

Die Elemente theilt man gewöhnlich in zwei Gruppen ein, von welchen die eine die Metalloide oder Ametalle, die andere die Metalle umfasst.

Eintheilung der Grundstoffe in Metalloide und Metalle.

Zu den ersteren zählt man alle diejenigen Grundstoffe, welchen die charakteristischen Merkmale der Metalle abgehen. Die vorzugsweise charakteristischen Merkmale der Metalle aber sind: ein eigenthümlicher Glanz (Metallglanz), wie ihn z. B. Silber und Gold zeigen, Undurchsichtigkeit, und die Fähigkeit, Wärme und Elektrizität gut zu leiten.

Zu den Metalloiden oder Ametallen (von *a* privatim) zählt man folgende Grundstoffe:

Sauerstoff	Antimon
Wasserstoff	Chlor
Stickstoff	Brom
Schwefel	Jod
Selen	Fluor
Tellur	Kohlenstoff
Phosphor	Bor
Arsen	Silicium.

Die Eintheilung in Metalloide und Metalle ist keine streng wissenschaftliche, weil scharfe Unterschiede zwischen beiden Gruppen keineswegs überall bestehen, vielmehr einzelne Grundstoffe vermöge ihrer Eigenschaften ebenso gut zu den Metalloiden gezählt werden können, wie zu den Metallen, sie ist ausserdem eine sehr schwankende, weil sie auf keinem klaren Principe, sondern auf mehr äusserlichen und wenig constanten Merkmalen fusst, demungeachtet aber folgen wir ihr in diesem Buche, da die Zeit für ein rationelles Eintheilungsprincip uns noch nicht gekommen scheint, und diese Eintheilung bisher immer noch die ganz allgemein übliche ist.

Sauerstoff. *Oxygenium.*

Symbol O. Aeq. 8 (H = 1). Specif. Gewicht = 1,1056 (atmosph. Luft = 1). Absol. Gewicht 1000 CC. bei 0° und 760 Mm. Luftdruck wiegen 1,43028 Grm.

Der Sauerstoff ist ein luftförmiger Körper, d. h. ein Gas, und zwar ein permanentes Gas, ein solches, welches bisher noch nicht flüssig oder fest gemacht, verdichtet werden konnte. Die äusseren Eigenschaften des

Eigenschaften.

Permanentes farb-, geruch- und geschmackloses Gas.

Sauerstoffs sind von denen der uns umgebenden atmosphärischen Luft wenig verschieden. So wie letztere ist er vollkommen durchsichtig, farblos, geruchlos, geschmacklos; dagegen besitzt er ein etwas höheres spezifisches Gewicht wie diese; denn setzen wir das spezifische Gewicht der atmosphärischen Luft = 1, so ist jenes des Sauerstoffs 1,1056. Auch sein Lichtbrechungsvermögen ist geringer als das der atmosphärischen Luft, und verhält sich zur Strahlenbrechung der letzteren wie 0,86161 zu 1.

Stellen wir eine mit atmosphärischer Luft gefüllte Flasche neben eine solche, welche Sauerstoff enthält, und neben diese eine leere, d. h. luftleer gepumpte, so können wir durch unsere äusseren Sinne keinerlei Unterschied wahrnehmen, da eben diese beiden Gase durch die Abwesenheit derjenigen Eigenschaften ausgezeichnet sind, welche auf unsere äusseren Sinne wirken. Davon, dass zwei dieser Flasche Gase enthalten, so nach nicht im eigentlichen Sinne leer sind, können wir uns leicht überzeugen. Bringen wir nämlich den Inhalt dieser Flaschen in ein Medium, welches nicht gasförmig, sondern flüssig ist und die fraglichen Gase nicht aufzulösen vermag; öffnen wir z. B. die Flaschen unter Wasser oder Quecksilber, so sehen wir in dem Maasse, als die Flüssigkeit in die Flaschen eintritt, daraus die Gase in Gestalt von sogenannten Luftblasen entweichen, während, wenn wir die luftleer gepumpte Flasche unter einer Flüssigkeit öffnen, letztere sogleich mit Gewalt in die Flasche stürzt, und ohne dass daraus irgend etwas entweicht. Farblose Gase können wir daher erst dann sehen, wenn sie sich in Medien befinden, die nicht ebenfalls farblos und gasförmig, wie die atmosphärische Luft sind.

Brennbare Körper brennen darin mit erhöhtem Glanze, in kürzerer Zeit und mit stärkerer Wärmeentwicklung.

So wenig sich der Sauerstoff von der atmosphärischen Luft durch seine äusseren Charaktere unterscheidet, so leicht ist es, ihn von dieser und von anderen Gasen durch sein Verhalten zu brennenden Körpern zu unterscheiden. Brennbare Körper verbrennen nämlich darin viel rascher, d. h. in kürzerer Zeit, mit viel glänzenderer Lichterscheinung und mit viel bedeutenderer Wärmeentwicklung, wie in atmosphärischer Luft. Wenn man in eine mit Sauerstoffgas gefüllte Flasche einen brennenden Holzspahn bringt, so geht die Verbrennung sogleich mit viel höherem Glanze als in der Luft von Statten, und der Spahn wird sehr rasch verzehrt. Zieht man den Spahn wieder heraus und bläst ihn aus, jedoch so, dass er an einer Stelle zu glimmen fortfährt, und bringt ihn dann wieder in die Flasche, so entflammt er sich darin von selbst wieder. Aehnlich verhält sich ein Kerzchen, welches man angezündet an einem am Ende umgebogenen Drahte in die Flasche senkt; es verbrennt mit glänzendem Lichte und wird sehr rasch verzehrt. Bläst man es aus und führt es dann rasch wieder in die Flasche ein, so entflammt es sich ebenfalls von selbst wieder. Jedermann kennt die charakteristische, an jedem angezündeten Schwefelfaden zu beobachtende blauschwarze Flamme des brennenden Schwefels. Zündet man aber etwas Schwefel an, der sich in einem eisernen, an einem langen Stiele befestigten Löffelchen befindet, und senkt man das Löffelchen in eine mit Sauerstoffgas gefüllte Flasche, so ver-

brennt der Schwefel sehr rasch mit einer sehr schönen lasurblauen Flamme. Glimmender Zunder, glimmende Kohle verbrennen im Sauerstoffe mit lebhafter Lichtentwicklung; brennender Phosphor mit einem Lichte, das dem der Sonne nahe kommt. So wie die zu Beispielen gewählten Körper verhalten sich alle übrigen, welche in der Luft brennen; alle brennen im Sauerstoff rascher, glänzender und mit stärkerer Wärmeentwicklung.

Im Sauerstoff brennen aber auch Körper, welche in der Luft entweder nicht, oder nur bei sehr hoher Temperatur brennen. So z. B. Eisen. Wir können einen Eisendraht so lange wir wollen in eine Flamme halten und er wird nicht verbrennen, höchstens wird er glühend; wenn wir aber einen spiralförmig gewundenen Eisendraht oder eine Uhrstahlfeder gehörig erhitzt in eine Flasche mit Sauerstoffgas bringen, so beginnt alsbald das Eisen mit sehr glänzender Lichterscheinung und unter sehr lebhaftem Funkensprühen zu verbrennen, indem das Ende des Drahtes oder der Stahlfeder zu einer glühenden Kugel schmilzt, die, wenn sie zu schwer wird, abfällt, während nun der übrige Draht fortfährt, weiter zu brennen u. s. f. —

Auch Eisen verbrennt darin unter lebhaftem Funkensprühen,

Das Sauerstoffgas ist athembar, d. h. es kann ohne Nachtheil eingeathmet werden. Bringt man kleine Thiere in mit Sauerstoff gefüllte Räume, so athmen sie darin gerade so, wie in gleich grossen mit atmosphärischer Luft gefüllten Räumen. Deshalb wurde der Sauerstoff früher auch wohl Lebensluft genannt. Das Blut solcher Thiere findet man viel heller roth gefärbt. Sauerstoff ertheilt überhaupt dem Blute, auch wenn er damit geschüttelt wird, eine hellere Farbe.

es ist respirabel,

In Wasser ist der Sauerstoff sehr wenig löslich, und kann daher auch über Wasser aufgefangen und aufbewahrt werden.

in Wasser kaum löslich.

Vorkommen. Der Sauerstoff ist der verbreitetste unter den Grundstoffen auf der Erde und macht ungefähr $\frac{1}{3}$ des Gewichtes der Erde aus. In freiem, d. h. unverbundenem Zustande findet er sich in der Natur nur in der atmosphärischen Luft, in der dem Gewichte nach 23 Proc. Sauerstoff enthalten sind. An andere Grundstoffe chemisch gebunden, ist er ein Bestandtheil aller Mineralien und Gebirgsarten und der meisten Thier- und Pflanzenstoffe.

Vorkommen.

Darstellung. Um den Sauerstoff in reinem Zustande zu gewinnen, kann man mehrere Wege einschlagen, die aber alle darauf hinauslaufen, dass man gewissen Verbindungen des Sauerstoffs den letzteren durch Mittel entzieht, durch welche seine Affinität zu den an ihn gebundenen Elementen aufgehoben, überwunden wird.

Darstellung

1. So erhält man reines Sauerstoffgas durch Glühen von rothem Quecksilberoxyd, welches dabei geradeauf in Quecksilber und Sauerstoff, seine beiden Bestandtheile, zerfällt.

aus Quecksilberoxyd.

