5. Kohlenstoff (*Carbon*).

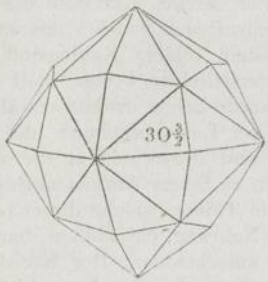
Atomgewicht 12 = C.

Der Kohlenstoff ist ein fester Körper, welcher bei der höchsten Temperatur, die man künstlich hervorbringen kann, weder schmilzt noch sich verflüchtigt; er findet sich im reinen Zustande in der Natur in zwei völlig verschiedenen Formen als Diamant und als Graphit und mit Sauerstoff verbunden als Kohlendioxid (gewöhnlich Kohlensäure genannt). Kohlensaure Salze oder Carbonate bilden häufig ganze Gebirgsformationen, wie Calciumcarbonat, das als Marmor, Kreide, Kalkstein u. s. w. auftritt, und Calcium- und Magnesiumcarbonat, welches das unter dem Namen Dolomit bekannte Gestein bildet. Kohlenstoff ist ferner der wichtigste und charakteristischste Bestandtheil des Thier- und Pflanzenkörpers. Es wurde schon früher erwähnt, dass die Pflanzen Kohlensäure aus der Luft aufnehmen und im Lichte wieder Sauerstoff abgeben, und dieses scheint die einzige Quelle zu sein, aus der sie den zu ihrem Aufbau nöthigen Kohlenstoff entnehmen, während die Thiere, welche direct oder indirect aus der Pflanzenwelt ihre Nahrung entnehmen, Sauerstoff aufnehmen und Kohlensäure ausscheiden. Der Kreislauf des Kohlenstoffs in der organischen Natur beruht also auf einer Desoxidation oder Reduction, die im Pflanzenkörper unter Einfluss des Sonnenlichtes vor sich geht, und Wiederoxidation im thierischen Körper. Wird irgend ein organisches Gebilde unter Luftabschluss einer hohen Temperatur ausgesetzt, so bleibt Kohlenstoff in Form von poröser Kohle zurück.

Wir haben also hier die merkwürdige Erscheinung, dass dasselbe Element in drei verschiedenen Zuständen auftritt, die in ihren äusseren Erscheinungen oder physikalischen Eigenschaften, wie Härte, Farbe, specifisches Gewicht, die grösste Verschiedenheit zeigen; in chemischer Beziehung verhalten sich aber dieselben ganz identisch, alle drei geben bei Verbrennung in Sauerstoff dieselbe Verbindung, Kohlendioxid (Kohlensäure), und zwar geben 12 Theile Diamant, Graphit oder Kohle genau 44 Theile Kohlendioxid. Eine ähnliche Erscheinung hatten wir schon bei Sauerstoff, der als gewöhnlicher und als activer Sauerstoff oder Ozon auftritt; man bezeichnet diese Erscheinung, welche sich bei mehreren anderen Elementen wiederfindet, mit dem Ausdrucke Allotropie und sagt, der Kohlenstoff existirt in drei allotropischen Zuständen.

Der Diamant kommt in Krystallen vor, welche dem regelmässigen Systeme angehören und deren Formen (Fig. 19) sich vom Octaëder ableiten; er ist im reinen Zustande farblos, häufig aber mehr oder weniger gefärbt und findet sich im angeschwemmten Boden in Ostindien, Borneo und Brasilien. Das specifische Gewicht schwankt zwischen 3,3 bis 3,5. Der Diamant hat einen starken Glanz, und ist unter allen Körpern derjenige, welcher die grösste Härte und das stärkste Lichtbrechungsvermögen besitzt, Eigenschaften, welche ihn zum werthvollsten aller Edelsteine machen; wegen seiner Härte dient er ferner zum Glasschneiden und Schreiben auf Glas. Ueber die Weise, wie er in der Natur gebildet worden, wissen wir nichts; keinesfalls kann dieses bei einer sehr hohen Temperatur stattgefunden haben, da wenn derselbe, vor Zutritt von Luft geschützt, stark erhitzt wird, er sich in eine coakartige Masse verwandelt.

Fig. 19.



Die zweite Form des Kohlenstoffs, der Graphit, kommt ebenfalls krystallisirt vor und zwar in einer Form, die von der Krystallform des Diamantes ganz verschieden ist und einem andern Krystallsystem angehört. Körper, welche in zwei verschiedenen Krystallsystemen krystallisiren, nennt man dimorph. Die Graphitkrystalle bestehen aus dünnen sechsseitigen grauen Blättchen; gewöhnlich aber findet sich derselbe in derben Massen, hauptsächlich in Borrowdale im Norden von England und in grösster Menge in Sibirien und Ceylon. Graphit ist ein dunkelgrauer, metallischer, glänzender Körper, welcher so weich ist, dass er auf Papier abfärbt; sein specifisches Gewicht ist 2,15 bis 2,35. Derselbe enthält häufig erdige Einmengungen; zur Reinigung wird er mit Kaliumchlorat und Schwefelsäure behandelt, wodurch sich eine eigenthümliche Verbindung bildet, welche sich beim Erhitzen unter starkem Aufschwellen zersetzt und reinen Graphit als ein leichtes, sehr voluminöses Pulver zurücklässt, aus welchem man durch starkes Pressen feste Platten darstellen kann, welche man zur Fabrikation von Bleistiften verwendet. Graphit wird ferner benutzt, um Eisen glänzend zu machen und vor Rost zu schützen, sowie zum Glätten von Schiesspulver. Graphit bildet sich häufig

Theilchen nicht in Lösung.

1 Karat = 0,012 gm.

Im Preise des Diamanten steht mit dem Gewicht des geschliffen.

bei der Darstellung von Gusseisen, welches im geschmolzenen Zustande Kohlenstoff auflöst und beim Erkalten in Form von Graphit ausscheidet.

