die Krystallform des Wassers ist nicht immer sehr deutlich im Eise ausgesprochen; doch lässt sich an den Eisblumen an unseren Fenstern im Winter und an den Schneeflocken, die aus einer grossen Anzahl regelmässig gruppirter Kryställchen bestehen, nachweisen, dass die Krystalle dem hexagonalen Systeme angehören.

Das Wasser ist ein allgemeines Auflösungs-mittel.

Das Wasser ist ein sehr allgemeines Auflösungsmittel für die verschiedensten Körper. Die Mengen der Körper, die sich auflösen, sind in

<sup>1)</sup> Wenn man Wasser sehr allmählich abkühlt und der vollkommensten Ruhe überlässt, so kann man seine Temperatur bis auf mehrere Grade unter 0° erniedrigen, ohne dass es gefriert. Die geringste Erschütterung bewirkt aber augenblicklich das Gefrieren.

der Regel abhängig von der Temperatur, bei der die Auflösung stattfindet. In der Wärme löst sich im Allgemeinen mehr auf als in der Kälte. Eine Lösung, die in der Wärme gesättigt ist, d. h. bei dieser Temperatur nichts weiter mehr aufzunehmen vermag, setzt beim Erkalten einen Theil des gelösten Körpers wieder ab, da sie in der erniedrigten Temperatur nicht die ganze Masse mehr aufgelöst erhalten kann und heisst dann eine kalt gesättigte.

Manche Substanzen sind in Wasser so sehr löslich, dass sie sogar der Luft den Wasserdampf entziehen, um sich in selbem aufzulösen. Solche Substanzen zerfliessen an freier Luft und werden deshalb zerfliessliche genannt. Andere Körper dagegen, die Wasser enthalten, geben dieses, wenn die Luft nicht mit Feuchtigkeit gesättigt ist, an letztere ab und zerfallen dabei, anfänglich krystallisirt, zu Pulver. Solche Stoffe nennt man verwitternde.

Zerfliessliche und verwitternde Substanzen.

Auch Gase sind in Wasser löslich, oder, wie man sich gewöhnlich ausdrückt, werden davon absorbirt. Die Löslichkeit der Gase ist aber ebenfalls sehr verschieden und von der Temperatur und dem auf dem Wasser lastenden Drucke abhängig. Die Löslichkeit eines Gases in Wasser ist um so bedeutender, je niedriger die Temperatur des Wassers und je grösser der von dem nicht absorbirten Gase auf die Lösung ausgeübte Druck ist.

Das Wasser ist an und für sich ein indifferenten Körper und besitzt weder die Eigenschaften einer Säure, noch die einer Base (s. weiter u.); es geht aber ebensowohl mit Säuren als mit Basen chemische Verbindungen ein, welche man Hydrate oder Hydroxyde nennt. Man sagt daher auch wohl, das Wasser spiele bald die Rolle einer Säure, bald die einer Base, indem es in den Verbindungen mit Säuren die Stelle der Base und in jenen mit Basen jene der Säure einnimmt.

Verbindungen des Wassers.

Obgleich die Affinität des Wasserstoffs zum Sauerstoffe im Wasser eine bedeutende ist, so erfolgt doch die Zersetzung des Wassers auf mannigfache Weise. Der einfachste Weg, um das Wasser in seine beiden Bestandtheile zu zerlegen, ist der galvanische Strom, wodurch es in Sauerstoff und Wasserstoff zerfällt. Wenn dieser Versuch ausgeführt wird, so beobachtet man, dass das Volumen des abgeschiedenen Wasserstoffs das Doppelte von dem des Sauerstoffs beträgt.

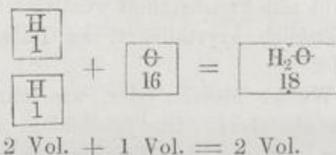
Volumetrische Zusammensetzung. Bei der Bildung von Wasser durch Vereinigung von Wasserstoff und Sauerstoff beobachtet man dem Obigen entsprechend, dass sich 2 Vol. Wasserstoff mit 1 Vol. Sauerstoff verbinden, zugleich aber, dass das Volumen des dadurch sich bildenden Wassergases um  $\frac{1}{3}$  des ursprünglichen Volumens beider Gase verkleinert ist; es beträgt nicht 3, sondern 2 Volumina. Es findet sonach Condensation statt.