2. In reichlicherer Menge und weniger kostspielig erhält man Sauerstoff durch Glühen von Braunstein, einem in der Natur ziemlich häufig vorkommenden Minerale, welches eine Verbindung des Sauerstoffs mit einem Mangan genannten Metalle darstellt. In der Glühhitze gibt die-

Aus Braunstein.

ses Mineral einen Theil seines Sauerstoffs aus, während ein anderer Theil an das Mangan gebunden bleibt. Man erhält daher nicht allen im Braunstein enthaltenen Sauerstoff, und überdies ist das auf diesem Wege dargestellte Sauerstoffgas auch nicht vollkommen rein, sondern enthält etwas eines fremden Gases, welches wir später unter dem Namen Kohlensäure näher kennen lernen werden, und welches davon herrührt, dass der Braunstein gewöhnlich mehr oder weniger mit einem Gesteine gemengt ist, welches beim Glühen Kohlensäure entwickelt. Auch durch Erhitzen von Braunstein mit Schwefelsäure kann man Sauerstoff erhalten.

Aus chlor-saurem Kali.

3. Sehr rein und in grosser Menge erhält man das Sauerstoffgas durch Erhitzen von chloresurem Kali, einer Substanz, welche aus Sauerstoff, Chlor und Kalium besteht. Durch Erhitzen verliert dieser Körper allen in ihm enthaltenen Sauerstoff, dem Gewichte nach 39,16 Proc., und es bleibt eine Verbindung von Chlor und Kalium im Rückstande.

Aus chrom-saurem Kali und Schwefelsäure etc.

Endlich erhält man auch noch Sauerstoffgas durch Erhitzen von chromsaurem Kali und concentrirter Schwefelsäure, durch Erhitzen von Salpeter, durch Zersetzung von Schwefelsäure bei Rothgluth, endlich durch Glühen von schwefelsaurem Zinkoxyd.

Verhalten zu anderen Elementen.

Der Sauerstoff vermag sich mit allen Elementen, das Fluor ausgenommen, zu verbinden. Manche Elemente verbinden sich mit ihm schon bei gewöhnlicher Temperatur; bei den meisten erfolgt aber die chemische Vereinigung erst in höherer Temperatur. Den Vorgang der Vereinigung

Oxydation.

der Körper mit Sauerstoff nennt man Oxydation, einen mit Sauerstoff verbundenen Körper oxydirt, jede Sauerstoffverbindung aber ein Oxyd. Manche Körper vermögen sich mit Sauerstoff in mehreren Verhältnissen zu verbinden; so das Mangan, welches sich in fünf Verhältnissen mit Sauerstoff zu verbinden vermag, und so noch viele andere. Die verschiedenen Verbindungsverhältnisse eines Körpers mit Sauerstoff nennt man seine Oxydationsstufen.

Oxydationsstufen.

Der Act der chemischen Vereinigung vieler Körper mit Sauerstoff ist von Licht- und Wärmeentwicklung, d. h. von Feuererscheinung, begleitet, und heisst dann Verbrennung. Das, was wir im gewöhnlichen Leben Verbrennung nennen, ist die chemische Vereinigung des in der atmosphärischen Luft enthaltenen Sauerstoffs mit den Elementen des Brennmaterials. Verbrennung in der Luft und im Sauerstoffgas ist daher Oxydation unter Licht- und Wärmeentwicklung. Die Verbrennung ist daher keineswegs, wie der Laie häufig meint, Vernichtung, sondern, indem ein Körper verbrennt, nimmt er sogar an Gewicht zu, und zwar um so viel, als er dabei Sauerstoff aufnimmt. Wenn ein Stück Phosphor in Sauerstoffgas verbrannt wird, so bildet sich eine weisse, schneeähnliche Masse, eben das Verbrennungsproduct des Phosphors, die Verbindung desselben mit Sauerstoff, welche den Namen Phosphorsäure führt. Hat man das Stück Phosphor vor der Verbrennung genau gewogen, und man sammelt die durch die Verbrennung gebildete Phosphorsäure und wägt sie ebenfalls, so findet man, dass die Phosphorsäure mehr

Verbrennung

und Verbrennungstheorie.

wiegt, als der Phosphor gewogen hatte; zugleich ist aber von dem Sauerstoffe, in welchem die Verbrennung stattfand, ein Theil verschwunden. Das Gewicht des verschwundenen Sauerstoffs ist aber genau gleich der Gewichtszunahme, welche die Phosphorsäure gegenüber dem verbrannten Phosphor zeigt. Auf gleiche Weise kann man finden, dass, wenn Eisendraht in Sauerstoffgas verbrannt wird, das Gewicht der dabei abschmelzenden schwarzgrauen Kugeln, des Eisenoxydes, gleich ist dem Gewichte des Drahtes und des verschwundenen Sauerstoffgases zusammengenommen. Wenn das Factum, dass jeder Körper durch die Verbrennung an Gewicht zunimmt, bei den gewöhnlichen, dem Laien geläufigen Verbrennungen, der Verbrennung des Oeles in unseren Lampen, des Talges und Waxes in unseren Kerzen, des Holzes im Ofen, oder einer Cigarre, nicht deutlich wird, so rührt dies einfach davon her, weil die durch die Vereinigung des Sauerstoffs mit den Elementen des Oeles, Talges, Holzes, der Cigarre etc. gebildeten Producte, die Verbrennungsproducte, alle gasförmig sind und in die Luft, von der sie sich durch ihr äusseres Ansehen wenig unterscheiden, entweichen. Bringt man Vorrichtungen an, mittelst derer die gasförmigen Verbrennungsproducte unserer Brennmaterialien genau gesammelt und gewogen werden können, so findet man auch hier, dass die Verbrennungsproducte dem Gewichte nach so viel betragen, wie das Gewicht der brennbaren Bestandtheile der Brennmaterialien und das Gewicht des dabei aus der Luft verschwundenen Sauerstoffs zusammengenommen.

Damit ein Körper sich mit Sauerstoff unter Licht- und Wärmeentwicklung chemisch vereinige, d. h. verbrenne, muss er in der Regel bis zu einem gewissen Grade erhitzt werden. Der Grad dieser Erhitzung: die Entzündungstemperatur, ist bei den verschiedenen Körpern ein sehr verschiedener, und ebenso ist bei den verschiedenen Körpern auch die Temperatur, die Hitze, sehr verschieden, die in Folge der Verbrennung entsteht: Verbrennungstemperatur. Letztere ist im Allgemeinen viel höher, wie die Entzündungstemperatur.

Entzündungs- und Verbrennungstemperatur.

Die Verbrennung in der atmosphärischen Luft ist nach dem Obigen von der im Sauerstoffgase im Wesentlichen nicht verschieden, nur ist im letzteren der Vorgang ein beschleunigter, die Lichtentwicklung glänzender und die Wärmeentwicklung stärker. Der Grund hiervon ist, weil die atmosphärische Luft kein reines Sauerstoffgas, sondern ein Gemenge von Sauerstoff und einem Gase ist, welches die Verbrennung nicht unterhält und daher gewissermaassen als Verdünnungsmittel des Sauerstoffs wirkt, seine Einwirkung mässigt.

Wenn man sagt: Verbrennung sei Oxydation unter Licht- und Wärmeentwicklung, so bezieht sich das nur auf die Verbrennung im Sauerstoffgase und in der atmosphärischen Luft. Im weiteren Sinne ist Verbrennung: jede unter Licht- und Wärmeentwicklung vor sich gehende chemische Vereinigung zweier Körper überhaupt. Der Sauerstoff hat nämlich wohl vorzugsweise, aber nicht aus-

schliesslich die Eigenschaft, sich mit anderen Körpern unter Licht- und Wärmeentwicklung zu vereinigen.

Wie nicht jede Verbrennung Oxydation ist, so ist auch nicht jede Oxydation Verbrennung. Die Vereinigung der Körper mit Sauerstoff erfolgt nämlich nicht immer unter Feuererscheinung, und ein und derselbe Körper kann sich damit bald unter solcher, bald ohne dieselbe vereinigen. So verbindet sich das Eisen auch bei gewöhnlicher Temperatur und ohne bemerkbare Licht- und Wärmeentwicklung mit Sauerstoff. Die hierbei gebildete Oxydationsstufe aber ist eine andere, wie diejenige ist, welche sich bei der Verbrennung des Eisens im Sauerstoffe bildet. Aehnlich verhält sich der Phosphor und andere Stoffe.

Grosse Hitze bei der Verbrennung der Körper im Sauerstoffgase.

Die Verbrennung der Körper in reinem Sauerstoffgase ist von so grosser Wärmeentwicklung begleitet, dass durch dieselbe Körper, die im heftigsten Gebläsefeuer nicht schmelzen, wie Platin und Quarz, mit Leichtigkeit zum Schmelzen gebracht werden können.

Respirationsprocess der Thiere. Rolle des Sauerstoffs der Luft dabei. Umwandlung des venösen in arterielles Blut.