Die dritte allotropische Form des Kohlenstoffs unterscheidet sich von den beiden vorhergehenden dadurch, dass sie nicht krystallisirt sondern amorph ist. Sie bildet sich, wie schon erwähnt, wenn organische Gebilde, vor Luftzutritt geschützt, geglüht werden, wobei flüchtige Kohlenstoffverbindungen entweichen, der grössere Theil des Kohlenstoffs jedoch, gemengt mit den mineralischen oder Aschenbestandtheilen, zurückbleibt.

Im reinsten Zustande findet sich die Kohle im Kien- oder Lampenruss, welche man durch Verbrennen kohlenstoffreicher Substanzen, wie Harze, Terpentinöl u. s. w. erhält. Diese Stoffe brennen mit russender Flamme, indem ein Theil des Kohlenstoffs nicht verbrannt wird, sondern sich aus der Flamme in feinvertheiltem Zustande abscheidet und sich an kalten Körpern als Russ absetzt. Die Holzkohle ist sehr porös und schwimmt auf Wasser, so lange die Poren mit Luft erfüllt sind; als feines Pulver jedoch sinkt sie zu Boden. Auf dieser Porosität der Kohle beruht es, dass sie Gase, Riechstoffe und Farbstoffe absorbirt; 1 Volum frisch geglühte Holzkohle absorbirt 90 Volumina Ammoniakgas und 9 Volumina Sauerstoff. Man benutzt die Holzkohle, um Wasser hindurch zu filtriren, und als Desinficirmittel in Anatomien und Hospitälern. Die von ihr absorbirten organischen Fäulnissgase scheinen nach und nach durch aufgenommenen Sauerstoff in den Poren oxidirt und unschädlich gemacht zu werden. Die Knochenkohle wird in Zuckerraffinerien zur Entfärbung der Zuckerlösungen gebraucht; dieselbe wirkt noch kräftiger als Holzkohle; der Kohlenstoff ist darin sehr fein vertheilt, indem er mit 90 Procent Mineralbestandtheilen (Calciumphosphat) innig gemischt ist.

Die Braun- und Steinkohlen und der Torf sind Reste einer untergegangenen Pflanzenwelt. Wenn Holzfaser vor Luftzutritt geschützt sich langsam zersetzt, so entweicht hauptsächlich Sauerstoff und Wasserstoff; je länger dieser Process fortschreitet, je reicher werden die organischen Ueberbleibsel an Kohlenstoff; dabei verschwindet die organische Structur mehr und mehr, besonders wenn dieselben durch darüber gelagerte Gesteinsschichten einem starken Drucke ausgesetzt sind. Die nachstehende Tabelle zeigt den allmäligen Uebergang von Holzfaser in die verschiedenen Arten fossiler Brennmaterialien:

	Zusammensetzung in 100 Thln. nach Abzug von Asche.		
	Kohlenstoff	Wasserstoff	Sauerstoff u. Stickstoff
1. Holzfaser	52,65	5,25	42,10
2. Torf aus Irland	60,02	5,88	34,10
3. Braunkohle von Köln . . .	66,96	5,25	27,76
4. Erdige Kohle von Dax . . .	74,20	5,89	19,90
5. Cannelkohle von Wigan . .	85,81	5,85	8,34
6. Hartleykohle von Newcastle .	88,42	5,61	5,97
7. Anthracit von Wales	94,05	3,38	2,57

Durch Verkohlen von Steinkohle wird eine dichte Art von Kohle erhalten, welche Coak genannt wird; das specifische Gewicht derselben schwankt zwischen 1,6 bis 2. Coak ist ein sehr werthvolles Brennmaterial, um hohe Hitzegrade zu erzeugen.

Oxide des Kohlenstoffs.

Kohlenoxid CO. — Moleculargewicht 28. — Dichte 14.
Kohlendioxid CO_2. — Moleculargewicht 44. — Dichte 22.

Kohlendioxid (Kohlensäure) CO_2.

Wenn Kohlenstoff oder ein kohlenstoffhaltiger Körper bei Ueberschuss von Luft oder Sauerstoff verbrennt, bildet sich immer Kohlendioxid; dasselbe findet sich im freien Zustande in der Luft, und in Wasser gelöst in vielen Mineralquellen (Sauerbrunnen). In vulkanischen Gegenden tritt es in grosser Menge aus der Erde hervor, wie in den alten Kratern der Eifel, in der Hundsgrotte bei Neapel und im Giftthale auf Java.

Um reines Kohlendioxid darzustellen, zersetzt man ein kohlensaures Salz oder Carbonat mit Salzsäure oder Schwefelsäure in einem Gasentwickelungsapparate; gewöhnlich verwendet man dazu Calciumcarbonat (Kreide oder Marmor); giesst man Salzsäure hinzu, so entweicht Kohlendioxidgas unter Aufbrausen, und es bilden sich Wasser und Calciumchlorid:

$$CaCO_3 + 2\,HCl = CO_2 + CaCl_2 + H_2O.$$

Kohlendioxid ist farbloses Gas, ohne Geruch, aber von schwach säuerlichem, stechendem Geschmack; das specifische Gewicht ist 1,529; es ist also schwerer als Luft, und man kann ein Gefäss damit füllen, wenn man das Gas auf den Boden desselben leitet, und dadurch die leichtere Luft verdrängt. In Wasser ist es ziemlich löslich, in kaltem reichlicher als in warmem; beim Kochen der Lösung entweicht das Gas wieder vollständig. 1 Volum Wasser nimmt bei 0° 1,797 Volum und bei 20° 0,901 Volum auf; dieses Verhältniss bleibt unverändert, was auch immer der Druck sein mag, unter welchem das Gas sich befindet; da aber das Gewicht desselben Volums eines Gases in demselben Verhältniss zu- oder abnimmt wie der Druck, so folgt hieraus, dass die Gewichtsmenge von Kohlendioxid, welche bei derselben Temperatur von Wasser absorbirt wird, sich wie der Druck verhält; d. h. löst bei mittlerer Temperatur 1 CC. Wasser 1 CC. Gas oder 1,529 Milligramme bei gewöhnlichem Luftdrucke, so wird derselbe unter dem Drucke von 2 Atmosphären ebenfalls 1 CC. des Gases oder 3,058 Milligramme aufnehmen u. s. w. Dieselben Beziehungen finden bei vielen anderen in Wasser löslichen Gasen statt. Alles Quellwasser enthält Kohlendioxid gelöst und dasselbe ertheilt dem Wasser seinen erfrischenden Geschmack; in grösserer Menge ist das Gas in moussirenden Getränken, wie Sodawasser und Champagner, enthalten, welche damit unter Druck gesättigt sind.