Volumetrische Zusammensetzung.

Da, wie bereits Seite 61 auseinandergesetzt wurde, die specifischen Gewichte, oder die Volumgewichte der sich verbindenden Gase auch das Gewichtsverhältniss ausdrücken, in welchem sich die Gase vereinigen, so

muss sich aus den specif. Gewichten oder den Volumgewichten des Wasserstoffs und Sauerstoffs unter Zugrundelegung des Umstandes, dass sich zwei Volumina Wasserstoff mit einem Volumen Sauerstoff verbinden, auch die gewichtliche procentische Zusammensetzung des Wassers ergeben.

Dieses wird aus nachstehender graphischer Darstellung sofort klar, zu welcher nur zu bemerken ist, dass gleiche Volumina Wasserstoff und Sauerstoff in dem Gewichtsverhältnisse von 1 : 16 stehen, so wie dass uns die Quadrate die gleichen Räume mit dem dazu gehörigen Gewicht sinnlichen sollen, das Doppelquadrat dagegen das Verhältniss des Raumes des gebildeten Wasserdampfes, zu dem ursprünglichen Volumen der beiden Gase vor der Vereinigung andeutet.



In 18 Gewichtsthln. Wasser sind mithin 2 Gewichtsthle. Wasserstoff und 16 Gewichtsthle. Sauerstoff enthalten, wie viel Wasserstoff und Sauerstoff sind in 100 Thln. Wasser enthalten?

$$18 : 2 = 100 : x = 11,11 \text{ Wasserstoff}$$

$$18 : 16 = 100 : x = 88,89 \text{ Sauerstoff.}$$

Das Gewicht des durch Vereinigung von 2 Vol. Wasserstoff und 1 Vol. Sauerstoffgas gebildeten Wasserdampfes, d. h. das Gewicht des Volumens Wasserdampf, welches dabei gebildet wird, beträgt 18. In dieser Zahl ist aber das specif. Gewicht oder Volumgewicht des Wasserdampfes, d. h. das Gewicht eines Volumens Wasserdampf, 9, gerade 2 mal enthalten, es beträgt mithin das Volumen des gebildeten Wasserdampfes 2 Volumina.

Zersetzung  
des Was-  
sers.

Bildung des  
Wassers.

Das Wasser wird unter Freiwerden des Wasserstoffs durch alle jene Stoffe zersetzt, die wir bereits bei Gelegenheit der Darstellung des Wasserstoffs erwähnt haben, sonach durch Kalium, Natrium und andere Metalle, durch glühendes Eisen, durch Zink bei Gegenwart von Schwefelsäure, durch Eisen unter gleichen Bedingungen, durch Chlor u. dgl. m. Ebenso ist auch die Bildung des Wassers bereits beim Wasserstoff besprochen worden. Das Product der Vereinigung des Wasserstoffs mit dem Sauerstoff durch Verbrennung des ersteren und durch die oben beim Wasserstoff ausführlich erörterten Momente ist stets Wasser. Ebenso erhält man Wasser durch Hinüberleiten von Wasserstoff über erhitzte Metalloxyde und durch Compression von Knallgas.

Vorkom-  
men.

Vorkommen. Das Wasser gehört zu den verbreitetsten Stoffen auf unserem Planeten und es findet sich daselbst als Seewasser, Flusswasser, Quellwasser, Mineralwasser, ferner in der Gestalt von Wolken, Nebel, Regen, Schnee, Hagel, Reif, als unsichtbarer Wasserdampf in der Luft, als Krystall- und Hydratwasser in Mineralien und endlich als allgemeiner Bestandtheil thierischer und pflanzlicher Organismen. Wasser ist ferner

eines der Producte der Verbrennung aller organischen Körper und des Athmungsprocesses der Thiere. Die Ausathmungsluft der Thiere ist mit Wasserdampf nahezu gesättigt.

