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.

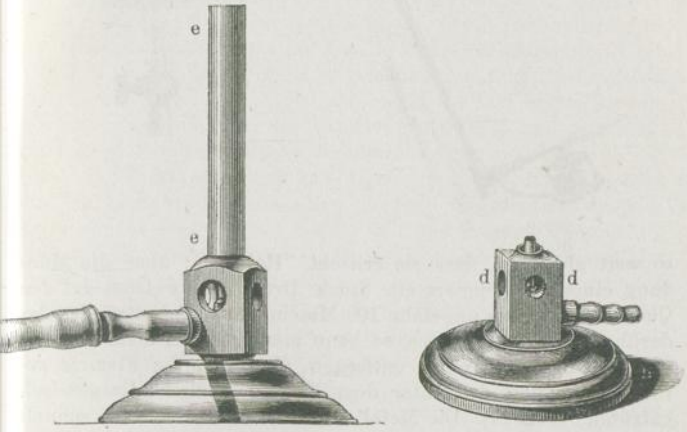
Structur der Flamme.

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.

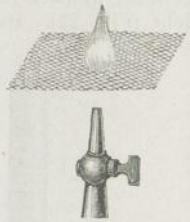


eine kleine Oeffnung *a* am Boden aus und steigt gemischt mit Luft, welche durch die Löcher *d* eintritt, in der Röhre *e* auf und verbrennt an deren oberem Ende mit einer nicht leuchtenden russlosen Flamme. Werden die Luftlöcher verstopft, so erhält man die gewöhnliche leuchtende und russende Flamme. 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.

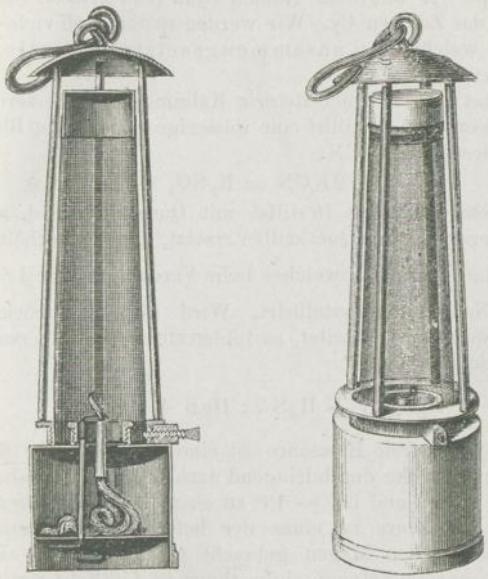


so weit abkühlen, dass sie erlischt. Hält man über die Mündung eines Gasbrenners ein Stück Drahtnetz, welches auf den Quadratcentimeter ungefähr 100 Maschen hat, und entzündet das darüber ausströmende Gas, so kann man das Netz mehrere Zolle über die Brenneröffnung entfernen, ohne dass die Flamme zurückschlägt 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