Durch starken Druck oder starke Abkühlung verdichtet sich das Kohlendioxid zu einer farblosen, beweglichen Flüssigkeit, welche bei — 76° siedet. Die Tension des Dampfes ist bei 0° gleich 35,5 und bei 30° gleich 73,5 Atmosphären; das flüssige Kohlendioxid dehnt sich beim Erwärmen stärker als Gase aus; 100 Raumtheile bei 0° nehmen 106 Raumtheile bei 10° ein, während ein Gas sich bei dieser Temperaturerhöhung nur von 100 zu 103,66 ausdehnt; diese Ausnahme von der Regel, dass flüssige Körper einen kleineren Ausdehnungscoefficienten als Gase haben, findet sich auch bei anderen durch Druck zu Flüssigkeiten verdichteten Körpern.

Die Verdichtung dieses Gases kann entweder dadurch bewerkstelligt werden, dass man dasselbe in einem starken, verschlossenen Gefässe entwickelt, wobei es sich durch eigenen Druck verdichtet, ähnlich wie das Ammoniak in Carré's Eismaschine oder dadurch, dass man es mit einer Druckpumpe in einen starken, schmiedeeisernen Cylinder pumpt, welcher durch Eis abgekühlt wird. Sobald die Menge des eingepumpten Gases

36 mal so gross ist, als der innere Hohlraum des Gefässes, so fängt es an sich zu verdichten, und man kann den Cylinder so vollständig mit der Flüssigkeit anfüllen; öffnet man dann den Hahn des Cylinders, so fliesst die Flüssigkeit aus, ein Theil nimmt die Gasform an, und dabei wird so viel Wärme gebunden, dass ein anderer Theil gefriert und sich in Gestalt von weissen Schneeflocken niederschlägt, welche man aufsammeln kann, wenn man die Flüssigkeit in eine dünne durchlöcherte Messingbüchse einströmen lässt. Das feste Kohlendioxid ist ein sehr schlechter Wärmeleiter und verflüchtigt sich nur langsam an der Luft; man kann dasselbe trotz der niederen Temperatur von — 78° in die Hand und selbst in den Mund nehmen; das fortwährend erzeugte Gas bildet eine Schicht, welche verhindert, dass es in innige Berührung mit der Haut kommt; presst man es aber zwischen den Fingern, so entsteht ein brennender Schmerz und es bildet sich eine Brandblase, wie von glühendem Eisen. Mischt man das feste Kohlendioxid mit Aether und lässt dieses Gemisch im luftverdünnten Raume unter der Glocke der Luftpumpe rasch verdampfen, so sinkt die Temperatur auf — 100°; flüssiges Kohlendioxid in einer Glasröhre eingeschlossen erstarrt in dieser Kältemischung zu einer eisähnlichen Masse.

Bringt man eine brennende Kerze in das Gas, so erlischt dieselbe, ebenso brennender Schwefel oder Phosphor; gewisse Metalle aber, wie Kalium oder Magnesium, oxidiren sich, wenn sie darin erhitzt werden, wobei sich feinvertheilte Kohle ausscheidet. Kohlendioxid ist giftig; es wirkt nicht bloss im reinen Zustande erstickend, sondern auch wenn es mit viel Luft gemischt ist. Da es sich bei der geistigen Gährung bildet, so wie auch bei der Fäulniss organischer Stoffe, so sammelt es sich vermöge seiner Schwere in Kellern, wo Flüssigkeiten gähren, und in alten Brunnen an und verursacht häufig Unglücksfälle. Enthält die Luft in Räumlichkeiten, wo viele Menschen versammelt sind, über 0,1 Proc. Kohlendioxid, so ist sie der Gesundheit schädlich; weniger durch die giftige Wirkung des Gases selbst als dadurch, dass beim Lebensprocess andere flüchtige, organische Stoffe ausgeschieden werden, welche einen nachtheiligen Einfluss auf die Gesundheit haben; daher die Nothwendigkeit, in Wohnzimmern und öffentlichen Gebäuden für eine gute Ventilation zu sorgen.

Das Kohlendioxid wird gewöhnlich Kohlensäure genannt; es steht nämlich in derselben Beziehung zu einer Reihe von Salzen, den Carbonaten, wie Stickstoffpentoxid zu den Nitraten.

CO_2 sich glühe in H ist [illegible] in

in CO und O

sich [illegible] z. T. glühe CO_2 in

CO und O.

$CO_2 + C = 2CO$ [illegible]

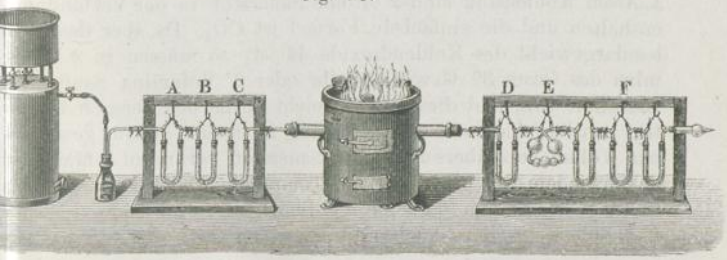
Das Gas im trocknen Zustande hat keine saure Reaction, wohl aber seine wässerige Lösung, welche blaues Lackmuspapier schwach röthet; die rothe Farbe verwandelt sich wieder in Blau beim Trocknen, indem sich Kohlendioxid wieder verflüchtigt. Man kann diese Flüssigkeit betrachten als eine Lösung der wirklichen Kohlensäure oder des Hydrocarbonats, H_2CO_3, welche indessen im isolirten Zustande nicht bekannt ist. Bringt man zu dieser Lösung ein basisches Metalloxid, so entsteht ein Carbonat; fügt man z. B. Kalkwasser (eine Auflösung von Calciumoxid) hinzu, so wird die Flüssigkeit milchig, weil sich in Wasser unlösliches Calciumcarbonat (kohlensaurer Kalk) ausscheidet:

$$H_2CO_3 + CaO = CaCO_3 + H_2O.$$

Man benutzt diese Reaction, um die Gegenwart von Kohlendioxid nachzuweisen.