Das auf der Erde vorkommende Wasser, als Quell-, Fluss- und anderes Wasser, ist kein reines Wasser, sondern enthält mehr oder weniger feste Substanzen und ausserdem eine Luftart, die wir später unter dem Namen Kohlensäure näher kennen lernen werden, aufgelöst. Ausserdem enthält es auch noch eine gewisse Menge atmosphärischer Luft. Diese fremden Substanzen nimmt das Wasser aus den Erdschichten auf, durch die es sickert, über welche es strömt, oder über welchen es sich sammelt, indem es dieselben als sehr allgemeines Lösungsmittel mehr oder weniger auflöst. Die im Wasser aufgelösten fremden Stoffe sind zum Theil sogenannte Salze, zum Theil organische Stoffe. Ein grösserer Gehalt an gewissen Salzen macht das Wasser zu dem, was man hartes Wasser nennt. Besonders reich an aufgelösten Salzen ist das Meerwasser und diesen verdankt dasselbe auch seinen salzig-bitteren Geschmack. Die Temperatur des gewöhnlichen Quell- und Flusswassers ist unter einerlei Klima eine ziemlich gleichmässige, doch giebt es auch sogenannte heisse Quellen oder Thermen, deren Temperatur + 70 bis + 90° C. und mehr beträgt (Karlsbader, Aachener Quellen, Geysir auf Island). Solche Quellen erhalten ihre Wärme, nach der nun herrschenden Ansicht, entweder von Vulkanen und noch nicht erkalteten vulcanischen Massen, oder daher, dass sie aus grosser Tiefe kommen, wo die Temperatur der Erde noch so hoch ist. Es ist nämlich nachgewiesen, dass die Temperatur der Erde mit der Tiefe zunimmt und es sprechen viele Gründe für die Annahme, dass sich der Erdkern im feurig-flüssigen Zustande befindet. Quellen, welche eine so hohe Temperatur besitzen, sind zuweilen arm an festen Bestandtheilen, meist aber sehr reich daran.

Mineralwässer und Mineralquellen sind Wässer, denen man wegen ihrer Temperatur, oder gewisser in ihnen enthaltener Stoffe wegen, heilkräftige Wirkungen zuschreibt. Es gehören dazu sonach auch die Thermen. Je nach ihrem vorherrschenden Gehalte an gewissen Stoffen erhalten die Mineralquellen verschiedene Namen, wie Schwefelquellen, Kochsalzquellen, Säuerlinge, Stahlquellen u. s. w.

Ein Theil der im gewöhnlichen und im Mineralwasser enthaltenen festen Bestandtheile ist nur mit Beihülfe der im Wasser enthaltenen freien Kohlensäure aufgelöst. Wird Wasser zum Kochen erhitzt, so entweicht letztere und gewisse feste Stoffe scheiden sich dann aus. Hierauf gründet sich die Bildung jener erdigen Incrustationen in den Dampfkesseln, welche man Kesselstein nennt. Da aber Wasser schon durch blosses Stehen einen Theil seiner Kohlensäure verliert, so scheidet sich auch ohne Erwärmung ein Theil dieser Stoffe in unseren Wasserflaschen ab und zwar in Gestalt jenes bekannten Beschlages, den dieselben zuweilen nach längerem Stehen des Wassers zeigen. Davon, dass gewöhnliches Wasser kein reines ist, sondern fremde Stoffe aufgelöst enthält, kann man sich

Verunreinigungen des auf der Erde vorkommenden tropfbarflüssigen Wassers.

Luftgehalt desselben.

Temperatur der Quellen.

Thermen.

Mineralwässer.

sehr leicht überzeugen, indem man in einer Porzellanschale Wasser verdunstet. Es bleibt nach dem Verdunsten des Wassers, durch Erwärmen desselben, ein mehr oder minder beträchtlicher Rückstand, während reines Wasser sich dabei ohne den geringsten Rückstand verflüchtigt.

Regen-  
und Schneewasser.

Regen- und Schneewasser sind beinahe reines Wasser, da es aber gewöhnlich, bevor man es auffängt, auf die Dächer fällt, so enthält es dann immer etwas von fremden Substanzen aufgelöst, auch führt das Regenwasser viele in der Luft in Spuren enthaltene Substanzen entweder gelöst oder als Staub mit herab und enthält constant Spuren von salpêtresäurem Ammonium.

Darstellung  
reinen  
Wassers.