So wie der Sauerstoff das wesentliche Moment für die in der Luft vor sich gehenden Verbrennungsprocesse darstellt, so ist er auch eine Bedingung des Lebens der Thiere und des Menschen. Durch den Athmungsprocess wird eine sehr wichtige Umwandlung des Blutes, die Umwandlung des venösen Blutes in arterielles, vermittelt, indem die eingeathmete Luft an das Blut einen Theil ihres Sauerstoffs abgibt, und dafür aus dem letzteren Kohlensäure aufnimmt. Der Respirationsprocess ist sonach im Wesentlichen ein solcher, wodurch der atmosphärischen Luft Sauerstoff entzogen wird. Da nun der Sauerstoff für das Leben der Thiere unentbehrlich ist, und durch die Thiere nicht allein, sondern auch durch die unzähligen, in jedem Augenblicke des Tages auf der Erde vor sich gehenden Verbrennungsprocesse der Luft fort und fort Sauerstoff entzogen wird, so sollte man denken, es müsste die Sauerstoffverarmung und daher Luftverschlechterung mehr und mehr zunehmen, und endlich bis zu einem Punkte gedeihen, wo die Respiration gehindert würde. Wir werden später sehen, dass diese Voraussetzung nicht zutrifft, und die Luft eine stets gleichbleibende Zusammensetzung zeigt, weil die Pflanzen zur Luft in einer Wechselbeziehung stehen, welche derjenigen der Thiere genau entgegengesetzt ist. Auch die Pflanzen athmen, auch sie nehmen Luft auf; während aber die Thiere aus letzterer einen Theil ihres Sauerstoffs aufnehmen und für die Zwecke ihres Lebens verwenden, und dafür Kohlensäure an die Luft abgeben, ist das Verhältniss bei den Pflanzen ein umgekehrtes; sie nehmen nämlich aus der Luft vorzüglich Kohlensäure auf und geben an selbe Sauerstoff ab. Sie geben also gewissermaassen der Luft denjenigen Sauerstoff, welchen ihr die Thiere und die brennenden Körper entziehen, wieder zurück.

Die Pflanzen hauchen Sauerstoffgas aus.

Geschichtliches.

Geschichtliches. Der Sauerstoff wurde ums. Jahr 1774 ungefähr gleichzeitig von Priestley in England und Scheele in Schweden entdeckt. Lavoisier bewies durch eine Reihe sehr ingeniöser und genauer Versuche, dass die Verbrennung der Körper in der Luft in der chemischen

Vereinigung derselben mit dem Sauerstoffe bestehe, und wurde so der Begründer der Verbrennungstheorie und des übrigen durch die Untersuchungen von Black u. a. bereits vorbereiteten sogenannten antiphlogistischen Systems, welches das phlogistische von Becher und Stahl stürzte. Diese beiden bedeutenden Chemiker und ihre Zeitgenossen hatten eine Ansicht von der Verbrennung, welche, obgleich mit den meisten damals bekannten Thatsachen in Harmonie, doch unrichtig war, indem sie, das vermehrte Gewicht der verbrannten Körper nicht erkennend, das Phlogiston, eine hypothetische Materie, als einen Bestandtheil eines jeden Körpers annahmen, und die Verbrennung, das Feuer, durch das Entweichen dieses Phlogistons erklärten. Jeder Körper bestand nach der phlogistischen Theorie aus Phlogiston und einem sogenannten unverbrennlichen Radical. Indem er verbrannte, entwich sein Phlogiston, und das unverbrennliche Radical blieb zurück. Eisen bestand nach dieser Theorie aus Phlogiston und Eisenoxyd, Phosphor aus Phlogiston und Phosphorsäure. Was uns sonach Verbrennungsproduct ist, war den Chemikern zur Zeit der phlogistischen Theorie Verbrennungsrückstand, und während die Körper durch die Verbrennung schwerer werden, nahmen sie an, ohne Rücksicht auf damit schon damals im Widerspruche stehende, freilich nur vereinzelte Beobachtungen und Ansichten von Jean Rey (1630), Robert Hooke (1665), Bayen (1774) und Andern, dass sie leichter würden, indem sie einen Bestandtheil verlören, was nicht Wunder nehmen und ihnen nicht zum Vorwurf angerechnet werden kann, wenn man bedenkt, dass man vor Black und Lavoisier nur das zu wägen vermochte, was bei einer Verbrennung zurückblieb, d. h. was feuerbeständig war, demnach bei allen Verbrennungen, bei welchen gasförmige Verbindungen gebildet werden, den Körper wirklich leichter werden, wo nicht gar verschwinden sah. Die ganze Lehre von der Verbrennung, als eines Vorganges chemischer Vereinigung des Sauerstoffs mit dem brennenden Körper, legte Lavoisier im Jahre 1789, dem ersten Jahre der ersten französischen Revolution, in seinem *Traité élémentaire de chimie* nieder. Den Sauerstoff nannte er zuerst Oxygen oder Oxygenium, von οξύς und γεννω: Säure-erzeugender Stoff, indem er irrthümlich glaubte, dass nur der Sauerstoff die Fähigkeit besitze, Verbindungen zu bilden, deren allgemeinere Charaktere wir später näher auseinandersetzen werden, und die man Säuren, Acida, nennt.

Chemische Technik und Experimente.

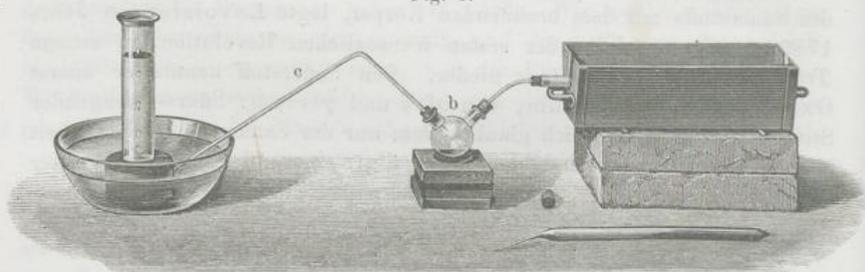
Um gasförmige Körper in reinem Zustande zu erhalten, müssen wir sie bei ihrer Entwicklung auf sammeln und namentlich Sorge tragen, dass sie sich nicht mit der atmosphärischen Luft vermischen. Aus diesem Grunde dürfen wir sie nicht in Gefässe leiten, in welchen sich atmosphärische Luft befindet. Die gewöhnlichste Methode der Aufsammlung von Gasen besteht darin, die Gefässe, aus welchen die Gasentwicklung stattfindet: die Entwicklungsgefässe, mittelst durchbohrter Körbe mit Gasleitungsröhren zu versehen, welche man mit ihrer unteren

Aufsammlung von Gasen.

Mündung unter eine Flüssigkeit bringt, die eine solche sein muss, in welcher sich das sich entwickelnde Gas nicht auflöst, meist Wasser oder Quecksilber. Diese Flüssigkeit, die Sperrflüssigkeit, befindet sich am zweckmässigsten in einer sogenannten pneumatischen Wanne, einem ziemlich tiefen, wannenartigen Gefässe von Blech, Glas, Porzellan, oder auch wohl mit Blei ausgelegtem Holze. Diese Wanne trägt etwas unter dem Flüssigkeitsniveau zwischen zwei Falzen eine mit mehreren Löchern versehene Brücke. Wird nun ein Gas entwickelt, so bringt man die Mündung der aus Glas oder auch wohl Cautehouk bestehenden Gasleitungsröhre in die Sperrflüssigkeit und unter eines der Löcher der Brücke der pneumatischen Wanne, auf die Brücke selbst aber und über die Mündung der Gasleitungsröhre umgestülpt, das heisst mit dem offenen Ende nach unten, einen Glaszylinder, eine Flasche, oder eine sogenannte Gasglocke, welche natürlich mit der Sperrflüssigkeit vollkommen gefüllt sein müssen. Die Füllung geschieht, indem man den Cylinder oder die Flasche bis zum Ueberlaufen mit der Sperrflüssigkeit anfüllt, die Oeffnung mit der flachen Hand oder einer Glasplatte verschliesst, und nun die Gefässe umgekehrt, am besten in der pneumatischen Wanne selbst, auf die Brücke der letzteren stellt. Wenn die pneumatische Wanne geräumig genug ist, kann man die Füllung der Glaszylinder und Flaschen auch so vornehmen, dass man sie in der Flüssigkeit mit ihrer Mündung nach oben untertaucht, wobei die darin enthaltene Luft entweicht, und sie hierauf, ohne sie aus der Flüssigkeit herauszuheben, in selber umstülpt und auf die Brücke bringt. Es versteht sich von selbst, dass die Brücke von der Sperrflüssigkeit bedeckt sein muss, denn ist dies nicht der Fall, und man hebt die Gefässe auf die Brücke, so tritt Luft ein, und die Sperrflüssigkeit fliesst zum Theil aus. Ist alles gut vorgekehrt, und die Gasentwicklung beginnt, so tritt das Gas aus der Gasleitungsröhre und der Oeffnung der Brücke in das Aufsammlungsgefäss, steigt in selbem, vermöge des geringen specifischen Gewichtes, in Gestalt von Blasen in die Höhe und verdrängt allmählich die Sperrflüssigkeit, welche unten in die pneumatische Wanne abfliesst. Wenn man ein Gas vollkommen rein darstellen will, so muss man die ersten Portionen des sich entwickelnden Gases entweichen lassen, und erst die später kommenden auffangen, denn im Gasentwicklungsapparate und der Gasleitungsröhre ist anfänglich noch atmosphärische Luft, welche sich dem Gase beimischt und dasselbe verunreinigt.