Die Zusammensetzung des Kohlendioxids hat man mit grosser Genauigkeit dadurch festgestellt, dass man ein bekanntes Gewicht von reinem Kohlenstoff, Diamant, Graphit oder Lampenruss in einem Strom von reinem Sauerstoff verbrannte und die Gewichtsmenge des gebildeten Kohlendioxides genau bestimmte. Der zu dieser Gewichtssynthese benutzte Apparat ist in Fig. 20 dargestellt.

Fig. 20.



Den Kohlenstoff bringt man in einem Platinschiffchen in die Mitte der Porcellanröhre, welche in einem Ofen zum Glühen erhitzt wird; das eine Ende derselben ist durch die Trockenröhren *A*, *B* und *C* mit einem Gasometer, welcher mit Sauerstoff gefüllt ist, verbunden; das gebildete Kohlendioxid wird in den gewogenen Röhren *D*, *E* und *F* aufgefangen; die beiden ersteren sind mit Aetzkalilösung gefüllt, *F* enthält mit Schwefelsäure getränkten Bimsstein, um den Wasserdampf zurückzuhalten. Man lässt dann den Sauerstoff langsam durch den Apparat

strömen, bis aller Kohlenstoff verbrannt ist; der überschüssige Sauerstoff tritt ebenso trocken wieder aus, als er eingetreten ist, und die Gewichtszunahme der Röhren giebt genau das Gewicht des gebildeten Oxides. Diamant wie Graphit enthalten gewöhnlich eine kleine Menge Asche, welche man dadurch bestimmt, dass man nach dem Versuche das Platinschiffchen wieder wägt und sodann das Gewicht der Asche vom Gewichte des Kohlenstoffs abzieht. Eine andere Vorsichtsmaassregel, die zu beobachten ist, besteht darin, dass man den vorderen Theil der Röhre mit porösem Kupferoxid füllt, um jede Spur von Kohlenoxid, welche sich durch unvollständige Verbrennung bilden würde, zu Kohlendioxid zu oxidiren. Das Ergebniss dieser Versuche war, dass 100 Gewthle. Kohlendioxid bestehen aus:

Kohlenstoff	27,27
Sauerstoff	72,73
	100,00.

Um aus diesen Zahlen die chemische Formel abzuleiten, dividirt man dieselben durch ihre Verbindungsgewichte:

$$\frac{27,27}{12} = 2,2725, \quad \frac{72,73}{16} = 4,5450.$$

Diese Zahlen verhalten sich genau wie 1 zu 2, oder auf 1 Atom Kohlenstoff sind 2 Atome Sauerstoff in der Verbindung enthalten und die einfachste Formel ist CO_2. Da aber das Moleculargewicht des Kohlendioxids 44 ist, so müssen in 2 Volumina des Gases 32 Gewichtstheile oder 2 Volumina Sauerstoff enthalten sein, und dieses kann leicht durch den Versuch bestätigt werden, indem man Kohlenstoff in einem genau gemessenen Volum von überschüssigem Sauerstoff verbrennt. Man findet, nachdem die ursprüngliche Temperatur wieder hergestellt ist, dass das Volum dasselbe geblieben ist; Kohlendioxid enthält daher ein ihm gleiches Volum Sauerstoff.

Kohlenoxid CO.

Leitet man Kohlendioxid über glühende Holzkohlen, welche in einer Porcellanröhre enthalten sind, so bildet sich Kohlenoxid (Fig. 21):

$$CO_2 + C = 2\,CO.$$

Man kann diese Verbindung aus mehreren Kohlenstoffverbindungen leicht rein erhalten; erhitzt man Oxalsäure, $C_2H_2O_4$,

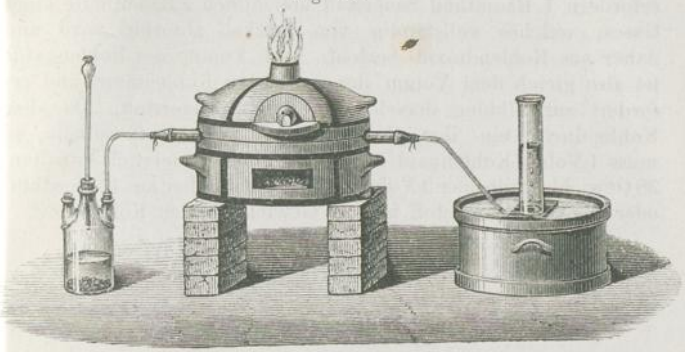
[illegible]

mit concentrirter Schwefelsäure, so entsteht ein Gemisch von gleichen Raumtheilen Kohlenstoff und Kohlendioxid und Wasser:

$$C_2H_2O_4 = CO + CO_2 + H_2O.$$

Das Kohlendioxid kann man durch eine Lösung von Kaliumhydroxid absorbiren und erhält so reines Kohlenoxid. Diese

Fig. 21.