Darstellung reinen Wassers. Reines Wasser kann man mittelst aller jener Methoden erhalten, durch die man die Vereinigung des Wasserstoffs mit dem Sauerstoff bewirkt. Die einfachste, ausgiebigste und daher auch allein gebräuchliche besteht aber in der Destillation gewöhnlichen, am besten Flusswassers, wobei die Gase entweichen, die aufgelösten festen Stoffe im Destillationsgefäße zurückbleiben und das reine Wasser, welches in Gasgestalt als Wasserdampf übergeht, sich bei gehöriger Abkühlung in der Vorlage in flüssiger Gestalt ansammelt. Diese Operation wird gewöhnlich im Grossen ausgeführt. Solches Wasser heisst destillirtes.

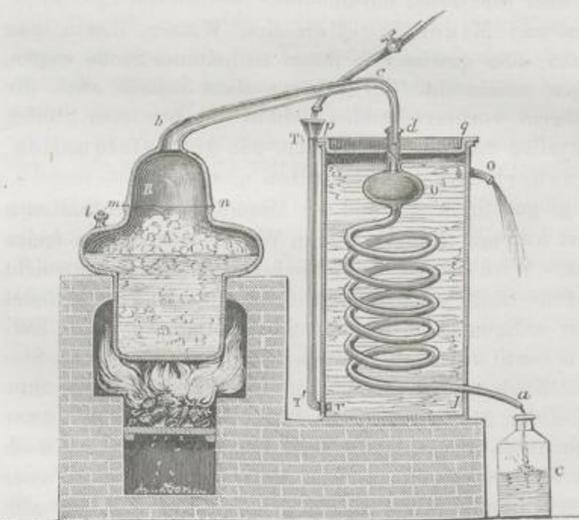
#### Chemische Technik und Experimente.

Die Darstellung reinen Wassers durch Destillation im Grossen wird mittelst verschiedener Apparate bewerkstelligt, von denen übrigens nebenstehende Fig. 38 eine der gewöhnlichsten Constructions versinnlicht.

Destillation  
des Wassers  
im Grossen.

Das Destillationsgefäß ist eine grosse kupferne Blase *A*, welche in einen aus Backsteinen aufgemauerten Ofen eingefügt ist. An die Blase

Fig. 38.



schliesst sich der sogenannte Helm *R* an, der in ein gebogenes kupfernes Rohr *b, c, d* endigt. Letzteres ist mit einem ebenfalls aus Kupfer gefertigten sogenannten Schlangenrohr in luftdichte Verbindung gesetzt, welches sich in einem Kühlfasse *p, q, r, j* befindet. Dieses ist mit kaltem Wasser stets gefüllt, welches durch die Trichter-röhre *T T''* zufließt, während das erwärmte bei *o* abfließt. Die Oeffnung *t* in der Blase dient dazu, das zu destillirende

Wasser in die Blase einzufüllen. Die durch das Schlangenrohr streichenden Dämpfe werden dasselbst, da ersteres stets vom kalten Wasser umgeben ist, abgekühlt, verdichtet und fließen aus der Mündung *a* als destillirtes Wasser in das darunter gestellte Gefäß *c*. Um Brennmaterial zu sparen, wird das bei *o* abfließende warme Kühlwasser zur Speisung der Destillirblase benutzt. Destillirblase, Helm und Schlangenrohr müssen inwendig gut verzinnt sein.

Eine sehr bemerkenswerthe Anwendung, welche man in der praktischen Chemie vom Wasser macht, ist die Einrichtung der sogenannten Wasserbäder. Diese Apparate dienen dazu, Flüssigkeiten, welche feste Stoffe aufgelöst enthalten, abzdampfen und dadurch nach Verdampfung des Wassers die gelöst gewesenen Stoffe in fester Form wieder zu gewinnen. Sind diese Stoffe derart, dass sie sich bei einer 100° C. übersteigenden Temperatur zersetzen, so darf das Abdampfen nicht über freiem Feuer vorgenommen werden, wo die Temperatur leicht höher steigt, auch können auf diese Weise, indem dabei die Flüssigkeit in lebhaftes Kochen kommt, durch Aufspritzen Verluste entstehen, die namentlich bei quantitativen Analysen aufs Sorgfältigste zu vermeiden sind. In diesen Fällen benutzt man zum Abdampfen die Wasserbäder. Es sind dies in ihrer einfachsten Construction kupferne Kesselchen mit übergreifendem Rande und von der in Fig. 39 abgebildeten Form. Beim Gebrauche werden dieselben mit Wasser nahezu gefüllt, in einen passenden Dreifuss gestellt, mittelst einer Weingeist- oder Gaslampe erwärmt und nun die Porzellanschale mit der abzdampfenden Flüssigkeit auf das kupferne Kesselchen

Wasserbäder.

