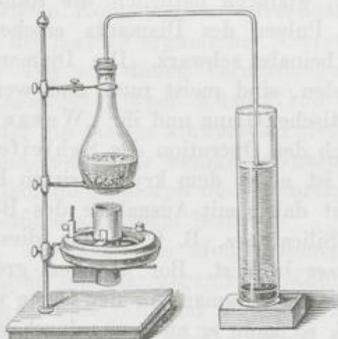


würde das Innere derselben davon benetzt, und die Ausscheidung der Kieselgal-

Fig. 127.



lerte ginge schon in der Glasröhre selbst vor sich, und würde leicht eine Verstopfung derselben herbeiführen. Aus demselben Grunde darf man auch die Leitungsröhre nicht durch das Wasser in die Quecksilberschicht tauchen, sondern man gießt das Wasser erst auf das Quecksilber, wenn das Ende der Röhre sich unter dem Quecksilber befindet.

Jede Gasblase tritt sonach zuerst in das Quecksilber und gelangt von da in das Wasser, wo sogleich die Zersetzung und die Ausscheidung der Kieselsäure stattfindet. Dieser Versuch erläutert die gallertige Ausscheidung der Kieselsäure in sehr prägnanter Weise. Die von der Kieselsäure abfiltrirte Flüssigkeit ist verdünnte Kieselfluorwasserstoffsäure.

K o h l e n s t o f f .

Symbol C. Aeq. 6. Specif. Gewicht: des Diamants 3,52, des Graphits 2,09 — 1,8.

Der Kohlenstoff bietet in ähnlicher, aber noch ausgesprochenerer Weise wie der Phosphor und andere Elemente ein Beispiel der Allotropie dar, und die allotropischen Modificationen dieses Elementes sind derart verschieden in ihren Eigenschaften, dass nur die absolute Identität der Verbindungen, welche sie eingehen, dazu berechtigt, in ihnen ein und dasselbe Element mehr oder weniger rein anzunehmen. Reiner Kohlenstoff sind: 1. der Diamant, 2. der Graphit. Aber auch die sogenannte organische Kohle, das Residuum der Verbrennung organischer Körper bei beschränktem Luftzutritt, besteht im Wesentlichen aus Kohlenstoff.

Allotropie
des Kohlenstoffs.

1. Diamant. Der Diamant ist vollkommen reiner krystallisirter Kohlenstoff. Derselbe bildet meist farblose und durchsichtige, wohl ausgebildete Krystalle, deren Grundform ein reguläres Octaëder ist. Die gewöhnlichste Form ist aber eine abgeleitete, nämlich ein Triakis-octaëder. Die Krystalle des Diamants sind sehr vollkommen spaltbar in der Richtung der Kernflächen, besitzen einen sehr lebhaften Glanz und ein sehr beträchtliches Lichtbrechungsvermögen, daher das dem Diamant bekanntlich zukommende ausgezeichnete Farbenspiel. Der Diamant kommt zuweilen auch in gefärbten Krystallen vor, deren Farbe vom Gelben bis ins Dunkelbraune ziehen kann. Auch blaue, grüne und rosenrothe Diamanten werden, obgleich sehr selten, gefunden. Es ist nicht entschieden, wodurch diese verschiedenen Färbungen bedingt werden; doch scheinen sie von sehr geringen Mengen bei-

Diamant.

gemengter färbender Verunreinigungen herzurühren. Eine Eigenthümlichkeit der Diamantkrystalle ist es ferner, dass die Flächen derselben nicht eben, sondern meist etwas convex sind, wodurch natürlich die Kanten gleichfalls gekrümmt erscheinen. Das Pulver des Diamants erscheint dunkelgrau, in sehr feinem Zustande beinahe schwarz. Die Diamante, so wie sie in der Natur gefunden werden, sind meist rau und wenig ansehnlich, und es kommt ihr charakteristischer Glanz und ihr „Wasser“, d. h. ihr Farbenspiel, gewöhnlich erst nach der Operation des Schleifens zur vollen Anschauung. Der Diamant ist nebst dem krystallisirten Bor von allen Körpern der härteste und ritzt daher mit Ausnahme des Bors alle übrigen, so namentlich auch die Silicate, z. B. Glas; aus diesem Grunde wird er zum Schneiden des Glases benutzt. Bor dagegen greift beim Reiben den Diamant selbst an. Da der Diamant in der Härte von keinem anderen Körper übertroffen wird, so kann er auch nur durch sein eigenes Pulver, den Diamantbord, geschliffen werden. Der Diamant ist Nichtleiter der Elektrizität, wird aber beim Reiben selbst elektrisch.

Der Diamant ist der härteste aller Körper.

kann in Graphit verwandelt werden.

Bei Luftabschluss mit unseren gewöhnlichen Feuerungsmitteln erhitzt, gelingt es nicht, den Diamant zu schmelzen oder gar zu verflüchtigen. Wird er aber zwischen die Kohlenspitzen einer starken galvanischen Batterie gebracht, so verändert er sein Ansehen, wird grau, metallisch glänzend, zerreiblich, und ist in eine den sogenannten Cokes vollkommen ähnliche Masse von graphitähnlichem Aussehen verwandelt.

Graphit.

2. Graphit. Auch der Graphit oder das sogenannte Reissblei ist reiner krystallisirter Kohlenstoff, allein Krystallform und Eigenschaften sind von denen des Diamants verschieden. Der Graphit krystallisirt nämlich in Tafeln und Blättchen, welche dem hexagonalen Systeme angehören, oder er bildet derbe, blättrig schuppige Massen, bisweilen von faseriger Textur. Der Graphit besitzt eine grauschwarze Farbe, einen metallischen Glanz, ist vollkommen undurchsichtig, färbt grau ab (daher seine Anwendung zu den sogenannten Bleistiften), und besitzt eine nahezu zehnmal geringere Härte als der Diamant, ist sonach sehr weich. Auch sein specifisches Gewicht ist geringer als das des Diamants. Während das specifische Gewicht des Diamants 3,5 beträgt, ist das des Graphits = 2,5 — 1,8. Während ferner der Diamant Nichtleiter der Elektrizität ist, ist der Graphit Leiter derselben. Der natürlich vorkommende Graphit enthält gewöhnlich etwas Eisen, zuweilen auch Silicium beigemengt.

Organische Kohle.

3. Organische Kohle. Alle sogenannten organischen Stoffe, d. h. die den Pflanzen- und Thierorganismus zusammensetzenden Materien, enthalten Kohlenstoff, ausserdem noch Wasserstoff, Stickstoff und Sauerstoff. Werden derartige organische Stoffe stark erhitzt, so werden sie bekanntlich zerstört, indem die letztgenannten Elemente derselben mit dem Sauerstoff der atmosphärischen Luft und unter sich mannigfache flüchtige Verbindungen eingehen, die bei der angewandten Hitze entweichen. Bei ungehindertem Zutritt der Luft wird auch der Kohlenstoff zu Kohlensäure

oxydirt, und entweicht als solche; bei gehindertem Zutritte der Luft aber bleibt seiner Schwerverbrennlichkeit wegen der grösste Theil des Kohlenstoffs als sogenannte Kohle, ein Gemenge von Kohlenstoff mit gewissen Kohlenwasserstoffverbindungen, und den anorganischen Stoffen, die die Asche organischer Körper bilden, zurück.

Der von diesen Verunreinigungen befreite und durch Verbrennung organischer Körper künstlich dargestellte Kohlenstoff ist entweder ein mattes schwarzes Pulver (Russ), oder er bildet schwarze bis graue, mehr oder weniger glänzende compacte oder poröse Massen, welche vollkommen amorph und undurchsichtig sind und ein sehr verschiedenes specifisches Gewicht besitzen.

Künstlich
dargestellter
reiner Koh-
lenstoff.

Die allen drei Modificationen des Kohlenstoffs: dem Diamant, dem Graphit und der organischen Kohle, gemeinschaftlich zukommenden Eigenschaften sind folgende: Alle drei Modificationen sind vollkommen geruch- und geschmacklos, bei keiner Temperatur schmelzbar oder verflüchtigbar, sonach bei Abschluss der Luft vollkommen feuerbeständig und in allen bekannten Lösungsmitteln gänzlich unauflöslich. Bei Luftzutritt starkerhitzt, verbrennen sie mehr oder weniger leicht zu Kohlen- säure. Graphit und Diamant sind viel schwieriger verbrennlich, als die verschiedenen Arten organischer Kohle; sie verbrennen nur in reinem Sauerstoffgase bis zum Glühen erhitzt, während die Holzkohle z. B. an der Luft erhitzt zu Kohlensäure verbrennt. Auch die Wärmeleitungs- fähigkeit zeigt bei den verschiedenen Modificationen des Kohlenstoffs gra- duelle Unterschiede, indem die organische Kohle der bei Weitem schlech- teste Wärmeleiter ist. Die schlechte Wärmeleitung der Holzkohle ist der Grund, warum man ein Stück Kohle, welches am einen Ende bis zum lebhaftesten Glühen erhitzt ist, am anderen Ende in der Hand halten kann, ohne irgend eine merkliche Wärmeempfindung zu verspüren.

Allen allo-
tropischen
Modifica-
tionen des
Kohlenstoffs
gemeinsame
Eigenschaf-
ten.

Verschiedene Arten der organischen Kohle. Die gewöhn- lichen Arten der organischen Kohle, wie sie durch Glühen oder durch einen eigenthümlichen Verwesungsprocess organischer, namentlich pflanz- licher Stoffe gebildet werden, als solche aber, wie bereits oben bemerkt, noch keineswegs reinen Kohlenstoff darstellen, sind: die Holzkohle, die Thierkohle (das sogenannte Beinschwarz), die Torfkohle und die fossilen Kohlen, worunter man Braunkohle, Steinkohle, Anthra- cit und die sogenannten Cokes (durch Destillation von empyreumati- schen Stoffen befreite Steinkohle) begreift.

Verschie-
dene Arten
der orga-
nischen
Kohle.

Das äussere Aussehen dieser verschiedenen Kohlearten ist sehr ver- schieden, und im Wesentlichen von dem Aggregatzustande und der Structur der Stoffe abhängig, woraus sie entstanden. So zeigt die gewöhnliche Holzkohle noch genau die Structur des Holzes, und es lassen sich darin die Jahresringe, der faserige Bau des Holzes noch genau unterscheiden. Die gewöhnliche Holzkohle enthält ausser Kohlenstoff etwa 1 Proc. Was- serstoff und zwischen 1 bis 4 Proc. Asche. Sie wird im Grossen durch

Holzkohle.

Thierkohle. die Verkohlung des Holzes, die Torfkohle in ähnlicher Weise aus dem Torf gewonnen. Die Thierkohle oder das sogenannte Beinschwarz ist Kohle, erhalten durch Glühen von Knochen, Bluf oder anderen thierischen Substanzen. Sie zeigt meist ein geschmolzenes Ansehen, ist glänzend und schwerer verbrennlich als Holzkohle. Sie ist ein Gemenge von Kohlenstoff und Knochenerde (phosphorsaurem Kalk) und enthält ausserdem noch Stickstoff, der erst in sehr hoher Temperatur weggeht.

Fossile
Kohlen:
Bildung
derselben.

Die fossilen Kohlen: Braunkohle, Steinkohle und Anthracit, sind Mineralien, die aus einem dem Verkohlungsprocesse in seiner Wirkung ähnlichen, aber zu seiner Vollendung Jahrtausende erfordernden Verwesungsprocesse organischer Körper entstanden sind, und in Folge dessen wir gewaltige Anhäufungen von Bäumen und Pflanzen überhaupt zwischen geschichteten Steinen als sogenannte Kohlenlager, als Anthracit, Steinkohle oder Braunkohle eingeschlossen finden.

Ihr relative
Alter.

Die fossilen Kohlen ordnen sich ihrem relativen Alter nach, mit den jüngsten beginnend, wie folgt: 1. Braunkohle, 2. Steinkohle, 3. Anthracit. Obgleich nun aber die Braunkohle die jüngste der natürlichen Kohlen ist, so ist dieselbe doch allen Thatsachen nach lange vor menschlicher Zeit als Holzmasse abgelagert, und es lässt sich daraus auf das Alter der Steinkohle und des Anthracits ein ungefährer Schluss ziehen. Der Kohlenstoffgehalt der fossilen Kohlen geht ihrem Alter parallel. Er beträgt bei der Braunkohle zwischen 60 bis 70, bei der Steinkohle zwischen 76 bis 90 und bei dem Anthracit von 94 bis 98 Proc.

Cokes.

Cokes (Kohks) nennt man die Kohlen, welche beim Glühen der Steinkohle zurückbleiben, und welche daher hauptsächlich als Nebenproduct bei der Leuchtgasbereitung erhalten werden. Sie sind gute Wärme- und Elektricitätsleiter.

Die fossilen Kohlen dienen namentlich als Feuerungsmaterial zur Erzeugung hoher Hitzegrade, bedürfen aber, um zu brennen, eines sehr guten Zuges. Auch zur Leuchtgasbereitung finden sie Anwendung.

Russ.

Russ (Kienruss, Lampenruss) ist mehr oder weniger reiner Kohlenstoff, wie er aus Verbindungen des Kohlenstoffs mit dem Wasserstoff (sogenannten Kohlenwasserstoffen) abgeschieden wird, wenn man selben den Wasserstoff entzieht. Hierbei scheidet sich der Kohlenstoff in Gestalt von zarten Flocken, welche eben der Russ sind, ab. Die gewöhnlichste Methode, derartigen Kohlenwasserstoffen den Wasserstoff zu entziehen, besteht in ihrer Verbrennung bei gehindertem Luftzutritt und möglichst niedriger Temperatur, wobei vorzugsweise der Wasserstoff, als der leichter verbrennliche Theil, verbrennt, der Kohlenstoff aber abgeschieden wird. Die chinesische Tusche enthält als Hauptbestandtheil einen sehr feinen Lampenruss.

Alle diese Arten sogenannter organischer Kohle sind in ihren Eigenschaften modificirt durch die in ihnen enthaltenen Beimengungen, ihren

Aggregatzustand, ihren Ursprung u. s. w. Alle nehmen Theil an den jeder Art von Kohlenstoff gemeinsamen Charakteren.

Die Pflanzen- (Holz-) und Thierkohle aber zeigen gewisse höchst merkwürdige Eigenthümlichkeiten, die den anderen Kohlenstoffmodifikationen und Kohlearten, wie der Steinkohle etc., mehr oder weniger abgehen.

Eigenthümliches Verhalten der Pflanzen- und Thierkohle

Der Holz- und Thierkohle kommt nämlich ein sehr grosses Absorptionsvermögen für Gase zu, welches so bedeutend ist, dass ein Volumen Kohle 35 bis 90 Volumina Gas zu verschlucken vermag. Die Holzkohle besitzt diese gasabsorbirende Kraft in höherem Grade als die Thierkohle, und es scheint dieselbe in geradem Verhältnisse zu ihrer Porosität zu stehen. In ähnlicher Weise und meist wohl gerade in Folge ihrer gasabsorbirenden Eigenschaft absorbirt sie Riechstoffe und Wasserdampf, und dabei tritt eine so bedeutende Temperaturerhöhung auf, dass grössere Massen fein zertheilten Kohlenpulvers sich von selbst entzünden können. Nicht allein Gase und Riechstoffe absorbirt die Kohle, sondern sie wirkt auch fäulniswidrig, in einer bisher noch nicht genügend erklärten Weise; hierauf beruht ihre Anwendung als Conservationsmittel für Fleisch, des Wassers bei Seereisen, durch Aufbewahrung desselben in innen oberflächlich verkohlten Tonnen, als Heil- und Reinlichkeitsmittel bei fauligen Wunden und Geschwüren (Kohlenkissen) u. s. w.

gegen Gase;

gegen Riech- und Fäulnisstoffe,

Noch merkwürdiger aber ist ihre Eigenschaft, aus Lösungen verschiedener Stoffe diese ihren Lösungsmitteln mehr oder weniger vollständig zu entziehen und auf sich zu fixiren. Zu diesen Stoffen gehören namentlich Farbstoffe, Alkaloide, Bitterstoffe und Metalloxyde. Ihrer Eigenschaft halber, gefärbten Auflösungen die Farbstoffe zu entziehen, wird die Thierkohle, welcher diese Eigenschaft in höherem Grade zukommt als der Holzkohle, als Entfärbungsmittel, im Grossen vorzugsweise bei der Zuckerraffination, angewendet. Von der Eigenschaft, gewisse Stoffe ihren Lösungen zu entziehen, macht man ferner Anwendung zum sogenannten Entfuseln des Weingeistes, bei dem chemischen Nachweise des in Lösungen enthaltenen Strychnins u. dgl. m.

gegen Farbstoffe, Bitterstoffe und andere organische Materien, so wie gegen Metalloxyde.

Die Kohle gehört zu den unveränderlichsten Substanzen, die wir kennen. Sie kann z. B. Jahrhunderte im Erdboden verweilen, ohne sich zu verändern. Aus diesem Grunde pflegt man Pfähle, welche in die Erde gerammt werden sollen, an dem Ende, welches in die Erde kommt, oberflächlich zu verkohlen.

Wenn Kohle mit Metalloxyden einer sehr starken Hitze ausgesetzt wird, so werden die Oxyde zu Metallen reducirt, während gleichzeitig Kohlensäure gebildet wird. Auch anderen Oxyden vermag die Kohle bei höherer Temperatur einen Theil ihres Sauerstoffs zu entziehen. Sie findet daher vielfach als Reducionsmittel Anwendung. Obgleich sonach bei gewöhnlicher Temperatur die Affinität des Kohlenstoffs zum Sauerstoff = 0 ist, wie aus ihrer Unveränderlichkeit an der Luft hervorgeht, so steigert sich bei höherer Temperatur diese Affinität so sehr, dass der Kohlenstoff den Sauerstoff anderen Körpern, wie Metalloxyden, ganz oder

Die organische Kohle ist in höherer Temperatur ein kräftiges Reducionsmittel.

zum Theil zu entziehen vermag. Auch auf die Oxyde nicht-metallischer Elemente wirkt der Kohlenstoff reducirend; so wird die Schwefelsäure z. B. beim Erhitzen mit Kohle zu schwelliger Säure, die Phosphorsäure zu Phosphor reducirt.

Vorkommen.