Wirkung der Schwefelsäure beruht darauf, dass dieselbe eine grosse Verwandtschaft zu Wasser hat und dasselbe Körpern nicht bloss entzieht, sondern auch, wenn die Substanzen, mit denen sie in Berührung kommt, die Elemente des Wassers enthalten, dasselbe daraus bildet. Ameisensäure wird ähnlich durch Schwefelsäure in Kohlenoxid und Wasser zerlegt:

$$CH_2O_2 = CO + H_2O.$$

Kohlenoxid ist ein farbloses, geruchloses, permanentes Gas, welches das specifische Gewicht 0,969 hat, und in Wasser wenig löslich ist. Es ist äusserst giftig und verursacht schon in geringer Menge eingeathmet den Tod. Die Unglücksfälle, welche sich so häufig beim Gebrauch von Kohlenpfannen und durch Schliessen der Ofenklappen ereignen, sind der Wirkung dieses Gases zuzuschreiben. Kohlenoxid ist brennbar und verbrennt mit schön blauer Flamme zu Kohlendioxid. Die blaue Flamme, welche man immer beobachtet, wenn grössere Mengen glühender Kohlen über einander liegen, ist brennendes Kohlenoxid. Wird dasselbe in verschlossenen Gefässen mit Kaliumhydroxid erhitzt, so vereinigt es sich damit und bildet ein ameisensaures Salz, das Kaliumformat:

$$KHO + CO = KHCO_2.$$

Es ist dies die entgegengesetzte Reaction zu der Bildung von Kohlenoxid aus Ameisensäure und zugleich der directe Aufbau einer im thierischen Organismus erzeugten Verbindung aus den Elementen.

Die Zusammensetzung des Kohlenoxids kann leicht durch Verbrennung im Eudiometer festgestellt werden. 2 Raumtheile erfordern 1 Raumtheil Sauerstoff und bilden 2 Raumtheile eines Gases, welches vollständig von Aetzkali absorbirt wird und daher aus Kohlendioxid besteht. Das Volum des Kohlenoxids ist also gleich dem Volum der erzeugten Kohlensäure und erfordert zur Bildung derselben $1/2$ Volum Sauerstoff. Da aber Kohlendioxid ein ihm gleiches Volum Sauerstoff enthält, so muss 1 Volum Kohlenoxid ein halbes Volum Sauerstoff enthalten. 28 Gewichtstheile oder 2 Volumina bestehen daher aus 16 Gewthln. oder 1 Volum Sauerstoff und 12 Gewichtstheilen Kohlenstoff.

Kohlenstoff und Wasserstoff.

Kohlenstoff bildet mit Wasserstoff eine sehr zahlreiche Reihe von Verbindungen, welche theils Gase, theils Flüssigkeiten und theils feste Körper sind; noch grösser ist die Anzahl der Substanzen, welche aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff bestehen, und viele enthalten ausserdem noch Stickstoff, so dass die Gesammtzahl der Kohlenstoffverbindungen grösser ist, als die der aller anderen Elemente zusammengenommen; viele derselben sind Erzeugnisse des Thier- und Pflanzenkörpers; dieselben werden später in dem Abschnitt Chemie der Kohlenstoffverbindungen oder organische Chemie abgehandelt werden, und wir wollen hier nur einige der einfacheren betrachten.

Sumpfgas oder Methylwasserstoff CH_4.

Diese Verbindung findet sich häufig unter dem Namen Grubengas in Steinkohlengruben, wo sie die sogenannten schlagenden Wetter bildet; sie bildet sich bei der langsamen Zer-

2 Vol. PO + 2 Vol. PO = PO_2 PO

setzung von Pflanzenstoffen unter Luftabschluss und steigt aus dem Boden von Sümpfen und stehenden Gewässern auf, weshalb sie gewöhnlich Sumpfgas genannt wird. In mehreren Gegenden der Erde strömt dieses Gas aus dem Boden, z. B. in Baku am caspischen Meere, wo die heiligen Feuer schon seit den ältesten Zeiten brennen. Er lässt sich nicht durch directe Vereinigung seiner Elemente erhalten, entsteht aber, wenn man ein Gemenge von Schwefelkohlenstoffdampf und Schwefelwasserstoff über glühendes Kupfer leitet:

$$8\,Cu + CS_2 + 2\,H_2S = 4\,Cu_2S + CH_4.$$

Reines Sumpfgas erhält man durch Erhitzen von Natriumacetat (essigsaures Natron) mit Natriumhydroxid, wobei Natriumcarbonat entsteht:

$$\left\{\begin{matrix} CH_3 \\ CO_2Na \end{matrix} + \begin{matrix} H \\ Na \end{matrix}\right\} O = CH_4 + Na_2CO_3.$$

Das Sumpfgas ist ein farbloses, geruchloses Gas, das mit bläulicher, nicht leuchtender Flamme brennt. Mit dem doppelten Volum Sauerstoff oder dem 10fachen Luft bildet es ein Gemenge, welches in Berührung mit einer Flamme heftig explodirt (schlagende Wetter). Seine Zusammensetzung kann sehr genau durch eudiometrische Verbrennung festgestellt werden; 1 Raumtheil des Gases erfordert 2 Raumtheile Sauerstoff und bildet 1 Raumtheil Kohlensäure; die eine Hälfte des Sauerstoffs wurde also zur Bildung von Kohlensäure und die andere zur Bildung von Wasser verwandt. 2 Volumina müssen demnach 4 Volumina Wasserstoff oder 4 Gewichtstheile verbunden mit 12 Gewichtstheilen Kohlenstoff enthalten und die Formel ist demnach CH_4.

Acetylen C_2H_2.

Dieses Gas entsteht durch directe Vereinigung von Kohlenstoff mit Wasserstoff, wenn man mittelst einer kräftigen galvanischen Batterie einen Flammenbogen zwischen zwei Kohlenspitzen erzeugt in einem Gefässe, durch welches man Wasserstoff leitet. Es tritt ferner bei der Zersetzung organischer Substanzen durch Hitze und der unvollständigen Verbrennung vieler kohlenstoff- und wasserstoffhaltiger Körper auf. Es ist ein farbloses Gas, das mit stark leuchtender und russender Flamme brennt und einen eigenthümlichen unangenehmen Geruch besitzt, welchen man bei russenden Flammen öfter wahrnimmt. Mit

einigen Metallen wie Kupfer und Silber geht es Verbindungen ein; und diese Körper zeichnen sich dadurch aus, dass sie sich sehr leicht mit Explosion zersetzen; es verbindet sich ebenfalls direct mit Wasserstoff zu der folgenden Verbindung, dem Aethylen,

$$C_2H_2 + H_2 = C_2H_4.$$

Aethylen oder ölbildendes Gas C_2H_4.