Fig. 40.

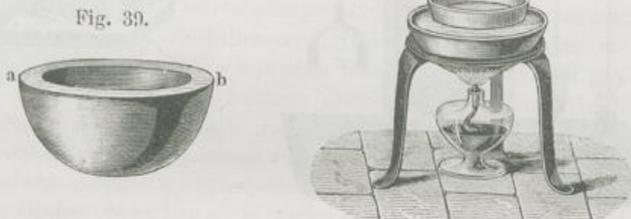


Fig. 39.

gestellt. Da eine siedende Flüssigkeit die constante Temperatur ihres Siedepunktes beibehält, so lange sie nicht gänzlich verdampft ist und das Wasser bei 100° C. siedet, so kann die Temperatur des Wassers im Wasserbade auch nicht höher steigen und die darauf gestellte abdampfende Flüssigkeit kann auch nicht heisser werden. Fig. 40 versinnlicht die ganze Vorrichtung.

Die elektrolytische Zersetzung des Wassers veranschaulicht man am besten durch den von Buff angegebenen Apparat, Fig. 41.

Der Glascylinder *A* ist mittelst einer übergreifenden Metallfassung geschlossen, in der sich fünf Oeffnungen befinden. Durch die Oeffnungen *cc* gehen die Hälse der sich stark verjüngenden Glasglocken *ab*, die durch die Hähne *dd* geschlossen werden. Durch die Mündungen *ee* sind Glasröhren eingesetzt, die die Poldrähte *hh* aufnehmen, welche sich in die Platindrähte *ff* endigen. Ihr unterer gebogener Theil enthält etwas Quecksilber. Durch die Oeffnung *g* wird das zu zersetzende mit Schwefelsäure angesäuerte Wasser eingefüllt. Werden die Poldrähte mit einer galvanischen Batterie in Verbindung gesetzt, so entwickelt sich am positiven Polende der Sauerstoff und am negativen der Wasserstoff und zwar beträgt das Volumen des Wasserstoffs genau das Doppelte von dem des Sauerstoffs. Durch Oeffnen des Hahns *dd* kann man die Gase getrennt austreten lassen. Will man sie vereinigt austreten lassen, so kann man dies durch einen Bügelröhrenfortsatz

Elektrolytische Zersetzung des Wassers.

*B* bewirken, der dem des Knallgasgebläses, Fig. 36, entspricht und durch Cautchoukröhren mit *dd* in Verbindung gesetzt wird.

Fig. 41.

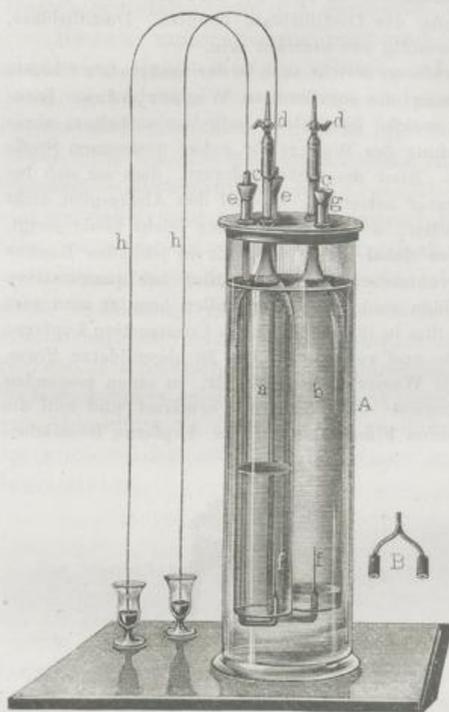
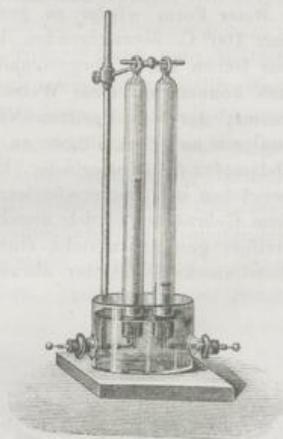


Fig. 42.