Vorkommen. Der Kohlenstoff ist, wie bereits oben näher auseinandergesetzt wurde, ein in der Natur sehr verbreitetes Element. Im reinen Zustande als Diamant findet er sich relativ selten, und zwar vorzugsweise in Brasilien, Ostindien und auf Borneo. Er kommt hier theils eingewachsen im Conglomerat und dem Itacolumit (einem quarzreichen Glimmerschiefer) vor, theils lose im Alluvium, welches von der Zerstörung älterer Gebirgsmassen her stammt, und im Sande der Flüsse. — Der Graphit findet sich unter dem Namen Wasserblei oder Reissblei in abgerundeten Massen in Gängen des Ur- und Uebergangsgebirges, namentlich im Granit, Gneiss und Urkalk. Die wichtigeren Fundorte des Graphits sind Borrowdale, Passau, Marbach, Montabaur und Yps. Die Modification des Kohlenstoffs, welche wir Graphit nennen, bildet sich aber auch beim Schmelzen des Eisens mit Kohle im Hohofenbetrieb (Hohofengraphit), wo er sich beim Erstarren der Masse zum Theil in grossen Krystallen ausscheidet. Im Pflanzen- und Thierreiche findet sich der Kohlenstoff als Bestandtheil aller sogenannten organischen, den Pflanzen- und Thierorganismus bildenden Verbindungen, ist also hier ebenso allgemein verbreitet, wie das Pflanzen- und Thierreich selbst. Die fossilen Kohlen bilden eine eigene geognostische Formation der neptunischen oder sedimentären Gebilde: die Steinkohlenformation. Dieselbe ist über alle Theile der Erde, selbst über die kältesten Erdstriche verbreitet, besonders mächtig tritt sie aber in England, am Rhein und an der Ruhr, und in Sachsen und Schlesien auf.

Darstellung.

Darstellung. Es ist bisher noch nicht gelungen, den Diamant künstlich darzustellen. Graphit dagegen kann durch Weissglühen von 2 Thln. Eisenfeile, 1 Thl. Braunstein und 1 Thl. Kienruss erhalten werden. Sehr reinen amorphen Kohlenstoff erhält man durch längeres Glühen von Lampenruss im bedeckten Tiegel.

Geschichtliches.

Geschichtliches. Der Kohlenstoff wurde als eigenthümliches Element von Lavoisier zuerst angenommen und im reinen Zustande im Diamant erkannt. Die Verflüchtigung des Diamants im Focus des Brennsiegels wurde schon 1694 von der Florentiner Akademie wahrgenommen.

Verbindungen des Kohlenstoffs.

Verbindungen des Kohlenstoffs.

Da der Kohlenstoff ein Bestandtheil aller organischen Verbindungen ist, so ergibt sich hieraus selbstverständlich eine kaum übersehbare Zahl von Verbindungen des Kohlenstoffs, die eigentlich hier nun abgehandelt werden müssten. Aus Zweckmässigkeitsgründen ist man aber übereingekommen, alle Kohlenstoffverbindungen, die den Charakter organischer

Stoff
organ
gen d
stoffv
ganis
stellen
hande

nissen

Forme
72,32.

hältni
prick
als d
überg

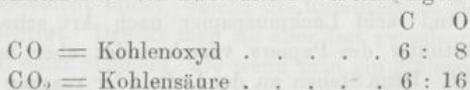
brenn
Auch
und T
geath
Lösun
stimm
macht

Bei
Vol. I
aber
hältni
Kohle
birten
tional
v. G.

Stoffe an sich tragen, für sich gesondert abzuhandeln, und zwar in der organischen Chemie, welche als die Lehre von den Kohlenstoffverbindungen definirt werden kann. Wir werden daher hier nur diejenigen Kohlenstoffverbindungen besprechen, welche man als eines ausgesprochenen organischen Charakters entbehrend zu den anorganischen Verbindungen zu stellen pflegt, welche aber ebenso gut in der organischen Chemie abgehandelt werden könnten.

Kohlenstoff und Sauerstoff.

Mit Sauerstoff verbindet sich der Kohlenstoff in mehreren Verhältnissen. Wir handeln hier nur zwei dieser Verbindungen ab. Diese sind:



Wir wollen mit letzterer Verbindung beginnen.

Kohlenstoff und Sauerstoff.

Kohlensäure.

Formel CO₂. Aeq. 22. Proc. Zusammensetzung: Kohlenstoff 27,68; Sauerstoff 72,32. Specif. Gew. 1,529 (Atmosph. Luft = 1). Absol. Gew. 1000 CC. wägen 1,967 Grm.

Eigenschaften. Unter gewöhnlichen Temperatur- und Druckverhältnissen stellt die Kohlensäure ein farbloses Gas von schwach säuerlichem, prickelndem Geruch und Geschmack dar, welches um die Hälfte schwerer als die atmosphärische Luft ist, und Lackmustinctur schwach und vorübergehend röthet.

Eigenschaften

Das Kohlensäuregas ist weder brennbar, noch unterhält es die Verbrennung brennender Körper; selbe verlöschen darin augenblicklich. Auch den Respirationsprocess der Thiere vermag es nicht zu unterhalten und Thiere und Menschen ersticken daher darin. In solcher Menge eingeathmet, in der es gerade nicht erstickend wirkt, oder auch wohl in Lösung durch den Magen in den Organismus gebracht, äussert es bestimmte Wirkungen. Es ruft eine Art Trunkenheit, Schwindel, ja Ohnmachten, Kopfschmerz und Betäubung hervor.

der gasförmigen Kohlensäure.

Das Kohlensäuregas ist in Wasser in bedeutender Menge löslich. Bei 0° und 0,760^{mm} Barometerstand absorbiert 1 Vol. Wasser 1,7967 Vol. Kohlensäuregas; mit der Temperaturerhöhung des Wassers nimmt aber die Absorptionsfähigkeit desselben für Kohlensäure in stetigem Verhältnisse ab. So absorbiert 1 Vol. Wasser von 15° C. nur noch 1,002 Vol. Kohlensäuregas. Bei stärkerem Drucke dagegen verhalten sich die absorbierten Gewichtsmengen der Kohlensäure dem Drucke einfach proportional. Die Volumenmengen bleiben aber dieselben. 1 Liter Wasser

nimmt also bei 15° C. z. B. immer 1,002 Liter Kohlensäure unter dem Drucke von 1, 2, 3 bis 10 Atmosphären auf; da aber die Dichtigkeit des Gases in diesem Falle sich wie 1, 2, 3 bis 10 verhält, so stehen die Gewichte der aufgelösten Kohlensäure in dem nämlichen Verhältnisse von 1, 2, 3, und 10. Hieraus erklärt sich, warum kohlensäurehaltige Mineralquellen, welche, aus grosser Tiefe kommend, unter starkem Drucke zu Tage treten, mehr Kohlensäuregas enthalten, als den Absorptionsverhältnissen für gegebene Temperaturen und normalen Druck entspricht. Derlei mit Kohlensäure übersättigte Wässer lassen nach aufgehobenem höheren Drucke den Ueberschuss ihrer Kohlensäure unter der Erscheinung des sogenannten Perlens wieder entweichen.

Aqua
carbonata.

Die Auflösung des Kohlensäuregases in Wasser, künstlich bereitet *Aqua carbonata* genannt, besitzt einen säuerlich prickelnden, erfrischenden Geschmack, und färbt Lackmuspapier nach Art schwacher Säuren weinroth. Die Röthung des Papiers verschwindet aber beim Trocknen an der Luft wieder. Beim Stehen an der Luft, oder rascher beim Kochen, verliert die *Aqua carbonata* ihr sämmtliches Gas. Dasselbe gilt von den natürlichen kohlensäurehaltigen Wässern: den Mineralquellen, dem Brunnenwasser, und den kohlensäurehaltigen moussirenden Getränken: dem Champagner, Bier, der Brauselimonade. Das Perlen und Schäumen dieser Getränke beruht auf dem Entweichen eines Theils der in ihnen enthaltenen Kohlensäure.

Die Kohlensäure ist ein coërcibles Gas. Bei einer Temperatur von 0° und einem Drucke von 36 Atmosphären verdichtet sie sich zu einer Flüssigkeit. Bei einer Temperatur von - 10° C. erfolgt diese Verdichtung schon bei einem Druck von 27, und bei einer Temperatur von - 30° C. bei einem solchen von 18 Atmosphären. Dagegen erfolgt bei + 30° C. die Verdichtung erst unter einem Drucke von 73 Atmosphären. Man kann übrigens Kohlensäure auch unter gewöhnlichem Drucke bei der Temperatur, welche liquides Ammoniak beim Verdunsten im luftleeren Raum erzeugt, flüssig erhalten.

Eigenschaf-
ten der
liquiden,

Die liquide Kohlensäure ist eine farblose, vollkommen durchsichtige, sehr bewegliche, mit Wasser nicht mischbare und darauf ölartig schwimmende Flüssigkeit. Der Ausdehnungscoëfficient der liquiden Kohlensäure ist ausserordentlich gross und sogar bedeutender, wie der des Gases. Das specifische Gewicht der liquiden Kohlensäure beträgt bei - 10,8° C. : 0,9989, bei + 7,9° C. : 0,9067. Die flüssige Kohlensäure verdunstet enorm rasch, und erzeugt dabei eine so grosse Verdunstungskälte, dass die Temperatur auf - 79° C. sinkt. Die Tension der liquiden Kohlensäure beträgt bei 0° 37 Atmosphären, bei + 30° C. 73 Atmosphären. Sie ist schlechter Elektrizitätsleiter, eine chemisch sehr indifferente Substanz und röthet Lackmus, wie es scheint, nicht.

der festen
Kohlen-
säure.

Feste Kohlensäure. Wird die liquide Kohlensäure bis auf - 70° C. abgekühlt, oder lässt man sie verdunsten, wobei, wie so eben bemerkt wurde, die Temperatur bis auf - 79° C. sinkt, oder lässt man bei der

Temperatur, welche flüssiges Ammoniak im Vacuum erzeugt, einen Druck von 3 bis 4 Atmosphären auf Kohlensäure einwirken, so erstarrt sie zu einer festen, schneeähnlichen Masse.

Die feste Kohlensäure ist eine weisse, schneeähnliche oder auch wohl glasartige, feste Masse, welche ein schlechter Wärmeleiter ist, und daher und wegen ihrer niedrigen Temperatur nur langsam an der Luft verdunstet. Sie scheint auch in cubischen Krystallen erhalten werden zu können. Bei -57° C. schmilzt sie und übt dann einen Druck von 5 Atmosphären aus. Für jeden Thermometergrad steigt der Druck, welchen ihr Dampf ausübt, beinahe um eine Atmosphäre. Wenn man sie nicht fest zusammendrückt, kann man die feste Kohlensäure eine Weile in der Hand halten, weil durch das fortwährende Verdampfen sich um die feste Masse eine Gasschicht bildet, welche die unmittelbare Berührung mit der Haut beeinträchtigt. Drückt man sie aber fest zwischen den Fingern, so empfindet man einen Schmerz, wie wenn man ein glühendes Eisen berührt hätte, und es bildet sich eine Brandblase.

Mittelst der festen Kohlensäure kann man sehr beträchtliche Temperaturerniedrigungen erzielen. Vermischt man nämlich die feste Kohlensäure mit Flüssigkeiten, welche sich mit ihr nicht chemisch vereinigen, bei so niedriger Temperatur auch nicht erstarren und selbst sehr flüchtig sind, wie z. B. mit Aether, einer erst in der organischen Chemie näher zu beschreibenden Flüssigkeit, so kann man mit einem derartigen Gemische Pfunde von Quecksilber in wenig Minuten zum Gefrieren bringen, und unter Umständen (bei raschem Evacuiren unter der Luftpumpe) eine Temperatur von -100° C. erzielen.

Die Kohlensäure kann sonach alle drei Aggregatzustände annehmen.

Die Kohlensäure ist eine wirkliche Säure und verbindet sich mit Basen zu wohlcharakterisirten Salzen. Sie ist aber eine der schwächsten Säuren und wird daher aus ihren Verbindungen durch die meisten übrigen Säuren ausgetrieben. Weil sie im freien Zustande gasförmig ist, so erfolgt, wenn eine ihrer Verbindungen durch eine stärkere Säure zersetzt wird, die Erscheinung des sogenannten Aufbrausens.

Auf der Löslichkeit oder Unlöslichkeit ihrer Verbindungen mit Basen beruhen mehrere für die Kohlensäure charakteristische Erscheinungen. Das Kohlensäuregas wird nämlich von Kalilösung, oder auch wohl von festem Kali, vollständig und rasch absorbirt, eine Thatsache, von der man praktische Anwendung macht, wenn es sich darum handelt, die Kohlensäure aus einem Gasgemenge zu entfernen, oder ihr Volumenverhältniss zu bestimmen. Die Absorption der Kohlensäure durch Kali beruht darauf, dass sich die Kohlensäure mit dem Kali chemisch vereinigt, und zwar zu einem Salze, welches in vorhandenem Wasser sich auflöst, bei Abwesenheit von Wasser aber fest ist. Kohlensäuregas in Kalkwasser geleitet, bewirkt darin sogleich Trübung und bald die Bildung eines weissen Niederschlags. Diese Eigenschaft der Kohlensäure, Kalkwasser zu trüben, benutzt man vorzugsweise zur Erkennung der Kohlensäure, in-

Die Kohlensäure ist eine schwache Säure,

wird von Kali absorbirt

und trübt Kalkwasser.

dem sie sich dadurch von anderen Gasen unterscheidet. Sie beruht darauf, dass sich die Kohlensäure, falls sie nicht im Ueberschusse einwirkt, mit dem im Kalkwasser enthaltenen Kalke zu einem unlöslichen und daher niederfallenden Salze: zu kohlen-saurem Kalk vereinigt.

Reduction
der Kohlen-
säure durch
Kohle,
durch
Kalium und
Natrium.

Beim Glühen mit Kohle wird der Kohlensäure ein Theil ihres Sauerstoffs entzogen und sie in Kohlenoxyd verwandelt. Wird aber Kohlen-säuregas über zum Glühen erhitztes Kalium- oder Natriummetall geleitet, so entziehen diese Metalle der Kohlensäure ihren Sauerstoffgehalt vollständig und scheiden daraus schwarze, pulverförmige Kohle ab. Kein anderer Körper vermag aus der Kohlensäure auf ähnliche Art Kohle abzuscheiden. Dieser Versuch ist vorzugsweise deshalb interessant, weil er lehrt, dass in dem farblosen Gase: der Kohlensäure, wirklich Kohle enthalten ist.

Bildung
und Vor-
kommen.

Bildung und Vorkommen. Die Bildung der Kohlensäure ist eine sehr mannigfache, und es gehört daher diese Verbindung zu den verbreitetsten in der Natur. Kohlensäure bildet sich bei der Verbrennung des Kohlenstoffs: des Diamants, Graphits und der gewöhnlichen Kohle; bei der Verbrennung aller organischen, weil kohlenstoffhaltigen, Körper, daher bei dem Brennen jedes Lichtes, jeder Cigarre, des Holzes in unseren Oefen u. s. w.; bei der Verwesung der organischen Körper, einem Vorgange, welcher in seinem Wesen der Verbrennung sehr ähnlich, ohne bemerkbare Licht- und Wärmeentwicklung vor sich geht und sehr lange Zeiträume beansprucht, bei anderen Oxydationen und Zersetzungen organischer Körper: bei der Fäulniss derselben, und bei der Gährung zuckerhaltiger Pflanzensäfte und des Zuckers überhaupt. Kohlensäure bildet sich ferner bei der Einwirkung gewisser Sauerstoffverbindungen auf kohlenstoffhaltige Körper, beim Kochen der Kohle mit Schwefelsäure oder Salpetersäure, bei der Einwirkung salpetersaurer Salze auf kohlenstoffhaltige Substanzen, beim Verbrennen des Kohlenoxydes, bei dem Respirationsprocess und beim Stoffwechsel überhaupt der Thiere und Menschen, endlich bei im Erdinneren vor sich gehenden, häufig noch nicht näher erklärten vulkanischen Processen, bei der Zersetzung kohlen-saurer Salze durch Hitze oder durch stärkere Säuren, sowie beim Glühen von Metalloxyden mit Kohle.

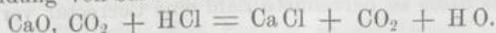
Als Gas im freien Zustande findet sich die Kohlensäure in der Natur vor Allem in der atmosphärischen Luft, und zwar dem Volumen nach etwa 0,04 Proc. derselben betragend, in grösserer Menge in der Ausathmungsluft, etwa 4 bis 5 Proc. derselben ausmachend, ferner als Bestandtheil der gasförmigen Hauttranspiration. In geschlossenen Räumen, wo viele Menschen geathmet haben, oder wo Verbrennungs- oder Gährungsprocesse stattfinden, in Theatern, grossen Versammlungssälen, in Gruben, Schächten, Gährungskellern, sammelt sie sich zuweilen in solcher Menge an, dass nachtheilige Wirkungen auf den Organismus eintreten, das Athmen erschwert wird und selbst Erstickungs- und Betäubungszufälle eintreten können. Grosse Quantitäten Kohlensäuregases durch vul-

kanische Thätigkeit im Erdinneren gebildet, entströmen an gewissen Stellen durch Ritzen und Spalten dem Erdboden, so bei Trier, Brohl und anderen Punkten der Rheingegend (bei Brohl entströmen der Erde dem Gewichte nach in 24 Stunden etwa 600 Pfd. Kohlensäure), bei Eger, Pymont (Dunsthöhle), bei Neapel (*Grotta canina*, Hundsgrotte) und an mehreren anderen Orten in der Nähe des Vesuvs, ja sie wird in allen Kellern Neapels in reichlicher Menge angetroffen, und in länger verschlossen gewesenem ist sie so mächtig, dass hineintretende Personen sofort betäubt niederstürzen. In Italien nennt man die Stellen, wo sie dem Erdboden entströmt, Mofetten. Bei der Dunsthöhle in Pymont und der Hundsgrotte in Neapel zeigt sich die eigenthümliche Erscheinung, dass Menschen darin ohne sonderliche Beschwerde umhergehen können, während ein Hund oder eine Katze darin sehr bald an Erstickung zu Grunde geht. Der Grund dieser Erscheinung liegt in dem bedeutenden specifischen Gewichte des Kohlensäuregases, in Folge desselben sammelt es sich vorzugsweise am Boden der Höhle an, und bildet dort eine unsichtbare nur bis zu einer gewissen Höhe hinaufreichende Schicht, kleinere Thiere gerathen daher mit ihrem Kopfe in den Bereich dieser Schicht und ersticken darin. Auch von den noch thätigen Vulkanen wird Kohlensäure in ungeheurer Menge ausgestossen, so namentlich von den südamerikanischen. Wo die Kohlensäure unter der Erde unter hohem Druck mit Wasser in Berührung kommt, wird sie von diesem oft in beträchtlichen Gewichtsmengen absorbiert, und solches Wasser bildet dann, an irgend einer Stelle zu Tage tretend, jene Art von Mineralquellen, welche Sauerlinge oder Sauerbrunnen, bei einem Gehalte von kohlensaurem Eisenoxydul aber Eisensauerlinge oder Stahlquellen genannt werden. Der Kohlensäuregehalt dieser Sauerlinge ist verschieden und abhängig: 1. von der Temperatur der Quellen; 2. von der Wassertiefe des Quellenschachtes, und 3. von der Meereshöhe der Quellen. Zu den bekanntesten derartiger Sauerlinge gehört jener von Selters. Geringe Mengen von Kohlensäure enthält ferner alles Brunnen- und Quellwasser. In Verbindung mit Basen in der Form kohlensaurer Salze ist die Kohlensäure ebenfalls ausserordentlich verbreitet, hauptsächlich mit Kalk verbunden als Kalkstein, Marmor, Kreide, Dolomit ganze Gebirgszüge bildend, auch im Thierreiche findet sich der kohlensaure Kalk häufig, so bestehen die Austernschalen, die Eierschalen, die Muscheln, die Perlen ganz oder zum grössten Theile aus kohlensaurem Kalk.