Dieser Kohlenwasserstoff bildet sich bei der trocknen Destillation vieler organischer Substanzen und ist ein wichtiger Bestandtheil des Leuchtgases. Erhitzt man 1 Theil Alkohol mit 5 bis 6 Theilen concentrirter Schwefelsäure, so werden demselben die Elemente des Wassers entzogen, und man erhält reines Aethylen,

$$C_2H_6O = C_2H_4 + H_2O.$$

Das Aethylen ist ein farbloses Gas, welches einen ätherischen Geruch besitzt und sich bei — 110° zu einer farblosen Flüssigkeit verdichtet; es brennt mit hellleuchtender Flamme. Mit 3 Volumen Sauerstoff oder 15 Luft gemengt verbrennt es mit heftiger Explosion. Nimmt man diese Verbrennung im Eudiometer vor, so erhält man 2 Volumina Kohlensäure; 1 Volum Sauerstoff hat sich also mit dem Wasserstoff vereinigt, und das Gas enthält demnach auf die gleiche Menge Wasserstoff doppelt so viel Kohlenstoff als Sumpfgas, und es hat demnach die Formel C_2H_4. Den Namen ölbildendes Gas hat es erhalten, weil es sich mit dem gleichen Raumtheil Chlorgas zu einer öligen Flüssigkeit, dem Aethylenchlorid, $C_2H_4Cl_2$, verbindet.

Leuchtgas.

Das jetzt so allgemein zur künstlichen Beleuchtung benutzte Gas wird hauptsächlich durch trockne Destillation der Steinkohlen, seltener des Holzes, gewonnen, indem man dieselben in geschlossenen Cylindern von Eisen oder feuerfestem Thon erhitzt, wobei sich eine Anzahl flüchtiger theils gasförmiger, theils flüssiger Verbindungen bilden und ein Rückstand von unreinem Kohlenstoff, Coak genannt, bleibt. Die flüchtigen Substanzen sind Leuchtgas, Gastheer, Wasser und Ammoniak. Der Theer besteht hauptsächlich aus einem Gemenge sehr verschiedenartiger Kohlenwasserstoffe und findet in der neueren Zeit eine ausgebreitete Anwendung zur Darstellung von Benzol, Anilin,

Brenn- und Schmierölen, Asphalt u. s. w., und das Ammoniak bildet die Hauptquelle der Ammoniaksalze des Handels. Das Leuchtgas ist ebenfalls ein Gemenge verschiedener gasförmiger Körper, von denen die wichtigsten ölbildendes Gas, C_2H_4, und zwei demselben sehr ähnliche Kohlenwasserstoffe, C_3H_6 und C_4H_8, sind, welche alle mit hellleuchtender Flamme brennen; neben diesen sind eine kleine Menge Acetylen und grössere Mengen von Sumpfgas, Wasserstoff und Kohlenoxid darin enthalten, und im rohen Gas ausserdem noch Kohlendioxid, Schwefelwasserstoff und Schwefelkohlenstoff. Um diese letzteren Verbindungen, welche die Güte des Gases beeinträchtigen würden, daraus zu entfernen, wird das Leuchtgas durch eine Reihe von Reinigungsapparaten geleitet, ehe dasselbe in die Gasometer tritt. Je nach der Beschaffenheit der Steinkohle oder dem Grad der Erhitzung wechselt die Zusammensetzung des Gases beträchtlich, wie folgende Zusammenstellung zeigt:

100 Raumtheile enthalten	Gas aus Cannelkohle	Gas aus gewöhnlicher Steinkohle.
Wasserstoff	25,82	47,60
Sumpfgas	51,20	41,53
Schwere Kohlenwasserstoffe . . .	13,06	3,05
Kohlenoxid	7,85	7,82
Stickstoff, Sauerstoff u. Kohlendioxid	2,07	—
	100,00	100,00
Leuchtkraft	34,4	13,0

Der Werth des Gases für die Beleuchtung oder die Leuchtkraft wird dadurch ermittelt, dass man das Licht der Gasflamme mit dem einer Kerzenflamme vergleicht; so ist im obigen Falle eine Gasflamme, welche 5 Cubikfuss Gas in der Stunde verbraucht, mit der Flamme einer Wallrathkerze verglichen, welche 120 Gran Wallrath in der Stunde verzehrt; man sagt also, das Licht des Cannelgases ist gleich 34,4 Kerzen und das des Steinkohlengases gleich 13 Kerzen.

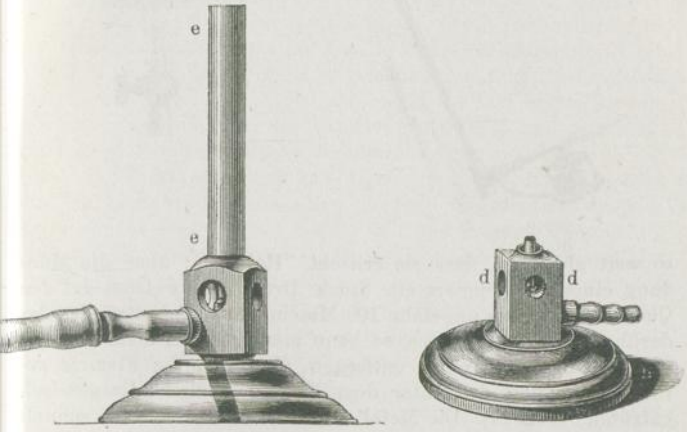
Structur der Flamme.