Der einfachste Apparat zur Wasserzersetzung ist der in Fig. 42 abgebildete er bedarf keiner näheren Erläuterung.

### Wasserstoffsperoxyd.



Aequivalentgewichtsformel.



Atomistische Molekularformel.

Aequivalentgewicht = 17. Molekulargewicht = 34. Specif. Gewicht 1,45 (Wasser = 1). Procent. Zusammensetzung: Sauerstoff 94,12, — Wasserstoff 5,88.

Eigenschaften.

Das Wasserstoffsperoxyd stellt eine farblose, vollkommen durchsichtige, wasserähnliche Flüssigkeit dar, welche sich in den übrigen Eigenschaften vom Wasser wesentlich unterscheidet. Abgesehen von ihrer grösseren syrupähnlichen Consistenz, die mit ihrem höheren specifischen Gewichte im Zusammenhange steht, besitzt sie einen eigenthümlichen Geruch. Das Wasserstoffsperoxyd kann ferner bei einer Temperatur von —

30° C. noch nicht zum Gefrieren gebracht und kann auch durch Erwärmen nicht in den gasförmigen Zustand übergeführt werden, denn schon bei einer Temperatur von + 15 bis 20° C. zersetzt es sich von selbst in Wasser und Sauerstoffgas; bei stärkerer Erwärmung tritt eine sehr plötzliche Zersetzung ein, die zuweilen sogar von Explosion begleitet ist. Durch Vermischung mit Wasser und durch Zusatz von etwas Chlorwasserstoffsäure wird es etwas beständiger, während es durch concentrirte Schwefelsäure ziemlich rasch zersetzt wird. Im luftleeren Raume verdunstet es, wenngleich schwieriger als Wasser, ohne Zersetzung. Das Wasserstoffsuperoxyd bleicht Pflanzenfarben, schmeckt herbe und macht einen weissen Fleck auf der Zunge. Auf die Haut gebracht, bewirkt es ebenfalls einen weissen Fleck und erregt heftiges Jucken.

Zu gewissen anderen Körpern zeigt das Wasserstoffsuperoxyd ein sehr merkwürdiges Verhalten. Wird es nämlich mit fein zertheiltem Platin, Gold, Silber, Osmium oder Mangansuperoxyd in Berührung gebracht, so entwickelt sich unter Aufbrausen Sauerstoff, es wird Wärme frei und es bleibt gewöhnliches Wasser zurück, ohne dass die oben genannten Körper dabei irgend eine Veränderung erleiden. Fügt man dem Mangansuperoxyd aber eine Säure zu, so geht auch die Hälfte des Sauerstoffs von diesem gasförmig fort und es bildet sich ein Manganoxydulsalz.

Bringt man mit Wasserstoffsuperoxyd gewisse leicht reducirbare Metalloxyde zusammen, wie Silberoxyd, Goldoxyd, Platinoxid, so wird das Wasserstoffsuperoxyd in gewöhnliches Wasser und Sauerstoff, welcher entweicht, zersetzt, mit dem letztern aber entweicht auch der Sauerstoff dieser Oxyde und es bleiben die entsprechenden Metalle zurück. Auch diese Zersetzung erfolgt zuweilen unter Explosion, Wärme- und Lichtentwicklung. Manche organische Substanzen, wie Blut oder der Faserstoff des Blutes, bewirken eine rasche Zersetzung des Superoxyds. Setzt man zu dem Wasserstoffsuperoxyd, wenn es sich durch Erwärmen oder durch Contact mit metallischem Silber in lebhafter Zersetzung befindet, einige Tropfen Schwefelsäure, so hört die Gasentwicklung sogleich auf, beginnt aber wieder, wenn man die Säure mit einer Basis sättigt. — So wie die oben genannten Substanzen, bewirken noch viele andere Zersetzung des Wasserstoffsuperoxydes. So wird Uebermangansäure dadurch zu Manganoxyd und bei Anwesenheit von Schwefelsäure zu schwefelsaurem Manganoxydul reducirt, Chromsäure zu Chromoxyd, Bleisuperoxyd zu Bleioxyd, Silbersuperoxyd zu Silberoxyd, unterchlorigsaures Natron setzt sich mit Wasserstoffsuperoxyd in Wasser, freies Sauerstoffgas und Chlornatrium um, aus welcher Thatsache hervorgeht, dass das Wasserstoffsuperoxyd nothwendiger Weise auch sehr energische Reductionswirkungen hervorbringen kann, wobei sein Sauerstoff zum Theil entweicht und gewöhnliches Wasser zurückbleibt.