Darstellung. Man erhält das Kohlensäuregas einfach durch Zersetzung eines kohlensauren Salzes, am besten des kohlensauren Kalks mit einer stärkeren Säure, Salzsäure oder Salpetersäure. Wenn letztere Säure zur Zersetzung gewählt wird, so erfolgt sie nach beistehender Formelgleichung:



Bei Anwendung von Salzsäure:



Kohlensäureexhalationen.

Dunsthöhle, Hundsgrotte, Mofetten.

Sauerlinge und Stahlquellen.

Darstellung.

Das entweichende Gas kann über Quecksilber oder Wasser aufgefangen werden. Die liquide und feste Kohlensäure wird mittelst eigener Compressionsapparate dargestellt. Die *Aqua carbonata*: mit Kohlensäure übersättigtes Wasser, wird durch Einpressen von Kohlensäuregas in mit Wasser gefüllte Gefässe mittelst Compressionspumpen künstlich gewonnen.

Volumenverhältnisse.

Wenn man Kohlenstoff in reinem Sauerstoffgase verbrennt, so erfährt das ursprüngliche Gasvolumen keine Veränderung, woraus folgt, dass die Kohlensäure ein ihrem eigenen Volumen gleiches Volumen Sauerstoff enthalten und daher eine Verdichtung stattfinden muss.

1 Vol. Kohlensäure wägt . .	1,5290
1 „ Sauerstoff „ . .	1,1056

In 1,5290 Gewichtstheilen Kohlensäure sind mithin 1,1056 Sauerstoff enthalten; ziehen wir diese Zahl von 1,5290 ab, so erhalten wir als Rest die Zahl 0,4234, welche das Gewichtsverhältniss des Kohlenstoffs in 1,5290 Kohlensäure angiebt.

1,5290 Gewichtstheile Kohlensäure enthalten sonach:

1,1056 Gewichtstheile Sauerstoff,
0,4234 „ „ Kohlenstoff.

Da nun in der Kohlensäure, deren Formel CO_2 ist, auf 1 Aeq. Kohlenstoff 2 Aeq. Sauerstoff enthalten sind, und das Volumen eines Aequivalentes Sauerstoff = 1 ist, so sind in einem Aequivalente Kohlensäure zwei Volumina Sauerstoff enthalten. Da ferner mit 1,1056 Sauerstoff 0,4234 Kohlenstoff verbunden sind, so müssen folgerichtig mit $1,1056 \times 2 = 2,2112$, d. h. 2 Vol. Sauerstoff, 0,8468 Kohlenstoff verbunden sein. Nun ist

2 Aeq. Sauerstoff = 2 Vol. . .	2,2112
1 „ Kohlenstoff = 1 „ . .	0,8468
<hr/>	
1 Aeq. Kohlensäure 2 Vol. . .	$\frac{3,0580}{2} = 1,529$.

Nimmt man nun an, dass sich 2 Vol. Sauerstoff mit 1 Vol. Kohlenstoffdampf zu 2 Vol. Kohlensäuregas verdichten, so wäre das Aequivalentvolumen des Kohlenstoffs = 1 Volumen und wöge 0,8468. Wir hätten sonach mit Zugrundelegung einiger Voraussetzungen, und des specifischen Gewichtes des Kohlensäure- und Sauerstoffgases, auf indirectem Wege das specifische Gewicht des Kohlenstoffs im gasförmigen Zustande, des Kohlenstoffdampfes, hypothetisch bestimmt, obgleich es noch nicht gelungen ist, den Kohlenstoff gasförmig zu erhalten, sonach eine directe Bestimmung seiner Dampfdichte bisher unmöglich war. Wir werden aber weiter unten sehen, dass diese so berechnete Zahl eine Correctur verlangt.

Volumen-
verhält-
nisse.

Indirecte
Bestim-
mung des
specifischen
Gewichts
des Kohlen-
stoff-
dampfes.

Praktische und physiologische Bemerkungen. Da die Kohlensäure sich bei so verschiedenartigen Vorgängen in so bedeutenden Mengen entwickelt und irrespirabel ist, so können, wenn von Menschen Räume betreten werden, in denen sie sich in bedeutender Menge angehäuft hat, leicht Unglücksfälle die Folge sein. Namentlich gilt dies von Gärungskellern u. dergl. Ehe man solche Räume betritt, pflegt man sich von der Qualität der darin enthaltenen Luft gewöhnlich dadurch zu überzeugen, dass man an einer Stange befestigt eine brennende Kerze in den Raum senkt, oder auch wohl brennendes Stroh hineinwirft. Verlischt die Kerze oder das Stroh, so ist die Luft so mit Kohlensäure geschwängert, dass der Raum nicht ohne Gefahr betreten werden kann. Allein es ist dabei zu bemerken, dass eine Kerze erst dann verlöscht, wenn die Luft den vierten Theil ihres Volumens Kohlensäure enthält, eine Luft aber, welche nur 2 Proc. Kohlensäure enthält, sonach eine Menge, bei der jeder Körper fortfährt zu brennen, mehrere Stunden eingeathmet, beunruhigende Zufälle veranlassen kann. Die Entfernung der Kohlensäure aus solchen Räumen bewirkt man, wo es angeht, am einfachsten durch Ventilation, oder durch Substanzen, welche die Kohlensäure chemisch binden, wie gelöschter Kalk, oder Ammoniakflüssigkeit. Es möchte die Frage entstehen, woher es kommt, dass die atmosphärische Luft, trotz der ungeheuren Quantitäten Kohlensäure, welche ihr durch die mannigfaltigsten Processe zugeführt werden, dennoch so geringe Quantitäten Kohlensäure enthält. Diese Frage fällt mit der constanten Zusammensetzung der Atmosphäre überhaupt zusammen und wurde bereits Seite 78 und 140 berührt. Die Kohlensäure ist ein Nahrungsmittel für die Pflanzen. Die Pflanzen athmen Kohlensäure ein, entziehen sonach selbe der Luft und zersetzen sie in ihrem Organismus in der Art, dass sie den Kohlenstoff derselben zurückbehalten und den Sauerstoff zum Theile wieder der Luft zurückgeben. Die Thätigkeit der Pflanzen ist sonach in Bezug auf das Verhältniss zur atmosphärischen Luft der der Thiere gerade entgegengesetzt. Die Thiere verschlechtern die Luft, indem sie ihr fortwährend Sauerstoff entziehen und Kohlensäure zuführen (die ausgeathmete Luft enthält 100mal mehr Kohlensäure, wie die eingeathmete), die Pflanzen dagegen stellen das Gleichgewicht wieder her, indem sie der Luft Kohlensäure entziehen und namentlich unter dem Einflusse des Sonnenlichtes Sauerstoff entbinden. Indem die Pflanzen die zur Ernährung der Thiere nöthigen Substanzen fortwährend erzeugen, und zwar aus den Materien, welche die Thiere entweder in Gasform in die Atmosphäre, oder in flüssiger oder fester Form in ihren Excrementen abscheiden, erscheinen sie einerseits als unentbehrlich für den Bestand lebender Wesen auf unserer Erde, und andererseits als Regulatoren der Zusammensetzung der atmosphärischen Luft, deren Unveränderlichkeit zunächst durch sie bedingt ist.

Praktische
und physio-
logische Be-
merkungen.

Das Kohlensäuregas findet eine sehr ausgedehnte Anwendung in der Technik und in der Medicin. Man benutzt es zur Darstellung des Blei-

weisses und anderer kohlsaurer Salze, es findet als Gas in Form von sogenannten Gasbädern als Heilmittel Anwendung, und wird zur künstlichen Darstellung von Mineralwässern, sowie von moussirenden erfrischenden Getränken benutzt. Die natürlichen Mineralwässer ahmt man künstlich nach, indem man Wasser mit Kohlensäure sättigt, nachdem man in selbem alle die Salze aufgelöst hat, welche in dem natürlichen enthalten sind, und zwar in den gleichen Gewichtsverhältnissen, in denen sie sich in dem natürlichen finden. Mittelst sogenannter gaserzeugender Apparate stellt man sich in neuester Zeit erfrischende moussirende Getränke dar, wie die sogenannte Brauselimonade (*Limonade gazeuse*), das Sodawasser (*Soda water*) u. a. m. Bier und Champagner sind ebenfalls kohlsäurereiche Getränke. Ihre Bereitung kann aber erst in der organischen Chemie näher besprochen werden.

Kohlenoxyd.

Formel CO. Aeq. 14. Proc. Zusammensetzung: Kohlenstoff 42,86; Sauerstoff 57,14. Specif. Gewicht 0,9674 (Atmosph. Luft = 1).

Eigen-
schaften.

Ist ein nar-
kotisches
Gift, und
Grund der
tödlichen
Wirkung
des Kohlen-
dunstes.

Eigenschaften. Das Kohlenoxyd ist ein farbloses, geruchloses, in Wasser nahezu unlösliches permanentes Gas, welches etwas leichter wie die atmosphärische Luft ist, und mit brennenden Körpern in Berührung, mit blassblauer charakteristischer Farbe zu Kohlensäure verbrennt. Das Kohlenoxyd unterhält nicht nur allein nicht den Respirationsprocess der Thiere, sondern es wirkt positiv schädlich wie ein narkotisches Gift. In einer Luft, welche nur einige Procente Kohlenoxyd enthält, stirbt ein Thier sehr bald. Von diesem Gase rührt hauptsächlich die tödtliche Wirkung des Dampfes brennender Kohlen in geschlossenen Räumen her, und ebenso das Kopfweh und die Betäubung, die die Folge des Verweilens in einem Zimmer sind, in welchem sich bei schlechter Ventilation glühende Kohlen befinden, oder in welchem die Ofenklappe geschlossen wurde, bevor noch die Kohlen auf dem Heerde zu glühen aufhörten.

Das Kohlenoxyd ist ein indifferentes Gas und verbindet sich weder mit Basen noch mit Säuren.

Vorkom-
men.

Vorkommen. Das Kohlenoxyd bildet sich überall da, wo Kohle bei gehindertem Luftzutritte und Ueberschuss der Kohle verbrennt, namentlich beim Verbrennen höherer Kohlschichten, wo die durch die Verbrennung der unteren Kohlschichten gebildete Kohlensäure bei ihrem Durchgange durch die oberen glühenden Schichten zu Kohlenoxyd reducirt wird, und erst an der Oberfläche, da wo das Gasgemenge mit der Luft in Berührung kommt, das Kohlenoxyd, wenn die Temperatur noch hoch genug ist, zu Kohlensäure verbrennt. Die bekannte blassblaue leckende Flamme, welche man so häufig über Kohlenfeuern bemerkt, rührt von dieser Verbrennung des Kohlenoxydes her.

Darstellung. Man erhält das Kohlenoxyd, indem man einen langsamen Strom von Kohlensäure über glühende Kohlen leitet, die sich in einem Porzellan- oder Glasrohr befinden: $\text{CO}_2 + \text{C} = 2 (\text{CO})$. Die Kohlensäure nimmt sonach ebenso viel Kohlenstoff auf, als sie bereits enthält. Auch durch Glühen von Kreide (kohlenurem Kalk) mit Kohle gewinnt man Kohlenoxyd. Am leichtesten aber erhält man es durch Erhitzen von Oxalsäure mit concentrirter Schwefelsäure. Die Oxalsäure ist ein erst in der organischen Chemie näher zu beschreibendes Oxyd des Kohlenstoffs, dessen Zusammensetzung im wasserfreien Zustande durch die Formel $\text{C}_2 \text{O}_3$ ausgedrückt wird. Beim Erhitzen mit Schwefelsäure wird der Oxalsäure zuerst ihr Hydratwasser entzogen und dann zerfällt sie in Kohlensäure und Kohlenoxyd: $\text{C}_2 \text{O}_3 = \text{CO}_2 + \text{CO}$. Die Kohlensäure entfernt man, indem man das entweichende Gas durch Kalilösung leitet.

Volumenverhältnisse.

Wenn man Kohlenoxyd durch Sauerstoffgas zu Kohlensäure verbrennt, so beträgt das Volumen der entstandenen Kohlensäure genau so viel, wie das Volumen des Kohlenoxydgases. 1 Vol. Kohlenoxydgas nimmt $\frac{1}{2}$ Vol. Sauerstoff auf und giebt 1 Vol. Kohlensäuregas. Im Kohlenoxydgas ist also der Kohlenstoff mit halb so viel Sauerstoff dem Volumen nach verbunden, wie in der Kohlensäure.

Die Dichtigkeit des Kohlenoxyds ist 0,9674

davon abgezogen die halbe Dichtigkeit des Sauerstoffs . . 0,5528

so bleibt als Rest . . . 0,4146

die Zahl, welche das Gewicht des mit 0,5528 Gew.-Thln. Sauerstoff in 0,9674 Gew.-Thln. oder einem Volumen Kohlenoxydgas verbundenen Kohlenstoffs ausdrückt. Nun ist aber die Formel des Kohlenoxyds CO . Da nun das Aequivalentvolumen des Sauerstoffs = 1 ist, so haben sich im Kohlenoxydgame 1 Vol. Sauerstoff mit 1 Vol. Kohlenstoffdampf ohne Verdichtung vereinigt und das Aequivalentvolumen des Kohlenoxydgases ist sonach = 2 Volumina. Mit Zugrundelegung dieser Voraussetzungen haben wir daher:

1 Aeq. Kohlenstoff = 1 Vol. 0,4146 . 2 = 0,8292

1 „ Sauerstoff = 1 „ 1,1056 = 1,1056

1 Aeq. Kohlenoxyd = 2 Vol. $\frac{1,9348}{2} = 0,9674$.

Nach dieser Entwicklung wäre sonach das spezifische Gewicht des Kohlenstoffdampfes = 0,8292; im Obigen (S. 310) haben wir es aber zu 0,8468 gefunden. Diese Differenz rührt daher, weil wir bei der Berechnung das gefundene spezifische Gewicht der Kohlensäure zu Grunde

Corrigirte
Zahl für das
spezifische
Gewicht des
Kohlen-
stoffs im
gasförmigen
Zustande.

gelegt haben, nämlich 1,529. Versuche haben aber gelehrt, dass die Kohlensäure dem Mariotte'schen Gesetze schon bei gewöhnlicher Temperatur nicht mehr genau folge, sondern einen wesentlich verschiedenen Ausdehnungscoëfficienten besitze. Legt man das mit Berücksichtigung dieser Abnormität reducirte und corrigirte specifische Gewicht des Kohlensäuregases zu Grunde, nämlich 1,5210, so haben wir $1,5210 - 1,1056 = 0,4154$, und es wäre demnach das specifische Gewicht des Kohlenstoffdampfes $0,4154 \cdot 2 = 0,8308$, eine Zahl, welche mit der aus dem Kohlenoxyd berechneten sehr nahe übereinstimmt. Damit stimmt auch die aus den respectiven Aequivalenten berechnete Zahl. Das Aequivalent des Sauerstoffs wird sich nämlich zum Aequivalent des Kohlenstoffs verhalten wie das specifische Gewicht des Sauerstoffs zum specifischen Gewichte des Kohlenstoffdampfes. Führen wir diese Proportion aus, so haben wir $\frac{6 \cdot 1,1056}{8} = 0,8292$, und diese Zahl nehmen wir gegenwärtig als die richtige für das specifische Gewicht des Kohlenstoffdampfes an.

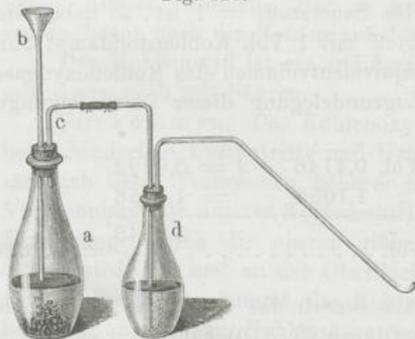
Chemische Technik und Experimente.

Um die gasabsorbirende Kraft der Holzkohle anschaulich zu machen, füllt man einen Glascylinder über Quecksilber mit Ammoniakgas, nimmt hierauf mittelst einer Zange eine glühende Kohle aus dem Ofen, taucht sie rasch unter das Quecksilber der pneumatischen Wanne, um sie auszulöschen, und bringt sie, ohne sie wieder aus dem Quecksilber herauszunehmen, in den mit Ammoniakgas gefüllten Cylinder, wobei rasch eine sehr beträchtliche Volumensverminderung des Gases eintritt.

Um die entfärbende Kraft namentlich der Knochenkohle zu zeigen, schüttelt man Rothwein einige Minuten lang mit frisch ausgeglühter Knochenkohle, und filtrirt. Das Filtrat ist, wenn lange genug geschüttelt und die Qualität der Kohle eine gute war, farblos.

Die Darstellung des Kohlensäuregases ist sehr einfach. Es dient dazu der Apparat Fig. 128.

Fig. 128.



Eine nähere Beschreibung dieses sehr gewöhnlichen Gasentwicklungsapparates erscheint überflüssig. Man bringt in die Entwicklungsflasche Marmorstücke, oder was eine ebenso regelmässige Gasentwicklung giebt, Urkalk, wo er zu Gebote steht (Kreide ist weniger zu empfehlen, da sie eine unregelmässige Entwicklung und ein unreines Gas giebt), giebt etwas Wasser zu dem Marmor oder Kalk, schüttelt das Ganze ein paar Minuten zur Austreibung der dem Kalk anhängenden Luftblasen, und giesst dann durch die Trichterröhre in kleinen Parthien Salzsäure oder mässig concentrirte Salpetersäure hinzu. Die Gasentwicklung beginnt sogleich

unter heftigem Aufbrausen, und wird nun regelmässig im Gange erhalten. Das Gas wird in einer zur Hälfte mit Wasser gefüllten Flasche gewaschen, und über Wasser aufgetangen. Man erleidet dabei zwar wegen der nicht geringen Löslichkeit des Kohlensäuregases in Wasser einigen Verlust, der aber durchaus nicht unbequem wird, wenn man die Gasentwicklung stets in lebhaftem Gange erhält. Das aufgesammelte Gas darf man aber nicht lange über Wasser stehen lassen. Wenn man das Kohlensäuregas ganz rein haben will, so muss man die ersten sich entwickelnden Parthien in die Luft entweichen lassen.