Darstellung
des Sauer-
stoffs aus
Quecksil-
beroxyd.

Zur Darstellung von Sauerstoffgas aus rothem Quecksilberoxyd dient am zweckmässigsten der Apparat Fig. 1.



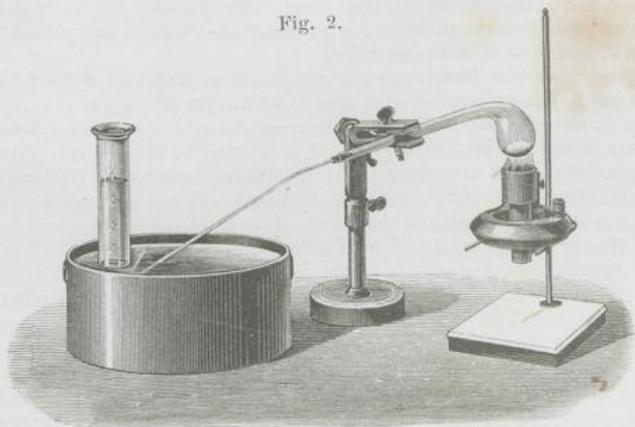
Man bringt das Quecksilberoxyd in eine Glasröhre aus schwer schmelzbarem Glase, die an einem Ende zugeschmolzen ist, und verbindet das offene Ende derselben mittelst eines luftdicht schliessenden durchbohrten Korks mit der doppelt tubulirten Vorlage *b*, deren zweiter Tubulus durch einen ebenfalls gut schliessenden durchbohrten Kork mit der Gasleitungsröhre *c* verbunden ist. Letztere taucht in eine mit Wasser gefüllte pneumatische Wanne. Die Röhre wird mittelst glühender Kohlen anfangs mässig, dann aber sehr stark erhitzt. Sowie die Zer-

setzung des Oxydes beginnt, verdichtet sich das freiwerdende Quecksilber durch Abkühlung in der Vorlage, der Sauerstoff entwickelt sich gasförmig, geht durch das Wasser der Wanne und sammelt sich in dem auf der Brücke stehenden Glascylinder an. Auch kann man die Glasröhre, statt sie durch Kork mit der Gasleitungsröhre zu verbinden, an einem Ende ausziehen und das ausgezogene aber offene Ende luftdicht an die Vorlage *b* anfügen. Die ausgezogene Röhre ist in *d* abgebildet.

Wegen seines hohen Preises eignet sich das Quecksilberoxyd nicht zur Darstellung von grösseren Mengen Sauerstoffs, sondern dient meist nur zu Collegien-Experimenten. Zu solchen aber genügt eine Menge von 6 bis 8 Gran Quecksilberoxyd.

Reichliche Mengen von Sauerstoff erhält man aus chloresurem Kali und bei Aus chloresurem Kali; den gegenwärtigen Preisen dieses im Handel vorkommenden Salzes ziemlich wohlfeil. Zur Darstellung in nicht zu grossem Maassstabe dient der Apparat Fig. 2,

Fig. 2.



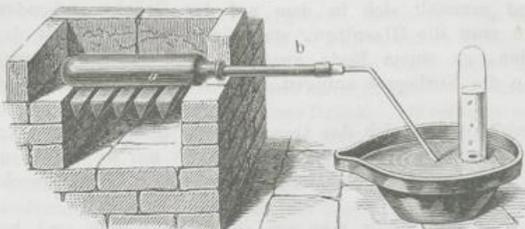
dessen Einrichtung nach Obigem ohne weitere Beschreibung verständlich ist. In die Retorte bringt man das Salz am zweckmässigsten mit dem gleichen Gewichte reinen Sandes innig gemengt, wodurch die Zersetzung leichter und gleichmässiger stattfindet, und das Aufblähen des Salzes beim Erhitzen vermieden wird. Die Retorte muss von schwer schmelzbarem Glase, oder vorher mit einem Thonkitt beschlagen sein. Die Erhitzung durch eine doppelte Weingeistlampe oder Gaslampe darf nur allmählich gesteigert, und muss, wenn das Gas sich sehr rasch zu entwickeln beginnt, durch Verkleinerung der Flamme gemässigt werden. Braucht man sehr beträchtliche Mengen von Sauerstoffgas, so wendet man als Entwicklungsgefäss sehr zweckmässig jene schmiedeeisernen Flaschen an, in denen das Quecksilber versandt wird. In die Oeffnung derselben befestigt man einen umgebogenen Flintenlauf, dessen anderes Ende an die Gasleitungsröhre luftdicht gepasst ist. Die schmiedeeiserne Flasche wird geneigt in einen Ofen gelegt und durch Kohlenfeuer erhitzt. Um Verkohlungen der Gasleitungsröhre zu verhindern, umgibt man den Flintenlauf in der Nähe des Korks mit einem Tuche, welches man während der ganzen Dauer der Operation nass erhält.

Den Braunstein verwendet man gegenwärtig zur Darstellung des Sauerstoffgases nur noch, wenn es sich um eine sehr wohlfeile Darstellung grösserer Quantitäten handelt, und es auf vollkommene Reinheit desselben nicht ankommt.

Man nimmt dann die Entwicklung des Gases am zweckmässigsten in dem Apparate Fig. 3 (a. f. S.) vor.

Die schmiedeeiserne Flasche *a* wird mit gepulvertem und gut getrocknetem

Fig. 3.



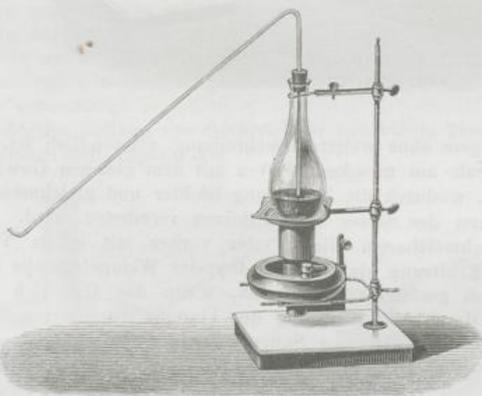
und gut getrocknetem Braunstein gefüllt, hierauf an selbe ein Flintenlauf, und an diesen das Gasleitungsrohr luftdicht angefügt. Das Erhitzen geschieht in einem gut ziehenden Ofen durch Kohlenfeuer, und das Gas wird erst dann aufgefangen, wenn ein an die Mündung der Gasleitungsrohre gehaltenes glimmender Spahn sich entflammt. Will man das Gas frei von Kohlensäure erhalten, so muss man es durch eine zweihalsige Flasche leiten, welche Aetzkalilösung enthält, bevor man es in die pneumatische Wanne treten lässt. 3 Pfd. Braunstein geben etwa 4 K.F. Sauerstoff.

aus chromsaurem Kali und Schwefelsäure,

aus Braunstein und Schwefelsäure.

Zur Darstellung des Sauerstoffs aus chromsaurem Kali und Schwefelsäure benutzt man einen Glaskolben, an den eine Gasleitungsrohre gepasst ist. In den Glaskolben bringt man das Salz in gepulvertem Zustande, und übergießt es mit concentrirter Schwefelsäure, so dass das Ganze einen dünnen Brei bildet. Das Erhitzen geschieht durch eine doppelte Weingeistlampe oder eine Gaslampe. Derselbe Apparat dient auch zur Darstellung des Sauerstoffs aus Braunstein und Schwefelsäure. Um die Verunreinigung des Gases durch Kohlensäure zu beseitigen, kann man dem Wasser der pneumatischen Wanne etwas Kalkwasser zusetzen. Fig. 4 stellt den Apparat dar, der einer näheren Beschreibung nicht bedarf.

Fig. 4.



Bei beiden Bereitungsweisen ist vorzugsweise darauf zu sehen, dass das Salz nicht zu trocken dem Boden des Kolbens anliegt, sondern mit der Schwefelsäure sehr gleichförmig zu einem dünnen Brei gemischt ist. Ist Ersteres der Fall, was bei Mangel an Achtsamkeit und bei dem leichten Zusammenbacken der gepulverten Entwicklungsmaterialien leicht geschieht, so springen beim Erhitzen über freiem Feuer fast unfehlbar die Kolben, und die Operation ist verdorben. Die Gewinnung des Sauerstoffgases in ganz grossartigem Maassstabe nach den vorhin beschriebenen Methoden würde immerhin ziemlich theuer sein; man hat in jüngster Zeit für solche Fälle die Schwefelsäure empfohlen, welche bei Rothgluth in schweflige Säure und Sauerstoffgas zerfällt. Man lässt rohe Schwefelsäure durch ein ozförmiges Rohr in eine etwa 5 Liter fassende, mit Ziegelstücken angefüllte Retorte, die zum Rothglühen erhitzt ist, treten, und leitet die ausströmenden Gase durch eine Kühlrohre zur Verdichtung des Wassers, durch einen mit verdünnter Kalilösung gefüllten Waschapparat zur Beseitigung der schwefligen Säure, und von da in ein Gasometer.