Eine Flamme ist ein Gas, welches durch einen darin stattfindenden chemischen Process zum Selbstleuchten erhitzt ist. Brennt Wasserstoff an der Luft, so entsteht die Wasserstoffflamme, indem durch die bei der Vereinigung mit Sauerstoff erzeugte Wärme die Wasserstoff- und Sauerstofftheilchen zum Glühen erhitzt werden; auf dieselbe Weise entsteht eine Sauerstoffflamme, wenn man Sauerstoff aus einer feinen Oeffnung in ein mit Wasserstoff gefülltes Gefäss treten lässt und denselben entzündet. Die Temperatur verschiedener Flammen ist sehr verschieden und hängt nicht von Leuchtvermögen ab; so ist die Knallgasflamme, in welcher Platin schmilzt und Eisen wie Zunder verbrennt, im Tageslichte kaum sichtbar; das Leuchten einer Flamme kommt daher, dass sie feste Körper enthält, welche darin zur Weissgluth erhitzt werden, wie das durch das Knallgasgebläse erzeugte Kalklicht zeigt. Phosphor brennt mit hellleuchtender Flamme, weil das gebildete Oxid ein fester Körper ist; Schwefel dagegen giebt ein gasförmiges Oxid, und die Schwefelflamme leuchtet daher nicht; bläst man feinvertheilten Russ in eine farblose Wasserstoffflamme, so wird diese leuchtend. Der Unterschied in dem Leuchtvermögen der Flamme des Sumpfgases und der des Aethylens beruht darauf, dass in dem letzteren kohlenstoffreicheren Gase sich ein Theil des Kohlenstoffes bei der Verbrennung in fester Gestalt ausscheidet, während beim Sumpfgase aller Kohlenstoff sogleich zu Kohlensäure verbrannt wird. Das Licht der Gas- oder Kerzenflamme beruht auf dem nämlichen Grunde. An der Kerzenflamme kann man drei Theile unterscheiden: Ein innerer dunkler Kegel, welcher den Docht umgiebt; derselbe besteht aus Leuchtgas, welches durch die Zersetzung des Wachses oder Talges bei der Verbrennung entsteht; derselbe ist von einer leuchtenden Hülle umgeben, wo eine theilweise Verbrennung stattfindet, indem der von aussen in die Flamme eindringende Sauerstoff sich hauptsächlich mit dem Wasserstoff verbindet und ein Theil des Kohlenstoffs im feinvertheilten Zustande ausgeschieden wird, von dessen Gegenwart man sich leicht überzeugen kann, indem man die Flamme mit einem kalten Körper in Berührung bringt, an dem sich der Kohlenstoff dann als Russ absetzt. Der leuchtende Kegel ist wieder von einer dünnen bläulichen Hülle umgeben, in welcher der Sauerstoff im Ueberschuss vorhanden ist und den Kohlenstoff zu Kohlendioxid verbrennt. Bringt man

eine an beiden Enden offene Glasröhre mit dem einen Ende in die Mitte einer Kerzenflamme, so steigt das unverbrannte Gas darin auf und kann am anderen Ende angezündet werden.

Eine Leuchtgasflamme hat genau dieselbe Structur; leitet man ins Innere derselben so viel Sauerstoff, dass vollständige Verbrennung ohne Ausscheidung von Kohlenstoff stattfindet, so wird dieselbe nicht leuchtend, wie man das in dem Bunsen'schen Gasbrenner, welcher jetzt allgemein in Laboratorien eingeführt ist, sieht (Fig. 22). Das Leuchtgas strömt in derselben durch

Fig. 22.

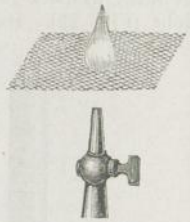


eine kleine Oeffnung *a* am Boden aus und steigt gemischt mit Luft, welche durch die Löcher *d* eintritt, in der Röhre *e* auf und verbrennt an deren oberem Ende mit einer nicht leuchtenden russlosen Flamme. Werden die Luftlöcher verstopft, so erhält man die gewöhnliche leuchtende und russende Flamme. Bläst man mit dem Löthrohre (Fig. 23), einem Instrumente, welches vielfach bei chemischen Untersuchungen gebraucht wird, um im Kleinen Körper zu glühen, zu schmelzen, zu oxidiren oder zu reduciren, in eine Kerzenflamme oder leuchtende Gasflamme, so erhält man die Löthrohrflamme, an der man zwei Theile unterscheiden kann, einen inneren bläulichen Kegel, wo unvollständige Verbrennung stattfindet, die Reductionsflamme und eine äussere gelbliche Hülle, wo Ueberschuss von Sauerstoff vorhanden ist, die Oxidationsflamme.

Jedes brennbare Gas oder Gasgemisch erfordert eine bestimmte Temperatur zum Entzünden; eine kleine Flamme kann man durch ein kaltes Metall, z. B. eine Spirale von Kupferdraht,

Fig. 23.

Fig. 24.