Folgende Versuche sind vorzugsweise geeignet, die Eigenschaften und die Bildung des Kohlensäuregases zu veranschaulichen.

Lackmustinctur, mit Kohlensäuregas geschüttelt, wird weinroth gefärbt.

Die Kohlensäure unterhält nicht die Verbrennung der Körper. Ein in eine mit Kohlensäuregas gefüllte Flasche eingesenktes brennendes Kerzchen verlöscht.

Das bedeutende specifische Gewicht des Kohlensäuregases und die daraus sich ergebenden Folgerungen lassen sich durch eine Reihe sehr lehrreicher Versuche veranschaulichen.

Wegen ihres bedeutenden specifischen Gewichtes lässt sich die Kohlensäure in leeren Cylindern trocken auffangen. Man leitet zu diesem Behufe das Gas mittelst einer Leitungsröhre bis auf den Boden eines vollkommen trockenen Glascyllinders, Fig. 129. Die Luft wird daraus allmählich verdrängt, und die Kohlen-

Experimente mit Kohlensäure.

Fig. 129.

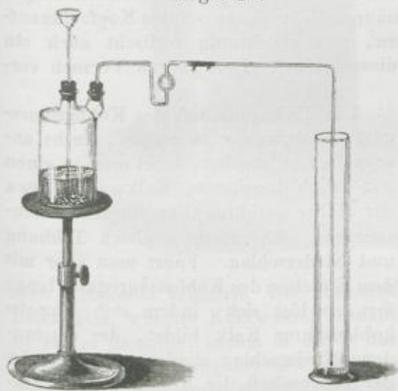
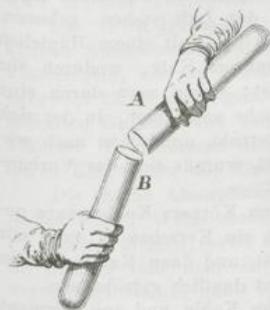


Fig. 130.



säure nimmt, von unten nach oben fortschreitend, ihre Stelle ein. Man kann dies einfach dadurch zeigen, dass man ein an einem umgebogenen Drahte befestigtes Kerzchen brennend in den Cylinder senkt. Anfänglich brennt das Kerzchen, bis auf den Boden des Cylinders gesenkt, fort, bald aber verlöscht es, wenn es bis zur Hälfte eingesenkt wird, und so geht dies in dem Grade, als die Kohlensäure den Cylinder mehr und mehr anfüllt, in der Weise fort, dass das Kerzchen immer weiter oben schon verlöscht, bis es, an die Mündung des Cylinders gebracht, nicht mehr fortbrennt, wo dann der Cylinder mit Kohlensäuregas gefüllt ist.

Man kann die Kohlensäure mitten durch die Luft aus einem Gefässe in ein anderes Gefäss übergiessen, ganz ähnlich wie eine Flüssigkeit. Um diesen Versuch anzustellen, nimmt man zwei möglichst gleich grosse Glascyllinder *A* und *B* (Fig. 130), füllt den Cylinder *A* über Wasser mit Kohlensäuregas, verschliesst das offene Ende desselben unter Wasser mit einer passenden Glasplatte, und hebt ihn aus dem Wasser der pneumatischen Wanne. Während nun ein Gehülfe den mit atmosphärischer Luft gefüllten Cylinder *B* mit der Mündung nach aufwärts hält, giesst man auf die in der Abbildung dargestellte Weise die Kohlensäure aus dem Cylinder *A* in den Cylinder *B*. Dass die Umfüllung in der That stattgefunden hat, erkennt man daraus, dass nun ein in den Cylinder *A* gesenktes brennendes Kerzchen fortbrennt, in *B* dagegen verlöschen wird.

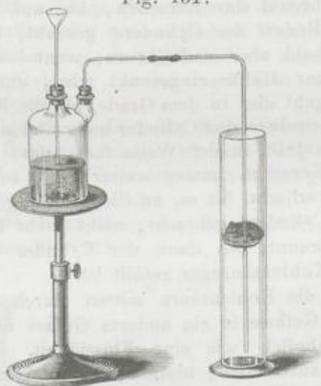
Man kann, ferner ein in der Luft brennendes Kerzchen dadurch auslöschten, dass man Kohlensäuregas darüber giesst. Um diesen Versuch anzustellen, füllt man einen möglichst grossen weit- und kurzhalsigen Glaskolben über Wasser mit Kohlensäure, und giesst nun genau so, wie wenn es eine Flüssigkeit wäre, den Inhalt desselben auf ein brennendes daruntergestelltes Kerzchen. Es verlöscht unmittelbar, und zwar gerade so, wie wenn man eine Flüssigkeit darüber gegossen hätte.

Die Unfähigkeit der Kohlensäure, die Verbrennung und das Leben der Thiere zu unterhalten, und zugleich ihr hohes specifisches Gewicht lässt sich durch nachstehende sehr anschauliche Versuche zeigen:

Auf den Boden eines hohen Glascylinders bringe man eine Blech- oder Pappscheibe, auf welche in einem Kreise, der etwa gleichweit vom Rande wie vom Centrum entfernt ist, mehrere Wachskerzchen von verschiedener Länge aufgeklebt sind. Man zündet die Kerzchen an, und leitet hierauf durch eine bis auf den Boden des Cylinders reichende Gasleitungsröhre einen regelmässigen Strom von Kohlensäuregas ein. Zuerst verlöscht das niedrigste Licht, dann das nächst höhere u. s. w.

In die Mitte eines ebenfalls möglichst hohen Glascylinders befestige man eine Holz-, Papp- oder Blechscheibe, die nach einer Seite hin, um dem Gasleitungsröhre den Durchgang zu verstatten, einen Ausschnitt hat, stellt hierauf auf die Scheibe eine Maus, und führt die Gasleitungsröhre eines Kohlensäureentwicklungsapparates bis auf den Boden des Cylinders. Leitet man nun Kohlensäuregas ein, so lebt das Thier fort, bis die Kohlensäureschicht bis zu seinem Kopfe hinaufreicht. Dann stirbt es unter Convulsionen, und gleichzeitig verlöscht auch ein brennendes hineingesenktes Kerzchen in dieser Höhe. Den ganzen Versuch veranschaulicht Fig. 131.

Fig. 131.



Vorkommen in der atmosphärischen Luft erwiesen ist; wenn man durch eine weite, an beiden Enden offene Glasröhre in eine Flasche ausathmet, in der sich Kalkwasser befindet, so wird dasselbe sogleich stark getrübt, und schon nach wenig Athemzügen ist ein deutlicher Niederschlag gebildet, woraus sich das Vorhandensein der Kohlensäure in der Expirationsluft ergibt.

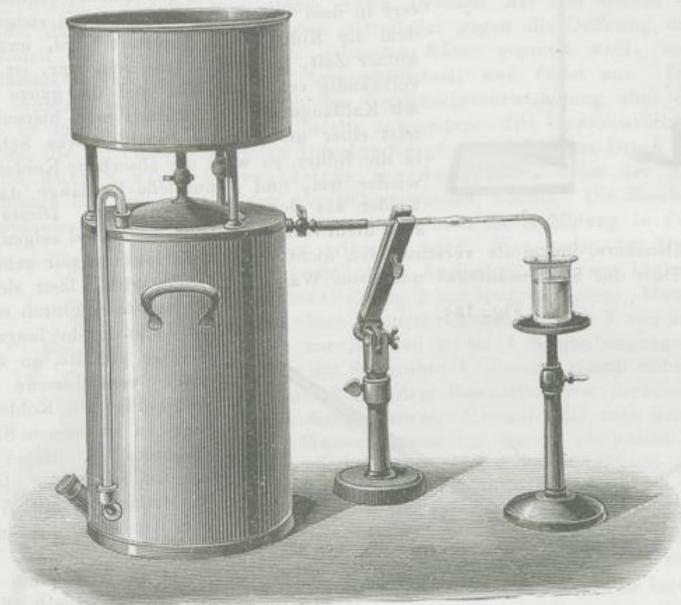
Dass bei der Verbrennung jedes kohlenstoffhaltigen Körpers Kohlensäure gebildet wird, zeigt man ganz einfach dadurch, dass man ein Kerzchen in einer mit Sauerstoffgas gefüllten Flasche einige Zeit brennen lässt, und dann Kalkwasser in die Flasche bringt und schüttelt. Das Kalkwasser wird deutlich getrübt sein.

Um die Identität der durch die Verbrennung von Kohle und von Diamant gebildeten Producte zu zeigen, verbrennt man auf die Seite 85 genau beschriebene Weise ein Stückchen Kohle in Sauerstoffgas, und bringt dann Kalkwasser in die

Um die Eigenschaft des Kohlensäuregases, Kalkwasser zu trüben, recht anschaulich zu machen, leitet man in einen mit frisch bereitetem Kalkwasser etwa zur Hälfte gefüllten Glascylinder Kohlensäuregas. Es erfolgt sogleich Trübung und Niederschlag. Führt man aber mit dem Einleiten des Kohlensäuregases lange fort, so löst sich, indem sich doppeltkohlensaurer Kalk bildet, der entstandene Niederschlag wieder auf. Mittelst der Eigenschaft der Kohlensäure, Kalkwasser zu trüben, lassen sich mehrere auf ihr Vorkommen und ihre Bildung bezüglichen Experimente anstellen: Kalkwasser an der Luft stehen gelassen, überzieht sich bald mit einem Häutchen von kohlensaurem Kalk, wodurch ihr

Flasche. Es wird sogleich eine deutliche Trübung von kohlensaurem Kalk entstehen. Bringt man statt Kalkwasser etwas Lackmustinctur in die Flasche, so wird selbe weinroth gefärbt werden. Diesen Versuch kann man auch in nachstehender Weise anstellen: An die Ausströmungsöffnung des mit Sauerstoffgas gefüllten Gasmeters, Fig. 132, befestige man eine Kugelhöhre, in deren Kugel sich einige Stück-

Fig. 132.



chen Holzkohle befinden. Der absteigende Schenkel der Kugelhöhre mündet in ein Becherglas, welches Kalkwasser enthält. Lässt man nun Sauerstoffgas ausströmen, so bringt dasselbe, indem es durch das Kalkwasser streicht, in selbem nicht die geringste Veränderung hervor. Erhitzt man aber die Kohlen in der Kugel mit einer untergestellten Lampe, so entzünden sie sich und verbrennen zu Kohlensäure, welche nun sogleich das Kalkwasser stark trüben wird. Befindet sich statt des Kalkwassers durch Lackmustinctur blau gefärbtes Wasser in dem Becherglase, so wird dasselbe unter gleichen Bedingungen weinroth gefärbt.

Um einen Diamant im Sauerstoffgase zu verbrennen, befestigt man einen kleinen Ausschussdiamanten mittelst etwas Gypsbrei an dem Ende eines thönernen Pfeifenstiels, der an einen gebogenen Eisendraht befestigt ist, erhitzt ihn vorerst entweder im Sauerstoffgebläse, oder mittelst der Mitscherlich'schen Lampe zum lebhaften Glühen, und taucht ihn dann rasch in eine mit Sauerstoffgas gefüllte Flasche. Er verbrennt darin vollständig, und die gebildete Kohlensäure lässt sich durch Kalkwasser und Lackmustinctur nachweisen.

Verbrennung des Diamants.

Die rasche Absorption des Kohlensäuregases durch Kalilauge macht man in nachstehender Weise anschaulich:

Einen kleinen, etwa 50 CC. fassenden, engen Glascylinder von etwa $\frac{1}{2}$ Zoll im Lichten füllt man über Wasser mit vollkommen reinem Kohlensäuregas an, verschliesst hierauf unter Wasser sein unteres Ende mit einer Glasplatte, und bringt ihn mit selbem in ein weiteres, mit concentrirter Kalilauge grösstentheils gefülltes Gefäss, am besten ein kleines Zuckerglas derart, dass man erst, wenn das untere Ende der Röhre sich in der Kalilauge befindet, die Glasplatte wegzieht. Ist dies

geschehen, so befestigt man den Cylinder mittelst eines Retortenhalters in der in

Fig. 133.

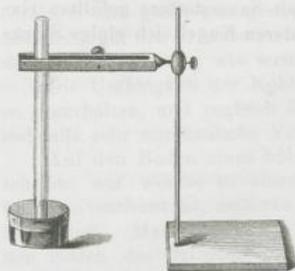
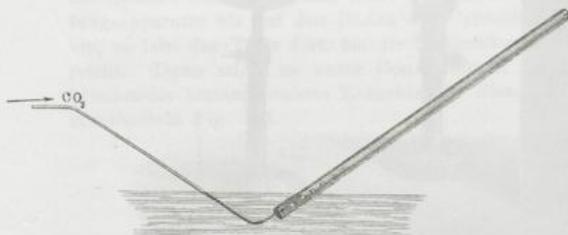


Fig. 133 veranschaulichten Weise, wobei man dahin zu sehen hat, dass das untere Ende des Glaszylinders weit genug in die Kalilauge herabreicht. Unmittelbar nachdem das Kohlensäuregas mit der Kalilauge in Berührung gekommen, beginnt letztere in dem Cylinder in die Höhe zu steigen, indem die Kohlensäure absorbiert wird, und nach kurzer Zeit, wenn das Gas rein war, ist selbes vollständig verschwunden, und die ganze Röhre mit Kalilauge gefüllt. Bringt man hierauf mittelst einer gekrümmten Pipette etwas Salzsäure in die Röhre, so wird die absorbierte Kohlensäure wieder frei, und sämtliche Kalilauge dadurch wieder aus der Röhre verdrängt. Dieser Versuch dient vorzugsweise dazu, um zu zeigen, dass

die Kohlensäure, indem sie verschwindet, nicht vernichtet, sondern nur gebunden wird. Dass das Kohlensäuregas auch von Wasser absorbiert wird, lässt sich am

Fig. 134.



einfachsten dadurch zeigen, dass man in eine lange, mit Wasser gefüllte, an einem Ende verschlossene Glasröhre, Fig. 134, Kohlensäuregas in langsamem Strome einleitet. Die Blasen werden um so kleiner, je höher sie in der mit Wasser gefüllten Glasröhre emporsteigen.

Die Absorption der Kohlensäure durch Wasser

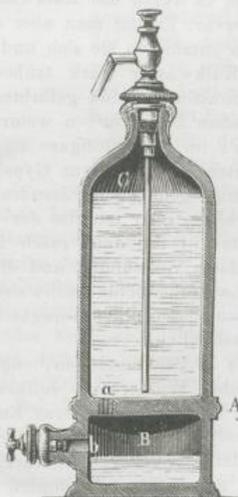
Gaserzeugende Apparate.

bei höherem Drucke wird am besten durch die sogenannten gaserzeugenden Apparate, insbesondere den Liebig'schen Gaskrug, erläutert (Fig. 135).

Fig. 135.



Fig. 136.



Der Apparat, ein aus Steinzeug verfertigter starker Krug, der in Fig. 136 im Durchschnitte abgebildet ist, ist durch eine Scheidewand *A* in zwei ungleiche Theile getheilt; der obere enthält die mit Kohlensäure zu sättigende Flüssigkeit, in dem unteren Raume *B* entwickelt man die Kohlensäure aus einem Gemenge von Weinsäure und doppelt - kohlensaurem Natron. Die Scheidewand *A* ist mit einer Anzahl feiner Oeffnungen versehen,

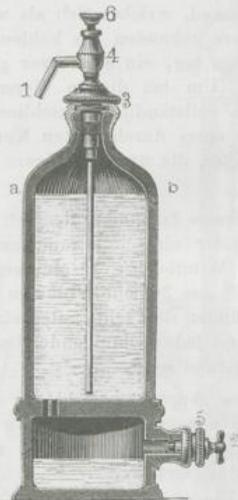
durch
drin
Flüs
saur
das
im
abso
Fig.
den
die
dies
so v
ders
net
zertr
des

Citr
ren
das
den
ben
Mal
Koh
statt

Red
eine
Gas
such
per
App

durch welche die im unteren Raume sich entwickelnde Kohlensäure in den oberen dringt, wo sie von der Flüssigkeit absorbiert wird. Wendet man für je 1000 CC. Flüssigkeit (2 Pfund Wasser) 14 Grm. Weinsäure und 16 Grm. doppelt-kohlensaures Natron an, so beträgt das Volumen der entwickelten Kohlensäure etwa das Vierfache von dem der Flüssigkeit, es findet also ein beträchtlicher Druck im Innern des Apparates statt, unter welchem die Kohlensäure vom Wasser absorbiert wird. Öffnet man daher durch Drücken auf den oberen Knopf, Fig. 135, das Ventil, das durch eine Spiralfeder gegen die Oeffnung der auf den Boden des oberen Raumes *C* gehenden Röhre gepresst wird, so wird die Flüssigkeit durch diese Röhre herausgetrieben, und fließt aus. Die für diesen Apparat nöthigen Materialien zur Kohlensäureentwicklung sind diesem, so wie er in den Handel kommt, bereits beigegeben. Die Gewichtsverhältnisse derselben, die auf einen bestimmten von dem Krüge auszuhaltenden Druck berechnet sind, dürfen nicht überschritten werden, indem sonst der Apparat zertrümmert und grosser Schaden angerichtet werden könnte. Die Beschickung des Apparates geschieht in folgender Weise, die durch die Abbildung in Fig. 137

Fig. 137.



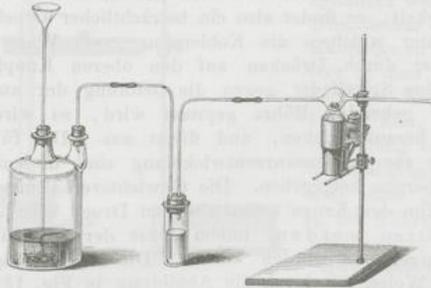
näher erläutert wird. Man stelle den Krug so, dass die obere Auslaufsröhre 1 zur Linken, die untere Oeffnung 2 zur Rechten kommt. Man drehe die obere gerippte Schraubenmutter 3 von der Linken zur Rechten 3 bis 4 Schraubengänge, und hebe die Steigröhre 4, dieselbe sammt Schraubenmutter 3 aus dem Bajonettsschlusse drehend, aus dem Krüge heraus. Hierauf fülle man den Krug mit Wasser, giesse von diesem ein halbes Trinkglas wieder heraus, und stelle es bei Seite, so dass der Krug bis zur Linie *a* — *b* angefüllt bleibt, bringe die Steigröhre 4 wieder in den Krug, setze den Bajonettsschluss durch Umdrehen fest und schraube die gerippte Schraubenmutter von der rechten zur linken Seite fest zu. Man lege hierauf den Krug um, so dass die untere Schraube nach oben gerichtet ist, und öffne diese, 2, wie oben, indem man erst die gerippte Schraubenmutter 5 einige Windungen umdreht, und, den unteren Stopfen 2, ihn aus dem Bajonettsschlusse heraushebend, bei Seite legt. Alsdann fülle man die zur Kohlensäureentwicklung dienenden Substanzen, und zwar das doppelt-kohlensaure Natron zuerst und hierauf die Säure (Weinsäure oder

Citronensäure) durch diese untere Oeffnung ein, und giesse endlich das der oberen Abtheilung des Kruges entnommene halbe Glas Wasser hinzu, indem man das an den Seiten hängende Salz zugleich mit hineinspült. Man setze hierauf den abgenommenen Bajonettsschluss wieder ein, drehe mit der gerippten Schraubenmutter 5 fest zu, stelle den Krug aufrecht, und bewege denselben einige Male hin und her. Nach Verlauf von etwa $\frac{1}{2}$ Stunde ist die Flüssigkeit mit Kohlensäure gesättigt. Durch Druck auf das Piston 6 findet die Entleerung statt.