Bei allen diesen Darstellungen des Sauerstoffgases, so wie bei allen Gasentwicklungen überhaupt hat man stets dahin zu sehen, dass die Apparate luftdicht schliessen, d. h. dass da, wo ein Theil des Apparates an einen anderen mittelst durchbohrter Körke oder mittelst Röhren von Cautchouk angefügt ist, dies in einer Weise geschehen ist, dass ein vollkommen luftdichter Verschluss stattfindet; denn ist dies nicht der Fall, so tritt das Gas an den nicht luftdicht schliessenden Stellen, und nicht an der Mündung der Gasleitungsröhre in der pneumatischen Wanne aus, und kann daher nicht aufgesammelt werden. Den guten Verschluss erreicht man durch sorgfältige Auswahl und gute Bohrung der Körke, durch zweckmässige Anpassung der Cautchoukröhren, oder unter Umständen auch wohl durch Anwendung von Kitten, mit denen man alle Fugen verstreicht. Bevor man zur Gasentwicklung selbst schreitet, ist es zweckmässig, sich von dem guten Verschluss zu überzeugen; dies geschieht einfach dadurch, dass man, nachdem der ganze Apparat zusammengestellt ist, und die Mündung der Gasleitungsröhre in das Wasser der pneumatischen Wanne eintaucht, das Gasentwicklungsgefäss ganz gelinde erwärmt. Schliesst der Apparat gut, so treten aus der Mündung der Gasleitungsröhre alsbald und in regelmässiger Folge Luftblasen aus, indem durch das Erwärmen die in Apparate befindliche atmosphärische Luft ausgedehnt und dadurch zum Theil ausgetrieben wird. Wird dann das Erwärmen unterbrochen, so steigt allmählich das Wasser aus der pneumatischen Wanne in das Gasleitungsrohr hinauf, und behält einen höheren Stand, indem nämlich im Apparate durch Austreibung eines Theils der Luft ein luftverdünnter Raum entstanden ist. Treten bei gelindem Erwärmen der Entwicklungsgefässe aus der Gasleitungsröhre keine Gasblasen aus, und bleibt nach demselben der Stand des Wassers ausserhalb und innerhalb der Gasleitungsröhre gleich, so schliesst der Apparat nicht, und es muss nachgeholfen werden.

Die gewöhnliche Aufbewahrung geringerer Gasvolumina, die bald verbraucht werden sollen, besteht bei Glascylindern in folgender Manipulation. Ist der auf der Brücke der pneumatischen Wanne stehende Glascylinder mit Gas gefüllt, so bringt man eine Untertasse, oder eine flache Porzellanschale, in die pneumatische Wanne, zieht den Cylinder, ohne ihn aus dem Wasser herauszuheben, von der Brücke weg, drückt ihn an die Untertasse mit der Mündung nach abwärts an, und hebt ihn so perpendiculär aus dem Wasser der Wanne. Das in der Tasse zurückbleibende Wasser schliesst, wie Fig. 5 zeigt, die Mündung des Cylinders von der atmosphärischen Luft ab. Sind Flaschen mit Gas zu füllen, und dasselbe aufzubewahren, so zieht man sie in dem Maasse, als sie gefüllt sind, von der Brücke der pneumatischen Wanne, ohne ihre Stellung zu ändern, verkorkt sie mit der Mündung nach unten, unter Wasser, hebt sie hierauf heraus und stellt sie in Gefässe, welche so weit mit Wasser gefüllt und tief genug sind, um die Mündung von der Luft abzusperren. Fig. 6 macht die Art der Aufbewahrung von Gasen in Flaschen deutlich.

Fig. 5.

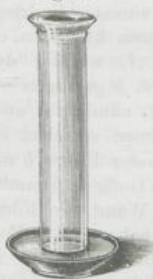


Fig. 6.



Um grössere Gasvolumina, welche einige Zeit aufbewahrt werden sollen, oder die man zu bestimmten Zwecken in einem constanten Strome ausströmen lassen will, aufzusammeln, wendet man die Gasometer oder besser Gasbehälter an. Eine sehr einfache, billige und zweckmässige Vorrichtung dieser Art ist in Fig. 7 (a. f. S.) abgebildet.

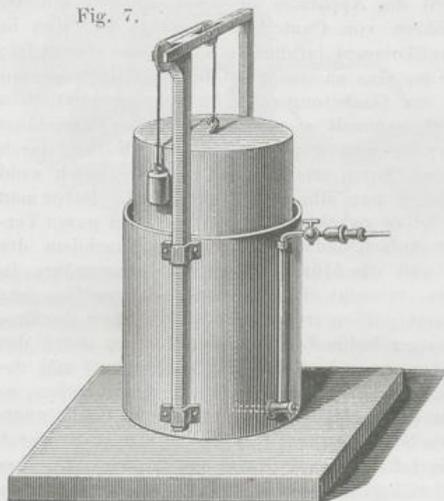
Dieser Gasbehälter besteht aus zwei oben offenen mit Boden versehenen cylindrischen Gefässen von Blech oder Kupfer, am besten lackirt, einem weiteren aufrecht stehenden und einem engeren, das mit dem Boden nach oben gekehrt

Luftdichter
Verschluss.Aufbewah-
rung von
Gasen.

Gasometer.

in ersteres herabgelassen wird. Dicht über dem Boden des äusseren Behälters befindet sich eine Oeffnung, durch welche ein unter einem rechten Winkel gebogenes

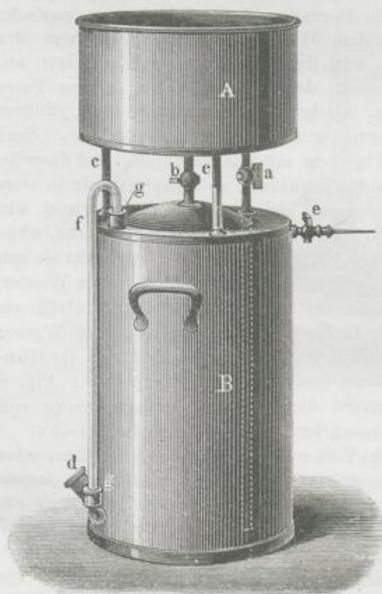
Fig. 7.



Rohr nach innen und nahe bis an den Boden des inneren Cylinders geht, sobald dieser seine tiefste Stellung erreicht hat. Ausserhalb des Cylinders communicirt das Rohr mit einem ebenfalls unter rechtem Winkel nach aufwärts gebogenen und durch einen Hahn verschliessbaren Rohre. Das nach aussen gehende untere Röhrenstück kann durch einen Kork luftdicht verschlossen werden. Beim Gebrauche wird der Apparat durch Eingiessen von Oben mit Wasser gefüllt, wobei die eingeschlossene Luft durch den geöffneten Hahn entweicht. Wenn man alsdann das offene nach aussen gehende untere Röhrenstück mit dem Gasentwicklungsapparate verbindet, so wird sich allmählich der innere Cylinder in dem Maasse heben,

als Gas in denselben eintritt. Zur Verminderung des Druckes ist damit noch ein sein Gewicht balancirendes Gegengewicht verbunden. Je nachdem dieses später verringert, oder entfernt, oder der Cylinder noch durch aufgelegte Gewichte beschwert wird, kann man das aufgefangene Gas aus dem wieder geöffneten Hahn mit verschiedener Geschwindigkeit austreten lassen.

Fig. 8.



Ein in den Laboratorien ebenfalls sehr gebräuchliches Gasometer stellt Fig. 8 dar. Dasselbe ist aus Kupfer, oder wohl auch Zinkblech verfertigt, und besteht aus einem cylindrischen Gefässe *B*, und einem kleineren, oben offenen Cylinder *A*, welcher durch vier Stützen *c, c, a, b* getragen wird, von welchen zwei, nämlich *a* und *b*, hohl und mit Hähnen versehen sind. Die hohle Stütze oder Röhre *b* mündet in dem unteren Gefässe *B* unmittelbar an der oberen Wand, die Röhre *a* geht dagegen bis nahe an den Boden des Cylinders. Bei *e* befindet sich eine durch einen Hahn verschliessbare kurze horizontale Röhre, und bei *d* ein kurzes aufwärts gebogenes Röhrenstück, welches durch eine Schraube luft- und wasserdicht verschlossen werden kann. Beim Gebrauche füllt man den Apparat mit Wasser an, indem man den Hahn *e* und die Schraube bei *d* schliesst, dagegen die Hähne *a*

und *b* öffnet, und in den oberen Cylinder Wasser giesst. Das Wasser geht durch die lange Röhre *a* in den unteren Cylinder, und die Luft entweicht durch die Röhre *b*. Man giesst fortwährend Wasser in den oberen Cylinder, bis der untere ganz damit angefüllt ist, und schliesst hierauf die Hähne *a* und *b*. Soll das Gasometer mit Gas gefüllt werden, so nimmt man die Schraube bei *d* ab und führt durch die Oeffnung die Gasleitungsröhre ein. Das Gas steigt in dem unteren Gefässe *B* auf, und sammelt sich oben an, während das Wasser bei *d* ausfliesst. Die Röhre *fg*, welche oben und unten mit dem unteren Cylinder *B* in Verbindung steht, dient dazu, die Menge des eingetretenen Gases zu erkennen, da in ihr (sie muss von Glas sein) die Wassersäule dieselbe Höhe hat, wie im Innern des Gasometers. Ist es mit Gas gefüllt, so schliesst man die Schraube bei *d*. Will man aus diesem Gasometer Flaschen mit Gas füllen, so füllt man dieselben mit Wasser, stellt sie mit der Mündung über die Röhre *b* des oberen Cylinders, und öffnet die Hähne *a* und *b*; das Gas tritt in Blasen durch die Röhre *b* und sammelt sich in der Flasche an, während das durch die Röhre *a* aus dem oberen in den unteren Cylindern fließende Wasser den Raum mit dem entwichenen Gase einnimmt. Will man Gas in constantem Strome aus dem Gasometer austreten lassen, so öffnet man, nachdem man den oberen Cylinder *A* mit Wasser ganz gefüllt hat, die Hähne *b* und *c*, es tritt hierauf das Wasser durch *b* in den unteren Cylinder, während das Gas bei *e* in constantem Strome entweicht.