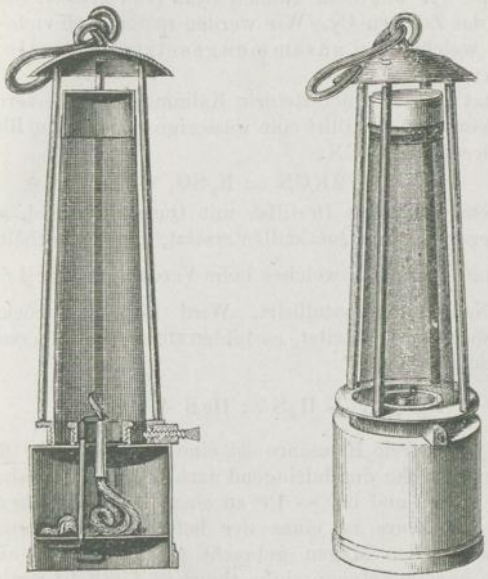


so weit abkühlen, dass sie erlischt. Hält man über die Mündung eines Gasbrenners ein Stück Drahtnetz, welches auf den Quadratcentimeter ungefähr 100 Maschen hat, und entzündet das darüber ausströmende Gas, so kann man das Netz mehrere Zolle über die Brenneröffnung entfernen, ohne dass die Flamme zurückschlägt und das unter dem Netze befindliche Gasgemisch entzündet (Fig. 24). Die Metalldrähte leiten die Hitze so schnell ab, dass die Temperatur auf der unteren Seite nicht auf den Entzündungspunkt des Gases steigen kann. Von dieser einfachen Thatsache hat Sir Humphry Davy Gebrauch gemacht in seiner Sicherheitslampe für Steinkohlengruben. Dieselbe besteht aus einer kleinen Oellampe, welche in einem Cylinder von Drahtnetz eingeschlossen ist (Fig. 25). Die Luft, welche die Verbrennung unterhält, hat durch die Löcher des Drahtgeflechtes freien Zutritt, aber die Flamme kann nicht nach aussen durchschlagen, und wenn der Bergmann mit einer solchen Lampe in einem mit schlagendem Wetter erfüllten Raum kommt, können dieselben nicht explodiren, obgleich das explosive Gemisch in den Cylinder eindringt und da kleine Explosionen verursacht. Die Lampe dient also zugleich als Warnungssignal; der Bergmann hat Zeit, die gefährliche Gegend zu verlassen, was um so nöthiger ist, als das Drahtnetz durch die Verbrennung des

1) C_2H_5OH verhält sich [illegible]
[illegible]
2) CO_2 [illegible] analog [illegible] mit Säure C_2H_4

Gases im Inneren zum Glühen gebracht werden kann und dann die durchschlagende Flamme das schlagende Wetter entzündet.

Fig. 25.



Kohlenstoff und Stickstoff.

Cyanverbindungen.

Kohlenstoff verbindet sich nicht mit Stickstoff selbst bei Weissgluth; wird aber Stickstoff über ein glühendes Gemisch von Kohle und Kaliumcarbonat geleitet, so bildet sich Kaliumcyanid, KCN:

$$K_2CO_3 + N_2 + 4\,C = 2\,KCN + 3\,CO.$$

Diese Verbindung wird fabrikmässig dargestellt, indem man stickstoffhaltige organische Stoffe, wie Haare, Hufe, Klauen, Lederabfälle, mit Aetzkali glüht, und dieselbe ist der Ausgangspunkt für eine Reihe wichtiger Verbindungen, von denen die bekanntesten Blausäure, Berlinerblau und Blutlaugensalz sind. Dieselben enthalten alle die Atomgruppe CN, welche darin die

Rolle eines Elementes spielt, indem sie sich sowohl durch einfache Körper vertreten lässt, als auch die damit verbundenen Elemente durch andere ersetzt werden können. Man bezeichnet die Gruppe CN mit dem Namen Cyan (von κυανός, blau) und giebt ihr das Zeichen Cy. Wir werden später noch viele solcher Gruppen, welche man zusammengesetzte Radicale nennt, kennen lernen.

Erhitzt man in einer Retorte Kaliumcyanid mit verdünnter Schwefelsäure, so destillirt eine wässerige Lösung von Blausäure oder Hydrocyanid, HCN:

$$H_2SO_4 + 2KCN = K_2SO_4 + 2HCN.$$

Versetzt man das Destillat mit Quecksilberoxid, so wird der Wasserstoff durch Quecksilber ersetzt, und man erhält Quecksilbercyanid, $Hg\begin{cases}CN\\CN\end{cases}$, welches beim Verdampfen der Lösung in weissen Nadeln auskrystallisirt. Wird über das trockne Salz Schwefelwasserstoff geleitet, so bilden sich Quecksilbersulfid und wasserfreie Blausäure:

$$Hg\begin{cases}CN\\CN\end{cases} + H_2S = HgS + 2CNH.$$

Die wasserfreie Blausäure ist eine farblose, sehr flüchtige Flüssigkeit, welche durchdringend nach bitteren Mandeln riecht, bei 26,5° siedet und bei — 15° zu einer krystallinischen Masse erstarrt. Blausäure ist eines der heftigsten Gifte und wirkt nicht bloss in den Magen gebracht giftig, sondern auch der Dampf in geringer Menge eingeathmet ist tödtlich; weshalb bei der Darstellung der wasserfreien Verbindung die grösste Vorsicht nöthig ist.

Cyangas oder Di-Cyan $\begin{cases}CN\\CN\end{cases}$. Quecksilbercyanid zerfällt beim Erhitzen in metallisches Quecksilber und Cyangas, oder Di-Cyan, ein der Blausäure ähnlich riechendes farbloses, in Wasser lösliches Gas, das giftige Eigenschaften hat und bei einem Drucke von 4 Atmosphären sich zu einer farblosen Flüssigkeit verdichtet. Angezündet verbrennt es mit schön purpurfarbener Flamme zu Kohlendioxid und Stickstoff. Leitet man das Gas über erhitztes Kalium, so entsteht Kaliumcyanid:

$$\begin{matrix}CN\}\\CN\}\end{matrix} + \begin{matrix}K\}\\K\}\end{matrix} = \begin{matrix}CN\}\\K\}\end{matrix} + \begin{matrix}CN\}\\K\}\end{matrix}.$$

$Cy_2 Ni K_2 + (NH_4)_2 = (Cy NH_4)_2 + Cl K_2$
$+ Cy_2 Ni$

Die Lösung ist Kaliumchlorid Ausscheidungen

$Na_2Cr_2O_7 + (NH_4Cl)_{10} = Cr_2Cl_6 + (NH_4Cl)_2 + (H_2O)_7 + Cl_6$.

$Mn\,O_2 + (Na\,Cl)_2 + (2\,H_2\,O)_2 = 4\,Mn\,O_3 + 4(Na\,O)\,O_2 + 8\,H_2 + Cl_2$

Flüssig bei 5 Atmosphären findet bei $-33,6°$ Schlag mit flüssig H_2S Vergleich.

-3 – $10°$ C. Schwefelwasserstoff grün Dampfdruck in flüssig SO_2 bei niedrigen, hohen Spezifisch. wenig + gemischt mit

Zu Gemischen 1-4 HCl in 4 fach Lösung Gas von Cr. Dr.

Nitrit + $(NH_4)_2\,Cl$ mit $Cl\,K$ gibt Chlorstickstoff.