Einer der interessantesten mit Kohlensäuregas anzustellenden Versuche ist die Reduction desselben durch Kalium unter Abscheidung von Kohle, indem dadurch einerseits der Beweis geliefert wird, dass aus der Kohlensäure, einem farblosen Gase, rückwärts wieder Kohle erzeugt werden kann, und andererseits dieser Versuch ein sehr eclatantes Beispiel für den Satz ist, dass die Eigenschaften der Körper in ihren Verbindungen oft ganz verloren gehen. Der Versuch wird in dem Apparate Fig. 138 (a. f. S.) angestellt.

In der Wulf'schen Flasche *A* wird Kohlensäuregas entwickelt, welches in der sich anschliessenden Schwefelsäure enthaltenden Waschflasche getrocknet wird.

Fig. 138.



In die an letztere luftdicht angepasste Kugelröhre bringt man, nachdem im ganzen Apparate die atmosphärische Luft durch Kohlensäure verdrängt ist, ein erbsengrosses, gut abgetrocknetes und von seiner Rinde befreites Stückchen Kalium, leitet noch eine Weile Kohlensäuregas durch, und erhitzt hierauf die Kugel der Kugelröhre, worin das Kalium liegt, mittelst einer doppelten Wein-Geistlampe oder einer ziemlich starken Gasflamme bis zum Schmelzen des Kaliums. So wie letzteres eintritt, findet eine glänzende Feuererscheinung statt, das Kalium verbrennt auf Kosten des Sauerstoffs der Kohlensäure zu Kaliumoxyd, welches sich als weisser Beschlag in der Kugel an überschüssige Kohlensäure gebunden als kohlen-saures Kali absetzt, während an der Stelle, wo das Kalium lag, ein schwarzer glänzender Fleck von abgeschiedener Kohle sichtbar ist. Um bei diesem Versuche den Zutritt der atmosphärischen Luft zum Apparate vollständig abzuschliessen, fügt man an das andere Ende der Kugelröhre mittelst eines durchbohrten Korkes oder Cautchouk eine nach abwärts gerichtete Glasröhre, die unter in einem Cylinderglase befindliches Wasser mündet.

Natterer's
Apparat
zur Verdich-
tung der
Kohlen-
säure.

Der gegenwärtig zur Verdichtung des Kohlensäuregases fast ausschliesslich angewandte Apparat ist der von Natterer construirte, der einfach darauf beruht, dass das Kohlensäuregas, ähnlich wie die Luft in der Windbüchse, in eine starke schmiedeeiserne Flasche gepresst wird. Hat man bei 0° das 36fache Volumen der Flasche an gasförmiger Kohlensäure eingepresst, so befindet sich selbe unter einem Drucke, bei welchem sie sich zu verdichten anfängt, und jede nachfolgende Menge, die man einpresst, nimmt sogleich flüssigen Aggregatzustand an.

Fig. 139.



Der ganze Apparat besteht aus drei Theilen, dem Apparat zur Erzeugung der Kohlensäure, einer Druckpumpe, und dem Verdichtungsgefässe.

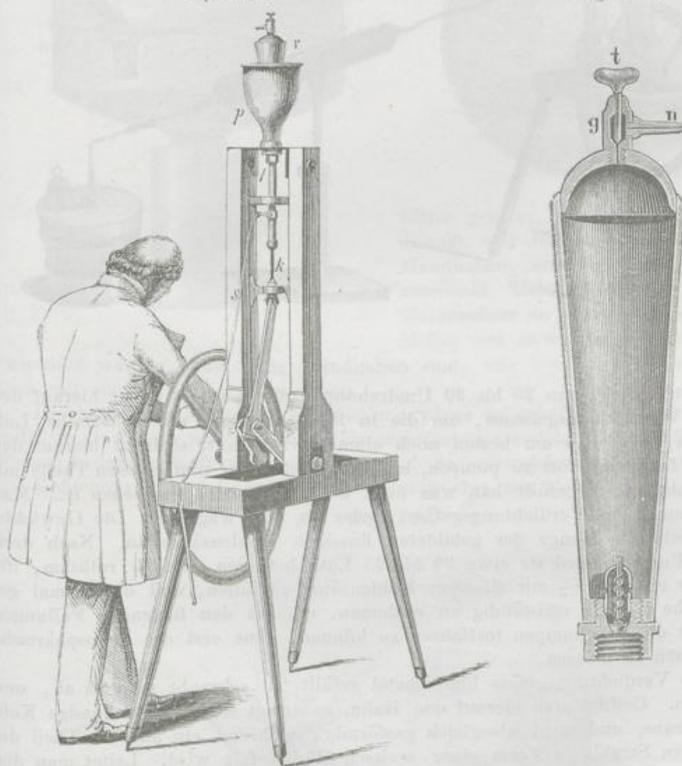
Der Apparat zur Erzeugung der Kohlensäure ist dem Principe und seinen einzelnen Theilen nach der Döbereiner'schen Wasserstoffgaszündmaschine (vergl. Fig. 32) vollkommen nachgebildet. Er besteht aus einem weiten cylindrischen Gefässe von Steingut, oder auch wohl aus einem derartigen Gefässe von Holz, innen getheert, auf welches ein übergreifender Deckel gepasst ist, in dessen Mitte eine umgestülpte unten offene Glasglocke angebracht ist, welche nach oben in eine unter einem rechten Winkel gebogene und mit einem Hahn versehene Röhre endigt. Innerhalb der Glasglocke ist an einem Haken ein aus grober Leinwand verfertigter Sack auf-

gehängt, in welchem sich das doppelt-kohlensaure Natron befindet, welches zur Entwicklung der Kohlensäure dient. Das weite Gefäß füllt man zu zwei Dritttheilen entweder mit verdünnter Schwefelsäure, oder mit Salzsäure, welche mit ihrem gleichen Volumen Wasser verdünnt wurde. An die über dem Hahn in der Fassung befindliche Röhre fügt man im Falle als Salzsäure zur Gasentwicklung genommen würde, zunächst ein zur Hälfte mit Wasser gefülltes Waschgefäß an, und an dieses mindestens 3 Fuss lange ziemlich weite und mit Chlorcalcium gefüllte Glasröhren, in welchen das Gas vollkommen getrocknet wird. Nimmt man aber statt der Salzsäure Schwefelsäure, so kann das Waschgefäß wegbleiben. Aus den Chlorcalciumröhren wird das Gas durch Cautchoukschläuche in die Druckpumpe geleitet. Die Einrichtung dieser Vorrichtung versinnlicht Fig. 139. Oefnet man den Hahn, so steigt die im weiteren Gefäße befindliche Säure in die Glocke, und entbindet hier aus dem kohlensauren Natron die Kohlensäure.

Die Druckpumpe besteht aus dem Pumpenstiefel *l*, Fig. 140, worin sich ein Kolben luftdicht bewegt, dessen Kolbenstange durch eine Stopfbüchse von der

Fig. 140.

Fig. 141.



äußeren Luft abgesperrt ist. Durch eine Kurbel mit Schwungrad in Bewegung gesetzt, presst der Kolben die durch die Cautchoukröhre seitlich eintretende Kohlensäure in das Verdichtungsgefäß Fig. 141, eine schmiedeeiserne Flasche, welche unten ein Kegelveil besitzt, welches der Kohlensäure wohl den Eintritt, nicht aber das Zurücktreten in den Stiefel *l* gestattet. Das Gewicht der eisernen Flasche wird vor dem Versuche bestimmt, man schraubt dieselbe hierauf an den Pumpenstiefel fest, nachdem man in letzteren ein wenig Knochenfett gegossen hat, so

dass bei dem höchsten Stande des Kolbens dasselbe den schädlichen Raum des Stiefels ausfüllt, umgiebt es in p mit Schnee und Eis, bringt den Kohlensäureentwickelungsapparat durch die Cautchoukröhre mit dem Stiefel in Verbindung,

Fig. 142.

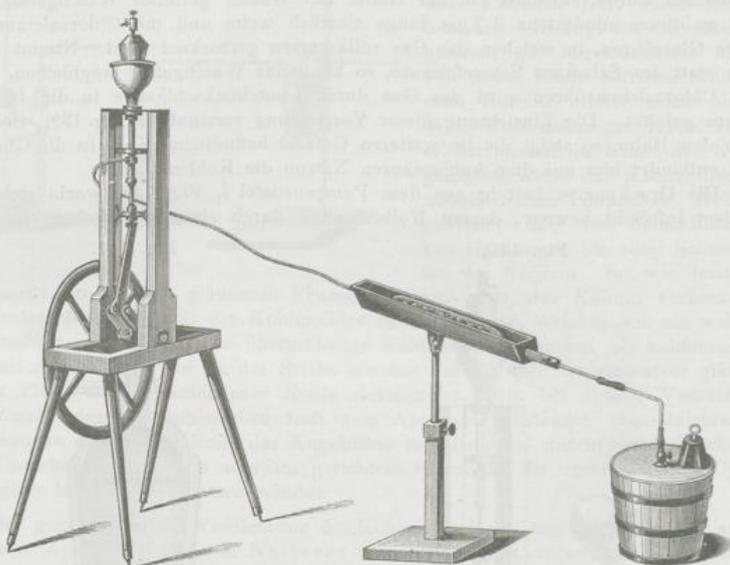


Fig. 142, und macht nun 20 bis 30 Umdrehungen der Kurbel, öffnet hierauf den Hahn des Verdichtungsgefässes, um die in ihm enthaltene atmosphärische Luft auszutreiben, was man am besten noch einmal wiederholt, schliesst hierauf den Hahn, und fährt nun fort zu pumpen, bis die Flasche sich zum grossen Theile mit flüssiger Kohlensäure gefüllt hat, was nach 2 bis 3 Stunden geschehen ist. Man schraubt hierauf das Verdichtungsgefäss wieder ab, und wägt es. Die Gewichtszunahme giebt die Menge der gebildeten flüssigen Kohlensäure an. Nach dreistündigem Pumpen wird sie etwa 20 bis 25 Loth betragen. Es ist rathsam, die Flasche nur etwa zu $\frac{2}{3}$ mit flüssiger Kohlensäure zu füllen, und die einmal gefüllte Flasche niemals vollständig zu entleeren, um bei den folgenden Füllungen sogleich mit dem Einpumpen fortfahren zu können, ohne erst die atmosphärische Luft entfernen zu müssen.

Ist das Verdichtungsgefäss hinreichend gefüllt, so schraubt man es ab, und dreht es um. Oeffnet man hierauf den Hahn, so dringt sogleich die flüssige Kohlensäure heraus, und wird alsogleich gasförmig, während ein anderer Theil des ausfliessenden Strahls in Form einer weissen Wolke fest wird. Leitet man den Strahl der flüssigen Kohlensäure in ein dünnes Messinggefäss mit siebartig durchlöchernten Wänden, so wird der in schneeähnlichen Flocken erstarrende Theil darin zurückgehalten, kann zu Schneebällen geformt werden, mit Aether zu einem Brei vermischt und mit Quecksilber zusammengebracht dieses gefrieren machen u. s. w. Das zu diesem Zwecke von Natterer empfohlene Messinggefäss veranschaulicht Fig. 143 A und B. a und b sind zwei Messingbüchsen, welche zusammengesteckt und durch Umdrehung aneinander befestigt werden können. Da wo die Wölbung

in die Handhaben *cc'* übergeht, sind die Büchsen mit feinen Sieböffnungen versehen, und die Handhaben sind hohl. Eine seitliche Messingröhre *d* führt, wie Fig. 143 B. versinnlicht, in das Innere des Behälters. In diese Röhre wird die Ausströmungsröhre *n* (Fig. 141) der mit Kohlensäure gefüllten und umgekehrten schmiedeeisernen Flasche gesteckt, und durch Umdrehen der Schraube *t* ein Strahl flüssiger Kohlensäure in den Be-

Fig. 143 A.

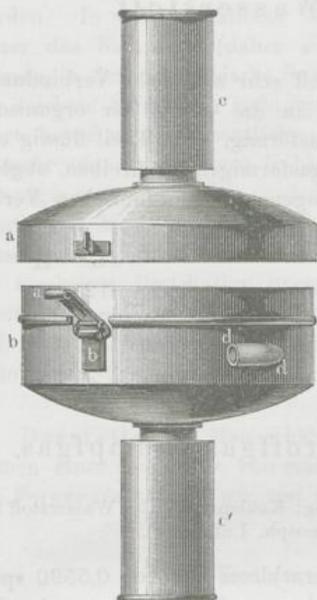
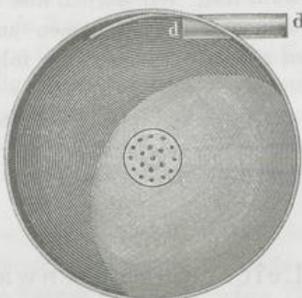


Fig. 143 B.



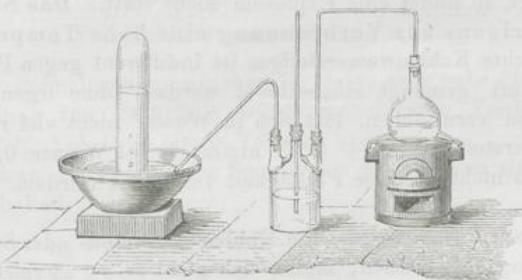
hälter geleitet, wo ein Theil rasch verdampft, und durch die Sieblöcher in die Handhaben, und von hier nach aussen entweicht, während die fest gewordene Kohlensäure in dem Behälter zurückbleibt, und nach dem Oeffnen desselben

verwendet werden kann. Die Handhaben sind, wie besonders bemerkt werden muss, mit einem Holzmantel versehen.

Die bequemste Methode, um Kohlenoxydgas zu erhalten, besteht darin, krystallisirte Oxalsäure mit dem fünf- bis sechsfachen Gewichte concentrirter Schwefelsäure in einem Kolben zu erhitzen, und das entweichende Gas, ein Gemenge von Kohlenoxyd- und Kohlensäuregas, durch eine mit Kalilauge gefüllte Wasch-

Darstellung des Kohlenoxyds.

Fig. 144.



flasche zu leiten, wo die Kohlensäure absorbiert wird. Der Apparat Fig. 144 versinnlicht die Methode der Darstellung ohne weitere Beschreibung. Das Gas wird über Wasser aufgefangen.

Kohlenstoff und Wasserstoff.

Kohlenstoff und Wasserstoff.

Mit Wasserstoff geht der Kohlenstoff sehr zahlreiche Verbindungen ein, die aber alle ihrem Charakter nach in das Gebiet der organischen Chemie gehören. Sie sind zum Theil gasförmig, zum Theil flüssig oder auch wohl fest. Wir werden hier nur die gasförmigen beschreiben, obgleich auch diese streng genommen zu den sogenannten organischen Verbindungen zählen. Es sind dies folgende zwei:

	C	H
C_2H_4 = Sumpfgas, leichtes Kohlenwasserstoffgas	12	: 4
C_4H_4 = ölbildendes, schweres	24	: 4

Leichtes Kohlenwasserstoffgas, Sumpfgas.

Formel C_2H_4 . Aeq. 20. Proc. Zusammensetzung: Kohlenstoff 75,0; Wasserstoff 25,0.
Specif. Gewicht 0,5590 (Atmosph. Luft = 1).

Eigenschaften.

Eigenschaften. Farbloses und geruchloses Gas von 0,5590 specif. Gew., demnach sehr leicht, mit einem brennenden Körper an der Luft berührt mit gelblicher, wenig leuchtender Flamme verbrennend. Die Producte der Verbrennung sind Wasser und Kohlensäure. Mit 2 Vol. Sauerstoff vermischt und angezündet, verbrennt es unter heftiger Explosion. Ebenso, jedoch mit geringerer Heftigkeit, explodirt es, wenn es mit 10 Vol. atmosphärischer Luft gemischt wird, welche 2 Vol. Sauerstoff entsprechen. Wenn die beigemengte Luft weniger wie das sechsfache oder mehr wie das vierzehnfache Volumen des Sumpfgases beträgt, so findet eine Explosion nicht statt. Das Sumpfgas erfordert übrigens zur Verbrennung eine hohe Temperatur.

Das leichte Kohlenwasserstoffgas ist indifferent gegen Pflanzenfarben, kann mit Luft gemengt eingeathmet werden, ohne irgend welche Beschwerden zu verursachen, löst sich in Wasser nicht viel reichlicher wie reines Wasserstoffgas, bei $+ 4^{\circ}C$. nimmt 1 Vol Wasser 0,049 Vol. auf, und ist noch nicht zu einer Flüssigkeit verdichtet worden.

Vorkommen.

Vorkommen. Das leichte Kohlenwasserstoff- oder Sumpfgas, auch wohl Grubengas geheissen, findet sich nicht selten in reichlicher Menge fertig gebildet in Steinkohlenlagern, aus denen es sich in die Gruben und Stollen verbreitet, sich da mit der atmosphärischen Luft mischt und diese explosiv macht (schlagende Wetter, feurige Schwaden). Betritt man derartige, mit dem explosiven Gasgemenge gefüllte Räume mit einem

Schlagende Wetter, feurige Schwaden der Kohlenlagern.

Lichte, so findet die Explosion statt, eine Thatsache, die bereits viele Menschenleben gekostet hat. Die gegen diese Eventualität Schutz gewährende Davy'sche Sicherheitslampe wird weiter unten beschrieben werden. In sehr reichlicher Menge und ziemlich rein entwickelt sich ferner das Sumpfgas (daher sein Name) aus dem Schlamme stehender Wässer, in denen organische Substanzen verwesen. Die Gasblasen, welche aus solchem Schlamme aufsteigen, wenn man ihn mit einem Stocke aufrührt, bestehen im Wesentlichen aus leichtem Kohlenwasserstoffgas. Auch an mehr oder weniger von Kohlenflötzen entfernten Orten strömt zuweilen Sumpfgas aus der Erde, so bei Bedlay in Schottland, und bei Baku am Kaspischen Meere (heilige Feuer von Baku). Das leichte Kohlenwasserstoffgas bildet sich ferner ganz allgemein bei der Fäulniss und bei der trockenen Destillation organischer pflanzlicher Stoffe, d. h. bei dem Erhitzen derselben bei Abschluss der atmosphärischen Luft. Es ist deshalb das Sumpfgas auch ein Bestandtheil des Leuchtgases aus Holz und Steinkohlen, der Kerzenflammen u. s. w.