Um das Verhalten des Sauerstoffs zu brennenden Körpern, und die bei Verbrennung in Sauerstoffe stattfindenden glänzenden Lichterscheinungen zu zeigen, stellt man zweckmässig folgende Versuche an.

Fig. 9.



Man bringt ein an einem umgebogenen Drahte, Fig. 9, befindliches Wachskerzen angezündet in eine mit Sauerstoff gefüllte Flasche, zieht es heraus, bläst es aus, und führt es rasch wieder in die Flasche, wo es sich unter schwacher Verpuffung wieder entzündet. Diesen Versuch kann man mit demselben Gase einige Male wiederholen. Aehnlich verhält sich ein glimmender Holzspahn.

Um die Verbrennung der Kohle im Sauerstoffgase hervorzurufen, bringt man auf einen unten umgebogenen Draht einen kleinen Kegel von Holzkohle, auf diesen etwas glimmenden Zunder, und senkt die Vorrichtung in eine mit Sauerstoff gefüllte Flasche.

Zur Verbrennung des Schwefels im Sauerstoffgase bringt man etwas Schwefel in ein kleines eisernes, an einem Drahtstiele befestigtes Löffelchen, zündet ihn an und senkt die Vorrichtung in das Gas, wobei man sie in letzterem beständig sanft auf- und abbewegt.

Die Verbrennung des Phosphors nimmt man am zweckmässigsten in der Art vor, dass man in das Löffelchen ein nicht zu grosses Stück vorher gut abgetrockneten Phosphors, und daneben einen schmalen Streifen Zunder bringt, den man anzündet und hierauf die Vorrichtung in die Gasflasche senkt; man hat auf diese Weise Zeit, das Löffelchen ruhig und ohne Gefahr in die Flasche zu bringen.

Fig. 10.



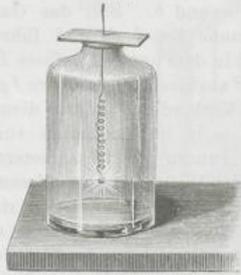
Auch muss man zu diesem Versuche die Flaschen möglichst gross wählen, thut man das nicht, oder hat man zu viel Phosphor genommen, so springt wegen der hohen Hitze die Flasche beinahe unfehlbar. Den Apparat für die Verbrennung des Schwefels und Phosphors versinnlicht Fig. 10.

Die Verbrennung des Eisens im Sauerstoffe, eines der glänzendsten Experimente, wird in folgender Weise vorgenommen: Man windet eine ausgeglühte dünne Uhrfeder spiralförmig auf, steckt das obere Ende in einen Kork, auf das untere aber etwas Zunder. Man zündet den Zunder an und senkt die Spirale in eine mit Sauerstoff gefüllte Flasche, in der man aber zweckmässig

Experimente mit Sauerstoffgas.

noch so viel Wasser gelassen hat, dass es den Boden derselben etwa $\frac{1}{2}$ Zoll hoch bedeckt. Den Apparat zeigt Fig. 11.

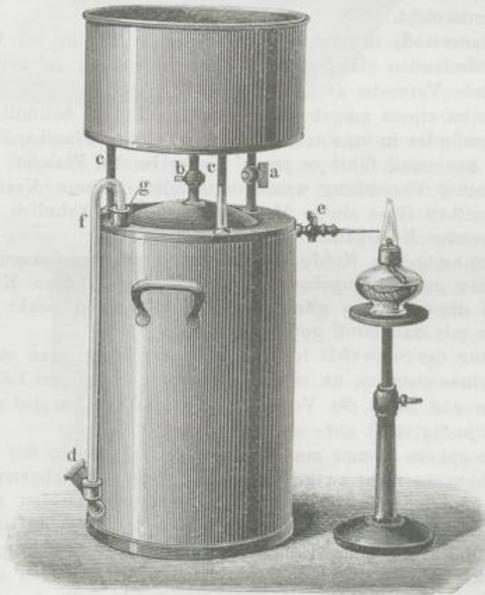
Fig. 11.



Die Kugeln des geschmolzenen Eisenoxyds besitzen eine so hohe Temperatur, dass sie, wenn sie auf den Boden der Flasche fallen, denselben, indem sie dabei tief einschmelzen, zersprengen: aus diesem Grunde lässt man etwas Wasser auf dem Boden der Flasche, trotzdem aber pflegt sich das Eisenoxyd ins Glas einzuschmelzen.

Die Verbrennung des Eisens lässt sich auch mittelst eines mit Sauerstoff gefüllten Gasometers bewerkstelligen, indem man das aus einem Ansatzrohre bei e, Fig. 12, ausströmende Sauerstoffgas in die Flamme einer einfachen Weingeistlampe oder Gaslampe leitet, und in diese eine Stahluhrfeder oder einen Eisendraht

Fig. 12.



gerade in selbe strömen lässt, und nun rostfreie Eisenfeile auf die glühende Kohle streut. Es entsteht ein prachtvoller Sternregen weissglühenden Eisens, das weithin geschleudert wird. Bei Weitem am brilliantesten lässt sich die Verbrennung des Eisens mittelst der sogleich zu beschreibenden Mitscherlich'schen Lampe bewerkstelligen.

Um einen experimentellen Beweis für die hohe Temperatur zu geben, welche die Verbrennungen im Sauerstoffgase begleitet, benutzt man das Platin, ein Metall, welches durch einen hohen Grad von Schwermelzbarkeit ausgezeichnet ist. Hält man nämlich einen

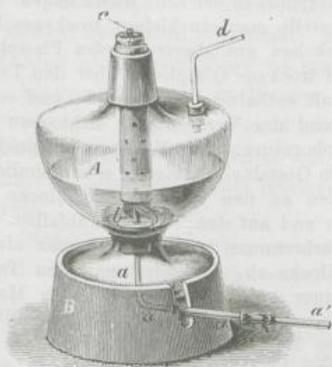
Platindraht von ziemlicher Dicke in eine Weingeist- oder Gasflamme, so kommt er wohl ins Glühen, aber nicht ins Schmelzen, auch dann nicht, wenn man die Hitze der Flamme durch das Löthrohr, dessen Einrichtung und Princip später beschrieben werden wird, um ein Bedeutendes steigert. Leitet man aber statt des Luftstroms einen Strom von Sauerstoffgas in die Flamme, so steigert sich die Temperatur derart, dass der Platindraht mit Leichtigkeit schmilzt. Zur Anstellung dieses Versuches benutzt man das Gasometer mit der in Fig. 12 abgebildeten Vorrichtung; noch besser aber die Mitscherlich'sche Lampe.

Dieselbe besteht, wie aus Fig. 13 ersichtlich ist, aus einer gewöhnlichen Weingeistlampe A, am zweckmässigsten aus Messing verfertigt, deren Dochthülse ziem-

Mitscherlich's
Lampe.

lich weit, und mit einem lose gesponnenen Baumwollenfaden-Docht versehen ist. Am Boden besitzt die Lampe eine Oeffnung, durch welche ein im rechten Winkel gebogenes ziemlich enges Messingrohr *ac* geht, welches mit dem einen sich erweiternden Ende *a* durch den hölzernen Fuss *B* nach aussen mündet, während der

Fig. 13.



aufwärts gerichtete in eine feine Kanüle endigende Theil derselben genau in die Mitte des Dochtes und zwar bis in das obere Ende desselben reicht, und ringsum von selbem umgeben ist. Seitlich hat die Lampe ebenfalls eine Oeffnung, in welche mittelst eines durchbohrten Korkes die Röhre *d* gepasst ist. Der Zweck dieser Röhre ist, der Luft bei der vermehrten Hitze einen Ausweg zu verschaffen, weil sie sonst leicht den Weingeist durch den Cylinder, der den Docht umgibt, herauspressen würde. Durch die Oeffnung *d* kann auch die Lampe mit Weingeist gefüllt werden. Beim Gebrauche füllt man die Lampe mit Weingeist und verbindet die nach aussen mündende Röhre *a'* mit einer mit Sauerstoff gefüllten Blase, an

die ein mit einem Hahne versehenes Messingrohr gepasst ist, oder mit einem Gasometer. Zündet man nun den Docht an und lässt aus dem Gasometer oder der Blase, indem man bei geöffnetem Hahn auf letztere drückt, Sauerstoff in die Flamme strömen, so wird die Temperatur der letzteren so hoch gesteigert, dass ein in selbe gehaltener Platindraht wie Wachs schmilzt und selbst unter Funken-sprühen zu verbrennen beginnt, Quarzsplitter in Fäden gezogen werden können, und ein Stück sehr fein zugespitzter Kreide mit der Spitze in die Flamme gehalten, mit einem dem Auge kaum erträglichen weissen der Sonne ähnlichen Lichte erglüht.