Wegen des Umstandes, dass das Wasserstoffsuperoxyd leicht einen Theil seines Sauerstoffs abgibt, gehört es andererseits zu den sehr kräftig oxydirenden Substanzen; so oxydirt es Arsen und arsenige Säure zu Ar-

sensäure, schweflige Säure zu Schwefelsäure, Baryum-, Calcium- und Strontiumoxyd zu den betreffenden Superoxyden, Bleioxyd unter geeigneten Bedingungen zu Bleisuperoxyd und scheidet aus Jodkalium freies Jod ab, indem es das Kalium oxydirt.

Vorkommen.

Vorkommen. Das Wasserstoffsuperoxyd findet sich in der Natur nicht und kann auch nicht unmittelbar aus seinen Elementen gebildet werden.

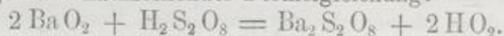
Darstellung.

Darstellung. Die Darstellung des Wasserstoffsuperoxydes ist eine sehr umständliche und schwierige und soll daher hier nur in den allgemeinsten Umrissen angedeutet werden. Die zuerst in Anwendung gekommene und für Anfänger am leichtesten verständliche Methode beruht darauf, dass man ein Superoxyd eines Metalls, des Baryums, welches die Formel  $BaO_2$  besitzt, mit einer Verbindung zusammenbringt, die Chlorwasserstoff heisst und aus Chlor und Wasserstoff zu gleichen Aequivalenten zusammengesetzt ist. Ihre Formel ist  $ClH$ . Indem nun Baryumsuperoxyd mit Chlorwasserstoff zusammenkommt, tritt das Chlor an das Baryum, damit eine Verbindung, Chlorbaryum, bildend und der Wasserstoff verbindet sich mit den 2 Aeq. Sauerstoff zu Wasserstoffsuperoxyd. Der Vorgang wird durch die Formelgleichung



ausgedrückt.

Auch durch Behandlung von Baryumsuperoxyd mit verdünnter Schwefelsäure wird Wasserstoffsuperoxyd erhalten. Die Zersetzung in diesem Falle erfolgt nach nachstehender Formelgleichung:



Endlich erhält man eine, wenngleich verdünnte Lösung von Wasserstoffsuperoxyd, indem man einen lebhaften Strom von Kohlensäure durch destillirtes Wasser leitet, dem man von Zeit zu Zeit etwas Baryumsuperoxyd zusetzt ( $2 BaO_2 + 2 HO + C_2O_4 = Ba_2C_2O_6 + 2 HO_2$ ). Nachweisbare Mengen von Wasserstoffsuperoxyd entstehen bei der langsamen Oxydation von Zink, Cadmium, Blei, Zinn, Wismuth oder Kupfer bei Gegenwart von Wasser, ferner bei der langsamen Verbrennung des Aethers. Wasserstoffsuperoxyd bildet sich übrigens auch durch Behandlung anderer Superoxyde mit Säuren, so des Kalium- und Natriumsuperoxydes.