Darstellung. Man erhält das Sumpfgas im reinen Zustande durch Glühen eines Gemenges von essigsauerm Natron und Kalk. Die Theorie des Vorganges können wir erst später auseinandersetzen.

Volumenverhältnisse.

Aus der eudiometrischen Analyse des Sumpfgases ergibt sich, dass 1 Vol. dieses Gases zur Verbrennung 2 Vol. Sauerstoffgas braucht und mit 1 Vol. des letzteren Wasser, mit dem anderen Volumen 1 Vol. Kohlen- säure bildet. Das leichte Kohlenwasserstoffgas besteht daher dem Volumen nach aus:

2 Vol. Wasserstoff	3,1384
1/2 " Kohlenstoffdampf	0,4146
1 Vol. Kohlenwasserstoff	0,5530

was mit dem gefundenen specifischen Gewichte sehr nahe übereinstimmt. Bei der Bildung von Sumpfgas würde sonach eine Verdichtung von 2 Vol. H und 1/2 Vol. C zu einem Volumen stattfinden.

Nimmt man die Formel des Sumpfgases zu C₂H₄, so sind in 1 Aeq. Sumpfgas enthalten:

H ₄	8 Vol.	0,5536
C ₂	2 "	1,6584
<hr/>		
1 Aeq. C ₂ H ₄ 4 Vol.	$\frac{2,2120}{4}$	= 0,5530.

Das Aequivalentvolumen des Sumpfgases wäre demnach = 4 Vol.

Schweres Kohlenwasserstoffgas. Oelbildendes Gas.

Formel C_4H_4 . Aeq. 36. Proc. Zusammensetzung: Kohlenstoff 85,71; Wasserstoff 14,29. Specif. Gewicht 0,967 (Atmosph. Luft = 1).

Eigen-
schaften.

Ist giftig,
brennt mit
leuchtender
Flamme,

giebt mit
Sauerstoff
und atmo-
sphärischer
Luft ein
explosives
Gasge-
menge.

Eigenschaften. Farbloses Gas von eigenthümlichem, unangenehmem Geruch, kann nicht eingeathmet werden und wirkt auch positiv schädlich auf den thierischen Organismus. Mit einem brennenden Körper berührt, entzündet es sich und brennt mit heller, leuchtender, unserer Kerzenflamme gleichender Flamme. Mit Sauerstoff oder atmosphärischer Luft gemengt, giebt es bei einem gewissen Volumenverhältnisse ebenfalls ein explosives Gasgemenge, und zwar bei dem Verhältnisse von 1 Vol. ölbildendem Gase und 3 Vol. Sauerstoff oder 15 Vol. atmosphärischer Luft. Die Explosion ist mit Sauerstoff ausserordentlich heftig, und man hat sich daher vor zufälliger Vermengung dieser beiden Gase wohl zu hüten.

In Wasser ist das ölbildende Gas ziemlich löslich. Bei 0° absorbiren 100 Vol. Wasser 25,6 Vol. Gas, bei $20^{\circ}C$. aber nur noch 14 Vol., das Gas muss daher bei seiner Bereitung über warmem Wasser aufgefangen werden. Das ölbildende Gas ist coërcibel; unter starkem Drucke und bedeutender Temperaturniedrigung kann es zu einer farblosen Flüssigkeit verdichtet werden, deren Tension bei 0° nicht weniger wie 42 Atmosphären beträgt.

Durch eine stark glühende Röhre geleitet, wird das Gas in sehr dichte schwarze Kohle und in ein doppeltes Volumen Wasserstoffgas zerlegt; eine ähnliche Zersetzung erleidet es, wenn man anhaltend elektrische Funken durch dasselbe schlagen lässt. Durch eine schwach glühende Röhre geleitet, wird es in Kohle und Sumpfgas zerlegt. Dieselbe Zersetzung erfolgt auch beim Anzünden und Brennen des Gases. Es verbrennt dabei nicht unmittelbar zu Wasser und Kohlensäure, sondern es zerfällt zuerst in Sumpfgas, welches verbrennt, und Kohle, welche durch die bei der Verbrennung erzeugte Hitze weissglühend wird und in dem fein vertheilten Zustande, in welchem sie sich in der Flamme befindet, das Leuchten der letzteren bewirkt (s. unten).

Das ölbildende Gas wird in reichlicher Menge von wasserfreier, rauchender und gewöhnlicher concentrirter Schwefelsäure absorbirt.

Verhalten
zu Chlor-
gas.

Wird es in der Kälte mit dem gleichen Volumen Chlorgas gemischt und längere Zeit stehen gelassen, so vereinigt es sich mit dem Chlor zu einer flüchtigen ölartigen Flüssigkeit von ätherischem Geruch. Von dieser Eigenschaft hat das Gas den Namen ölbildendes Gas erhalten. Wird aber ein Gemenge von 1 Vol. ölbildendem Gase und 2 Vol. Chlorgas mit einer Flamme berührt, so verbrennt es mit rothem Feuer unter Abscheidung von Kohle und Bildung von Chlorwasserstoff.

Vorkommen. Das ölbildende Gas ist ein Bestandtheil des Gasgemenges in den Kohlengruben und des Leuchtgases aus Holz, Harz und Steinkohlen, überhaupt gleich dem vorhergehenden ein Bestandtheil der durch die trockene Destillation organischer Stoffe erhaltenen gasförmigen Producte. Das Leuchten der Flamme des Leuchtgases, unserer Lampen und Kerzen ist zum grossen Theil von diesem Gase abhängig.

Vorkommen.

Darstellung. Man erhält das ölbildende Gas durch Erhitzen eines Gemenges von 4 Thln. concentrirter Schwefelsäure mit 1 Thl. Alkohol oder Weingeist. Die Theorie dieses Vorganges kann erst in der organischen Chemie erörtert werden.

Darstellung.

Volumenverhältnisse.

1 Vol. ölbildendes Gas erfordert zur vollständigen Verbrennung 3 Vol. Sauerstoffgas und giebt damit zwei Volumina Kohlensäuregas und Wasser. Demnach ist der Wasserstoff in diesem Gase mit doppelt so viel Kohlenstoff verbunden, wie im Sumpfgase. Es bestände demnach aus:

Volumenverhältnisse.

2 Vol. Wasserstoff	0,1384
1 „ Kohlenstoffdampf	0,8292
1 Vol. ölbildendes Gas	0,9676

Dieses berechnete Gewicht eines Volumens stimmt mit dem gefundenen specifischen Gewichte so gut wie möglich überein. Die einfachste Formel für das ölbildende Gas wäre demnach: CH. Man hat aber Gründe, diese Formel für das ölbildende Gas zu vervierfachen. Es ist seine Formel nämlich C₄H₄. Ein Aequivalent besteht daher aus:

8 Vol. Wasserstoff	0,5536
4 „ Kohlenstoff	3,3168
1 Aeq. C ₄ H ₄ 4 Vol.	$\frac{3,8704}{4} = 0,9676.$

Theorie der Flamme und Anwendung derselben.

Sowohl das leichte als das schwere Kohlenwasserstoffgas sind Bestandtheile des Leuchtgases aus Holz, Steinkohlen, Harz u. s. w. Dieselben Gase werden auch bei der trockenen Destillation organischer Körper und bei ihrer allmählichen Verbrennung, wie dieselbe in unseren Lampen und Kerzen stattfindet, gebildet, und von dem Gehalte eines derartigen Gasgemenges an ölbildendem Gase ist vorzugsweise die Leuchtkraft der Flammen unserer Leuchtstoffe, und sonach ihr Werth abhängig. Verbrennung an der Luft ist bekanntlich Oxydation unter Licht- und

Theorie der Flamme und Anwendung derselben.

Die Leuchtkraft der Flammen ist vorzugsweise von ihrem Gehalte an ölbildendem Gase abhängig.

Wärmeentwicklung. Die Bestandtheile unserer Leuchtstoffe und der Materialien zur Bereitung von Leuchtgas sind vorzugsweise Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff. Verbrennen sie, so wird in letzter Instanz ihr Kohlenstoff zu Kohlensäure und ihr Wasserstoff zu Wasser oxydirt, allein bevor diese Endproducte gebildet werden, bilden sich namentlich bei unvollkommenem Luftzutritt verschiedene intermediäre Producte, worunter eben die Kohlenwasserstoffe, und von der Gegenwart derartiger brennbarer Gase ist die Verbrennung eines organischen Körpers mit Flamme abhängig.

Brennen alle Körper mit Flamme? Nein! Die Körper verbrennen mit oder ohne Flamme. Kohle und Eisen, wenn sie verbrennen, bilden keine Flamme, sie glühen nur, ölbildendes Gas dagegen, Phosphor, Wasserstoff, Schwefel verbrennen mit Flamme, ebenso alle organischen Körper. Woher nun dieser Unterschied, und was ist überhaupt die Flamme?

Jede Flamme ist ein brennendes Gas oder ein bis zum Glühen erhitzter gasförmiger Körper. Wenn daher ein Körper bei seiner Verbrennung weder brennbare Gase liefert, noch selbst durch die bei der Verbrennung erzeugte Hitze gasförmig wird, so kann er nicht mit Flamme brennen, er wird nur glühen. Und dies ist nun in der That bei der Kohle und dem Eisen der Fall. Die Kohle verflüchtigt sich bei keiner bekannten Temperatur und die durch die Verbrennung der Kohle gebildete Kohlensäure ist kein brennbares Gas; das bei der Verbrennung des Eisens, eines ebenfalls feuerbeständigen Körpers, gebildete Eisenoxydul-Oxyd ist ebenfalls ein feuerbeständiger fester Körper. Dagegen brennen alle entzündlichen Gasarten mit Flamme, sowie alle Körper, welche entweder bei der durch ihre Verbrennung erzeugten Hitze selbst flüchtig werden, oder gasförmige brennbare Producte liefern. Der Wasserstoff, als ein brennbares Gas, brennt mit Flamme, ebenso aber auch der Phosphor und der Schwefel, weil diese Körper bei ihrer Verbrennung selbst gasförmig werden; das Zink, ein flüchtiges Metall, brennt mit Flamme, weil es nicht der geschmolzene oder flüssige Theil desselben ist, welcher brennt, sondern der durch die Hitze in Gas verwandelte. Oel, Talg, Holz brennen mit Flamme, weil sich bei der Verbrennung dieser Leuchtstoffe brennbare Gasarten entwickeln, worunter namentlich Sumpfgas und ölbildendes Gas. Der Unterschied zwischen einem Körper, der beim Brennen bloss glüht, und einem andern, welcher mit Flamme brennt, besteht also nur darin, dass im ersteren Falle ein feuerbeständiger Körper, im letzteren aber ein entwickeltes Gas brennt.

Glühende reine Gase brennen mit wenig sichtbarer, schwach leuchtender Flamme; so ist die reine Wasserstoffgasflamme kaum sichtbar, und die des Weingeistes im Sonnenlichte vollkommen unsichtbar.

Die Flammen sind leuchtend oder nichtleuchtend. Nichtleuchtend sind die Flammen, wenn es reine Gase sind, die brennen, leuchtend dagegen, wenn ein fester Körper als Verbrennungsproduct entsteht, dessen Theilchen, in der Flamme schwebend er-

Die Flammen sind stark oder wenig leuchtend.

halten, darin ins Weissglühen gerathen und dadurch so viel Licht ausstrahlen, dass die Flamme leuchtend wird. Die Bedingung des Leuchtens einer Flamme besteht daher in der Gegenwart fester körperlicher Theile in der Flamme, welche durch ihre Verbrennungswärme zum Weissglühen gebracht werden. Die Flamme des brennenden Phosphors ist stark leuchtend, weil bei der Verbrennung des Phosphors Phosphorsäure erzeugt wird, im wasserfreien Zustande bekanntlich ein fester Körper, der in der Flamme zum Theile schwebend erhalten ins Weissglühen geräth. Die Flamme des brennenden Schwefels ist dagegen wenig leuchtend, weil die gebildete schwefelige Säure in Gasform entweicht.

Bei unseren Kerzen- und Lampenflammen, sowie bei der Flamme des Leuchtgases, ist es der glühende Kohlenstoff, der diese Flammen leuchtend macht. Unter den bei der Verbrennung obiger Leuchtstoffe auftretenden brennbaren Gasen ist das ölbildende ein sehr kohlenstoffreiches Gas. Dieses verbrennt nun keineswegs gleich zu Wasser und Kohlensäure, sondern zerfällt zunächst in Sumpfgas und Kohle, welche letztere sich in Gestalt sehr kleiner suspendirt erhaltener Theilchen in der Flamme ausscheidet, hier weissglühend wird und das Leuchten derartiger Flammen bedingt. Erst wenn dieser Kohlenstoff an den Rand der Flamme gelangt und hier mit der Luft in unmittelbare Berührung kommt, verbrennt er zu Kohlensäure. Hält man einen kalten Körper, z. B. eine Messerklinge, in die Kerzenflamme, so schlägt sich darauf Russ, d. h. fein zertheilter Kohlenstoff nieder, der in Folge der Temperaturerniedrigung nicht mehr fortglühen oder verbrennen konnte, und sich daher auf den abkühlenden Körper absetzt. Rauch und Russ von gewöhnlichen Brennstoffen entstehen stets nur in Folge unvollständiger Verbrennung und indem der Kohlenstoff, der in der Flamme glühend suspendirt war, nicht weiter verbrannt, sondern ausgeschieden wird. An unserer Kerzenflamme kann man drei Theile unterscheiden (s. Fig. 145): einen inneren Theil *a d'*,

Fig. 145. der dunkel ist und so gut wie nicht leuchtet; er enthält die gas- und dampfförmigen Zersetzungsproducte der durch den Docht aufgesogenen Leuchtstoffe; eine diesen Kern umgebende stark leuchtende Hülle *efg*, in welcher die theilweise Verbrennung der im Kern aufsteigenden Gase vor sich geht: vom ölbildenden Gase sowie von den dampfförmigen Kohlenwasserstoffen verbrennt hier vorzugsweise der leichter verbrennliche Wasserstoff, während der Kohlenstoff im glühenden Zustande ausgeschieden wird und das Leuchten dieses Theils der Flamme bedingt. In dem äussersten und dritten Theile der Flamme, dem sogenannten Saum *bcd*, wo der Sauerstoff der atmosphärischen Luft von allen Seiten Zutritt, findet die vollständige Verbrennung des ausgeschiedenen Kohlenstoffs statt.

Dieser Theil der Flamme leuchtet deshalb auch wenig, ist aber am heissesten. Es gelingt leicht, eine nichtleuchtende Flamme leuchtend zu



Bei den Kerzen-, Lampen- und Leuchtgasflammen ist es der glühende Kohlenstoff, der sie leuchtend macht.

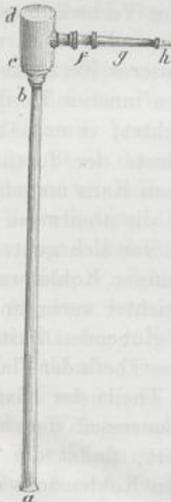
Eine nicht-leuchtende Flamme kann leuchtend

und eine leuchtende nicht-leuchtend gemacht werden.

Grund des Rauchens der
Flammen.
Das Löthrohr.

machen, indem man einen festen, feuerbeständigen, des Erglühens fähigen Körper in feiner Vertheilung in dieselbe bringt. Hält man einen Platindraht in die Flamme des Weingeistes, so wird dieselbe, da der Körper hier nicht in feiner Vertheilung vorliegt, zwar nicht selbst stark leuchtend, allein der Platindraht geräth in heftiges Glühen und verbreitet starken Lichtglanz. Richtet man die Spitze der fast unsichtbaren Knallgasflamme gegen einen Kreidecylinder, so wird derselbe ins Weissglühen gebracht und verbreitet ein glänzendes Licht (Drummond's Licht). Umgekehrt können wir leuchtende Flammen zu nichtleuchtenden machen durch alle jene Momente, durch welche eine raschere Verbrennung des glühend ausgeschiedenen Kohlenstoffs bewirkt wird. So durch verstärkte und vielfältigte Luftzufuhr. Treibt man atmosphärische Luft in den inneren Raum der Flamme, so wirkt sie oxydirend auf die hier sich aus dem Dochte erhebenden Gasmenge, und es kann kein fester Kohlenstoff glühend ausgeschieden werden, da er sogleich zu Kohlensäure verbrannt wird. Es vermindert sich daher die Leuchtkraft der Flamme bedeutend, ebenso ihr Umfang, ihre Hitze dagegen wird bedeutend gesteigert. Im Allgemeinen steht die Hitze einer Flamme im umgekehrten Verhältnisse zu ihrem Umfange und zu ihrer Leuchtkraft. Je vollständiger nämlich eine Verbrennung, desto grösser ist die dadurch erzeugte Hitze. Durch Beförderung des Luftzutritts kann der Glanz eines Lichtes nur so lange gesteigert werden, als dadurch zwar der Verbrennungsprocess begünstigt, jedoch die Ausscheidung von festem Kohlenstoff vor der Verbrennung nicht verhindert wird. Es kommt sonach hier auf das Maass der Luftzufuhr an. Ist sie sehr bedeutend, so wird kein glühender

Fig. 146.



Kohlenstoff mehr ausgeschieden, die Flamme wird klein, wenig leuchtend, aber sehr heiss. Ist sie dagegen zu gering, so wird der Kohlenstoff zum Theil unverbrannt in die Luft emporgerissen, und das ist die Ursache des Rauchens der Flammen.

Zur Erzielung eines hohen Hitzegrades im Kleinen dient das Löthrohr, ein Instrument, welches in der analytischen Chemie unentbehrlich ist und dessen nähere Beschreibung und Anwendung dieser letzteren Doctrin zukommt. Einen Begriff von diesem Instrumente giebt Fig. 146.

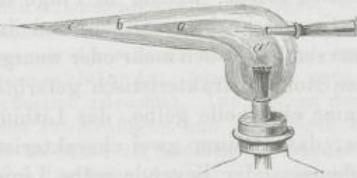
Bei *a*, dem Mundstücke des Instrumentes, bläst man mittelst des Mundes Luft in das Instrument, welche bei *h*, der sogenannten Löthrohrspitze, aus einer sehr feinen Oeffnung austritt. Hält man, während man Luft einbläst, diese Spitze in eine Kerzen-, Lampen- oder Weingeistflamme, so wie es Fig. 147

versinnlicht, so erhält man eine aus oben erörterten Gründen sehr wenig leuchtende, aber sehr heisse Flamme, mit der man bedeutende Wirkungen auf kleinem Raume hervorzurufen vermag.