Bringt man in die Flamme eine Uhrfeder, so verbrennt sie unter dem prachtvollsten Funkensprühen, indem das verbrannte weissglühende Eisen weit umher geschleudert wird.

Um die glänzende Lichtentwicklung bei der Verbrennung der Körper im Sauerstoffgas zu zeigen, ist nachstehender Versuch sehr geeignet.

In eine Kugelröhre, Fig. 14, bringt man einige zusammengedrückte Blätter von Blattaluminium und einen Splitter Holzkohle, so dass letztere zugleich das Glas und das Metall berührt, fügt die Röhre mit einem Ende an ein mit Sauerstoffgas gefülltes Gasometer luftdicht an, lässt Sauerstoff durchstreichen, und erhitzt

Fig. 14.



die Kugel mit der Gaslampe oder grossen Weingeistlampe bis zur Entzündung der Kohle; sofort entzündet sich das Aluminium und verbrennt mit blendendem Lichtglanze und blitzähnlich. Zu diesem Versuche geeignetes Blattaluminium erhält man vom Goldschläger Kühny in Augsburg zu billigem Preise.

Mit noch glänzenderem Lichte verbrennt übrigens ein Magnesiumdraht, den man in eine einfache Gasflamme hält.

Weiter oben wurde auseinandergesetzt, dass die Verbrennung eines Körpers in Sauerstoffgas, oder in der atmosphärischen Luft, in welcher letzterer der Sauerstoff ebenfalls das wirksame Element ist, in der chemischen Vereinigung des brennenden Körpers mit dem Sauerstoff zu einem neuen Körper: dem Verbrennungsproducte, bestehe. Wenn man Kohle oder Schwefel in Sauerstoff verbrennt, so lässt sich der dabei neu entstehende Körper nicht unmittelbar zur Wahrnehmung bringen, weil derselbe gasförmig ist, und so wie diese beiden verhalten sich manche andere. Wenn man dagegen Phosphor in Sauerstoffgas verbrennt, so entsteht dabei ein Körper: die Phosphorsäure, welche keineswegs gasförmig, sondern fest ist, allein, da die Gefässe,

in welchen man die Verbrennung des Phosphors vornimmt, wenn man das Experiment wie oben beschrieben wurde ausführt, von der Füllung des Gases her, feucht sind und einige Tropfen Wasser enthalten, so entzieht sich die gebildete Phosphorsäure der Wahrnehmung, weil sie sich in dem vorhandenen Wasser sogleich auflöst. Durch eine Abänderung des Versuchs lässt sich die Bildung der festen Phosphorsäure durch die Verbrennung des Phosphors in der Luft leicht zeigen. Auf einen vollkommen trockenen Porzellanteller stelle man ein kleines trockenes Porzellanschälchen, bringe in letzteres ein Stückchen gut 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

Fig. 15.



während der Verbrennung sieht man die Phosphorsäure: das Verbrennungsproduct, sich in Gestalt von weissen, schneeähnlichen Flocken 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. 15 zeigt die ganze Vorrichtung.

Nomenclatur der Sauerstoffverbindungen.

Die Verbindungen des Sauerstoffs mit den übrigen Elementen sind äusserst zahlreich, und bereits weiter oben wurde erwähnt, dass sich derselbe häufig mit einem Elemente in mehreren Verhältnissen zu verbinden vermag. Im weiteren Sinne heisst jede Sauerstoffverbindung ein Oxyd. Je nach ihrem verschiedenen chemischen Charakter aber erhalten die verschiedenen Oxyde verschiedene Bezeichnungen, und man scheidet sie gewöhnlich in drei Classen, nämlich:

1. in saure Oxyde, oder Säuren,
2. in basische Oxyde, oder Basen,
3. in indifferente Oxyde.

Der Name Säure, Acidum, stammt aus einer sehr frühen Periode der Chemie, und ist zunächst von einer Eigenschaft der hierher gehörigen Stoffe abgeleitet, welche, obgleich vielen derselben in der That zukommend, gegenwärtig nicht mehr als wesentlich betrachtet werden kann. Diese Eigenschaft ist der saure Geschmack, wie wir ihn beispielsweise am Essig, an saurem Obst u. dergl. beobachten.

Gegenwärtig nennen wir saure Oxyde jene Oxyde, welche die Eigenschaft besitzen, sich mit einer anderen Reihe von Oxyden, den Basen, zu jener wichtigen Classe von Verbindungen zu vereinigen, die wir **Salze** nennen. Säuren und Basen stellen in allen ihren Eigenschaften, je ausgesprochener ihr Charakter ist, je vollkommenerer Gegensätze dar; wenn sie sich aber bei gegenseitigem Zusammentreffen chemisch mit einander vereinigen, verschwindet dieser Gegensatz vollkommen, sie büssen beide mehr oder weniger vollständig ihre

Nomenclatur der Sauerstoffverbindungen.

Säuren, Basen, indifferente Oxyde.

Eigenschaften ein, und es entsteht ein Körper von vollkommen neuen Eigenschaften: ein Salz.

Dabei ist aber ausdrücklich hervorzuheben, dass die Ansicht von Lavoisier, alle Säuren seien Oxyde, unrichtig war; es giebt nämlich chemische Verbindungen, welchen alle Charaktere der Säuren zukommen, und die keinen Sauerstoff enthalten. Es giebt demnach Säuren, welche Oxyde sind, aber nicht jede Säure ist ein Oxyd.

Wenn die Säuren in Wasser löslich sind, so besitzen sie einen mehr oder weniger ausgesprochenen sauren Geschmack, und zeigen eine sehr bemerkenswerthe Einwirkung auf gewisse blaue Pflanzenfarben, wie z. B. Lackmus. Werden sie mit letzteren in Berührung gebracht, so färben sie sie roth.

Diejenigen Oxyde dagegen, welche wir Basen nennen, schmecken im aufgelösten Zustande nicht sauer, sondern häufig laugenhaft, ein Ausdruck, welcher von dem bekannten Geschmache der Seifensiederlauge, welche eine Auflösung einer starken Base in der That darstellt, hergeleitet ist. Die Basen besitzen ferner nicht die Eigenschaft, blaue Pflanzenfarben, wie z. B. Lackmustinctur, roth zu färben, wie die Säuren, sondern vielmehr die entgegengesetzte, d. h. sie besitzen die Eigenschaft, die durch Säuren in Roth umgewandelten blauen Farbstoffe wieder in Blau zurückzuführen; sie bläuen die durch Säuren gerötheten Farbstoffe wieder. Bringt man in eine wässrige Auflösung des blauen Farbstoffes, der unter dem Namen Lackmus in den Handel kommt, etwas Essig, so nimmt die Flüssigkeit eine rothe Färbung an. Setzt man aber hierauf nach und nach Seifensiederlauge zu, so geht die rothe Farbe wieder in das ursprüngliche Blau über. Hat man genau so viel Seifensiederlauge genommen, als nöthig war, um die Farbenveränderung hervorzurufen, so ist in der Flüssigkeit keine freie Säure und keine freie Basis mehr enthalten, sondern eine krystallisirbare chemische Verbindung der Säure mit der Base, ein Salz. Dieses Salz schmeckt weder sauer noch laugenhaft, und lässt ebenso blaue wie durch Säuren geröthete Lackmustinctur unverändert; es ist ohne Einwirkung auf Pflanzenfarben, es ist neutral.

Die Basen haben ferner, sofern sie zu den kräftigeren gehören und in Wasser löslich sind, die Eigenschaft, die gelbe Farbe der sogenannten Curcumatinctur, des weingeistigen Auszuges der Curcumawurzel, in Braun zu verwandeln, während die Säuren dieselbe unverändert lassen. Veilchensaft endlich wird durch Säuren roth, durch Basen grün gefärbt.

Diese Eigenschaften sind ebenso charakteristisch als empfindlich, und wir bedienen uns ihrer deshalb, um die Gegenwart freier Säuren und freier Basen in Flüssigkeiten zu entdecken. Zu diesem Behufe wendet man Streifen ungeleimten Papiers an, die mit blauer, mit durch Säuren gerötheter Lackmustinctur, und mit gelber Curcumatinctur getränkt und hierauf getrocknet sind. Solche Papiere nennt man Reagenspapiere. Taucht man in eine Flüssigkeit, welche nur die geringste Menge einer freien Säure enthält, ein solches blaues Lackmuspapier, so wird dasselbe geröthet. Von

Säuren röthen blaue Pflanzenfarben.

Basen stellen die blaue Farbe der durch Säuren gerötheten blauen Pflanzenfarben wieder her.

Basen bräunen den gelben Farbstoff der Curcumawurzel, Säuren lassen ihn unverändert. Säuren färben Veilchensaft roth, Basen grün.

Reagenspapiere.

Saure Reaction.

Basische Reaction.

Flüssigkeiten, die sich so verhalten, sagt man: sie reagiren sauer, oder auch wohl: sie besäßen saure Reaction. Bringt man dagegen in Flüssigkeiten, die freie Basen enthalten, ein durch Säuren geröthetes Lackmuspapier, rothes Lackmuspapier, so wird selbes gebläuet, und man sagt von der Flüssigkeit, sie reagire basisch oder alkalisch, sie besitze basische Reaction; ebenso wenn durch die Flüssigkeit gelbes Curcumapapier braun gefärbt wird. Von Flüssigkeiten, die ebensowohl rothes wie blaues und gelbes Curcumapapier unverändert lassen, sagt man: sie reagiren neutral (neutrale Reaction); sehr viele Salze verhalten sich so.

