

	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 Hitzgrade zu erzeugen.

Oxide des Kohlenstoffs.

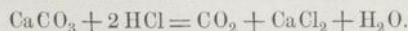
Kohlenoxid CO. — Moleculargewicht 28. — Dichte 14.

Kohlendioxid CO₂. — Moleculargewicht 44. — Dichte 22.

Kohlendioxid (Kohlensäure) CO₂.

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 Giffthale auf Java.

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



Kohlensäure (Carbon Dioxid) ist ein farblos, geruchlos, schweres Gas, welches sich in Wasser leicht auflöst. In verdünnter Lösung bildet es die Kohlensäure, welche in Mineralwässern vorkommt. Die Kohlensäure wird durch Erhitzen von Carbonat-Verbindungen, wie z. B. Kalkstein, oder durch Zersetzung von organischen Substanzen, wie z. B. Zucker, erzeugt. Sie ist ein wichtiger Bestandteil der Atmosphäre und spielt eine wichtige Rolle im Pflanzenwachstum. In der Industrie wird sie zur Herstellung von Sodawasser, Feuerlöschern und in der Lebensmittelindustrie verwendet.

Durch Erhitzen von Kalkstein (Calciumcarbonat) wird Kohlendioxid (Carbon Dioxid) freigesetzt. Dieses Gas wird in Wasser gelöst und bildet die Kohlensäure. Die Kohlensäure reagiert weiter mit Wasser zu Bicarbonat (Natriumbicarbonat). Diese Verbindung wird als Backpulver verwendet. In der Lebensmittelindustrie wird Kohlendioxid zur Herstellung von Sodawasser und in der Getränkeindustrie zur Erzeugung von Schaum verwendet.

Die Verflüssigung dieses Gases kann durch Erhitzen von Wasser erreicht werden. Dieses geschieht in einem geschlossenen System, wie z. B. in einem Autoklav. In der Industrie wird Kohlendioxid zur Herstellung von Soda (Natriumcarbonat) verwendet. In der Lebensmittelindustrie wird es zur Herstellung von Sodawasser und in der Getränkeindustrie zur Erzeugung von Schaum verwendet.

Kohlendioxid ist farbloses Gas, ohne Geruch, aber von schwach säuerlichem, stechendem Geschmack; das spezifische 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.

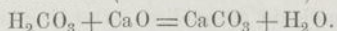
Die Verdichtung dieses Gases kann entweder dadurch bewerkstelligt werden, dass man dasselbe in einem starken, verschlossenen Gefässe entwickelt, wobei es sich durch eigenen Druck verdichtet, ähnlich wie das Ammoniak in Carré's Eismaschine oder dadurch, dass man es mit einer Druckpumpe in einen starken, 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 durchlöcherete 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.

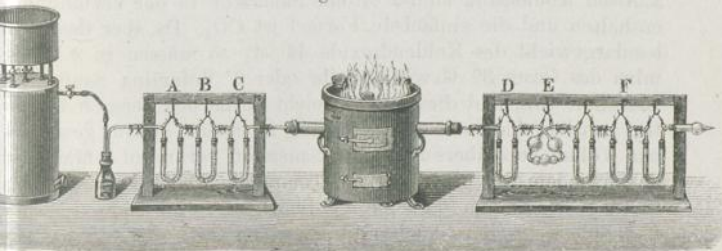
Das Gas im trocknen Zustande hat keine saure Reaction, wohl aber seine wässrige Lösung, welche blaues Lackmuspapier schwach röthet; die rothe Farbe verwandelt sich wieder in Blau beim Trocknen, indem sich Kohlendioxid wieder verflüchtigt. Man kann diese Flüssigkeit betrachten als eine Lösung der wirklichen 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:



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 Aetzkalklösung gefällt, *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.

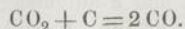
Um aus diesen Zahlen die chemische Formel abzuleiten, dividirt man dieselben durch ihre Verbindungsgewichte:

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

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):



Man kann diese Verbindung aus mehreren Kohlenstoffverbindungen leicht rein erhalten; erhitzt man Oxalsäure, $\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4$,

10 miliehl 1/2 + 1/2 ...
 10 Thale ...
 ...

...
 ...
 ...

...

...

$$\frac{10}{10} = \frac{10}{10} = 1$$

...
 ...
 ...

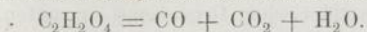
...

...

...

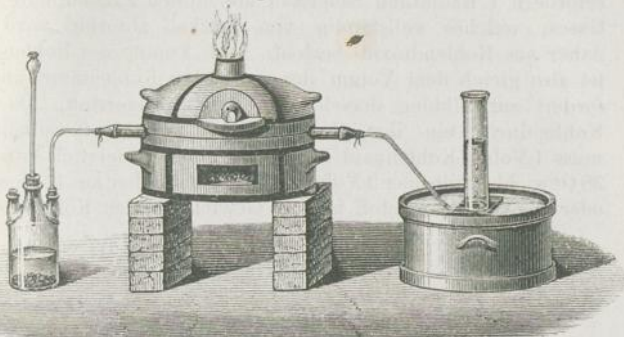
...

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

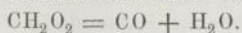


Das Kohlendioxid kann man durch eine Lösung von Kaliumhydroxid absorbiren und erhält so reines Kohlenoxid. Diese

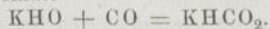
Fig. 21.



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:



Kohlenoxid ist ein farbloses, geruchloses, permanentes Gas, welches das spezifische 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:



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 $\frac{1}{2}$ Volum Sauerstoff. Da aber Kohlendioxid ein ihm gleiches Volum Sauerstoff enthält, so muss 1 Volum Kohlenoxid ein halbes Volum Sauerstoff enthalten, 25 Gewichtstheile oder 2 Volumina bestehen daher aus 16 Gewichttheilen 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 Gesamtzahl 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-