Flammen gehen nicht durch feine Metalldrahtgewebe, weil der Verbrennungsprozess stets eine gewisse Temperatur, die sogenannte Verbrennungstemperatur, zu seiner Unterhaltung voraussetzt. Während des Durchganges nun durch die Maschen des stark wärmeleitenden und folglich abkühlenden Metalls wird die Temperatur der Flamme unter die Verbrennungstemperatur erniedrigt, der Verbrennungsprozess wird daher unterbrochen, und das Gas, welches die Flamme bildete, geht unverbrannt durch das Metallnetz. Hierauf gründet sich die Davy'sche Sicherheitslampe oder Grubenlampe, welche bei richtigem Gebrauche gegen die Explosionen schützt, welche in Kohlengruben stattfinden, wenn man mit explosiven Gasgemengen gefüllte Schächte mit einem brennenden Lichte betritt.

Flammen gehen nicht durch feine Metalldrahtgewebe.

Fig. 147.

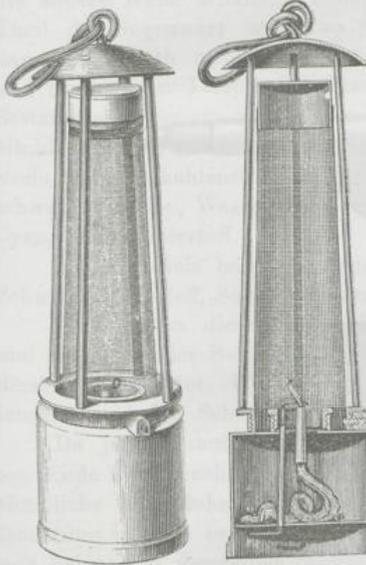


Die Davy'sche Sicherheitslampe, Fig. 148 und Fig. 149, ist eine einfache Oellampe, die von einem Drahtgewebe umschlossen ist, welches auf den Quadratzoll 780 bis 800 Maschen enthält.

Davy's Grubenlampe.

Fig. 148.

Fig. 149.



Betritt der Arbeiter mit dieser Lampe einen Raum, worin sich schlagende Wetter befinden, so gelangt natürlich das explosive Gasgemenge ganz ungehindert in das Innere der Lampe und entzündet sich hier an der Lampenflamme. Dabei zeigt sich im Innern der Lampe eine blaue Flamme oder die Flamme verlängert sich, diese Flamme aber pflanzt sich nicht nach aussen fort, weil sie beim Durchgange durch die Maschen des Metallnetzes so sehr abgekühlt wird, dass sie verlöscht. Zeigt sich im Innern der Grubenlampe die blaue Flamme, so muss sich der Arbeiter alsbald entfernen, da, wenn der Draht durch die Flamme im Innern sehr heiss

wird, seine abkühlende Wirkung natürlich verloren geht, und sich dann die Entzündung nach aussen fortpflanzen könnte.

Flammen zeigen verschiedene Färbungen. Die Färbungen der Flammen sind abhängig von denjenigen, welche die in der Flamme vorhandenen gasförmigen und festen Stoffe im glühenden Zustande annehmen. So ist die Flamme des Leuchtgases weiss, die des Schwefels blau, Kupfer

Verschiedene Färbungen der Flammen.

ertheilt der Flamme eine grüne, Phosphor eine weisse, Natron eine gelbe, Strontian eine rothe Farbe etc. Man macht von dieser Thatsache in der analytischen Chemie und der Feuerwerkskunst Anwendung.

Leuchtende Flammen, und namentlich solche, welche in Folge der Gegenwart gewisser fester Stoffe eine bestimmte Färbung zeigen, und ihre Strahlen durch ein stark brechendes Prisma senden, geben mehr oder weniger deutliche farbige Spectra mit für gewisse Stoffe charakteristisch gefärbten hellen Linien; so giebt die Natriumflamme eine helle gelbe, das Lithium eine purpurrothe und eine gelbe Linie, das Cäsium zwei charakteristische blaue, das Rubidium zwei nahe nebeneinander liegende rothe Linien u. s. w. Dieses Verhalten benutzt man in der analytischen Chemie, um auch die geringsten Spuren von gewissen Stoffen noch mit Sicherheit zu erkennen (Spectralanalyse). So hat man berechnet, dass man auf diese Weise noch $\frac{1}{3000000}$ Milligramm Natron mit Sicherheit zu erkennen vermag. Auch hat man durch dieses Verfahren neue Elemente entdeckt, so das Cäsium, Rubidium und Thallium. Den Apparat, der zur Beobachtung der gefärbten Flammenspectra dient: das Spectroskop, versinnlicht Fig. 150.

Spectral-
analyse.

Fig. 150.



Mittelst dieses Apparates lässt man die Strahlen der gefärbten Flammen zunächst durch einen engen Spalt, sodann durch ein Prisma fallen, und beobachtet dann das so erzeugte Spectrum mittelst eines Fernrohrs.

Auf der Mitte der kreisförmigen Platte ist das Prisma *A* befestigt. *B* ist das Beobachtungsfernrohr, *C* ist ein Fernrohr, dessen Ocular herausgenommen und

durch ein Stanniolblatt ersetzt ist, in dessen Mitte ein senkrechter Spalt eingeschnitten ist. Durch diesen Spalt treten die Strahlen der Flamme, die hinter demselben mit einer Bunsen'schen Gaslampe hervorgerufen wird, in deren nicht-leuchtende Flamme man an der Oese eines Platindrahts die Substanzen bringt, deren Flammenspectrum untersucht werden soll. Das Rohr *D* trägt eine photographische Abbildung einer Millimeterscale, die mit Stanniol so weit gedeckt ist, dass nur der schmale Streifen, auf dem die Theilstriche und die Zahlen sich befinden, sichtbar ist. Diese Scale wird durch eine dicht dahinter aufgestellte Kerzenflamme erleuchtet. Die Achsen der Rohre *B* und *D* gehen auf die Mitte der einen Prismenfläche und sind gegen diese gleich geneigt, die Achse von *C* geht auf die Mitte der anderen Prismenfläche. In Folge dieser Stellung erscheinen die durch Brechung des von *C* kommenden gefärbten Lichtes entstehenden Spectren, und das durch totale Reflexion entstehende Spiegelbild der in *D* befindlichen Scale an einem und demselben Orte, so dass die Stellung und gegenseitige Entfernung der Spectrallinien unmittelbar auf der Scale abgelesen werden können. Die Flammenspectra gewisser Substanzen sind nämlich auch dadurch charakterisirt, dass die Linien darin eine unveränderliche bestimmte Lage haben.

Leuchtgas. Unter Leuchtgas versteht man durch trockene Destillation von Steinkohlen, Holz, Fichtenharz und anderen kohlenstoffreichen organischen Stoffen erhaltene Gasmenge, welche die Fähigkeit besitzen, angezündet mit leuchtender Flamme zu brennen. Das auf die eine oder die andere Weise erhaltene Leuchtgas verdankt seine Leuchtkraft zum Theil der Gegenwart von etwa 6 bis 10 Proc. ölbildendem Gase, dann namentlich auch mehrerer dem Leuchtgase dampförmig beigemengter und bei niedriger Temperatur flüssiger, ölarziger Kohlenwasserstoffe. Die Bestandtheile des aus Steinkohlen erzeugten Leuchtgases sind: Sumpfgas, ölbildendes Gas, Kohlenoxyd, Wasserstoff, Stickstoff, flüssige Kohlenwasserstoffe, Schwefelkohlenstoff, Schwefelwasserstoff, Ammoniak, Kohlensäure, schweflige Säure, Wasserdampf und geringe Mengen anderer Stoffe, wie Cyan, Chlorwasserstoff.

Das aus Holz bereitete Leuchtgas enthält weder Ammoniak, noch Schwefelkohlenstoff, Schwefelwasserstoff und schweflige Säure.

Die meisten dieser Bestandtheile beeinträchtigen die Leuchtkraft, und ein rationeller Betrieb ist auf die möglichst vollständige Beseitigung derselben gerichtet. Dies gilt namentlich von Ammoniak, von der Kohlensäure und den Schwefelverbindungen.

Da jede Flamme ein brennendes Gas ist, so ist jede Beleuchtung am Ende Gasbeleuchtung. Das der eigentlichen Gasbeleuchtung Eigenthümliche liegt daher nur darin, dass bei der Kerzen- und Lampenbeleuchtung in dem brennenden Theile des Doctes das Leuchtgas erzeugt und beinahe in demselben Augenblicke hier auch verbrannt wird, während bei der Gasbeleuchtung die Erzeugung und Verbrennung des Gases von einander nach Ort und Zeit geschieden sind. Der Vortheil der Gasbeleuchtung liegt in der Erzeugung eines helleren, schöneren Lichtes ohne Docht, in der Bequemlichkeit der Handhabung desselben, und in der Verwendung von wohlfeilen, sehr verbreiteten Materialien, die direct zu diesem Zwecke nicht angewendet werden könnten. Dass bei der Zer-

setzung der Steinkohle durch Hitze ein brennbares Gas auftritt, fand Clayton 1664, die ersten Versuche, diese Thatsache praktisch zu verwerthen, wurden 1786 von Lord Dundonald gemacht. Der eigentliche Erfinder der Gasbeleuchtung ist aber Murdoch (1792 bis 1796). 1798 wurde die Boulton-Watt'sche Spinnerei in London mit Gas beleuchtet, 1812 wurde das Gas in London bereits zur Strassenbeleuchtung angewandt. In Paris wurde die Gasbeleuchtung 1815 einzuführen begonnen, in Deutschland waren die ersten Städte, in denen die Gasbeleuchtung eingeführt wurde, Berlin und Leipzig. Die Holzgasbeleuchtung ist eine Entdeckung Pettenkofer's in München (1849).

Chemische Technik und Experimente.

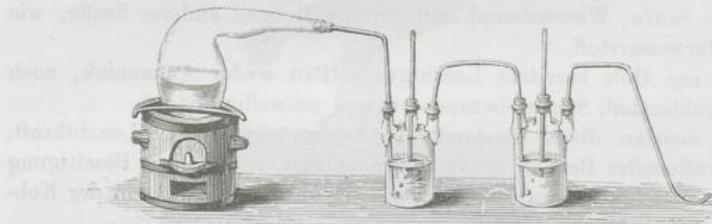
Darstellung
von Sumpfgas.

Zur Darstellung reinen Sumpfgases wird eine innige Mischung von trockenem essigsäuren Natron und Kalkhydrat, oder besser einem Gemenge von Kali- und Kalkhydrat, wie man es durch Zusatz von gepulvertem gebranntem Kalk zu reiner concentrirter Kalilauge erhält, in einem an einem Ende verschlossenen Flintenlaufe, an dessen anderes Ende eine Gasleitungsröhre angepasst ist, zum Glühen erhitzt, und das Gas über Wasser aufgefangen. Eine Glasretorte, wie es auch wohl vorgeschlagen wird, zu nehmen, ist nicht rathsam, da dieselbe gewöhnlich springt. Man erhitzt den das Gemenge enthaltenden Flintenlauf zum Glühen, indem man ihn durch einen Ofen steckt, der mit glühenden Kohlen gefüllt wird.

Darstellung
des ölbildenden
Gases.

Die zweckmässigste Methode der Darstellung des ölbildenden Gases ist folgende durch Fig. 151 versinnlichte. In einen geräumigen Kolben oder eine ge-

Fig. 151.



räumige Retorte bringt man ein Gemenge von 1 Gewichtstheil Alkohol und 5 bis 6 Gewichtstheilen concentrirter Schwefelsäure, und so viel feinen vorher gereinigten Sand, dass das Ganze einen dicken Brei bildet. An die Retorte oder den Kolben, worin sich das Gemisch befindet, fügt man zwei Waschflaschen an, von denen die eine Wasser, und die andere Kalilauge enthält, und befestigt an die letztere die Gasleitungsröhre, welche in die pneumatische Wanne, die mit warmem Wasser gefüllt ist, führt. Die Retorte wird hierauf im Sandbade erhitzt, und das sich entwickelnde Gas durch die Waschflaschen geleitet, wo es von mit übergerissener Schwefelsäure, schwefliger Säure und Kohlensäure befreit wird. Es wird wegen seiner nicht unbedeutenden Löslichkeit in kaltem Wasser über warmem aufgefangen. Von 50 Grm. Alkohol von 80 Proc. erhält man auf diese Weise über 22 Liter Gas.

Zur Erläuterung der wichtigeren Eigenschaften und Beziehungen des ölbildenden Gases können folgende Versuche dienen:

Versuche mit ölbildendem Gase.

Eine mit Metallfassung und Hahn versehene tubulirte Glasglocke fülle man in der pneumatischen Wanne mit ölbildendem Gase. Wenn die Glocke mit Gas gefüllt ist, schiebe man sie, ohne sie aus dem Wasser herauszuheben von der Brücke weg, und drücke sie, indem man gleichzeitig den Hahn öffnet, und das ausströmende Gas durch einen Gehülfen anzünden lässt, in das Wasser der pneumatischen Wanne herab. Das Gas brennt dann aus der Tubulatur der Glocke mit einer mehr wie schuhhohen leuchtenden Flamme heraus.

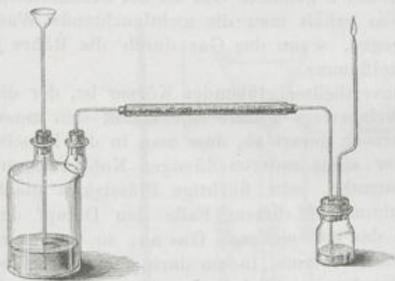
Man fülle ein Gasometer, das vorher sorgfältig gereinigt wurde, und namentlich keine Spur Sauerstoff enthalten darf, mit ölbildendem Gase an, und befestige hierauf an die Ausströmungsöffnung desselben eine nach aufwärts gerichtete in eine feine Oeffnung endigende Glasröhre. Lässt man nun das Gas ausströmen, so brennt es mit einer schmalen, blendend hellen Flamme, ähnlich der des Leuchtgases, heraus. Hält man in die Flamme eine weisse Porzellanplatte, so setzt sich darauf Kohlenstoff in Gestalt von Russ ab. Befestigt man auf die Glasröhre luftdicht die verschiedenen Arten der Gasbrenner, und zündet dann das ausströmende Gas an, so erhält man die diesen Gasbrennern eigenthümlichen Flammen (Fledermausflügel, Fischschwanzbrenner, einfacher Strahl etc.). Um die Abscheidung des Kohlenstoffs aus dem ölbildenden Gase durch Chlor zu zeigen, füllt man einen auf der Brücke der pneumatischen Wanne stehenden Cylinder zu $\frac{2}{3}$ mit Chlorgas, und lässt es nun dazu rasch, indem man es aus einem damit gefüllten Gasometer zuführt, ölbildendes Gas treten, so dass derselbe völlig gefüllt wird. Nimmt man hierauf den Cylinder mit einer Glasplatte bedeckt von der Brücke, stellt ihn aufrecht, und nähert der Oeffnung desselben einen brennenden Körper, so entsteht, indem der Wasserstoff des ölbildenden Gases sich mit dem Chlor zu Chlorwasserstoff vereinigt, eine schwache Verpuffung, und der ausgeschiedene Kohlenstoff steigt als eine dichte Rauchwolke in die Höhe.

Zur Erläuterung der das Leuchten der Flammen bedingenden Momente können folgende Versuche angestellt werden:

Man entwickle Wasserstoffgas, und lasse dieses aus einer feinen Spitze ausströmen. Angezündet brennt es mit kaum sichtbarer, schwach gelblicher Flamme.

Versuche zur Erläuterung der Theorie der Flamme.

Fig. 152.

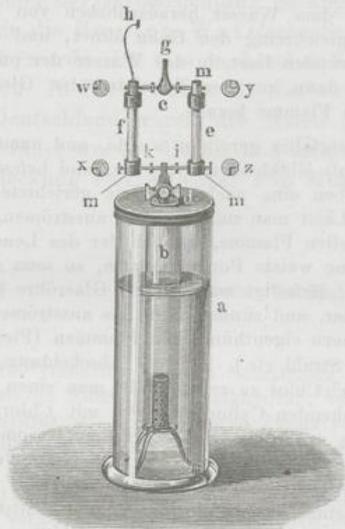


In einem zweiten Apparate entwickle man ebenfalls Wasserstoffgas, lasse dieses aber durch eine Flasche streichen, auf deren Boden sich ein flüchtiger flüssiger Kohlenwasserstoff, Steinöl oder Benzol oder dergleichen, befindet. An diese Flasche füge man, wie es Fig. 152 versinnlicht, die Ausströmungsröhre, eine bajonettförmig gebogene und in eine feine Oeffnung endigende Glasröhre an. Zündet man nun das Gas, nachdem alle atmosphärische Luft aus dem Apparate ausgetrieben ist, an, so brennt es nun, da es den flüssigen Kohlenwasserstoff

dampfförmig mit sich führt, mit heller, leuchtender weisser Flamme, und hält man eine kalte weisse Porzellanplatte in die Flamme, so schlägt sich darauf der Kohlenstoff als Russ nieder. Für das Gelingen dieses Versuchs ist es wesentlich, dass die Röhre, welche den Wasserstoffentwicklungsapparat mit der das Steinöl oder Benzol enthaltenden Flasche verbindet, nicht in die Flüssigkeit eintaucht, da es sonst einen unterbrochenen Gasstrom giebt, und sich dann das ausströmende Gas nicht zu einer permanenten Flamme entzünden lässt.

Noch bequemer lässt sich dieser Versuch mittelst des von Böttger angegebenen Apparates Fig. 153 anstellen:

Fig. 153.



d das Wasserstoffgas unvermischt durch die Glasröhre *e* nach dem Brenner *g* führen, wie aus der Durchschnittszeichnung der Stellung dieser Hähne *yz* zu ersehen ist. Dreht man dagegen den Hahn *k* von links nach rechts, und den Hahn *i* von rechts nach links, so dass sie senkrecht stehen, und ihre Durchbohrungen wie bei *w* und *x* erscheinen, so nimmt beim Oeffnen des Haupthahns *d* das Wasserstoffgas seinen Weg durch den mit Benzol getränkten Bimsstein. Entzündet man nun in dem einen Falle das durch die leere Röhre *e* geleitete Gas an der Brennermündung *g* mittelst des Platinschwamms *h*, so erhält man die nichtleuchtende Wasserstoffgasflamme. Im anderen Falle dagegen, wenn das Gas durch die Röhre *f* in den Brenner tritt, die leuchtende Benzolflamme.