Es muss aber ausdrücklich bemerkt werden, dass diese Charaktere nur dann Geltung haben, wenn die Säuren und Basen auflöslich sind. Sind sie dieses nicht, so fallen sie weg, und man ist bezüglich der Beurtheilung des chemischen Charakters der Oxyde darauf angewiesen, ihr Verhalten zu sauren oder basischen Körpern von unzweifelhaft ausgesprochener Natur zu studiren. Das Oxyd ist eine Säure, wenn es sich mit ausgesprochenen Basen, und es ist eine Basis, wenn es sich mit unzweifelhaften Säuren zu einem Salze verbindet.

Verhalten der Salze gegen die Volta'sche Säule.

Ob diese Verbindung wirklich eine salzartige, lässt sich ferner durch das Verhalten derselben im Kreise einer Volta'schen Säule ermitteln. Wird nämlich ein Salz der Einwirkung eines schwachen galvanischen Stromes ausgesetzt, so wird es in seine beiden Bestandtheile zerlegt; die Säure trennt sich von der Basis, und erstere, die Säure, scheidet sich am positiven, die Basis am negativen Pol aus. Da nun nach den Gesetzen der Physik ungleichnamige Elektricitäten sich anziehen, so hat man angenommen, die sich am positiven Pol ausscheidenden Körper besäßen negative, und die am negativen Pol sich ausscheidenden Körper positive Elektricität. Die Säuren sind dieser Theorie zufolge elektronegativ, die Basen elektropositiv. Der elektronegative Bestandtheil oder die Säure eines Salzes ist sonach derjenige, der sich unter der Einwirkung einer Volta'schen Säule am positiven Pol ausscheidet; der elektropositive oder die Basis derjenige, der sich am negativen Pole ansammelt. (Elektrochemische Theorie.)

Elektrochemische Theorie.

Das Wort Basis, vom griechischen *βασίς*, soll andeuten, dass die so benannten Oxyde die Grundlage, Basis, der Salze seien. Im Grunde aber können Säuren ebenso gut als Grundlagen der Salze angesehen werden.

Im Allgemeinen verbindet sich der Sauerstoff mit Metalloiden vorzugsweise zu Säuren, und mit Metallen zu Basen. Wenn sich ein und dasselbe Element mit Sauerstoff zu mehreren basischen oder indifferenten Verbindungen vereinigt, so führen diese im Allgemeinen den Namen Oxyd. Bildet ein Körper mit Sauerstoff zwei basische Oxyde, so führt das sauerstoffreichere den Namen Oxyd, das sauerstoffärmere den Namen Oxydul, wobei man diesen Bezeichnungen den Namen des betreffenden Elementes vorsetzt. Z. B. Quecksilberoxyd, Quecksilberoxydul. Mit dem Namen Sesquioxyd bezeichnet man gewöhnlich Oxyde, welche $1\frac{1}{2}$ mal so viel Aequivalente Sauerstoff enthalten, als Metall.

Oxyd, Oxydul, Sesquioxyd.

Indifferente Oxyde sind solche, die weder den Charakter einer Säure, noch den einer Basis an sich tragen. Verbindet sich ein Körper in mehr wie einem Verhältnisse mit Sauerstoff, und zwar zu indifferenten Oxyden, so führt diejenige Verbindung, die weniger Sauerstoff enthält, wie eine von demselben Körper existirende basische, den Namen Suboxyd, und diejenige, die mehr Sauerstoff enthält wie die basische, den Namen Superoxyd oder Hyperoxyd. Die Hyperoxyde sind im Allgemeinen dadurch ausgezeichnet, dass sie bei höherer Temperatur und auch durch Behandlung mit Säuren einen Theil ihres Sauerstoffs verlieren und sich in Oxyde verwandeln. Ein Beispiel für die erörterten Verhältnisse bieten unter Andern das Mangan und das Blei dar. Wir kennen ein Bleisuboxyd, ein Bleioxyd und ein Bleisuperoxyd. Von diesen Verbindungen ist das Bleioxyd die Base. Vom Mangan kennen wir ein Manganoxydul, ein Manganoxyd und ein Manganhyperoxyd. Letzteres, der sogenannte Braunstein, verliert durch Hitze und durch Säuren einen Theil seines Sauerstoffs und verwandelt sich dadurch in ein basisches Oxyd.

Indifferente
Oxyde.Suboxyd.
Hyperoxyd.

Die Nomenclatur der sauren Oxyde oder der Säuren rührt aus einer Periode her, wo die Natur derselben noch sehr unvollkommen gekannt war. Kannte man von einem Grundstoffe nur ein Oxyd von saurem Charakter, so bezeichnete man eine solche Säure dadurch, dass man an den Namen des Grundstoffes das Wort Säure anhängte; z. B. Borsäure. Waren von einem Grundstoffe zwei Säuren bekannt, eine sauerstoffreichere und eine sauerstoffärmere, so bezeichnete man die sauerstoffreichere ebenfalls dadurch, dass man dem Namen des Grundstoffes das Wort Säure anfügte, die sauerstoffärmere dagegen, indem man den Namen des Grundstoffes durch Anfügung der Sylben ige in ein Beiwort verwandelte und dieses dem Worte Säure vorsetzte. So kannte man früher nur zwei Säuren des Schwefels, von denen man die sauerstoffreichere Schwefelsäure, die sauerstoffärmere schwefelige Säure nannte. Später aber fand man, dass der Schwefel mit Sauerstoff auch noch eine Säure bilde, die weniger Schwefel enthält, wie die schwefelige Säure; diese Säure bezeichnete man, indem man dem Adjectiv schwefelig die Sylben Unter vorsetzte, man nannte daher diese Säure unterschwefelige Säure. Als man endlich noch eine Säure kennen lernte, deren Sauerstoffgehalt geringer wie der der Schwefelsäure, und grösser wie der der schwefeligen Säure war, da half man sich, indem man diese Säure Unterschwefelsäure nannte. Wurde endlich von einem Grundstoff eine Säure entdeckt, deren Sauerstoffgehalt noch höher war, wie jener der bis dahin für am sauerstoffreichsten gehaltenen Säure, so setzte man der Bezeichnung derselben die Sylben Ueber vor. Die Verbindungen des Chlors mit Sauerstoff geben ein Beispiel für die Entwicklung dieser Nomenclatur. Hier haben wir nämlich eine

Nomenclatur
der
Säuren.

Unterchlorige Säure,

Unterchlorsäure,

Chlorige Säure,

Chlorsäure,

Ueberchlorsäure.

Obleich ziemlich allgemein durchgeföhrt, ist diese Nomenclatur doch

sehr roh und unvollkommen, und wird in dem Maasse, als die Wissenschaft fortschreitet, mehr und mehr unbrauchbar werden, wie sie sich denn jetzt schon in einzelnen Fällen als gänzlich ungenügend erweist.

Wasserstoff. *Hydrogenium.*

Symbol H. Aeq. 1. Specif. Gewicht 0,0692. Absol. Gewicht 1000 CC. bei 0° und 760 Mm. Luftdruck wiegen 0,08939 Grm.

Eigenschaf-
ten.

Farbloses,
geruchloses
permanentes
Gas, 14½
mal leichter
wie atmo-
sphärische
Luft. Der
leichteste
aller Körper.

Auf dem ge-
ringen spe-
cifischen
Gewichte
des Wasser-
stoffgases
beruht die
Aeronau-
tik.

Es bricht
das Licht
sehr stark
und ist
brennbar.

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 spezifisches Gewicht. Der Wasserstoff ist der leichteste aller bekannten Körper, und natürlich auch das leichteste aller Gase. Setzen wir das Gewicht der atmosphärischen Luft = 1, so ist das des Wasserstoffs = 0,0692, der Wasserstoff ist daher 14½ mal leichter, wie die atmosphärische Luft, und nahezu 16 mal leichter, wie Sauerstoffgas, er ist endlich 241573 mal leichter wie Platin. In Folge dieses geringen spezifischen 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, je mehr das in dem Ballon eingeschlossene Wasserstoffgas beträgt, desto mehr sich die Schwere des Zeuges im Verhältniss zu dem eingeschlossenen Gase vermindert. Ein kleiner Ballon von Goldschlägerhäutchen von 6 Zoll Durchmesser wägt etwa 35 bis 36 Gran, mit Wasserstoffgas gefüllt wägt er 41 Gran, das darin eingeschlossene Gas wägt sonach 5 Gran. Das Volumen atmosphärischer Luft dagegen, welches diesen 5 Gran Wasserstoff nebst dem Goldschlägerhäutchenballon entspricht, wägt 50 bis 51 Gran, der Luftballon ist daher um etwa 10 Gran leichter wie ein gleiches Volumen Luft, und steigt daher mit der Kraft dieser 10 Gran in die Höhe. Je grösser der Ballon und je mehr das eingeschlossene Wasserstoffgas beträgt, mit desto grösserer Kraft steigt er in die Höhe, und desto grössere Lasten vermag er zu tragen.

Das Wasserstoffgas hat ein sehr bedeutendes Lichtbrechungsvermögen, es bricht die Lichtstrahlen 6½ 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 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