Man erhält eine an Wasserstoffsuperoxyd ziemlich reiche und zu allen charakteristischen Reactionen geeignete Lösung desselben in nachstehender Weise: Fein zerriebenes, möglichst reines Baryumsuperoxyd wird unter sehr guter Abkühlung in verdünnte Salzsäure eingetragen, Barytwasser vorsichtig zugesetzt, so lange die Fällung gelblich erscheint, der eisenhaltige Niederschlag abfiltrirt, das Filtrat völlig ausgefällt, das gefällte Baryumsuperoxydhydrat ausgewaschen und dann sehr vorsichtig in kleinen Partien und unter öfterem Umrühren in eiskaltes destillirtes Wasser eingetragen, durch welches ein rascher Strom gewaschener Kohlensäure geleitet wird. Es ist dahin zu sehen, dass die Kohlensäure stets im Ueberschusse bleibt und dass die Mischung durch Einstellen in Eis immer auf einer möglichst niederen Temperatur erhalten wird. Fängt dieselbe durch die Menge des gefällten kohlensauren Baryts an, dicklich zu werden, so lässt man (immer in Eis) absetzen,

giesst ab und fährt so lange fort, bis die Lösung für den gegebenen Zweck hinlänglich concentrirt ist. Alles Filtriren ist zu vermeiden und die Lösung bis zum Verbrauch in Eis aufzubewahren. Auch hier zersetzt sie sich, aber allmählich.

Wegen der Schwierigkeit seiner Darstellung findet das Wasserstoff-superoxyd keinerlei Anwendung. Doch würde es von grosser Wichtigkeit sein, eine Methode zu besitzen, durch die es leichter dargestellt werden könnte, da es gewiss wegen seiner energischen Einwirkung auf die Körper, sehr zahlreicher Anwendungen fähig wäre. Auch würde dann vielleicht durch ausgedehntere Untersuchungen mehr Licht über sein bisher in vielen Punkten so räthselhaftes Verhalten verbreitet werden. Es ist der Erwähnung werth, dass man bereits versucht hat, es bei Zersetzungs-krankheiten des Blutes: beim Typhus, als Heilmittel anzuwenden.

### Stickstoff. *Nitrogenium. Azotum.*

Symbol N. Aequivalentgewicht = 14. Atomgewicht N = 14. Molekulargewicht NN = 28. Volumgewicht (specifisches Gewicht, Wasserstoff = 1) 14. Specif. Gewicht (atmosph. Luft = 1) 0,969. Absolutes Gewicht: 1000 C.C. bei 0° und 760 Mm. Barometerstand wägen 1,2544 Grm. = 14 Krith (1 Krith = 0,0896 Grm., das absolute Gewicht von 1000 C.C. Wasserstoffgas).

Der Stickstoff ist ein farbloses, geruchloses, geschmackloses, permanentes Gas, welches sich durch sein Ansehen ebenso wenig, wie die beiden vorhergehenden Gase von der atmosphärischen Luft unterscheiden lässt. Er ist etwas leichter als letztere und besitzt eine um ein Geringes grössere Strahlenbrechung. Seine hervorragendsten Kennzeichen sind vorzugsweise negative. Er ist nicht brennbar und unterhält auch das Brennen anderer Körper nicht, brennende Körper verlöschen darin augenblicklich, er ist nicht respirabel, Thiere ersticken daher darin (daher der Name Stickstoff und Azotum von  $\alpha$  privat. und  $\xi\omega\eta$ , Leben), ohne dass er aber positiv schädlich wäre, d. h. ohne dass er in verdünntem Zustande mit anderen respirablen Gasen gemengt, giftig wirkte. In Wasser ist er sehr wenig löslich und kann daher über Wasser aufgefangen werden. Wegen dieser negativen Eigenschaften kann man das Stickstoffgas nur durch die Abwesenheit aller jener Charaktere erkennen, die anderen Gasen zukommen.

Eigenschaf-  
ten.

Auch die Affinitätsverhältnisse des Stickstoffs sind vorzugsweise negativer Art. Der Stickstoff hat nämlich eine verhältnissmässig geringe Verwandtschaft zu anderen Elementen und geht mit ihnen nur schwierig Verbindungen ein. Er verbindet sich zwar mit Sauerstoff, Wasserstoff, Chlor, Kohlenstoff, Metallen und sind namentlich in letzterer Zeit mehrere Verbindungen des Stickstoffs mit Metallen und Metalloiden auch auf directem Wege dargestellt, allein diese Verbindungen sind, einmal dargestellt, im

v. Gorup-Besanez, Anorganische Chemie.