Um zu zeigen, dass es immer ein feinvertheilter glühender Körper ist, der die Flamme leuchtend macht, dass es aber keineswegs gerade Kohlenstoff sein muss, ändert man den soeben beschriebenen Versuch derart ab, dass man in die Flasche des Apparates Fig. 152 statt Benzols oder eines anderen flüssigen Kohlenwasserstoffs etwas Chromsuperchlorid, eine blutrothe, sehr flüchtige Flüssigkeit giebt. Das sich entwickelnde Wasserstoffgas nimmt in diesem Falle den Dampf des Chromsuperchlorids mit, und zündet man das entweichende Gas an, so brennt es mit einer sehr leuchtenden, grünlich weissen Flamme, indem darin fein vertheiltes glühendes Chromoxyd suspendirt ist. Dass dem wirklich so ist, zeigt man einfach dadurch, dass man, wie im vorigen Versuche, eine Porzellanplatte in die Flamme hält. Es schlägt sich darauf schön grünes Chromoxyd nieder, welches sich auch beständig an der Ausströmungsöffnung der Glasröhre absetzt. Da dadurch dieselbe leicht verstopft werden kann, so ist es gut, dieselbe nicht zu enge zu machen.

Zur Erläuterung der Theorie der Davy'schen Sicherheitslampe dienen folgende Versuche:

Man hält in die Flamme der Bunsen'schen Gaslampe oder einer Kerze ein

a ist ein etwas über die Hälfte mit Salzsäure gefüllter Glaszylinder, auf dessen Boden sich ein siebartig durchlöcheretes mit groben Zinkstücken gefülltes Kupfergefäß auf drei Füßen stehend befindet. Der engere unten offene, oben in den Deckel eingelassene Glaszylinder *b* dient zur Aufnahme des Wasserstoffgases, und setzt sich nach oben in eine mit dem Hahn *d* versehene Metallröhre fort. Der obere Theil des Apparats besteht aus zwei senkrecht in Metallfassungen eingekitteten Glasröhren *e* und *f*; beide sind durch die horizontal angebrachten messingenen Communicationsröhren, an deren Seiten sich die Schraubchen *mmm* befinden, mit einander verbunden. Die Glasröhre *f* ist mit Bimssteinstücken gefüllt, die mit Benzol getränkt sind. Das obere Ende der Messingfassung der Röhre *f*, an welchem eine den Platinschwamm *h* tragende elastische Feder befestigt ist, ist abschraubbar. *g* ist der Gasbrenner, und *i k* sind die beiden rechtwinklich durchbohrten Hähne, welche in horizontaler Stellung bei geöffnetem Haupthahn

Stück eines Metalldrahtgewebes. Die Flamme geht durch letzteres nicht durch, sondern wird unterbrochen, und oberhalb desselben erhebt sich nun eine Rauchsäule.

Hält man über den Brenner, ein paar Linien von demselben entfernt, ein Stück eines Metalldrahtsiebes, und entzündet das durch selbes strömende Gas oberhalb des Siebes, so brennt es hier, die Flamme setzt sich aber nicht durch das Sieb hindurch zur Ausströmungsöffnung fort, sondern brennt nur oberhalb desselben.

Zündet man dagegen das Gas an der Ausströmungsöffnung an, und hält dann das Sieb in die Flamme, so brennt es nur unterhalb, aber nicht oberhalb desselben. Die wirklich schützende Wirkung der Sicherheitslampe lässt sich sehr bequem auf folgende Weise zeigen:

Man stellt eine grosse Glasglocke mit der Oeffnung nach oben auf ein passendes Stativ, und giesst in die Glasglocke etwas Aether. Der Aetherdampf bildet mit der Luft ein explosives Gemenge, und senkt man nun einen an einem Drahte befestigten brennenden Wachsstock in die Glocke, so entzündet sich das Gasgemenge. Senkt man aber nicht einen Wachsstock, sondern die angezündete Davy'sche Sicherheitslampe in die Glocke, so verbrennt das explosive Gemisch nur innerhalb der Lampe.

Die Bildung von Leuchtgas bei der trockenen Destillation der Steinkohlen versinnlicht nachstehender Versuch: In eine Retorte aus schwer schmelzbarem Glase, oder auch wohl in einen an einem Ende verschlossenen Flintenlauf bringt man gröblich gepulverte Steinkohlen, und fügt daran eine Kugelröhre, und an diese eine Wulf'sche Flasche an, auf deren Boden sich etwas gelöschter Kalk, oder wohl auch Kalkmilch befindet. An den äusseren Tubulus der Wulf'schen Flasche befestigt man eine zu einer feinen Oeffnung ausgezogene bajonettförmig gebogene Glasröhre, oder eine solche, an der ein Gasbrenner angebracht ist, und in den mittleren eine weite tief in die Flasche herabreichende Glasröhre, in welche ein grosser Trichter eingesenkt ist. Man erhitzt hierauf die Retorte oder den Flintenlauf zum Glühen, und nähert nach einiger Zeit der Ausströmungsöffnung einen brennenden Körper. Das entweichende Gas wird mit heller, leuchtender weisser Flamme brennen und die Flamme wird sich verstärken, wenn man durch den Trichter in die Flasche Kalkwasser in ununterbrochenem Strahle eingiesst. In der Kugelröhre und Wulf'schen Flasche sammelt sich Theer und Theeröl an, und die Kohlensäure, schweflige Säure und der Schwefelwasserstoff werden vom Kalk zurückgehalten. Fig. 154 versinnlicht den Apparat.

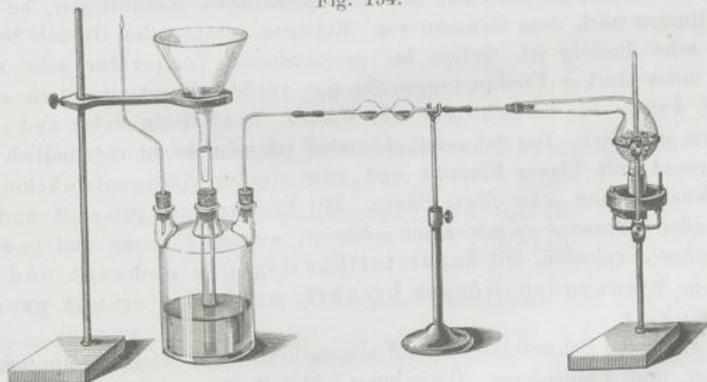
Wenn man Gaseinrichtung besitzt, lassen sich die verschiedenen Färbungen,

Versuch zur Erläuterung der Davy'schen Sicherheitslampe.

Darstellung von Leuchtgas im Kleinen.

Verschieden gefärbte Flammen.

Fig. 154.



die der Flamme durch gewisse Substanzen ertheilt werden, auf folgende Weise zeigen:

v. Gorup-Besanez, Anorganische Chemie.

Man stellt sechs Bunsen'sche Gaslampen in eine Reihe nebeneinander, und streut auf die aus Gaskohle gefertigten Brenner der ersten etwas Kochsalz, der zweiten etwas Salpeter, der dritten Chlorbaryum, der vierten salpetersauren Strontian, der fünften Borsäure, und der sechsten Kupfervitriol. Zündet man nun die Lampen an, so brennt 1 mit intensiv gelber, 2 mit violetter, 3 mit grünlich-gelber, 4 mit purpurrother, 5 mit intensiv grüner und 6 mit blaugrüner Flamme.

Steht Gaseinrichtung nicht zu Gebote, so kann man den Versuch auch mit Weingeistlampen anstellen, indem man auf den Docht derselben die oben genannten Substanzen streut.

Kohlenstoff und Stickstoff

Kohlenstoff
und Stick-
stoff.

vereinigen sich in mehreren Verhältnissen. Der Charakter dieser Verbindungen aber lässt es zweckmässig erscheinen, sie erst in der organischen Chemie zu beschreiben.

Kohlenstoff und Schwefel.

Kohlenstoff
u. Schwefel.

Es ist eine einzige Verbindung dieser beiden Elemente bekannt.

Kohlensulfid. Schwefelkohlenstoff.

Formel $C S_2$. Aeq. 38. Proc. Zusammensetzung: Kohlenstoff 15,79; Schwefel 84,21. Specif. Gewicht bei 0° 1,293, bei $15^\circ C.$ 1,271 (Wasser = 1). Specif. Gewicht des Dampfes 2,6325 (Atmosph. Luft = 1).

Eigen-
schaften.

Eigenschaften. Das Kohlensulfid oder der Schwefelkohlenstoff stellt eine farblose, sehr dünne und bewegliche, stark lichtbrechende Flüssigkeit dar, welche einen sehr unangenehmen, lauchartigen, an den Ructus nach dem Genusse von Rettigen erinnernden Geruch besitzt und sehr flüchtig ist. Schon bei gewöhnlicher Temperatur sehr rasch und unter starker Verdunstungskälte sich verflüchtigend, siedet sie schon bei $+48^\circ C.$ Sie ist schwerer wie Wasser, sinkt darin unter und ist in selbem unlöslich. Der Schwefelkohlenstoff ist sehr leicht entzündlich und verbrennt mit blauer Flamme und sehr starker Wärmeentwicklung zu Kohlensäure und schwefliger Säure. Mit Stickoxydgas gemengt und angezündet verbrennt er mit einer schönen, weissen Flamme und gewöhnlich ohne Explosion, mit Sauerstoffgas dagegen gemengt und mit einem brennenden Körper berührt, explodirt er mit grosser Heftigkeit.

Wird der Schwefelkohlenstoff eingeathmet, so bewirkt er, ähnlich wie Aether und Chloroform, Betäubung. Metalle in seinem Gase geglüht verwandeln sich in Schwefelmetalle.

Der Schwefelkohlenstoff mischt sich mit Alkohol und Aether in allen Verhältnissen, und ist das beste Lösungsmittel für Schwefel und Phosphor. Lässt man diese Lösungen langsam verdunsten, so scheidet sich der Schwefel oder Phosphor in regelmässigen Krystallen ab. Auch Jod wird von Schwefelkohlenstoff in bedeutender Menge aufgenommen, und derselbe ist insofern ein sehr empfindliches Reagens auf Jod, als er durch die geringste Spur aufgenommenen Jods sich dunkelrosenroth färbt. Bei grösserem Jodgehalt ist die Lösung violettroth bis dunkelroth. Auch mehrere organische Stoffe löst der Schwefelkohlenstoff auf, so Campher, Harze, Oele u. a. m.

Seiner Formel nach kann der Schwefelkohlenstoff betrachtet werden als Kohlensäure, in der der Sauerstoff durch Schwefel vertreten ist, und in der That, so wie sich die Kohlensäure mit Metalloxyden zu den kohlensauren Salzen vereinigt, so vereinigt sich der Schwefelkohlenstoff mit gewissen Schwefelmetallen zu Verbindungen, welche den Charakter der sogenannten Sulfosalze zeigen, und in denen der Schwefelkohlenstoff der elektronegative Bestandtheil ist. So wie die Verbindungen des Schwefelkohlenstoffs mit Schwefelmetallen mit den kohlensauren Salzen gleichen Typus der Zusammensetzung besitzen, so sind sie auch nicht selten mit ihnen isomorph.

Der Schwefelkohlenstoff ist eine Sulfosäure und bildet mit Schwefelmetallen die Sulfo-carbonate.

Aus diesen Gründen betrachtet man das Kohlensulfid als eine Sulfosäure, und hat es auch wohl Sulfokohlensäure, und seine Verbindungen mit Schwefelmetallen Sulfo-carbonate genannt.

Vorkommen. Schwefelkohlenstoff ist in der Natur noch nicht fertig gebildet angetroffen. Er bildet sich, wenn man Schwefeldampf über glühende Kohlen leitet. Geringe Mengen davon sind im Steinkohlengase enthalten.

Vorkommen.

Darstellung. Man erhält den Schwefelkohlenstoff, indem man in einem Porzellanrohr Kohlen zum Glühen erhitzt und nun Schwefeldampf darüber leitet.

Darstellung.

Volumenverhältnisse.

In Dampfform enthält der Schwefelkohlenstoff in einem Volumen:

1 Vol. Schwefeldampf	2,2000
$\frac{1}{2}$ „ Kohlenstoffdampf	0,4146
1 Vol. Kohlensulfid	2,6146.

Volumenverhältnisse.

Die durch den Versuch gefundene Dichtigkeit des Kohlensulfidampfes ist 2,67.

Da aber die Formel des Schwefelkohlenstoffs CS_2 und das Aequivalentvolumen des Schwefels 1 Volumen, jenes des Kohlenstoffs 1 Volumen ist, so sind in einem Aequivalente Schwefelkohlenstoff enthalten:

2 Vol. Schwefeldampf	4,4000	
1 „ Kohlenstoffdampf	0,8292	
2 Vol. CS ₂	5,2592	
	2	= 2,6296,

und das Aequivalentvolumen des Kohlensulfides wäre = 2 Volumina.

Kohlenstoff und Chlor.

Kohlenstoff
und Chlor.

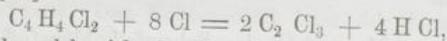
Kohlenstoff und Chlor vereinigen sich direct weder bei gewöhnlicher noch bei höherer Temperatur, doch können auf indirectem Wege mehrere Verbindungen dieser beiden Elemente dargestellt werden. Diese Verbindungen sind folgende:

Kohlen-
chlorür.

C Cl. Kohlenchlorür oder Einfach-Chlorkohlenstoff. Farblose Flüssigkeit von 1,62 specif. Gewicht, in Wasser untersinkend und darin unlöslich. Siedet bei 122° C. Man erhält sie, wenn man den Dampf des Anderthalb-Chlorkohlenstoffs: C₂ Cl₃, durch eine mit Porzellanscherven gefüllte und zum Glühen erhitzte Porzellanröhre leitet.

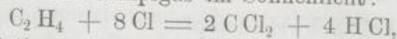
Kohlens-
quichlorid.

C₂ Cl₃. Anderthalb-Chlorkohlenstoff oder Kohlensquichlorid. Farblose Krystalle von campherartigem Geruch, bei 160° C. schmelzend und bei 180° C. siedend. Verdampft aber, ähnlich dem Campher, schon bei gewöhnlicher Temperatur ziemlich rasch. In Wasser unlöslich, löslich in Alkohol. Wurde neuerer Zeit als Heilmittel gegen Cholera angewendet. Das Kohlensquichlorid bildet sich bei der Einwirkung von Chlor auf die flüssige Verbindung des ölbildenden Gases mit Chlor: C₄ H₄ Cl₂ :

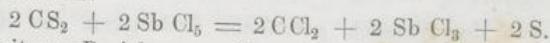


Kohlen-
chlorid.

C Cl₂. Kohlenchlorid oder Zweifach-Chlorkohlenstoff. Farblose, ätherisch riechende Flüssigkeit von 1,56 specif. Gewicht, von aromatischem Geruch und bei 77° C. siedend. So wie die vorigen im Wasser nicht, leicht aber in Alkohol und Aether löslich. Bildet sich bei der Einwirkung von Chlor auf Schwefelkohlenstoff in der Glühhitze, unter gleichzeitiger Bildung von Chlorschwefel. Ferner beim Zusammenbringen von überschüssigem Chlor und Sumpfgas im Sonnenlicht:



durch Destillation von Chloroform in einem Strome von Chlorgas im Sonnenlicht, und endlich bei der Einwirkung von Antimonchlorid auf Schwefelkohlenstoff:



Die weiteren Beziehungen dieser Verbindungen finden ihre Erörterung in der organischen Chemie.

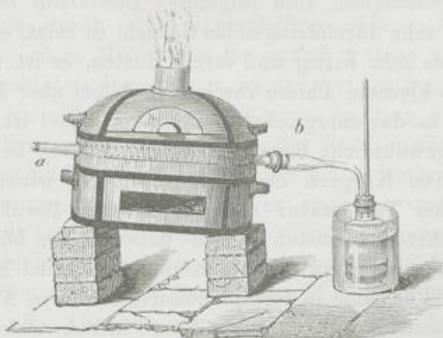
Verbindungen des Kohlenstoffs mit den anderen nichtmetallischen Elementen sind nicht oder noch nicht genauer bekannt.

Chemische Technik und Experimente.

Zur Darstellung des Schwefelkohlenstoffs behufs eines Collegienversuchs eignet sich am besten der Apparat Fig. 155.

Das durch den Ofen gesteckte Porzellanrohr *ab* wird mit kleinen Kohlenstücken gefüllt, das eine Ende bei *a* mittelst eines Korks verschlossen, und so weit

Fig. 155.



aus dem Ofen herausragen gelassen, dass der Kork nicht anbrennen kann, das andere Ende *b* mit einem gebogenen Vorstoss versehen, dessen Spitze ein wenig in die als Vorlage dienende und zum Theil mit Wasser gefüllte Flasche taucht, die bei der Operation in eiskaltem Wasser steht. Man erhitzt nun die etwas geneigt im Ofen liegende Porzellanröhre zum Glühen, trägt dann bei *a* ein Stück Schwefel ein, und verschliesst die Oeffnung gleich wieder mit dem Korke. Der Schwefel schmilzt, fließt in dem geneigten Rohre gegen *b* zu, verwandelt sich in Dampf, und vereinigt sich nun mit der glühenden Kohle zu Schwefelkohlenstoff, welcher sich in der Vorlage, im Wasser derselben untersinkend, zu ölartigen Tropfen verdichtet. Lässt die Dampfwickelung nach, so bringt man ein neues Stück Schwefel bei *a* ein, und fährt damit fort, so lange sich noch Schwefelkohlenstoff bildet. Der so erhaltene Schwefelkohlenstoff ist noch nicht rein, sondern enthält überschüssigen Schwefel gelöst. Durch Destillation aus einer Retorte im Wasserbade wird er davon befreit.

Der Versuch, welcher die glänzende und ohne Explosion stattfindende Verbrennung des Schwefelkohlenstoffs in Stickoxydgas zeigt, wurde bereits beim Stickoxydgase beschrieben. Um aber die heftige Explosion zu zeigen, welche stattfindet, wenn man ein Gemenge von Sauerstoff und Schwefelkohlenstoff mit einem brennenden Körper berührt, bringt man in eine mit Sauerstoffgas gefüllte Zweipfund-Flasche einige Tropfen Schwefelkohlenstoff, verschliesst hierauf die Flasche mit dem Kork, schüttelt tüchtig, umwickelt sie hierauf sehr sorgfältig bis zum Halse herauf mit einem starken Tuche, befestigt einen brennenden Spahn an einem Stocke, öffnet den Kork, und führt den brennenden Spahn in die Mündung der Flasche. Die Explosion erfolgt augenblicklich, und ist gewöhnlich so heftig, dass das Tuch gewaltsam zerrissen und die Flasche in viele Stücke zertrümmert wird.

Dieser Versuch ist daher nur mit grosser Vorsicht anzustellen.

Darstellung
des Schwefelkohlenstoffs.

Experimente damit.

O Z O N.

Eigenschaften. Das bei der Elektrolyse des Wassers erhaltene Sauerstoffgas, sowie auch solches, durch welches man zahlreiche elektrische Funken schlagen liess, enthält eine geringe Menge eines Körpers beigemengt, der sehr merkwürdige Eigenschaften besitzt und nach den

Eigenschaften.